

Diploma Thesis

Role of the local building supervisor in the digital construction process

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

Diplomarbeit

Rolle der ÖBA in der digitalen Bauabwicklung

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

von

Andreas Siler, BSc

Matr.Nr.: 01425727

unter der Anleitung von

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

Univ.-Ass. Dipl.-Ing. **Maximilian Weigert**

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement
Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13, 1040 Wien, Österreich

Wien, im Jänner 2023



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen Personen bedanken, die mich beim Anfertigen dieser Masterarbeit unterstützt haben.

Zuerst gilt mein Dank Prof. Gerald Goger, der mich durch seine Lehrveranstaltungen motivierte, die Diplomarbeit im Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik zu schreiben.

Sehr herzlich möchte ich mich bei meinem Betreuer Univ.-Ass. Maximilian Weigert für die fachliche und positive Unterstützung bedanken. Ebenso bedanke ich mich bei DI Dr. techn. Leopold Winkler, DI Frank Mettendorff und DI Bernhard Payer für die Betreuung.

Auch bedanke ich mich bei meinem Arbeitgeber Projektbau, der mir die zeitliche Flexibilität zur Realisierung dieser Arbeit ermöglicht hat. Da ich mein Studium größtenteils berufsbegleitend absolviert habe, möchte ich mich auch bei meinem Freund Jürgen bedanken, der meine berufliche Laufbahn bisher maßgeblich prägte.

Ein besonderer Dank gilt meiner Freundin Daria, die die Anstrengungen bei der Verfassung dieser Arbeit begleitet und mich in jeder Situation unterstützt hat. Ich danke auch ihrer Mutter Katja für das Korrekturlesen dieser Arbeit. Darüber hinaus danke ich meinen Freunden Andi, Christof, Harry, Leo, Lukas und Martin, die mich seit der HTL nahezu täglich begleiten.

Abschließend danke ich meinen Eltern Silvia und Christian herzlichst, die mir die Grundlagen für die Absolvierung des Studiums geschaffen haben und mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite standen.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kurzfassung

Schlagwörter: Digitalisierung, örtliche Bauaufsicht, digitale Bauabwicklung, Hochbau, Leistungsbild, Bauprojektmanagement

Die Bauprojektentwicklung erfährt durch zunehmende Digitalisierung eine Veränderung. Neben der baubetrieblichen Adaptierungen auf der Baustelle stehen die Rollenbilder der Projektbeteiligten im Wandel. Abseits der Planungs- und Arbeitsmethode Building Information Modeling (BIM) sind es Applikationen, Programme und Tools, welche im Zusammenhang mit einer digitalen Bauprojektentwicklung stehen und die Rollenbilder verändern. Ziel dieser Arbeit ist es, die Veränderung des Rollenbildes einer örtlichen Bauaufsicht (ÖBA) im Bezug auf die digitale Bauabwicklung von Hochbauten durch die Implementierung und Anwendung von Softwarelösungen zu untersuchen.

Hierzu wurden im ersten Teil der Arbeit die grundlegenden Begriffe der Digitalisierung erläutert und darauf aufbauend Softwarelösungen recherchiert, analysiert und beschrieben. Durch die Verknüpfung zwischen der recherchierten Funktionsumfängen und der Definition des Bauprojektmanagements wurden sieben Kategorien eingeführt, in welche die Funktionsumfänge der Softwarelösungen unterteilt werden. Dazu wurden den Kategorien hierarchisch untergeordnet einzelne Arbeitsbereiche und Prozesse zugewiesen und beschrieben sowie je Kategorie zusätzlich ein Bezug zu BIM hergestellt. Neben den eindeutig zuordenbaren Programmfunktionen wurden hervorzuhebende Digitalisierungspotentiale anhand besonderer Technologien beschrieben.

Die recherchierten Softwarelösungen und deren Funktionen wurden anhand zweier Übersichtsmatrizen den einzelnen Kategorien zugewiesen und beschrieben. Auf Basis der Zuordnung erfolgte eine quantitative Auswertung der Produkte und deren Funktionsumfang, um die derzeit abgedeckten Aufgabenbereiche zu erfassen. Hierzu wurde die Verteilung sowie die Überschneidung der einzelnen Kategorien, Funktionen und BIM-Fähigkeiten ausgewertet, analysiert und grafisch zusammengefasst.

Im zweiten Teil der Arbeit wurden die Auswirkungen durch die Implementierung der beschriebenen Softwarelösungen auf das Rollenbild der ÖBA betrachtet. Dazu wurde der derzeitige Anwendungsbereich der ÖBA sowie das Leistungsbild und das personelle Anforderungsprofil beschrieben. Die Veränderungen wurden abschnittsweise analysiert, indem zwischen dem Leistungsbild und den geschaffenen Kategorien ein Bezug erstellt wurde. Darauf aufbauend wurde ein Ausblick auf die Zukunftsrolle der örtlichen Bauaufsicht in der digitalen Bauprojektentwicklung erstellt. Hierzu wurde der zukünftige Aufgabenbereich in Bezug auf die Leistungsbilder erläutert und die erforderlichen Adaptierungen der Leistungsbilder sowie die Veränderungen des personellen Anforderungsprofils erläutert.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abstract

Keywords: digitalization, local construction supervision, digital construction management, construction project management, performance profile, building construction

Construction project management is undergoing a change due to increasing digitalization. In addition to the adaptations in construction operations on the construction site, the role models of those involved in the project are changing. Apart from the planning and working method Building Information Modeling (BIM), it is applications, programs and tools, which are associated with digital construction project management that are changing the role models. The aim of this thesis is to analyze the change of the role image of a local construction supervision in relation to the digital construction management of building constructions through the implementation and application of software solutions.

For this purpose, the first part of the thesis explains the basic concepts of digitalization and, based on this, software solutions were researched, analyzed and described. By linking the researched functional scopes and the definition of construction project management, seven categories were introduced into which the functional scopes of the software solutions are divided. For this purpose, individual work areas and processes were assigned and described hierarchically subordinate to the categories, and an additional reference to BIM was established for each category. In addition to the clearly assignable program functions, highlighted digitization potentials were described on the basis of special technologies.

The researched software solutions and their functions were assigned to the individual categories and described using two overview matrices. On the basis of the assignment, a quantitative evaluation of the products and their functional scope was carried out in order to record the task areas currently covered. For this purpose, the distribution, as well as the overlap of the individual categories, functions and BIM capabilities were evaluated, analyzed and summarized graphically.

In the second part of the thesis, the impact of the implementation of the described software solutions on the role model of a local construction supervision was considered. For this purpose, the current scope of application of a local construction supervision, as well as the performance profile and the personnel requirement profile were described. The changes were analyzed section by section by establishing a relationship between the performance profile and the created categories. Based on this, an outlook on the future role of local construction supervision in digital construction project management was created. For this purpose, the future scope of tasks was explained in relation to the service profiles and the necessary adaptations of the service profiles as well as the changes in the personnel requirement profile were demonstrated.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Geschlechtergerechte Formulierung

Der Autor legt großen Wert auf Diversität und Gleichbehandlung. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Forschungsfragen und Zielsetzung	1
1.3	Forschungsmethodik	2
1.4	Forschungsabgrenzung	2
1.5	Aufbau der Arbeit	2
2	Begriffe der Digitalisierung	5
3	Kategorisierung des digitalen Bauprojektmanagements	11
3.1	Projektorganisation	12
3.1.1	Dokumentenmanagement	13
3.1.2	Planmanagement	15
3.1.3	Workflow Management für Freigabeprozesse	18
3.1.4	Aufgabenverwaltung	19
3.1.5	Kommunikationsmanagement und Zusammenarbeit	20
3.1.6	Berichtswesen und Monitoring	23
3.1.7	Arbeitssicherheit	25
3.1.8	BIM-Projektorganisation	26
3.2	AVVA - Ausschreibung, Vergabe, Vertrag, Abrechnung	28
3.2.1	Ausschreibungsmanagement	29
3.2.2	Vergabe	31
3.2.3	Vertragsverwaltung	33
3.2.4	Abrechnung	34
3.2.5	BIM-basiertes AVVA	34
3.3	Terminmanagement	35
3.3.1	Bauzeitplanung und Überwachung	37
3.3.2	Lean Construction Management	38
3.3.3	Taktplanung	39
3.3.4	BIM im Terminmanagement	40
3.4	Kostenmanagement	41
3.4.1	Kostenkontrolle, -steuerung und -prognose	42
3.4.2	Rechnungswesen / Rechnungsverwaltung	43
3.4.3	Claimmanagement	44
3.4.4	BIM im Kostenmanagement	45
3.5	Qualitätsmanagement	45
3.5.1	Prüfplan und Checklisten	46
3.5.2	Mängelmanagement	47
3.5.3	Dokumentation	49
3.5.4	BIM-Qualitätsmanagement	50

3.6	Ressourcenmanagement	52
3.6.1	Gerätemanagement	52
3.6.2	Materialmanagement	53
3.6.3	Personalmanagement	54
3.6.4	BIM im Ressourcenmanagement	55
3.7	Besondere Technologien	55
3.7.1	Auswertung von Krandaten mit CraneView	56
3.7.2	Schalungstechnik mit Doka und Kontakt	56
3.7.3	Vermessung und Laserscanning	58
3.7.4	Digitale Bewehrungsabnahme	60
3.7.5	Mixed Realities	61
3.7.6	360°-Kamera	62
3.7.7	Automatisierung, Robotic und NFC	63
3.7.8	Zusammenfassung	66
4	Produktübersicht und Auswertung	67
4.1	Die Produktübersicht	67
4.2	Die Funktionsübersicht	82
4.3	Auswertung	85
4.3.1	Kategorienauswertung	85
4.3.2	Funktionenauswertung	86
4.4	Zusammenfassung	93
5	Zukunftsrolle ÖBA	95
5.1	Die örtliche Bauaufsicht	95
5.1.1	Leistungsbilder der ÖBA	96
5.1.2	Personelle Anforderungen	98
5.2	Anwendungsfälle einer ÖBA und deren Änderung	98
5.2.1	Projektorganisation	98
5.2.2	AVVA - Ausschreibung, Vergabe, Vertrag, Abrechnung	99
5.2.3	Terminmanagement	99
5.2.4	Kostenmanagement	100
5.2.5	Qualitätsmanagement	100
5.2.6	Ressourcenmanagement	101
5.2.7	Besondere Technologien	101
5.3	Zukunftsrolle ÖBA	101
5.3.1	BIM-ÖBA	102
5.3.2	Änderung des personellen Anforderungsprofils	103
5.4	Zusammenfassung	104
6	Fazit	105
6.1	Zusammenfassung	105
6.2	Beantwortung der Forschungsfragen	106
6.3	Ausblick	108
	Abkürzungen	111



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kapitel 1

Einleitung

Das Thema Digitalisierung schreitet in der Baubranche voran. Forschung und Entwicklung beschäftigen sich stark mit der Umsetzbarkeit einer durchgängigen, sich über alle Projektphasen erstreckenden, digitalen Projektentwicklung. In der gelebten Praxis zeichnet sich allerdings derzeit vielerorts ein anderes Bild ab. Die „digitale Baustelle“ ist aus Sicht des Autors noch nicht angekommen. Es gibt eine Vielzahl an Soft- und Hardwareherstellern, die mit ihren angebotenen Produkten versprechen, die Bauabwicklung weiter in die Richtung einer „digitalen Baustelle“ zu bewegen. Aufgrund der Vielzahl an Programmlösungen und Angeboten am Markt, fällt es jedoch schwer, einen strukturierten Überblick zu wahren und die passende Anwendung zu wählen. Aus diesem Grund gilt es herauszufinden, welche Ansprüche der Bauprojektentwicklung durch welche Software bedient werden können und welche Überschneidungen einzelner Anwendungsfälle entstehen können.

1.1 Motivation

In der Schaffung einer Kategorisierung der aktuell am Markt zur Verfügung stehenden Projektmanagementprogramme besteht die Motivation dieser Arbeit darin, darauf aufbauend die digitalen Systeme und Neuerungen beschreiben und bewerten zu können. In weiterer Folge werden durch digitale Implementierungen die Abläufe der partizipierenden Projektbeteiligten während der Realisierung von Bauvorhaben verändert. Es gilt, einen Ausblick auf die möglichen Änderungen zu wagen, um Anpassungen hinsichtlich der Anforderungen und Leistungsbilder vorschlagen zu können. Aufgrund bisheriger persönlicher Erfahrungen des Autors liegt der Fokus dieser Arbeit auf dem Tätigkeitsprofil der örtlichen Bauaufsicht (ÖBA).

Um allen Beteiligten ein gutes Rüstzeug für zukünftigen Änderungen mit auf den Weg zu geben, gilt es, die große Anzahl an digitalen Fachbegriffen zuzuordnen und zu beschreiben.

1.2 Forschungsfragen und Zielsetzung

Der Arbeit werden folgende Forschungsfragen zugrunde gelegt:

Forschungsfrage 1: Wie können digitale Lösungen in der Bauausführung kategorisiert werden?

Forschungsfrage 2: Welche Aufgabenbereiche des Bauprojektmanagements sind durch derzeit verfügbare Softwarelösungen abgedeckt?

Forschungsfrage 3: Welche neuen Anwendungsfälle ergeben sich für die ÖBA durch Digitalisierung?

Forschungsfrage 4: Wie ändert sich der zukünftige Aufgabenbereich der ÖBA in Bezug auf die Leistungsbilder durch Digitalisierung?

Die erste Forschungsfrage basiert auf einer umfangreichen Produktanalyse, in der gemeinsame Anwendungsbereiche zusammengefasst und kategorisiert werden. Aufbauend auf die Produktrecherche werden qualitative und quantitative Bewertungsergebnisse zum derzeitigen Entwicklungsstand als Bezug auf Forschungsfrage 2 diskutiert. Fokussiert auf die örtliche Bauaufsicht gilt es, mit der Beantwortung der dritten Forschungsfrage mögliche, neue Anwendungsfälle zu beschreiben. Die vierte Forschungsfrage soll aufbauend auf vorherige Kapitel helfen, einen Ausblick auf das Rollenbild und eine mögliche Zukunft geben.

1.3 Forschungsmethodik

Zur Beantwortung der Forschungsfragen kommen unterschiedliche Forschungsmethoden zur Anwendung. Die Begriffserklärungen sowie die einleitenden Passagen der Kategorisierung liegen einer umfangreichen Literaturrecherche zugrunde. Zur Beschreibung der Kategorien und der Einordnung der Programme werden achtzig Produkte untersucht, wobei die Informationen der jeweiligen Website des Programms sowie Studien und Fachartikeln entnommen werden. Des Weiteren ist die Arbeit mit einzelnen Programmen und der daraus gewonnene Informationsgehalt Teil der Forschungsmethodik. Die Auswertung der abgedeckten Aufgabenbereiche erfolgt anhand einer quantitativen Inhaltsanalyse der untersuchten Produkte. Der Ausblick auf zukünftige Anwendungsfälle sowie die möglichen Auswirkungen auf das Rollenbild fundieren auf den Erkenntnissen der vorhergehenden Forschungsfragen.

1.4 Forschungsabgrenzung

Die Arbeit basiert auf dem Leistungsbild der örtlichen Bauaufsicht für Baumeister und Ziviltechniker sowie auf der in *ÖNORM B 1801-1: Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 1: Objekterrichtung* [1] definierten Ausführungsphase. Der Schwerpunkt liegt dabei in der Betrachtung von Hochbau-Projekten und dem Baubetrieb vor Ort. Anwendungen, die ausschließlich in früheren oder nachgelagerten Projektphasen zum Einsatz kommen oder andere Fachbereiche des Bauwesens umfassen, sind in der Arbeit nicht berücksichtigt. Des Weiteren werden die überschneidenden Aufgabenfelder der Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung nicht vertiefend beschrieben.

1.5 Aufbau der Arbeit

In Kapitel 2 erfolgt die Einleitung der Digitalisierungspotentiale der Bauausführung durch die Begriffserklärung der allgemeinen zur Anwendung kommenden Begriffe. In Kapitel 3 werden auf Basis einer Produktrecherche und anhand einschlägigen Normen Kategorien des digitalen Bauprojektmanagements erstellt, beschrieben und durch Beispiele veranschaulicht. Daraus resultiert die Beantwortung der ersten Forschungsfrage. Kapitel 4 umfasst die Beschreibung, Zuordnung

und numerische Auswertung der analysierten Softwarelösungen und beantwortet die zweite Forschungsfrage. In Kapitel 5 wird ein Ausblick auf die Zukunftsrolle der örtlichen Bauaufsicht auf Basis der zuvor beschriebenen digitalen Bauprojektentwicklung erstellt. Darin werden die dritte und vierte Forschungsfrage behandelt.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kapitel 2

Begriffe der Digitalisierung

Zur Beschreibung von Digitalisierungspotentialen der Bauausführung ist es erforderlich, die allgemein zur Anwendung kommenden Begriffe der Digitalisierung zu beschreiben.

BIM - Building Information Modeling

Als Building Information Model (BIM) wird der digitale Schatten eines Bauwerks verstanden, welcher mit einer Vielzahl von Informationen bespielt wird. Hierbei handelt es sich nicht nur um ein dreidimensionales, optisches Abbild, sondern vielmehr um die Verknüpfung dieser 3D-Geometrien mit nicht geometrischen Attributen, wie beispielsweise Kostendaten oder verschiedenen Klassifizierungen und Kategorisierungen der einzelnen Objekte. Die BIM-Phasen umfassen den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes vom Entwurf, über Ausführung, Bewirtschaftung und schließlich Umbau oder Rückbau des Objekts. Der größte, zukünftige Anwendungszeitraum eines BIM-Modells liegt im Abschnitt der Nutzungsphase, deshalb ist es von großer Wichtigkeit, das Modell bereits während Planung und Ausführung mit Informationen zu füllen [2, S.4-6].

Aufbauend auf einem BIM-Modell können weitere Operationen durchgeführt werden. Darunter fallen im Planungsprozess vor allem Berechnungs- und Simulationsprozesse, Analysen sowie Kollisions- und Planprüfungen. Des Weiteren ergeben sich Vorteile bei der Erstellung von Ansichten, Schnitten und Grundrissen, welche direkt aus dem Modell erstellt werden. In der Phase der Ausführung dient ein Modell unter anderem der Abrechnung, Massenermittlung, Bauablaufplanung und -prüfung sowie dem Mängelmanagement [2, S.6-11].

Zur Ausschöpfung der Potentiale einer BIM-basierten Arbeitsweise ändern sich nicht nur Prozesse und Aufwände, es ist ein hohes Maß an interdisziplinärer Zusammenarbeit aller Beteiligten erforderlich.

Hierzu gibt es unterschiedliche Arbeitsweisen, welche in folgende technologische Bereiche unterteilt werden [2, S.12-13]:

Little-BIM bezeichnet ein eigenständiges Modell, welches keine Weiterverwendung für andere Beteiligte zulässt und dadurch eine Insellösung für spezifische Aufgaben ist.

BIG-BIM ist im Gegensatz dazu ein übergreifendes Modell, welches eine Verwendung für alle Beteiligten und Phasen ermöglicht.

Open-BIM ermöglicht die Verwendung offener Formate für den Datenaustausch mittels herstellernerneutraler Schnittstellen, beispielsweise Industry Foundation Classes (IFC).

Closed-BIM hingegen lässt lediglich eine Verwendung von Softwareprodukten eines einzelnen Herstellers, mit eingeschränktem Austausch durch herstellereinspezifische Schnittstellen, zu.

Durch Verknüpfung der einzelnen Bereiche wird beispielsweise ein BIG-Open-BIM-Modell ermöglicht, wodurch sich eine Softwarekompatibilität von verschiedenen Produkten ergibt.

CDE - Common Data Environment

Bei Bauprojekten werden eine Vielzahl an Dateien und Informationen generiert, welche es zwischen den Projektbeteiligten zu verteilen gilt. Zur Wahrung eines stetigen Informationsaustausches und einer zentralen Speicherung sämtlicher Projektinformationen eignen sich digitale Projektplattformen. Die ISO 19650-1 [3] definiert dazu das Common Data Environment (CDE) als eine gemeinsam vereinbarte Datenumgebung, in welcher Informationen oder Assets eines bestimmten Projekts verwaltet und verbreitet werden. Die CDE-Plattform ist ein digitaler Projektraum, welcher die Abwicklung von interdisziplinären und kollaborativen Prozessen der am Projekt beteiligten Personen ermöglicht. Hierzu dient der zentrale Raum zur Verwaltung, Sammlung und Auswertung von Dokumenten, Plänen und Informationen. Durch die Anwendung einer CDE-Plattform wird der Informationsfluss erhöht, indem durch zentrale Speicherung aktuelle Daten zur Verfügung stehen. Zur gesamtheitlichen Nutzbarkeit können den Projektbeteiligten verschiedene Zugriffsbereiche und -berechtigungen erteilt werden. Weitere Vorteile der Plattform liegen in der Verminderung der Datenredundanz sowie in der Erhöhung der Datensicherheit. Dabei gelingt es mit Hilfe einer Versionsverwaltung und Änderungsdokumentation, Aktivitäten sowie Änderungsabläufe nachzuverfolgen und wiederherzustellen. Für die Implementierung sind die Aspekte der Angemessenheit zwischen Aufwand und Nutzen, der Neutralität des Softwareprodukts sowie der Anwendbarkeit zu beachten. Zur Wahrung der Qualität gilt es, Verfahren und Techniken der Anwendung zu definieren, welche von den Beteiligten einzuhalten sind. Weitere Anwendungsfelder der CDE-Plattform ergeben sich durch die Implementierung von Workflows, BIM-Modellen und Kommunikationskanälen [2, S.335-351].

IFC - Industry Foundation Classes

Als Standard für die digitale Beschreibung und den Austausch von BIM-Daten definiert die ISO 16739-1 [4] die Industry Foundation Classes auf Grundlage des von „buildingSMART International Limited“ [5] entwickelten Industriestandards IFC4. IFC ist dabei offen, international standardisiert und herstellernerutral, wodurch es mit einer Vielzahl von Softwares und Anwendungsfällen verwendbar wird. Mittels eines IFC-Schemas wird ein standardisiertes Datenmodell erzeugt, welches die Identität und Semantik sowie die Attribute und Beziehungen von Objekten, abstrakten Konzepten, Prozessen und Menschen miteinander logisch kodifiziert. Dadurch gelingt es physische Komponenten zu definieren, um beispielsweise den Aufbau eines Gebäudes zu beschreiben. Des Weiteren können Energieanalyse- und Strukturanalysemodelle oder Kostenaufschlüsselungen definiert werden. Der Austausch von Bauwerksinformationen zwischen den Beteiligten gelingt, indem IFC standardisierte Dateien über eine IFC-Schnittstelle der Software, in verschiedenen Formaten exportiert und importiert werden [4, 5].

BCF - BIM Collaboration Format

Das BIM Collaboration Format (BCF) ist ein internationaler openBIM-Standard und wurde von „buildingSMART International Limited“ [5] entwickelt, um eine offene, modellbasierte Kommunikationsmöglichkeit auf der Basis eines IFC-Workflows zu schaffen. Mit Hilfe des BCF werden, je nach Projektphase, verschiedene BIM-Anwendungsfälle ermöglicht. Darunter die Kollisionsprüfung,

die Kommentarfunktion, die Hinterlegung von Kosten- und Lieferanteninformationen oder die Aufzeichnung zum Qualitätsmanagement (QM). Der Austausch erfolgt über den Export und Import von BCF-Dateien mit der dafür vorgesehene Schnittstelle oder über die Implementierung eines BCF-Servers, welcher eine zentrale Erstellung, Bearbeitung und Verwaltung von BCF-Themen ermöglicht. Unter der Homepage von buildingSMART sind BCF und IFC zertifizierte Programme aufgelistet [5].

KPI - Key Performance Indicator

Als Key Performance Indicator (KPI) werden Kennzahlen bezeichnet, welche Bezug zu Erfolg, Leistung und Auslastung eines Betriebs nehmen. Der Indikator dient der objektiven Beurteilung von Prozessen und Produktionen. Die Verwendung von KPIs ermöglicht den Ausführenden zum Beispiel, den aktuellen Leistungsstand einer Baustelle zu erkennen und die Leistungserbringung zielgerichtet zu optimieren [6, S.363-375].

Dashboard

Ein Dashboard ist eine aufbereitete und übersichtliche Darstellung von Kennzahlen. Anhand der zusammenfassenden Ansicht werden relevante Zahlen, Fakten oder Diagramme angezeigt, welche eine Orientierung des Projektstatus in Echtzeit gewähren. Dabei ist eine vordefiniert oder individuell anpassbar Darstellung möglich [7, 8].

IoT - Internet of Things

Das Internet of Things (IoT), zu Deutsch das Internet der Dinge, ermöglicht die Verbindung zwischen physischen und digitalen Systemen. IoT-Plattformen ermöglichen eine Vernetzung unterschiedlichster Geräte, Softwares, Sensoren und Technologien über das Internet [9]. Dabei werden fünf Wertschöpfungsebenen, welche anhand des Beispiels einer intelligenten Kranlösung von Meinhardt und Wortmann [9, S. 5-6] beschrieben werden, unterschieden:

1. Ebene - Physische Ebene: Der Kran
2. Ebene - Sensoren und Aktuatoren: Ausstattung des Krans zur Erfassung der Belastung, Dauer oder Anzahl der Kranspiele
3. Ebene - Konnektivität: Verbindung der im Kran verbauten Recheneinheit mit dem Internet. Beispielsweise mittels einer Mobilfunkverbindung über eine SIM-Karte
4. Ebene - Analytik: Daten werden gesammelt und stehen zur Analyse bereit
5. Ebene - Digitale Leistung: Ermöglichung einer Fernwartung des Herstellers aufgrund der ersten vier Ebenen

IoE - Internet of Everything

Unter der Weiterentwicklung des IoT, ist das Internet of Everything zu verstehen. Im IoE werden Menschen (Internet of People - IoP), Industrieanlagen (Industrial Internet - II), Organismen, Orte, Pflanzen und Weitere miteinander vernetzen. Die resultierenden Teilnetzwerke werden miteinander verbunden, um beispielsweise eine gesamte Stadt miteinander zu vernetzen, zu einer sogenannten „Smart City“ [10, S.1-2].

QR-Code

Ein Quick Response Code (QR-Code) kodiert mittels schwarz-weißen Quadraten, binäre Daten in Form einer Matrix. Dabei dürfen die einzelnen Quadrat gewisse Größen nicht unter- oder überschreiten dürfen. Durch das Scannen eines QR-Codes mittels Reader Software, welche heutzutage häufig in die Kamerafunktion moderner Smartphones integriert ist, können beispielsweise Internetseiten, WLAN-Zugänge, Geodaten oder Informationen zu Planständen schnell abgerufen werden [11, S.22-24].

Der QR-Code zeichnet sich im Gegensatz zu anderen 2D-Barcodes besonders durch seine geringe Fehleranfälligkeit sowie der enormen Zeichenzahl, welche verknüpft werden kann, aus. So gelingt es pro Einzelcode bis zu 7.000 Zeichen zu kodieren. Weiters sind Verknüpfungen von bis zu sechzehn Einzelcodes möglich. Vor allem die Robustheit gegen Zerstörung dieser Kennzeichnung ermöglicht einen breiten Anwendungsbereich, da 7-30 % des QR-Codes beschädigt oder entfernt werden können, ohne die Funktionstüchtigkeit einzuschränken [12, S.126-127].

Cloud-Computing

Cloud-Computing ist die flexibel skalierbare Bereitstellung von IT-Ressourcen und -Diensten. Der Verbraucher nutzt dazu entfernt gelegene Server und Speicher des Anbieters und benötigt diese nicht in physischer Form an seinem Standort. Darunter ist zum Beispiel eine Cloud-Plattform zu verstehen, welche On-Demand zugreifbar ist und auf welche Anwendungen ausgeführt oder entwickelt sowie Daten gespeichert werden. Grundsätzlich ist zwischen dem Cloud-Deployment und dem Cloud-Service sowie den verschiedenen Modellen zu unterscheiden.

Cloud-Deployment Models sind bezogen auf die Nutzung zu differenzieren:

- Private-Cloud: Die Verwendung ist für ausgewählte Nutzer vorgesehen, welche die Cloud alleine oder mit Kunden nutzen.
- Public-Cloud: Die Verwendung wird einer breiten Öffentlichkeit ermöglicht.
- Hybrid-Cloud: Eine Cloud die aus mehreren private-, public- oder community-Clouds besteht.

Cloud-Service-Models sind bezüglich der beigestellten Dienstleistung zu unterscheiden:

- Software as a service (SaaS): Dem Nutzer wird eine vollständige, cloud-basierte Softwareanwendung mit einer Benutzeroberfläche bereitgestellt.
- Platform as a service (PaaS): Dem Nutzer wird eine Plattform, Hardware, Betriebssystem sowie Entwicklungs- und Verwaltungstool bereitgestellt.

- Infrastructure as a service (IaaS): Dem Nutzer werden Server, Speicher und Netzwerkressourcen bereitgestellt, auf welche eigene Betriebssysteme und Anwendungen installiert werden können.

[13, Kap.1]

RFID - Radio Frequency Identification

Die Radio Frequency Identification (RFID) Technologie dient der Kennzeichnung und Identifizierung von Objekten. Anders als bei einem QR-Code funktioniert die Technik nicht visuell, sondern mittels Funksignalen und benötigt einen Transponder sowie ein Schreib- oder Lesegerät. Zur Datenübertragung baut das RFID-Schreib-Lesegerät ein magnetisches oder elektromagnetisches Feld auf, welches von einem RFID-Tag retourniert wird. Dabei können die Daten des Chips, welcher im Tag verbaut ist, ausgelesen oder neu hinterlegt werden. Die Transponder sind klein, in unterschiedlichen Ausführungen erhältlich und in zwei Systeme zu unterteilen. Beim aktiven System steht dem Transponder eine eigene Stromversorgung zur Verfügung, wodurch Daten über eine große Entfernung übertragbar werden. Im Gegensatz dazu bezieht das passive System die Energie aus dem elektromagnetischen Feld des RFID-Schreib-Lesegeräts. Das semi-aktive System ist ein Zwischentyp, wobei eine eigene Stromversorgung vorhanden ist, der Transponder jedoch nicht als vollwertiger Sender fungiert. Die verbauten Chips können ein Speichervolumen von acht Kilobyte vorweisen, in welchem zirka 7.200 Zeichen speicherbar sind. Die Funktionalität des Chips kann dazu unter anderem Bereiche des Schreibschutzes oder der Verschlüsselung beinhalten [14, 15].

NFC - Near Field Communication

Die Near Field Communication (NFC) Technologie bezeichnet eine drahtlose Übertragungstechnologie zum Datenaustausch mit geringem Abstand, welche die RFID-Technologie nützt. Analog zu RFID wird in passive und aktive Systeme unterschieden, jedoch können mittels der NFC-Technologie lediglich zwei Teilnehmer gleichzeitig miteinander kommunizieren. Mittels NFC-Transpondern können Objekte gekennzeichnet und Aktionen ausgelöst werden. Vor allem der Internetzugang, welcher durch NFC-Lesegerät hergestellt wird, vergrößert die Anwendungsmöglichkeiten. Die NFC-Schnittstelle ist in einer Vielzahl von Geräten verbaut, darunter vor allem Smartphones und Tablets, und wird häufig für den Zahlungsverkehr verwendet [16].

KI - Künstliche Intelligenz

Als Künstliche Intelligenz (KI) werden Methoden bezeichnet, welche einem Computer die Lösung von Aufgaben durch menschenähnliche Intelligenzleistungen ermöglicht. Die Methoden zur Schaffung von künstlicher Intelligenz sind unter anderem der Wissenserwerb, die Wissensrepräsentation, das Verständnis natürlicher Sprache und die Kognitionsmodelle. Diese ermöglichen die Erfassung, Speicherung, Verarbeitung und Verknüpfung von Informationen und Daten, wodurch komplexe Anwendungsfelder für KI-gestützte Systeme entstehen [17].



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kapitel 3

Kategorisierung des digitalen Bauprojektmanagements

Das Projektmanagement (PM) wird gemäß *DIN 69901-5: Projektmanagement – Projektmanagementsysteme Teil 5: Begriffe* als die

„Gesamtheit von Führungsaufgaben, -organisation, -techniken und -mitteln für die Initiierung, Definition, Planung, Steuerung und den Abschluss von Projekten“

definiert [18].

Das Bauprojektmanagement entwickelte sich durch eine Veränderung des branchenübergreifenden Begriffs, auf die am Bau Beteiligten [19, S.127] und agiert in fünf unterschiedlichen Projektphasen [20].

1. Projektvorbereitung
2. Planung
3. Ausführungsvorbereitung
4. Ausführung
5. Projektabschluss

Die aufeinanderfolgenden Phasen beinhalten eine Vielzahl von Teilleistungen, darunter jene der Projektleitung, der Projektsteuerung und der Projektentwicklung:

Für die enthaltenen Leistungen der örtlichen Bauaufsicht sind die Phasen drei bis fünf relevant. Beginnend mit der behördlichen Einreichung des Projekts und endend mit der Übergabe beziehungsweise der Gewährleistung, wobei die Ausführungsphase die prägendste Projektphase der ÖBA darstellt. Das genaue Leistungsbild wird im *Leitfaden zur Kostenabschätzung von Planungs- und Projektmanagementleistungen, Band 3 Örtliche Bauaufsicht* [20], in der *Honorar Information Architektur* (HIA) [21] und dem *Leistungsmodell Objektplanung – Architektur* (LM.OA) der TU Graz [22] beschrieben und beinhaltet unter anderem die Bauüberwachung, die Termin- und Kostenverfolgung, die Qualitätskontrolle und Rechnungsprüfung, die Übernahme und Abnahme, die Dokumentation sowie die Mängelfeststellung und -bearbeitung.

Im digitalen Zeitalter des Bauprojektmanagements gibt es eine Vielzahl von Applikationen, Programmen und Tools, welche im Zusammenhang mit einer digitalen Bauprojektanbahnung stehen. Die datenintensivste Phase stellt der Baubetrieb dar, wobei Softwarelösungen genutzt werden, um wertschöpfende Arbeitsprozesse zu erarbeiten. Bauer und Lumetsberger definieren den Begriff des Baubetriebs wie folgt:

„Der Baubetrieb ist verantwortlich für die planmäßige Zusammenführung der Produktionsfaktoren (menschliche Arbeitsleistung, Betriebsmittel, Werkstoffe) durch dispositive Tätigkeit (Führung, Planung, Organisation, Überwachung) zur Errichtung von Bauwerken und zugeordneten Dienstleistungen. Davon umfasst ist die Baudurchführung in ihrer Gesamtheit von der planerischen Vorstellung bis zur Realisierung des Bauwerkes [23, Kap 1.1].“

Zur Einordnung der Rolle der örtlichen Bauaufsicht und Zielerreichung einer wertschöpfenden Bauprojektentwicklung gilt es, Kategorien zu erstellen, um Programme zuordnen zu können und vergleichbar zu machen sowie darauf aufbauend eine zielgerichtete Produktwahl treffen zu können. Es ist zu erwähnen, dass erst eine Verknüpfung sämtlicher Kategorien eine wertschöpfende, digitale Projektentwicklung ermöglicht.

Aufbauend auf eine detaillierte Produktrecherche von achtzig Programmen und angelehnt an die *ÖNORM ISO 21500: Leitlinien Projektmanagement* [24] sowie an die *ÖNORM B 1801-1: Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 1: Objekterrichtung* [1] haben sich die in diesem Kapitel beschriebene Möglichkeiten einer klaren Kategorisierung ergeben.

Den übergeordneten Kategorien werden, hierarchisch untergeordnet, einzelne Arbeitsbereiche und Prozesse zugewiesen und erläutert. Bei der Beschreibung der einzelnen Bereiche gilt es, den Sinn und die Aufgaben klar darzustellen sowie hervorzuhebende beziehungsweise wichtige Funktionen zu erwähnen und anhand von Beispielen zu veranschaulichen. Ein vertiefender Einblick in die einzelnen Prozesse erfolgt anhand von Schlagwörtern und Funktionsbeschreibungen. Darauf aufbauend werden Beispiele und Verweise angeführt, Funktionsumfänge beschrieben, Überschneidungen aufgezeigt und Veranschaulichungen abgebildet.

Eine Vielzahl der Produkthanbieter wirbt mit ähnlichen Schlagwörtern und Managementbegriffen, wodurch sich folglich Funktionen, Programmschnittstellen und -inhalte einander gleichen.

Die recherchierten Programme werden in Kapitel 4 kategorisiert und einzeln mit Kurzbeschreibungen erläutert, in einer Übersicht dargestellt sowie numerisch ausgewertet.

3.1 Projektorganisation

Eine grundlegende Aufgabe des Projektmanagements ist die Schaffung von Ordnung durch die Projektorganisation. Mit der Organisation von Projekten gelingt eine zielgerichtete Steuerung der Beteiligten und deren Aufgaben zur Erreichung des Projektziels. Die Aufgaben umfassen Projektstruktur-, Projektaufbau- und Projektablauforganisation sowie die Sicherstellung von Informations-, Kommunikations- und Dokumentationsflüssen zwischen den Projektbeteiligten [25, S.149].

Die Projektorganisation ist eine maßgebliche und übergeordnete Kategorie, welche in die nachfolgenden Bereiche unterteilbar ist. Diese hierarchisch untergeordneten Bereiche sind allgemein gehaltenen Begriffe. Aufgrund des übergeordneten Wesens und der vielen Schnittstellen bauen viele Aufgabenfelder der weiteren Kategorien auf diesem charakteristischem Kapitel auf.

Die Digitalisierung zielt auf eine Verknüpfung unterschiedlichster Arbeitsprozesse ab, wobei die Projektorganisation oftmals die Rolle des Bindeglieds übernimmt. Hierbei ist eine von den Projektbeteiligten gemeinsam genutzte Projektplattform beziehungsweise eine vereinigte Datenumgebung die Basis der Organisation. Unter CDE ist ein zentraler Ort zu verstehen, welcher Informationen, Dokumente und Daten sammelt, verwaltet, teilt und bearbeitet. Dabei

werden die Daten in einer cloudbasierten Umgebung gespeichert, wodurch eine Einzelablage nicht mehr erforderlich ist und die interdisziplinäre Projektabwicklung gestärkt wird [26].

3.1.1 Dokumentenmanagement

Bei einem Projekt kommt es je nach Komplexitätsgrad zu einer großen Anzahl an Dokumenten, welche die zuständigen Projektbeteiligten erreichen sollten, um den Informationsfluss zu wahren. Die Verteilung, Verwaltung, Verarbeitung, Überwachung, Koordination und Archivierung dieser Dokumente wird als Dokumentenmanagement bezeichnet. Mit Hilfe eines Dokumentenmanagementsystems werden Dokumente aller Art in digitaler Form den als Empfänger vorgesehenen Beteiligten individuell zur Verfügung gestellt. Dadurch ist es möglich, eine langfristige Sammlung und Organisation zu gewähren, Suchvorgänge und Archivierungen durchzuführen sowie Indexierungen zur Nachvollziehbarkeit des Lebenszyklus umzusetzen [27, S. 65-68]. Die Charakteristika des Dokumentenmanagement werden nachfolgend anhand von Grundlagen und wesentlicher Merkmale beschrieben.

Aufbau- und Ablagestruktur

Die Aufbau- und Ablagestruktur dient der geordneten Organisation von Dokumenten einer Projektplattform, wobei zwei grundlegende Systeme voneinander zu unterscheiden sind. Das Listensystemen und die Ordnerstruktur.

Beim Listensystem stehen alle Dokumente in der gleichen hierarchischen Ebene und werden mittels „Tags“ markiert. Darunter sind Schlagwörter zu verstehen, mit welchen Dokumente zugeordnet und zusätzlich zum Dateinamen beschriftet werden, um eine Suche, Filterung und Unterteilung von Dokumenten zu ermöglichen. Zur Erleichterung der Suche kommen „und/oder“ Befehle zur Anwendung, die es ermöglichen, nach unterschiedlichen Attributen zu filtern. Bei der Ordnerstruktur, beispielsweise der klassischen Windows-Ablage, werden Ordner auf unterschiedlichen, hierarchischen Ebenen angelegt und beschriftet. In diesem Zusammenhang fällt auf, dass dies bei manchen Anbietern verschachtelt ausfallen kann. „Tags“ bieten Abhilfe durch die Zuordnung mit klaren, übergeordneten Beschriftungen, wodurch die Suche erleichtert wird. Dieser Umstand könnte ein Grund für die Etablierung von Listensystemen sein [28–30].

Die Ablage von Dokumenten in die Projektplattform erfolgt über einen „Fileupload“. Dieser erfolgt entweder durch eine dezidierte Angabe des lokalen Speicherorts der Datei am Rechner in einem eigenen Kontextmenü oder mittels einer „Drag and Drop“-Funktion. Anhand optional verfügbarer Add-ons ist eine Integration des Ablagesystems mit E-Mail Services möglich, beispielsweise zur direkten Verknüpfung von Projektmailadressen mit der Projektablage [28, 29, 31, 32].

Eine Aktualisierung von Dokumenten wird durch Indexierungen möglich. Dabei wird das bestehende Dokument durch die Eingabe der zugehörigen Uploadinformationen mit der aktuellsten Version überspielt und bleibt im Hintergrund abrufbar. Somit rückt der Letztstand für den Benutzer stets in den Vordergrund, welches die Parallelspeicherung der einzelnen Dokumentenindexe verhindert [29, 31].

Aktivitätenprotokoll

Die Anzahl an Dokumenten einer Projektplattform erzeugt eine Vielzahl von Bewegungen und Aktivitäten. Zur Dokumentation und Nachvollziehbarkeit dieser ist ein Aktivitätenprotokoll sinnvoll. Dadurch werden Aktivitäten, Änderungsverläufe und Versionierung beziehungsweise Indexierungen der Dokumente sichtbar, nachvollziehbar und lückenlos dokumentiert. In diesem Zusammenhang erkennen Softwares automatisch die Aktivitäten der einzelnen Benutzer und zeichnen diese auf. In Abb. 3.1 wird die Dokumentation von Aktivitäten anhand der Plan- und Dokumentenplattform Planfred [29] abgebildet. Hierbei werden einzelne Up- und Downloadprozesse sowie sämtliche anderweitige Benutzeraktivitäten aufgelistet [29, 30].

Art	Beschreibung	Zeitpunkt
+	Statik Abteilung hat die Druck-Datei NBHI_AU_MST_BP_04_01_4128_00_F.pdf des Plans 4128, BT 4 1 Obergeschoss - Bewehrung der Wände Teil 2 (#0), Index 00 erstmals geladen.	vor einem Monat 28. Sept. 2021, 15:43
+	Kirothner Wolfgang hat die CAD-Datei NBHL_PP_MPL_DR_01_U1_05_03_F.dwg des Plans NBHI_PP_MPL_DR_01_U1_05_03, BT 1 UG 1 - gesamtes DWG UG1 BT 1-4 (#3), Index 03F erstmals geladen.	vor einem Monat 28. Sept. 2021, 15:34
+	Kirothner Wolfgang hat die Druck-Datei NBHL_PP_MPL_DR_01_U1_05_03_F.pdf des Plans NBHI_PP_MPL_DR_01_U1_05_03, BT 1 UG 1 - gesamtes DWG UG1 BT 1-4 (#3), Index 03F letztmals geladen.	vor einem Monat 28. Sept. 2021, 15:31
+	Kirothner Wolfgang hat die Druck-Datei NBHL_PP_MPL_DR_03_U1_07_02_F.pdf des Plans NBHI_PP_MPL_DR_03_U1_07_02, BT 3 - UG 1 (#2), Index 03F erstmals geladen.	vor einem Monat 28. Sept. 2021, 15:31
+	Pörr hat die Druck-Datei NBHI_AU_MST_BP_04_00_4125_02_F.pdf des Plans 4125, BT 4 Decke über Erdgeschoss - Stecker, Rost-Abstandhalter (#2), Index 02 erstmals geladen.	vor einem Monat 28. Sept. 2021, 14:44
+	Pörr hat die Druck-Datei NBHI_AU_MST_BP_01_U1_1099_00_F.pdf des Plans 1099, BT1 UG1 Deckensprünge (#0), Index 00 erstmals geladen.	vor einem Monat 28. Sept. 2021, 14:41
+	Störmer Bertram hat den Plan 1099, BT1 UG1 Deckensprünge angelegt.	vor einem Monat 28. Sept. 2021, 14:18
+	Störmer Bertram hat den neuen Plan-Index 4125, BT 4 Decke über Erdgeschoss - Stecker, Rost-Abstandhalter (#2), Index 02 hochgeladen.	vor einem Monat 28. Sept. 2021, 14:18
+	Kirothner Wolfgang hat die Druck-Datei NBHL_PP_MPL_DR_03_07_08_00_F.pdf des Plans NBHI_PP_MPL_DR_03_07_08_00, BT 3 - 7/06 (#0), Index 00F erstmals geladen.	vor einem Monat 28. Sept. 2021, 11:28
+	Junker Julian hat die Druck-Datei 426-NBHI-HKS OG1.pdf des Plans 426-NBHI-HKS OG1, HKS OG1 (#0), Index A erstmals geladen.	vor einem Monat 28. Sept. 2021, 11:14
+	Kiengraber Bernd hat den Plan A21-447-PLG-AP-XX-2UG-540-C-02, Grundriss Elektro 2.Untergeschoss (#1), Index c kommentiert: Die Planversion ist NICHT freigegeben!	vor einem Monat 28. Sept. 2021, 08:59

Abb. 3.1: Beispielhafte Abbildung einer Aktivitätenliste aus Planfred[29]

Berechtigungsverwaltung

Die Vielzahl an Projektbeteiligten ist mit unterschiedlichen Kompetenzen und Verantwortungen verbunden. Zur übergeordneten Nutzung von Projektplattformen für alle Anforderungsprofile ist eine Benutzerverwaltung mit der Zuweisung von Befugnissen von Vorteil. Mittels des Berechtigungssystems können den Beteiligten unterschiedliche Rechte erteilt werden, darunter fallen exemplarisch Lese- oder Bearbeitungsrechte. Für sensible Daten gibt es Funktionen der beschränkten Sichtbarkeit, wodurch Dokumente für ausgewählte Nutzer sichtbar und offenbar werden. So können auf einer für alle Beteiligten zugänglichen Plattform interne Dokumente des Bauherrn wie Angebote, Preisspiegel und Verträge abgelegt werden, ohne dass diese für Dritte einsehbar sind [28, 31, 32].

Benachrichtigungen

Den Wissensstand der Nutzer auf Projektplattformen gilt es aktuell zu halten, um die Richtigkeit des Informationsflusses zu wahren. Dies gelingt durch Benachrichtigungsoptionen, bei welchem die Benutzer beispielsweise über Änderungen, oder Uploads informiert werden. Die Benachrichtigungen an Nutzer der Plattform erfolgen entweder automatisch basierend auf Voreinstellungen oder individuell abgestimmt und manuell durch einen Auswahldialog im Programm. Die Verteilung von Dokumenten kann unterschiedlich vonstatten gehen. Entweder direkt in der Plattform, wodurch eine Benachrichtigung beim Empfänger ankommt, oder über ein externes System, beispielsweise via Mail. Wobei Anhänge direkt oder mittels Hyperlink, welcher eine Verknüpfung zum Ablageort herstellt, versendbar sind. Die Hinterlegung einer E-Mailadresse wird, unabhängig vom System, vorausgesetzt [28, 30, 31].

Dokumentenscan und OCR-Erfassung

Zur Steigerung der Akzeptanz und Effizienz von Dokumentenablagensystemen und Projektplattformen werden Funktionen zum mobilen Upload und Optical Character Recognition (OCR) Erfassung angeboten. Darunter ist die Speicherung von Dokumenten über das Mobiltelefon zu verstehen, zum Beispiel mittels Mobile App Lösungen der jeweiligen Produktanbieter. Durch in den Softwares integrierte Scanfunktionen können Uploadvorgänge von analogen Dokumenten erleichtert werden. Mit der Kamerafunktion des Telefons oder Tablets werden Aufnahmen des physischen Dokuments erstellt. Die so erzeugten Scans sind im Anschluss zuschneidbar, können mit Filtern zur besseren Lesbarkeit versehen und in unterschiedliche Dateiformate exportiert werden, wobei hauptsächlich PDF-Formate zur Anwendung kommen. Weiterführend werden mittels optischer Zeichenerkennung (OCR-Erfassung) die Dokumenteninhalte in Textzeichen umgewandelt und dadurch gescannte Duplikate analoger Dokumente vollumfänglich textlich erfasst. Dies erlaubt dem Nutzer eine digital unterstützte, wortbasierte Suche sowie eine automatisierte Dateibenennung [32, 33].

3.1.2 Planmanagement

Eine abgeschwächte Form des Dokumentenmanagements ist das Planmanagement. Dieses bezieht sich auf die zuvor genannten Funktionen des Verteilens, Verwaltens und Archivierens von Projektdokumenten, jedoch mit dem alleinigen Fokus auf Planunterlagen und Zeichnungen [25, S.379]. Der Funktionsumfang des Planmanagements überschneidet sich zum Großteil mit jenem des Dokumentenmanagements, wodurch nachfolgend die Alleinstellungsmerkmale erläutert werden.

QR-Code Abfrage

Bei Plänen nimmt die Aktualität eine wichtige Rolle ein, um Fehler in der Ausführung und Widersprüche zwischen Planung und Bauzustand zu vermeiden. Durch laufende Anpassungen werden regelmäßig Planindexe erstellt und Pläne getauscht, wodurch Unterlagen ihre Gültigkeit verlieren. Für eine rasche Abfrage der Validität eines Planes gibt es die Möglichkeit einer QR-Code Abfrage, welche auf die Informationsabfrage durch die in Kapitel 2 erläuterten Funktionen des Kennzeichnungssystems abzielt. Im Planmanagement wird diese genutzt, um eine rasche Überprüfung der Gültigkeit von gedruckten Pläne zu ermöglichen. Softwarehersteller versehen

dazu die Pläne beim Hochladen in die Datenumgebung mit einem automatisch generierten QR-Code, dessen Platzierung am Dokument voreinstellbar ist. Der Code bildet eine Verknüpfung zwischen Planmanagementsystem und physischem Plan. Wird der QR-Code zum Beispiel mit einem Smartphone gescannt, so wird auf die im Datenraum hinterlegten Informationen zugegriffen und geprüft, ob es sich um den aktuellsten und somit gültigen Index des Plandokuments handelt [30, 34].

Planvergleichsfunktion

Neben der Aktualität von Plänen ist es notwendig, die Unterschiede zwischen den einzelnen Indexen zu erkennen. Dazu ist es üblich, dass Planer die Änderungen mittels Revisionswolken kennzeichnen und im Plankopf beschreiben. Aus der Erfahrung des Autors findet dieser Vorgang nicht lückenlos statt, wodurch Änderungen zwischen Planständen undurchsichtig werden. Hierzu gibt es die Möglichkeit mittels einer Planvergleichsfunktion, einen raschen, digitalen Abgleich von verschiedenen Planindexen zu vollziehen. Die Pläne werden dabei vom Programm übereinander gelegt und verglichen. Sobald Änderungen erkannt werden, hebt die Software die Unterschiede durch eine farbliche Darstellung hervor. Damit sind sämtliche Änderungen nachvollziehbar dargestellt, um auf der Baustelle den letztgültigen Plan umzusetzen. Abb. 3.2 verbildlicht das Resultat eines Planvergleichs an einem Beispiel [31, 35].

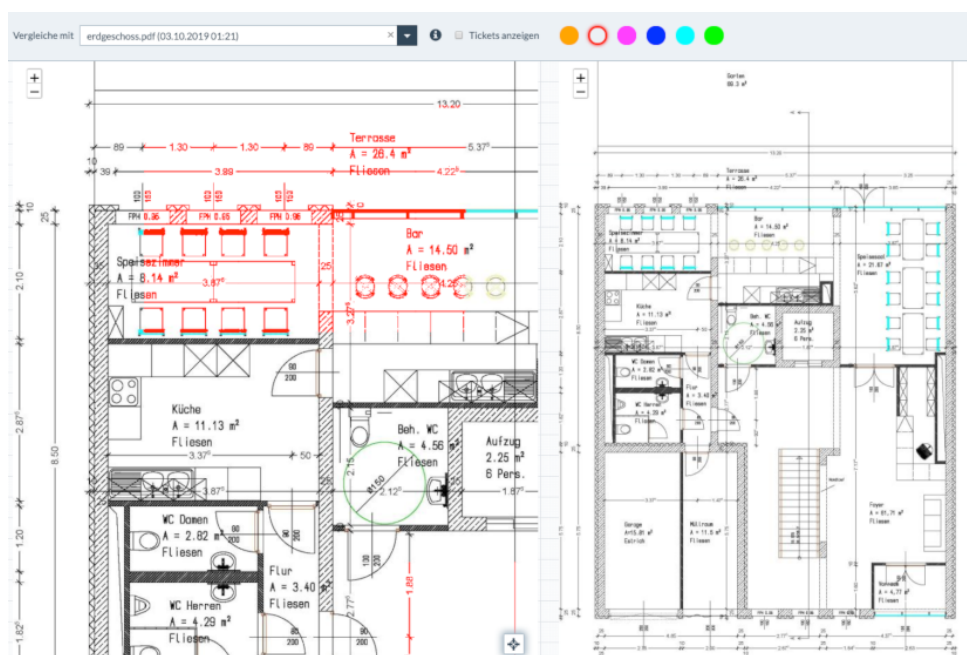


Abb. 3.2: Farbliche Hervorhebung von Änderungen eines Grundrisses in Planradar [36]

Ablage verschiedener Dateiformate

Pläne werden je nach Erfordernis in unterschiedlichen Datenformaten abgespeichert. Dies ist notwendig, um sie für alle Beteiligten nutzbar zu machen. Zur reinen Ansicht eines Dokuments wird unter anderem das PDF-Dateiformat verwendet. In Abhängigkeit der Planungssoftware kommen die unterschiedlichsten Formate von Zeichnungsdateien, wie beispielsweise .dwg, .dxf oder .pln zur Anwendung. Sofern ein Plan in der Datenumgebung zu tauschen ist, wird ein

Tausch der Zeichnungsdatei notwendig. Aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Dateiablage und der Effizienz im Hinblick auf den Uploadvorgang ermöglichen Plattformanbieter einen Upload von mehreren Dateiformaten. Dem Benutzer wird das Plandokument in der Ablagestruktur übergeordnet und in einfacher Ausfertigung angezeigt. Unter der Voraussetzung eines korrekten Vorgehens beim Dateiupload kann der Benutzer über einen Auswahldialog das gewünschte Dateiformat herunterladen [29].

Implementierung von Planlieferterminen

Die Einhaltung von Planlieferterminen ist essenziell für eine ungestörte Bauabwicklung. Ähnlich zu einem Bauzeitplan kommen Planlieferlisten zum Einsatz, an welchen sich Beteiligte orientieren. Die analysierten Programme bieten zur besseren Steuerung und Kontrolle eine Implementierung von Planlieferterminen an. Dabei erfolgt die Einspielung direkt, manuell oder durch einen Import eines anderen Programms (z.B. aus Excel). Darauf aufbauend können Work-Flows zu Prozessen, wie beispielsweise Planfreigaben und -prüfungen, erstellt werden. Die direkte Verknüpfung von Planlieferterminen in die PM-Plattform ermöglicht die einfache und zum Teil automatisierte Prüfung und Dokumentation bezüglich der Einhaltung von Liefer- und Prüfterminen. Dadurch steigt die Transparenz und Nachvollziehbarkeit für die Projektbeteiligten. Von Vorteil ist dies exemplarisch zur Nachverfolgung von Verzögerungen in Freigabeprozessen oder bei Planlieferungen [31, 33].

Verknüpfungen und Codierung von Plandokumenten/Plandaten/Informationen

Naturgemäß bedarf es im Rahmen einer Bauprojektentwicklung einer Vielzahl von Plänen. Die strukturierte Bezeichnung sowie die Verknüpfung von (Plan-)Informationen ist essentiell für wertschöpfende Prozesse. Eine Umwandlung von Plänen mittels OCR ermöglicht durch die Volltexterkennung von Dokumenten die Erfassung von Detailinformationen, darunter beispielsweise Raum-, TOP- oder Detailnummern. Aufbauend auf diese durchsuchbaren PDF-Dokumente, gibt es die Möglichkeit, ein Zusammenspiel von Dateien zu kreieren, beispielsweise durch einen sogenannten Batch-Link. Dieser ermöglicht eine Verknüpfung zwischen verschiedenen, zueinander in Wechselbeziehung stehenden Dokumenten und Plänen via Hyperlinks. Exemplarisch wird eine Plandarstellung angenommen, in der mit der Phrase „siehe Detailplan 3.2“ auf eine Detaildarstellung referenziert wird. Durch die Erstellung und Verknüpfung des Batch-Links ist der Text „siehe Detailplan 3.2“ durch einen Hyperlink mit der entsprechenden, für die Projektbeteiligten in der Ablage verfügbaren Detaildarstellung verknüpft, wodurch Suchvorgänge durch einen Mausklick auf den Link ersetzt werden [37].

Eine weitere Effizienzsteigerung bei Suchvorgängen wird durch einheitliche und automatisierte Planbeschriftung ermöglicht, die sogenannte Codierung. Der individuelle Code, der der Namenskonvention zugrunde liegt, wird projektspezifisch voreingestellt und darauf aufbauend von der Software automatisch generiert. Beim Dokumenten- oder Planupload ist lediglich auf eine korrekte Befüllung der Attribute zu achten [32, 33].

3.1.3 Workflow Management für Freigabeprozesse

Der Workflow, zu Deutsch Arbeitsfluss, ist ein allgemeiner Begriff, welcher im Konkreten den Ablauf eines Prozesses, einer Aufgabe und eines Vorgangs beschreibt. Schewe definiert den Begriff wie folgt:

„Beschreibung eines arbeitsteiligen, meist wiederkehrenden Geschäftsprozesses. Durch den Workflow werden die Aufgaben, Verarbeitungseinheiten sowie deren Beziehungsgeflecht innerhalb des Prozesses (z.B. Arbeitsablauf und Datenfluss) festgelegt [38].“

Das Workflow Management soll durch einen klaren Aufbau sowie einer eindeutigen Zuteilung von Aufgaben und Verantwortungen den flüssigen Ablauf eines Prozesses gewähren. Ziel ist dabei die Koordination der Beteiligten, welche auf verschiedene Örtlichkeiten verteilt sind sowie die Kontrolle und Dokumentation des Bearbeitungszustandes. Durch die größer werdende Zahl an Projektbeteiligten ist es für einen effizienten Ablauf der Workflows wesentlich, diese vor Projektstart zu definieren [39].

Individuelle oder vordefinierte Workflows

Bei der Erstellung von Workflows wird grundsätzlich zwischen vorgegebenen beziehungsweise vorgefertigten „Standard Workflows“ und individuell erstellbaren Workflows unterschieden. Im Vorfeld einer Programmauswahl ist zu prüfen, ob der Produktumfang auf die Anwendung vorgefertigter Workflows beschränkt ist oder spezifische Anforderungen durch die Erstellung individueller Workflows abgedeckt werden können. Des Weiteren ist zu prüfen, ob ein Import von Workflows vom Programm unterstützt wird und wie in diesem Zusammenhang die Schnittstelle aussieht. Für die Gestaltung eines individuellen Workflows, welcher den Import von anderen Programmen gewährt, gibt es die Schnittstelle des Business Process Model and Notification (BPMN). Die BPMN 2.0 ist ein anerkannter Standard, welcher für die grafische Darstellung und Modellierung von Prozessen Anwendung findet. Unterschiedlichste Tools ermöglichen mittels „Tasks“ die Darstellung einzelner Teilvorgänge, welche den Beteiligten zugewiesen und in einer Abfolge miteinander verbunden werden [40].

Dokumentenfreigabe

Dokumentenfreigabeprozesse dienen der Durchsicht, Kontrolle und Freigabe unterschiedlicher, für die Bauprojektentwicklung erforderlicher Dokumente. Hierzu zählen beispielsweise die Freigabe von Produktdatenblättern durch den Bauphysiker und die örtliche Bauaufsicht oder die Freigabe von Vertragsunterlagen. In diesem Kontext findet die Unterscheidung zwischen vorgefertigt und individuell Anwendung.

In der Anwendung vorgefertigter Workflows im Rahmen einer Dokumentfreigabe durchlaufen die hochgeladenen Dateien vordefinierte Stationen bei den unterschiedlichsten Beteiligten, um am Ende ein gut dokumentiertes, freigegebenes Dokument zu erhalten. Bei der Anwendung individueller Arbeitsprozesse wird es ermöglicht, direkt im Programm Workflows zu generieren. Hierbei kann der aktuelle Status und die einzelnen Instanzen laufend betrachtet und überwacht werden. Unter der Zuhilfenahme individueller Formularfelder können rollenabhängige Bearbeitungsmöglichkeiten erstellt werden. Ein wichtiges Instrument hierbei ist die digitale Signatur als wesentlicher Teil der Dokumentation [31, 33, 41].

Planfreigabeprozess

Planunterlagen nehmen eine bedeutende Rolle in der Bauabwicklung ein. Auf Basis der vom Generalplaner (GP) erstellten Plänen ist es die ausführende Firma, oftmals ein Generalunternehmer (GU), welche mit der Erstellung von Werk- und Montageplänen beauftragt ist. Die Überprüfung der Planunterlagen auf Qualität, technische Richtigkeit und Übereinstimmung mit der Ausschreibung erfolgt anhand eines Planfreigabeprozesses, welcher die unterschiedlichsten Beteiligten durchläuft. Darunter sind die ÖBA, verschiedenste Fachkonsulten, die künstlerische Oberleitung oder die Bauphysik, welche die Unterlagen prüfen, Anmerkungen erstellen und Freigaben erteilen.

Am Beispiel der Softwarelösung Planfred [29] wird die vordefinierte Form eines Workflows zur Durchführung von Planfreigabeprozessen ausgeführt. Planfred ermöglicht es, den Plan an Beteiligte mit der Bitte um Freigabe zu senden. Dies geschieht vollumfänglich in der „Cloud-Plattform“ der Software. Lediglich Benachrichtigungen an Projektbeteiligte erfolgen über den gekoppelten E-Mailversand. Dabei wird unterschieden, ob eine Freigabe durch mehrere oder eine einzeln ausgewählte Person erforderlich ist. Hierzu ist im Programm die Option „Freigabe ist erforderlich von allen Ausgewählten“ oder „Freigabe ist erforderlich von einem der Ausgewählten“ angeführt. Sobald die Auswahl vorgenommen wurde und der Plan zur Freigabe bereit ist, bekommen die jeweiligen Personen eine Benachrichtigung per E-Mail mit einer Verlinkung zur Plattform, dass eine Freigabe erforderlich ist. Der Plan wird im Listensystem der Planablage farblich gelb markiert, mit dem Hinweis „Freigabe angefordert“. Die Beteiligten können den Plan öffnen oder herunterladen und die Prüfung vollziehen. Dies geschieht außerhalb der Plattform, entweder digital durch Anmerkungenfunktionen unterschiedlichster PDF-Programme oder analog mit Papier und Stift sowie anschließendem Scan des Plans. Nach der Durchsicht gibt es zwei Varianten der Rückmeldung. Wenn der Plan korrekt ist und die Inhalte den Vorgaben entsprechen, wird er, optional mit zusätzlichem Kommentar versehen, von der Person freigegeben und erscheint für die Beteiligten grün hinterlegt als „Freigegeben“. Sollte der Plan nicht den Vorgaben entsprechen, kann die Plandurchsicht als PDF hochgeladen und zusätzlich ein Kommentar erstellt werden. Dabei wird der Plan rot markiert als „Kommentiert“ aufgelistet. Ein Aktivitätenprotokoll im Hintergrund zeichnet sämtliche Vorgänge auf. Die einzelnen Bearbeitungsstände und Indexierungen bleiben in der Historie des Plans erhalten und abrufbar [29].

Der beschriebene Vorgang ist nicht veränderlich. Eine Erweiterung durch die Erstellung eines individuellen Planlaufes ist exemplarisch mit ProjectNetWorld möglich [31], wobei fünf Schritte angeführt werden. Zuerst gilt es, Planläufe zu modellieren. Dabei können Vorlagen übernommen oder individuelle Abläufe erstellt werden. Der Standard für die Modellierung ist dabei BPMN 2.0, wodurch komplexe Workflows implementiert werden können. Nach deren Modellierung ist eine Plancodierung festzulegen, welche ein einheitliches Beschriftungskonzept der Plandateien umsetzt. Im dritten Schritt ist ein Planlieferkatalog zu hinterlegen, welcher aus anderen Programmen importiert werden kann und individuell anpassbar ist. Der vierte Schritt ist der Dateiupload selbst, wodurch der zuvor definierte Prüflauf automatisch startet. Zuletzt gilt es, die Prüfaufgaben zu erledigen und entsprechende Vermerke und Freigaben durchzuführen [31].

3.1.4 Aufgabenverwaltung

Bauprojekte verlangen einer Zuteilung, Bearbeitung, Verantwortung und Verwaltung von Aufgaben zwischen den Beteiligten. Mit Hilfe der Aufgabenverwaltung wird eine Zuweisung, Überwachung und Dokumentation der Projektbeteiligten oder interner Mitarbeiter ermöglicht. Eine

Aufgabe kann direkt aus einem Workflow entstehen oder individuell erstellt und zugewiesen werden. Eine Form der Aufgabenverwaltung ist die klassische To-Do Liste mit direkten, personellen Zuweisungen, welche nicht privat geführt, sondern über einen Vorgesetzten oder einem zuständigen Projektbeteiligten verwaltet wird. Wichtig ist, eine Nachvollziehbarkeit und Dokumentation der Bearbeitung zu ermöglichen. Dies kann durch vorgefertigte Formulare, Kommentare, Chats oder mittels Fotodokumentationen geschehen [28, 31, 42].

Eine Verbindung des Aufgabenmanagements mit anderen Bereichen ist möglich und sinnvoll. Beispielsweise kann die Verknüpfung mit einem Besprechungsprotokoll erfolgen, wodurch aus dem Protokoll direkt Aufgaben generiert und zugewiesen werden. Ein weiteres Beispiel ist die Bearbeitung eines Mangels oder die Zuweisung eines Vorganges aus dem Lean Construction Mangament, bei welchem ein gesamter Vorgang in einzelne Teilaufgaben unterteilt und zugewiesen werden kann. Die in Abschnitt 3.1.5 beschriebene Schnittstelle „Request for Information“ (RFI) ist eine weitere Möglichkeit der Aufgabenverwaltung [32, 43, 44].

3.1.5 Kommunikationsmanagement und Zusammenarbeit

Die Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) ist von Bedeutung für die Projektorganisation und den betrieblichen Wertschöpfungsprozess [45, S.36]. Vor allem die größer werdende Anzahl und die teilweise weltweite Verstreuung von Projektbeteiligten stellt eine Herausforderung dar. Die Digitalisierung und Verwendung von Softwarelösungen erleichtert die Kommunikation und ermöglicht dadurch eine kooperative Projektentwicklung und Collaboration. IKT versteht sich in der Industrie 4.0 als Vernetzung zwischen Geräten, Sensoren und Menschen [46, S.214-215], wie beispielsweise im Abschnitt 3.5.2 oder Abschnitt 3.5.4 gezeigt wird.

RFI - Request for Information

Ein Teil der Kommunikation, welcher zugleich Parallelen mit der Aufgabenverwaltung und dem Workflow Management aufweist, ist der „Request for Information“, übersetzt die Anforderung auf Information. Das RFI wird definiert als ein Prozess zum Sammeln von Informationen [47]. Durch die Implementierung in Projektplattformen ermöglicht der RFI die direkte Erstellung und Zuteilung von Anfragen zu Problemen und Unklarheiten. Die vor allem im englischsprachigen Raum vertretene Funktion reduziert den E-Mail-Verkehr und erhöht die Nachvollziehbarkeit, indem Aufgaben (Requests) in der Anwendung mit Planausschnitten oder Dateien verknüpft und abgearbeitet werden. Am Beispiel der Autodesk Construction Cloud wird die Funktion exemplarisch beschrieben und in Abb. 3.3 veranschaulicht. In einer eigenen Rubrik „RFIs“ sind sämtliche Anfragen aufgelistet und abrufbar. Bei der Erstellung eines Requests sind Eingabefelder zu Titel, Priorität, Kategorie, Status, Datum, Fragestellung sowie den bearbeitenden Verantwortlichen zu befüllen. Nach Zuweisung erhalten die Beteiligten eine Benachrichtigung und sind in einem Dashboard abgebildet. Übergeordnet kann im Hintergrund ein Workflow konfiguriert werden, um etwaige Genehmigungsprozesse einzubinden. Dabei ähnelt die Bearbeitung des RFIs jenem eines Ticketsystems, indem im Request selbst Antworten formuliert, IST-Stände kommuniziert und Anhänge verknüpft werden. Weiterführend kann der RFI mit einer Potential Change Order (PCO) verknüpft werden, welche die Abfrage und Dokumentation von Änderungswünsche ermöglicht. Die Bearbeitungsstände der einzelnen RFIs sind für die Beteiligten abrufbar. Durch die Aufzeichnung sämtlicher Aktivitäten, wird eine transparente Nachverfolgung gewährt [44].

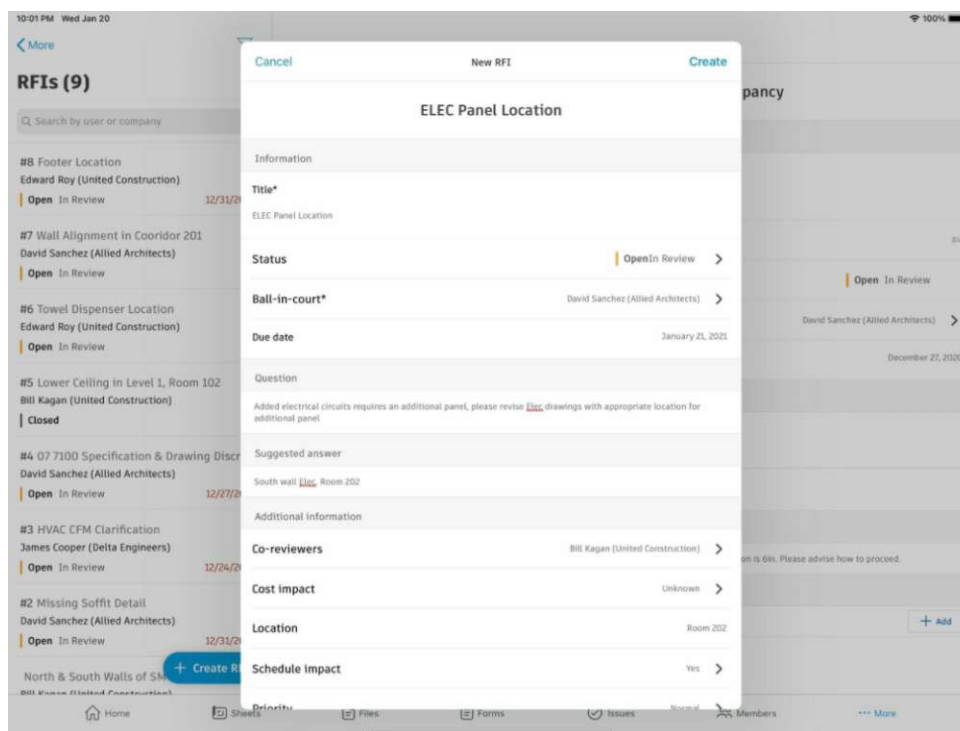


Abb. 3.3: Beispiel einer RFI Erstellung mittels Autodesk Construction Cloud [44]

Verknüpfter Schriftverkehr

Ein häufig gefundener Begriff bei englischsprachigen Softwares ist die Correspondence. Dabei können nicht nur RFIs, sondern allgemeine Anfragen erstellt und mit Plänen oder Dokumenten verknüpft werden. Die Anfragen können direkt als Nachträge, Änderungen, Fristverlängerungen, Ankündigungen, Mitteilungen oder Anweisungen deklariert und abgewickelt werden. Eine statistische Aufbereitung der Schriftstücke ermöglicht Auswertungen und verschafft einen Überblick der Bearbeitungsstände. Die Softwarehersteller werben bei dieser Funktion damit, Streitfälle zu reduzieren, indem die Abwicklung nachvollziehbar und transparent wird. Es scheint damit ein herkömmliches E-Mail Postfach, beispielsweise jenes in Microsoft Outlook, ersetzen zu wollen, indem die gesamte Projektkommunikation samt Historien berichtsfähig abgewickelt wird [32].

Chatfunktion

Im Zeitalter von Instant-Messaging-Diensten nehmen Chatfunktionen wesentliche Rollen der Kommunikation ein. Dabei sind diese bei den analysierten Produkten ein integriertes Instrument zur Erfüllung eines übergeordneten Zwecks. Im Mängelmanagement werden sie zur einfachen Beantwortung von Rückfragen und zur Dokumentation eingesetzt [35]. Bei RFI-Vorgängen werden Chatfunktionen zur Bearbeitung von Requests angewendet [48]. Im Gegensatz zu diesen aufgabenbezogenen, unterstützenden Funktionen kann eine Chatfunktion in den Vordergrund gestellt werden, um übergeordnete Zwecke zu erfüllen. Hierzu werden Projektbeteiligte zugewiesen und in verschiedenen Gruppen gegliedert, um eine Möglichkeit zur integrale Kommunikation zu schaffen. Implementiert in die jeweilige Softwarelösung sind sie dann Teil der gesamtheitlichen Dokumentation. Mit der Chatfunktion wird die einfache und schnelle Verteilung von Fotos und Dokumenten ermöglicht. Projektbezogen wird durch diese Kommunikationsform ein einfacher und

schneller Austausch der Beteiligten gewährt. Durch das Zusammenspiel zwischen Chat-Funktion und der Projektplattform werden die Informationen zentral gespeichert und dokumentiert [49, 50].

Projektkontakte und Berechtigungen

Die Funktion der Projektkontakte ermöglicht eine Speicherung und Erfassung von Kontaktdaten in einer Datenbank oder vorzugsweise in der Projektplattform. Eine zentrale Speicherung von Kontakten erlaubt eine Verknüpfung beziehungsweise Zuteilung von Datensätzen mit einzelnen, unterschiedlichsten Projekten. Mit der Verteilungen von Rollen und Berechtigungen können Sichtbarkeiten der einzelnen Daten eingeschränkt und Erlaubnisse zur Bearbeitung erteilt werden [32]. Aufbauend auf einzelne Kontakte können übergeordnete Verteiler-, Projektbeteiligten- und Subunternehmerlisten erstellt werden. Bei Beachtung der Exportfunktion wird eine Bearbeitung und Sicherung mit weiteren Programmen begünstigt. Die Projektkontakte sind ein wesentlicher Bestandteil des Aufgabenmanagements und des RFI. Verknüpft damit können individuelle Zuordnungen, Verantwortungen, Berechtigungen und Benachrichtigungen vorgenommen werden [28, 51, 52].

CRM - Customer Relationship Management

Das wörtlich übersetzte Kundenbeziehungsmanagement stellt eine Erweiterung der klassischen Kontaktliste dar mit dem Ziel, Kundenbeziehungen zu verwalten und verfolgen. Die Software soll durch automatisierte Abläufe Zeitersparnisse erzielen und Verbesserungspotentiale aufzeigen. Bei der Erstellung von Kontakten wird eine Vielzahl von Informationen in unterschiedlichster Detailtiefe erfasst. Das Customer Relationship Management (CRM) soll helfen, die Masse an Kontaktdaten strukturiert aufzubauen, Informationen schnell herauszufiltern, Kommunikationen zu vereinfachen und Verbindungen herzustellen sowie zu pflegen. Mit einem CRM können unter anderem Projektdetails automatisch und jeweils personalisiert an verschiedenste Projektpartner verteilt sowie Mails und Telefonate erfasst und protokolliert werden. Umfangreichere CRM-Plattformen können unter anderem Bereiche des Vertriebs, des Kontaktmanagements, des Aufgabenmanagements oder des Ressourcenmanagements abwickeln [53]. Vertiefende Ausführungen zur Erklärung und Potentialtrennung geben Preece et al. in „A review of customer relationship (CRM) implications: benefits and challenges in construction organizations“ [54] und Matt in „Customer-Relationship-Management-Systeme“ [55] [56].

Online Meeting und Projektkalender

Videokonferenzen werden in den Geschäftsalltag etabliert. Insbesondere durch Kontaktbeschränkungen und Home Office Empfehlungen im Rahmen der COVID-19 Pandemie ausgelöst sowie durch fortschreitend praktikablere Möglichkeiten. Softwareanbieter reagieren in diesem Zusammenhang mit der Einbettung entsprechender Funktionen in deren Produkten. Diese bieten die Abhaltung und Aufzeichnung von Videokonferenzen an. Eine Verknüpfung von Agenden und Emailaktivitäten werden zusätzlich zur Verfügung gestellt. Des Weiteren können Meetings und Termine unter Zuhilfenahme eines Organisations koordiniert und organisiert werden. Die Terminfindung kann beispielsweise über angebotene Gruppenkalender oder unter Zuhilfenahme eines Umfrage Tools stattfinden. Hierbei werden Terminvorschläge an die Beteiligten versendet, welche

dann auswählen und abstimmen können. Der Organisator trifft aufbauend auf die Abstimmung die Entscheidung zum Terminzeitpunkt [28, 32, 57, 58].

Die Option eines integrierten Kalenders beziehungsweise eines übergeordneten Projektkalenders bietet hilfreiche Funktionen und wird ebenfalls von Produktherstellern mit Projektplattformen angeboten. Der übergreifende Projektkalender kann unter anderem zur Koordination von Projektbeteiligten oder der Baulogistik eingesetzt werden. Des Weiteren wird den Beteiligten der Zugriff auf Informationen gewährt, um eine übergeordnete Steuerung und einen Informationsfluss der Beteiligten zu ermöglichen [28, 32].

3.1.6 Berichtswesen und Monitoring

Das Berichtswesen ist eine zentrale Aufgabe des Controllings, welches alle Vorgänge des Erstellens, Verarbeitens und Weiterleitens von entscheidungs- und führungsrelevanten Informationen beinhaltet [59]. Protokolle, Aktenvermerke und Berichte stellen eine zentrale Rolle des Projektmanagements dar. Die Schriftstücke dienen der Dokumentation und dem Informationsfluss. Viele der untersuchten Softwarehersteller bieten in deren Funktionsumfang branchenspezifisch angepasste Möglichkeiten, um weite Teile des Berichtswesen abzubilden. Diese sollen den Zweck der Vereinfachung und Automatisierung haben. Als Nebeneffekt wird der Versand und die Erstellung durch bekannte E-Mail- sowie Textverarbeitungsprogramme obsolet.

Berichtsvorlagen und Erstellung

Ein Bauprojekt erfordert eine Vielzahl von Berichten, Protokollen und Dokumenten. Durch die Nutzung von Vorlagen und digitalen Tools zur Erstellung von Berichten kann die Effizienz gesteigert werden, wodurch viele Hersteller die Programmfunktionen des Berichtswesen in ihren Produkten anbieten. Die Generierung von Berichtsvorlagen und die dadurch erleichterte Berichterstellung nimmt dabei eine wesentliche Rolle für die Dokumentation und Nachvollziehbarkeit einer Bauprojektentwicklung ein. Die Produkte ermöglichen eine individuelle Vorfertigung von Berichten, welche je nach Nutzeranforderungen formatiert und befüllt werden. Dadurch gelingt zum einen ein einheitliches Layout, zum anderen ist der Bericht nach Befüllung durch das Programm bereit für den Versand. Die Bearbeitung kann hierbei je nach Hersteller über Smartphone oder Tablet erfolgen. Unter die Anwendungsbereiche fallen unter anderem Mängel-, Dokumentations-, Foto-, Rundgangsberichte und Aktenvermerke [28, 60].

Berichte sind oftmals automatisch generierte Nebenerscheinungen von Tätigkeiten, die in anderen Anwendungsfällen beziehungsweise Anwendungsmöglichkeiten kategorisiert sind. In diesem Zusammenhang sind beispielsweise die in Abschnitt 3.3.2 beschriebenen Leistungsberichte zu nennen [61]. Dabei sind Programme in der Lage, automatische Berichte aus den Daten abgelegter Dateien und Informationen der CDE zu generieren. Dadurch ist es möglich, mit Auswertungen von Informationen betreffend dem Baufortschritt automatisierte Fortschrittsberichte zu erstellen [62, 63]. Eine Erweiterung kann anstelle der händischen Befüllung durch auf der Baustelle verbaute Sensoren erfolgen. Die dabei ausgewerteten Daten münden in einen Bericht oder werden in einem in Kapitel 2 ausgeführten Dashboard zur Überwachung aufbereitet. Ein Beispiel für im Stahlbeton verbaute Sensoren gibt der österreichische Schalungshersteller Doka mit der Produktlinie Doka Kontakt [64], siehe Abschnitt 3.7.2.

Digitaler Bautagesbericht

Das Baubuch und der Bautagesbericht sind gemäß *ÖNORM B2110: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen* [65] spezifische Berichte mit dem Dokumentationszweck von Baustellen. Das Baubuch kann vom Auftraggeber (AG) geführt werden, eine Pflicht dafür besteht jedoch nicht. Der Bautagesbericht ist Teil der vertraglichen Vereinbarung, beispielsweise durch die Vereinbarung der *ÖNORM B 2110*, und ist vom Auftragnehmer (AN) zu führen. Der AG hat bei einem Bautagesbericht Änderungsrechte, wodurch die Kenntnisaufnahme des Berichts erforderlich wird. Im Baustellenalltag wird der Bautagesbericht vom Polier geführt und unterschrieben und von der örtlichen Bauaufsicht kontrolliert und unterfertigt. Die *ÖNORM B 2110* definiert die Inhalte des Bautagesberichts wie folgt:

„Im Bautagesbericht werden alle wichtigen, die vertragliche Leistung betreffenden Tatsachen wie Wetterverhältnisse, Arbeiter- und Gerätestand, Materiallieferungen, Leistungsfortschritt, Güte- und Funktionsprüfungen, Regieleistungen sowie alle sonstigen Umstände fortlaufend festgehalten [65].“

Um das Ziel eines papierlosen Büros zu erreichen, gilt es, die Erstellungs- und Freigabeprozesse zu digitalisieren. Die Berichte werden aus der Erfahrung des Autors zwar digital erstellt, aber im Anschluss in analoger Form weiter verarbeitet und unterfertigt. Unter der Zuhilfenahme von darauf spezifizierten Programmlösungen werden Optionen geschaffen, Berichte vollumfänglich digital abzubilden. Dadurch gelingt eine effiziente und ortsunabhängig Erstellung mit einem Smartphone oder einem Tablet. Des Weiteren können Medien, Notizen und Diktate eingefügt werden [60, 66, 67].

Detailliert mit der Ausführungen zum digitalen Bautagesbericht auseinandergesetzt hat sich Stiftinger in „Der digitale Bautagesbericht“. Er kommt jedoch zu dem Schluss, dass die derzeit am Markt befindlichen Programme nicht vollumfänglich das Potential der Digitalisierung ausschöpfen, sondern sich lediglich auf die Erstellung der Berichte fokussieren. Vor allem eine Integration des digitalen Signaturverfahrens wäre sinnvoll [68].

Besprechungswesen und -protokolle

Nachdem Protokolle ein zentrales Werkzeug des Projektmanagements darstellen und vor allem von der örtlichen Bauaufsicht genutzt werden, ist es sinnvoll diese vollumfänglich zu digitalisieren, wobei der Vorteil der Zeitersparnis und Nachvollziehbarkeit im Fokus steht. Dabei darf in Besprechungen im Kontext der Bauprojektentwicklung das Augenmerk auf eine inhaltsgetreue und lückenlose Protokollierung des Gesprochenen, respektive der Besprechungsergebnisse, nicht vernachlässigt werden. Aufbauend auf die in Abschnitt 3.1.5 erwähnte Funktion der Koordination und Terminfindung bieten Programme Funktionen der Protokollierung und Verknüpfung an. Unter Zuhilfenahme dieser gelingt der Versand, die Erstellung, die Weiterverfolgung und die Dokumentation. Programmanwendungen unterstützen die Aufgabe des Protokollanten mit teilweise individuell voreinstellbaren oder bereits voreingestellten Protokolllayouts sowie automatisierter Verteilfunktion. Im Protokollmanager werden im Besprechungstermin Teilnehmer, Agenden und Protokolle mit Dateianhängen abrufbar und Verweise sowie Verlinkungen von Fotos mit einzelnen Besprechungspunkten möglich. Die einzelnen Agenden werden dabei, ähnlich dem Aufgabenmanagement, als einzelne, individuell nachvollziehbare Formularfelder erstellt. Aufbauend darauf ist es möglich, aus den Agenden Aufgaben zu generieren, indem Tickets erstellt werden und den zuständigen Personen zur Bearbeitung zugewiesen werden. Dabei wird unter

anderem eine Beschreibung, Zuständigkeit und direkte Zuordnung im Sinne des Aufgabenmanagements aus Abschnitt 3.1.4 an einen Projektbeteiligten durchgeführt. Des Weiteren kann das Fälligkeitsdatum und die Historie abgerufen und zum Punkt Dateien, RFIs, Issues, Fotos und Pläne angehängt werden. Das Programm generiert das Protokoll anhand der definierten Punkte und Anhänge automatisch, kann es in unterschiedliche Dateiformate exportieren und mittels Mail oder Verlinkung in der Projektplattform direkt verteilen. [28, 32, 60, 69–71]

3.1.7 Arbeitssicherheit

Die Arbeitssicherheit auf Baustellen spielt eine große Rolle und verfolgt das Ziel, eine unfallfreie Baustelle abzuwickeln. Um dies zu unterstützen und um den Verantwortlichen im Falle eines Unfalls Abhilfe zur Erstversorgung und Rechtssicherheit zu ermöglichen, gilt es, die Vorteile von digitalen Anwendungen anzusehen. Da dies ein übergeordnetes Thema ist und hauptsächlich in Workflows, Berichtswesen und Begehungen aufzuteilen ist, wird es der Projektorganisation zugewiesen.

Die Baustellen- und Planungskoordinatoren tragen maßgeblich zur Sicherheit der Baustelle bei. Dazu zählen Aufgaben der Erstellung und Adaptierung von Sicherheit und Gesundheitsschutz (SiGe) Plänen sowie die Prüfung und Koordinierung der Einhaltung von Sicherheitsbestimmungen auf Baustellen, worunter unter anderem die Umsetzung der allgemeinen Grundsätze zur Gefahrenverhütung gemäß §7 ArbeitnehmerInnenschutzgesetz [72] fällt. Hierbei führt der Baustellenkoordinator (BauKG) regelmäßige, mindestens jedoch alle zwei Wochen, Baustellenbegehungen durch und erstellt ein Begehungsprotokoll zur Festhaltung von Misständen, welches an die verantwortlichen Beteiligten versandt wird. In diesem Zusammenhang bietet die Digitalisierung Potential, die Arbeit von Baustellenkoordinatoren zu unterstützen und damit zur Sicherung eines hohen Sicherheitsstandards auf Baustellen beizutragen, indem Begehungsprotokolle bereits vor Ort auf der Baustelle via Smartphone oder Tablet in digitaler Form erstellt und verschickt werden können. Dies kann beispielsweise unter der Zuhilfenahme von in Abschnitt 3.1.6 beschriebenen Funktionen des Berichtswesen mit vordefinierten Formularen und Checklisten geschehen [73].

Das Thema der Arbeitssicherheit betrifft die Baufirmen selbst sowie die zuständigen Aufsichtspersonen und die örtliche Bauaufsicht. Unter der Zuhilfenahme von spezifischen Produktlösungen können mit der Funktion der Arbeitssicherheit Unterweisungen durchgeführt und eingespielte Checklisten sowie Formulare abgearbeitet werden. Im Zuge dessen werden die einzelnen Schritte erfasst und protokolliert, wodurch eine eindeutige Dokumentation und Archivierung erfolgt [74, 75]. Durch die Analytik der eingespielten Daten erkennen Programme zum Teil automatisch Verbesserungsfelder und weisen auf Risiken hin [7]. Eine Besonderheit ist die Möglichkeit, eine digitale 3D-Visualisierung des Baustellengeländes zu erstellen und Gefahren, Wartungen, Kontrollen sowie Verbesserungsvorschläge zu erfassen, zu verknüpfen und zu bearbeiten [76].

Der amerikanische Hersteller triax [77] implementiert zur Steigerung der Arbeitssicherheit Sensoren auf der Baustelle und nutzt dafür die in Kapitel 2 beschriebene IoT-Technologie. Das gewerbliche Personal trägt dazu einen transportablen Sensor, siehe Abb. 3.4, welcher die Arbeiter miteinander verknüpft und eine Verbindung zu dem Verantwortlichen der Baustelle erstellt. Mit Hilfe des „Spot-r“ Sensors werden Bewegungen erfasst, wodurch beispielsweise ein Sturz oder freier Fall eines Arbeiters erkannt wird. Nach der Erkennung sendet der Sensor Signale und Meldungen an die Personen der Umgebung, welche dadurch schnellstmöglich zur Hilfe eilen können. Weiter kann der Sensor Warnungen bei Gefahrenquellen oder gegebenenfalls für Evakuierungen abgeben. Mit Hilfe eines Push-Buttons wird die Meldung eines Unfalls oder einer

Gefahr unterstützt. Neben der sicherheitstechnischen Merkmale kann der Sensor die Arbeitszeit automatisiert erfassen sowie Standorte von Arbeitern und Geräten bestimmen [77].



Abb. 3.4: Spot-R Sensor von triax [78]

Auffällig ist, dass im nichtdeutschsprachigen Raum innovative Lösungen im Umlauf sind, hingegen am österreichischen Markt eher die Protokollierung von Sicherheitsdokumenten und die Berichterstellung im Vordergrund steht.

3.1.8 BIM-Projektorganisation

Die Projektorganisation eines Projekts mit BIM-Implementierung ist von der konventionellen Projektorganisation zu unterscheiden, da durch die Implementierung Abläufe und Bereiche der Zusammenarbeit verändert werden. Das BIM-Modell an sich ist ein Zusammenspiel mehrerer Teilmodelle, wobei üblicherweise der Planer damit beginnt, ein räumliches Gebäudemodell entsprechend der Entwurfsplanung anzufertigen. Die frühzeitige Abstimmung und der Miteinbezug eines Statikers zur Tragwerksplanung ist von Vorteil. Anhand der festgelegten geometrischen Vorgaben bauen weitere Fachplaner ihr eigenes Teilmodell auf. Darunter fallen unter anderem HKLS-Planer, Elektro-Planer, gegebenenfalls Fassaden- oder Lichtplaner. Zusammengefügt werden diese Teilmodelle zu einem gesamtheitlichen Gebäudemodell, wobei erwähnt sei, dass es bei BIM in der Projektorganisation um die Bündelung von Informationen geht [79, Kap.4].

Aufgrund der beschriebenen Zusammenführung mehrerer Fachbereiche ist eine Koordination und Kollaboration der Beteiligten essentiell. Mit Hilfe eines „BIM-Execution-Plans“ (BEP), einem BIM-Projektentwicklungsplan (BPA), wird die Zusammenarbeit der Fachdisziplinen festgelegt. Dies geschieht durch die Verteilung von Rollen, die Definition von Modellhierarchien, die Erstellung von Richtlinien zur Modellierung und Attribuierung sowie die Beschreibung der Vorgangsweisen zum Informations- und Modellaustausch [79, 80]. Wichtig ist die Rolle eines BIM-Managers für die Koordination. Dieser erstellt den Projektentwicklungsplan, übernimmt die Schnittstellenfunktion zwischen AG und AN, überprüft die Einhaltung der Regeln der digitalen Projektentwicklung und erteilt die Freigabe des Gesamtmodells [81]. Zur Durchführung

der Koordinations- und Kollaborationsfunktionen werden BIM-Kollaborationsplattformen von Produkthanbietern angeboten.

BIM-Kollaborationsplattform

Ein BIM-Modell erfordert aufgrund der Vielzahl an Informationen, Konflikten und Beteiligten eine gut strukturierte Zusammenarbeit, wobei die Datenvielfalt zentral über eine BIM-Kollaborationsplattform abgewickelt werden kann, darunter ist die interdisziplinäre Projektabwicklung über eine gemeinsame Datenumgebung zu verstehen. Durch eine CDE-Plattform mit BIM-Implementierung gelingt mittels einer BCF-Schnittstelle, siehe S.6, die Organisation der Vielzahl von Informationen in einem Projektinformationsmodell. Darunter unter anderem Auftraggeberinformationsanforderungen (AIA), Projektabwicklungsplan, Protokolle, Dokumente und Lieferscheine [82]. Durch die Verknüpfung zwischen dem BIM-Modell und der Kommunikation von Projektbeteiligten gelingt eine modellbasierte Kommunikation, wobei Besprechungs- und Prüfergebnisse im Modell hinterlegt und mit den bestimmten Ausführungs- oder Planungsständen verknüpft werden können [41, 83–86].

Kollisionen des Modells, gemoetrischer Ursache oder aufgrund von Schnittstellen zu Teilmodellen, gilt es aufzudecken und mit BIM-Collaboration zu beseitigen. Der Beteiligte kann mit Hilfe der Collaboration-Funktion das Modell betrachten, Fehler einmelden und wird selbst zu entsprechenden, ihm zugeordneten Stellen navigiert [79, Kap.4]. Die Kollisionsprüfung ist eine spezifische Form der BIM-Kollaboration, welche im Abschnitt 3.5.4 genauer beschrieben wird.

BIM-Viewer

Zur Visualisierung eines Modells gibt es BIM- oder IFC-Viewer. Diese ermöglichen auf mobilen Apps, webbasiert oder am PC eine Anzeige und Analyse des 3D-Modells. Hierbei wird, unabhängig vom jeweiligen Planungsprogramm, das Modell über eine Schnittstelle in die Software eingelesen, wobei unter anderem das IFC Dateiformat zur Anwendung kommt. Der Viewer ist dabei entweder ein eigenständiges Programm oder bei anderen Applikationen implementiert, wodurch eine direkte Verknüpfung zwischen dem BIM-Modell und einer Projektplattform bei einigen Herstellern möglich ist [35, 87, 88].

Durch eine ordnungsgemäße Planung können im BIM-Viewer Layer ein- und ausgeblendet werden, wodurch exemplarisch die Prüfungen und Darstellung einzelner Bauteile, Gewerke oder Geschoße ermöglicht wird. Eine anschauliche Verknüpfung von 2D und 3D gelingt beispielsweise mit dem BIMx Viewer von Graphisoft [88]. Dieser wandelt das 3D-Modell per Knopfdruck in einen 2D-Plan um, wodurch die visuelle Prüfungen von Grundrissen, Ansichten und Schnitten ermöglicht wird. Die Abb. 3.5 zeigt die Überschneidung zwischen dem 3D-Modell und einem Schnitt. Die im linken unteren Bereich der Grafik dargestellten Schaltflächen dienen dem letztgenannten Prozess der Umwandlung.

Eigenständige BIM-Viewer sind zum Teil kostenlos erhältlich [88, 89]. Eine Implementierung zwischen Viewer und Projektplattform ist bei vielen Produkten vorhanden [35, 84, 85].



Abb. 3.5: BIMx Viewer von Graphisoft [88]

3.2 AVVA - Ausschreibung, Vergabe, Vertrag, Abrechnung

Die Bereiche der Ausschreibung, der Vergabe, des Vertragsmanagements und der Abrechnung werden unter dem Titel AVVA zusammengefasst und beschrieben. Mit diesem Schlagwort sind viele wesentliche Aufgabenfelder der Projektabwicklung abgedeckt, welche nachfolgend erläutert werden. Die Unterschiedlichkeit der Aufgaben von Projektbeteiligten in Abhängigkeit zur jeweiligen Projektphase ist nicht außer Acht zu lassen.

- A - Die **Ausschreibung** wird als die an eine bestimmte oder unbestimmte Zahl von Unternehmern gerichtete Erklärung des Auftraggebers beschrieben, „in der er festlegt, welche Leistung er zu welchen Bedingungen erhalten möchte. Darunter fällt die Bekanntmachung genauso wie die Erstellung der jeweiligen Ausschreibungs- und Wettbewerbsunterlagen“ [90, §2 Abs.7 BVergG].
- V - Bei der **Vergabe** von Aufträgen über Leistungen wird zwischen unterschiedlichen Vergabearten und -verfahren unterschieden. Bei Bauleistungen sind Einzelvergaben von Generalunternehmer- und von Totalunternehmer-Vergaben zu unterscheiden. Des Weiteren sind die Beauftragungen von Planer- und Konsulentenleistungen, beispielsweise jene an einen GP, Vergabeleistungen, wobei bei nicht privaten Aufträgen auf gesetzliche Bestimmungen des BVergG [90] und die dort angeführten Vergabeverfahren achtzugeben ist [91].
- V - Ein **Vertrag** wird zwischen AG und AN mit der peniblen Dokumentation von vorhergehenden Prozessen und Vereinbarungen zur Festlegung des Leistungsumfangs abgeschlossen. Unterschiedliche Vergütungs- und Vertragsmodelle, darunter unter anderem der Einheitspreis- und Pauschalpreisvertrag sowie das partnerschaftliche und konventionelle Modell, sind zu unterscheiden [92]. Alternative Vertragsmodelle, welche im englischsprachigen Raum beispielsweise zur Anwendung kommen, rücken spürbar in den Fokus von Fachartikeln und wissenschaftlichen Arbeiten. Die Österreichische Bautechnik Vereinigung (ÖBV) hat diesbezüglich einen Arbeitskreis eingerichtet [93]. Des Weiteren ist der Begriff der integrierten Projektabwicklung als ein Beschaffungselement [79, S.152] mit der Vertragsabwicklung in Verbindung zu bringen.
- A - Die **Abrechnung** wird vom AN erstellt und dient, je nach Vertragsmodell, als Vergütungsgrundlage. Sie wird durch vertragliche und normative Regeln in Form von Werkvertrags-

normen festgelegt und ist vom AG oder dessen Vertreter zu prüfen und freizugeben. Dabei spielt die Aufmaßerstellung und -kontrolle eine wichtige Rolle, welche durch die Anwendung von BIM-Modellen maßgeblich geändert werden kann [94].

Dem traditionellen Begriff „AVA“ (Ausschreibung, Vergabe, Abrechnung) stehen Änderungen bevor. Durch die fortschreitende Digitalisierung und den Einsatz von BIM reicht es nicht, die bestehenden Prozesse schlicht durch Softwareeinsatz zu verbessern und unterstützen. Integrale Projektentwicklungsprozesse erfordern einen vollständigen Neuanfang im Bereich der AVVA [95, S.3-5].

Im Mittelpunkt dieser Veränderung steht die Optimierung von Prozessen und Lebenszykluskosten¹ eines Bauvorhabens mit den Elementen des AVVA als zentrales Bindeglied [95, S.6-8]. Es ist wichtig zu erwähnen, dass die Bauprojektentwicklung selbst einen äußerst geringen Teil der Lebensdauer eines Bauwerks einnimmt und daher das Ziel sein muss, der Nutzungs- und Betriebsphase zu dienen. In den nachfolgenden Kapiteln werden die einzelnen Teilbereiche detailliert beschrieben sowie die Funktionen der Programme angeführt und beispielhaft erklärt.

3.2.1 Ausschreibungsmanagement

Die folgenden Absätze widmen sich den Arbeitsschritten des Ausschreibungsmanagements. Dabei werden die einzelnen Teilschritte beschrieben sowie künftige Herausforderungen und Funktionen mit potenziellen Lösungsansätzen dargelegt.

Ausschreibungserstellung

Grundlage für weitere Arbeitsschritte des Ausschreibungsmanagements ist die Erstellung der Ausschreibung, worunter die Beschreibung und Festlegung der zu erbringenden Leistungen zu verstehen ist. Dazu zählt neben der Erstellung der Leistungsverzeichnisse unter anderem die Zusammenstellung von Planunterlagen, Gutachten, Baubeschreibungen, bauphysikalischer oder statischer Unterlagen. Hierbei sind die zuvor beschriebenen Funktionen der Projektorganisation, siehe Abschnitt 3.1, sowie ergänzend die Funktion des Prüfplans und der Checklisten, siehe Abschnitt 3.5.1, und die Funktion der Planprüfung, siehe Abschnitt 3.5.2, anzuwenden.

Bei der Erstellung von Leistungsverzeichnissen ist die funktionale Leistungsbeschreibung, wobei Leistungsziele und Funktionsanforderungen beschrieben werden, vom konstruktiven Leistungsverzeichnis, in welchem eine detaillierte, in Positionen und Leistungsgruppen gegliederte Beschreibung der Leistung erfolgt, zu unterscheiden [91]. Die Erstellung konstruktiver Leistungsverzeichnisse mit Leistungsgruppen und -positionen wird derzeit meistens digital mit AVA-Produkten wie AUER Success, ABK [96] oder iTwo [97] durchgeführt. Hierbei definiert die *ÖNORM A 2063-1 Austausch von Daten in elektronischer Form für die Phasen Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung (AVA) - Teil 1: Austausch von Leistungsbeschreibungs-, Ausschreibungs-, Angebots-, Auftrags- und Abrechnungsdaten* [98] den Austausch von Daten und seit 1986 die allgemein automationsunterstützten Verfahren im Rahmen von Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung.

Aufbauend auf das Leistungsverzeichnis ist die Mengenermittlung und die Positionszuordnung aufgrund der analogen Durchführung derzeit noch eine zeitintensive Aufgabe der Ausschreibung, insbesondere bei Planungen in 2D. Hierfür existieren es Softwarelösungen zur Ermittlung und automatisierten Zuordnung anstelle der manuellen Verfahren. Diese ermöglichen eine digitalisierte

¹LCC - Life Cycle Costs

Erfassung und Zuordnung von Mengen mittels Messwerkzeugen, anhand von digitalen 2D-Plänen im PDF-Format. Im Plan können dabei die entsprechenden Verrechnungseinheiten erfasst werden, wobei der Vorgang manuell, indem beispielsweise die Umrisse eines Raumes nachgezogen werden, oder automatisch, durch die Erkennung umgrenzender Wände eines Raumes, durchführbar ist. Die Verknüpfung zu den Positionen funktioniert über bereits in der Software integrierte Leistungsverzeichnisse oder unter Zuhilfenahme von Tabellenkalkulationsprogrammen [37, 99]. Selbiges gilt bei 3D-Planungen, wobei hier zu unterscheiden ist, dass bei BIM-basierten Planungen das Modell so aufgebaut sein sollte, dass Mengen der einzelnen Bauteile gefiltert werden können und die standardisierte Leistungsbeschreibung Hochbau, aufgrund der Detailtiefe und der individuellen Festlegung von Bauteilen, vom Modellaufbau abweicht [100, 101]. Ein Vorteil der digitalen Mengenermittlung ist die Nachvollziehbarkeit über die gesamte Bauprojektphase, somit von der Kalkulation bis zur Schlussrechnung.

Bekanntmachung und Versand der Ausschreibung

Nach der Erstellung, Prüfung und Freigabe der Ausschreibung erfolgt je nach Vergabeverfahren und Art des Auftraggebers die Bekanntmachung, der Versand und die Nachverfolgung der Ausschreibung. Dabei ist der öffentliche AG, welcher dem BVergG unterliegt, von einem privaten AG zu unterscheiden. In erster Linie wird das privaten Verfahren beschrieben und im Anschluss auf die Besonderheiten öffentlicher Vergabeverfahren eingegangen.

Für private AG gibt es keine verpflichtenden Verfahren eines Ausschreibungsversands oder einer Bekanntmachung, diese können sich ihre Geschäftspartner frei auswählen. Die Ausschreibungsunterlagen werden an beliebig viele potentielle Bieter übermittelt. In der Praxis erfolgt dies in Österreich derzeit oftmals durch den Versand der Unterlagen per Mail an einzelne Bieter. Für die Sammlung von Kontaktdaten sowie die Nachverfolgung werden Listen oder Tabellen erstellt. Um diesen zeitintensiven Prozess effizienter gestalten zu können, bieten Softwarehersteller Lösungen zur koordinierten Verteilung und Nachverfolgung über eine cloudbasierte Plattform an, welche die nachfolgenden Funktionen beinhalten [28, 32, 102]. Um die für einen Ausschreibungsversand wesentlichen Informationen anzugeben, werden im Bereich des Ausschreibungsmanagements vordefinierte Formulare angeboten, welche eine Befüllung mit Informationen, Hinterlegung von Dokumenten und Verknüpfungen mit Kontaktdaten ermöglichen. Zur Verteilung an Adressaten werden Verknüpfungen von Kontaktinformationen zu einzelnen Leistungsbereichen in der Kontaktdatenbank hinterlegt und gewählt. In der Abb. 3.6 wird dies am Beispiel einer Einzelvergabe von Estricharbeiten ersichtlich. Zur effizienten Auswahl von Adressaten ist es erforderlich, die entsprechenden Unternehmen in der Datenbank mit der dazugehörigen Leistungsgruppe zu verknüpfen. Dies kann mit Tags oder sonstigen Eingabefeldern in der Datenbank geschehen. Beim Versand ist das entsprechende Gewerk auszuwählen, wodurch die Ausschreibung an alle mit dieser Leistung verknüpften Kontakte versandt wird. Eine individuelle Bearbeitung und Kontrolle vor Versand ist möglich. Der Versand funktioniert über automatisch generierte Serienbriefe oder wird gesamtheitlich über die Ausschreibungsplattform mittels Verlinkungen abgewickelt [103]. Im Umgang mit Ausschreibungsunterlagen ist die größer werdende Datenmenge an Anhängen, die mit E-Mails versandt werden, ein Problem, da die maximal zulässige Dateigröße überschritten werden kann. Abhilfe schaffen cloudbasierte Lösungen oder Projektplattformen, in welchen Daten zentral gespeichert und abrufbar sind.

Im Anschluss zur Verteilung erfolgt die Nachverfolgung der Aktivitäten und des Status. Durch die automatisierte Versendung wird unter anderem anhand eines Aktivitätsprotokolls aufgezeichnet, an welche Unternehmen die Ausschreibung verteilt wurde. Dabei ist es möglich, den

The screenshot shows the 'Estricharbeiten' (Flooring work) project page on the Cosuno platform. The page is in the 'Entwurf' (Design) phase. The main navigation includes 'ÜBERSICHT', 'BIETER', 'LEISTUNGSVERZEICHNIS', 'PREISSPIEGEL', 'DOKUMENTE', and 'NACHRICHTEN'. The search criteria are set to 'Kontakte' and 'Cosuno Netzwerk'. The search radius is 100 kilometers around the address 'Torstr. 75, 10119 Berlin'. The number of employees is set to '1-4'. The search results are as follows:

Contractor	Address	Distance	Services	Contact	Status
Fliesen Schmidt	10115 Berlin	1,2 km entfernt	Estrich, Fliesen	Herr Peter Winkler (Projektleitung), Herr Marcel Schmidt (Geschäftsführer)	Buttons: + Hinzufügen
Bodenwerke GmbH	10551 Berlin	2,4 km entfernt	Estrich	Herr Daniel Blömer (Ansprechpartner)	Buttons: Hinzugefügt
Berliner Bodenbeläge	10999 Berlin	6,3 km entfernt	Estrich, Bodenbeläge, Fliesen	Herr Peter Winkler (Projektleitung)	Buttons: + Hinzufügen
Otto GmbH	12347 Berlin	12,5 km entfernt	Estrich, Fliesen, Heizung, Sanitär	Frau Julia Huber (Koordination), Herr Michael Otto (Geschäftsführer)	Buttons: Hinzugefügt

Abb. 3.6: Ausschreibungsverteilung mit Cosuno [103]

Bearbeitungsstatus des Empfängers zu erfassen beziehungsweise abzufragen. Bei einer gesamtheitlichen Abwicklung über eine Projektplattform können Bieter Anfragen ablehnen oder annehmen, den Bearbeitungsstand eingeben und das Angebot über die Plattform retournieren. Durch die Einspielung von alten Projektdaten und Preisen von laufenden Bauvorhaben erstellt das Programm eine automatisierte Bewertung des Angebots und unterteilt dies beispielsweise in die Kategorien „teuer“, „fair“ oder „günstig“. Aktivitätenprotokolle, Erstellung von Rückfragen und die Verteilung von Änderungen und zusätzlichen Informationen sind ebenfalls Funktionen der unterschiedlichsten Produkte [104], bis hin zur gesamtheitlichen Vertragsabwicklung, siehe Abschnitt 3.2.2. Bei öffentlichen Auftraggebern und dem offenen Verfahren verlangt das BVergG eine zeitgerechte Bekanntmachung der Leistung über öffentliche Kanäle, beispielsweise dem Wiener Amtsblatt, wodurch diese Art der Veröffentlichung nicht grundlegend durch Produktanbieter digitalisiert werden kann, da die Publikationen und Abgaben bereits digital erfolgen. Hierzu hat die Stadt Wien beispielsweise ein digitales Vergabeportal geschaffen, bei welchem die Ausschreibungsunterlagen heruntergeladen, sämtliche Informationen abgerufen, Bieterfragen gestellt und Abgabeunterlagen hochgeladen werden können. Das Vergabeportal ist über einen Browser unter „wien.gv.at/Vergabeportal“ [105] abrufbar und öffentlich zugänglich. Dabei kann in unterschiedlichste Bereiche gefiltert werden, darunter Unterschwellen- und Oberschwellenbereich, Art des Auftrags oder Art des Auftraggebers. Ein Screenshot der Webpage ist in Abb. 3.7 ersichtlich.

3.2.2 Vergabe

Nachdem die Ausschreibung erstellt und versandt wurde und Angebote der Bieter vorliegen, startet der Vergabeprozess. Es gilt, die wesentlichen Aufgabenbereiche, welche mit digitalen Programmen unterstützt werden können, und die darin enthalten Funktionen zu erläutern.

Dok. Nr.	Bezeichnung des Auftrags	Art der Bekanntmachung	Auftraggeber	Schlusstermin
114210-00	Klinik Penzing, ZSU Teil-GU Baumeister – Klinik Penzing, ZSU Teil-GU Baumeister	Bekanntgabe vergebener Aufträge	Wiener Gesundheitsverbund Projektentwicklungs- und Baumanagement GmbH	
114954-00	ELSA – Neubau GTVS 2., Eisa-Bienenfeld-Weg 21 – GU+ – ELSA – Neubau GTVS 2., Eisa-Bienenfeld-Weg 21 – GU+	Auftragsbekanntmachung	Magistratsabteilung 56 – Wiener Schulen vertreten durch WIP Wiener Infrastruktur Projekt GmbH	14. Jan. 2022 11:00
115122-00	FLOH-STEG – Generalsanierung Findung einer Generalunternehmung+ (GU+) – Der Auftraggeber beabsichtigt, am Standort Steingasse 22, 1230 Wien und Florian-Hedorferstraße 24, 1110 Wien eine Generalsanierung der in die Jahre gekommenen Rundturnhallen. Es ist vorgesehen, die Bauleistungen auf Grundlage einer Einreichplanung an eine Generalunternehmung+ zu vergeben.	Bekanntgabe vergebener Aufträge	WIP Wiener Infrastruktur Projekt GmbH	
113792-01	Transportrohrleitung DN/ID 1000, 4. Hauptleitung – Bauabschnitt 3, Neuverlegung – Herstellen von Künnetten für die Verlegung von Transport- und Versorgungsrohrsträngen DN150-DN1000, ca. 1230m Erd- und Baumeisterarbeiten	Auftragsbekanntmachung – Sektoren	Magistrat der Stadt Wien – Magistratsabteilung 31	15. Dez. 2021 09:00
115039-00	Neubau Brandmeldeanlagen U2/U5 inkl. Option „Wartung für 5 Jahre“ – Neubau Brandmeldeanlagen U2/U5 inkl. Option „Wartung für 5 Jahre“	Auftragsbekanntmachung – Sektoren	WIENER LINIEN GmbH & Co KG	09. Dez. 2021 09:00
114876-00	RV für Instandsetzungen von Beschichtungen 2021-2024, Wien – Beschichtungsarbeiten an Beleuchtungs- und VLS-Anlagen	Bekanntgabe vergebener Aufträge	Magistrat der Stadt Wien – Magistratsabteilung 33	
114914-00	Nahmenvertrag Gleichrichter-Unterwerke Straßenbahn in Wien – Errichtung von Gleichrichter-Unterwerken der Straßenbahn und anschließende Wartung und Störungsbehebung	Bekanntgabe vergebener Aufträge	WIENER LINIEN GmbH & Co KG	
112935-01	WE-4200258359 ROHRLEITUNGS- und ANLAGENBAU – Projekt Großwärmepumpe MVA Spittelau – Rohrleitungs- und Anlagenbau	Auftragsbekanntmachung – Sektoren	WIEN ENERGIE GmbH	30. Nov. 2021 13:00
114697-00	16., Josef-Weinheber-Platz 6-10 – Tischlerarbeiten	Auftragsbekanntmachung	Stadt Wien – Wiener Wohnen	21. Dez. 2021 13:00
114698-00	16., Josef-Weinheber-Platz 6-10 – Dachdecker-, Spengler- und Zimmererarbeiten	Auftragsbekanntmachung	Stadt Wien – Wiener Wohnen	21. Dez. 2021 10:00

Abb. 3.7: Ausschreibungsverteilung der Stadt Wien [105]

Kostenschätzung / Kostenberechnung

Kostenmanagement zieht sich durch das gesamte Projekt. Für eine Vergabe ist es wichtig, dass ausreichend monetäre Mittel vorhanden und zur Verfügung gestellt werden, um das Bauprojekt abwickeln zu können. Die Kostenschätzung stellt somit eine Grundlage zur Auftragsvergabe dar.

Erst wenn die Angebotspreise durch das vorgesehene Budget gedeckt sind, kann der Zuschlag wirtschaftlich vertretbar erteilt werden. Um dies zu gewährleisten, ist es erforderlich, im Vorfeld eine Kostenschätzung auf Basis der Planung durchzuführen, auf die der Vergabeprozess gestützt wird. Die Budgetierung eines Bauprojekts ist komplex, zum Teil von Förderungen sowie Behörden abhängig und beruht oftmals auf Erfahrungswerten und Kostenkennwerten aus Nachkalkulationen vorangegangener Projekte. Ein Beispiel einer Kostenschätzung ist jene nach der Gliederung an Kosten der *ÖNORM B 1801-1: Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 1: Objektterrichtung* [1]. Es ist, vor allem aufgrund der derzeitigen Baukostenentwicklung durch den Ukraine-Krieg und die Nachwirkungen der COVID-19 Pandemie, wichtig, die Kosten genauer vorhersagen zu können, um bereits in der Planungsphase reagieren zu können.

Aufbauend auf die Kostengruppen nach *ÖNORM B 1801-1* oder bereits auf genaue Positionen und Massen eines Leistungsverzeichnisses, bieten Produkthanbieter die Erstellung von Kostenschätzungen in der Projektplattform an. Hierbei gelingt es, über die Verknüpfung zwischen Mengen, Leistungspositionen und Planzuordnungen, Kosten zu erstellen. Eine weitere Möglichkeit ist die Zentralisierung aller Aktivitäten der Budgetierung über den Bereich des Baukostenmanagements einer Projektplattform, wodurch eine Dokumentation gewährt wird und alle Daten gebündelt in einer Cloud abgespeichert werden [32, 37, 106].

Angebotsprüfung und Preisspiegel

Aufbauend auf die Kostenschätzung und die eingelangten Angebote ist es notwendig, einen Preisspiegel zu erstellen, um den passenden Bieter für den Zuschlag herauszufinden. Dabei

werden alle Angebote gegenübergestellt und detailliert verglichen, wobei zwischen dem Billigst- und dem Bestbieterverfahren zu unterscheiden ist. Beim Bestbieterverfahren ist nicht der Preis alleine das Zuschlagskriterium, sondern weitere Kriterien fließen entsprechend deren definierter Gewichtung in das Verfahren ein. Beispielhaft wird die Erfahrung des Bauleiters oder die Beschäftigung von Lehrlingen genannt, wobei der Erfolg von personenbezogenen Kriterien zu hinterfragen ist [107]. Oder der Preis selbst und die Reihung zu den anderen Bietern ist mit der Vergabe von Punkten verbunden. Dabei können die Kriterien über Prozentpunkte in einen Preis umgerechnet werden. Beim Billigstbieterverfahren hingegen ist lediglich der Preis das Bewertungskriterium. Mit Softwarelösungen gelingt eine effiziente Erstellung und automatisierte Bewertung von Gegenüberstellungen [96, 97, 103, 106].

Ein weiteres wichtiges Element ist die Angebotsprüfung, welche unter Zuhilfenahme einer CDE-Plattform erfolgen kann. Dabei soll es möglich sein, Workflows beispielhaft für einen internen Prüflauf zu hinterlegen, Kommentare hinzuzufügen, Checklisten abzarbeiten und Signaturen vorzunehmen. Die Prüfung der Angebote ist eine der Vergabegrundlagen, weswegen die Dokumentation der Aktivitäten von Wichtigkeit ist [32, 37, 103].

Vergabedokumentation

Bei nichtöffentlichen Aufträgen werden im Zuge eines Vergabeverfahrens Abstimmungen, Verhandlungen und Vereinbarungen vorgenommen. Die Vorgänge zur Vergabe gilt es lückenlos zu dokumentieren, um Streitfälle und Diskussionen zu vermeiden. Hierfür bieten die Anwendungen Möglichkeiten, sämtliche Aktivitäten zu protokollieren, wobei cloudbasierte Dokumentenmanagement- und Projektorganisations-Tools angewendet werden können [103]. Für öffentliche Ausschreibungen gilt es je nach Verfahrensart, die verpflichtende Anwendung des Bundesvergabegesetzes (BVergG) zu beachten. Das offene Verfahren, bei welchem dezidiert der Bestbieter gemäß den vorgegebenen Kriterien zum Auftrag gelangt, ohne dass weitere Verhandlungen durchgeführt oder Vereinbarungen getroffen werden dürfen, ist ein Beispiel dafür.

Schlussendlich ist ein Vergabe-Leistungsverzeichnis mittels einer Anwendung zu erstellen, welches alle Abstimmungen und Änderungen enthält [96]. Das Vergabe-LV inklusive allen relevanten Beilagen und Planunterlagen ist damit die Basis zum Vertragsabschluss.

3.2.3 Vertragsverwaltung

Verträge bilden die privatrechtliche Grundlage zur Aus- beziehungsweise Durchführung von Leistungen. Der Aufwand betreffend der Verwaltung von Dienst- und Werkverträgen nimmt naturgemäß aufgrund der über die Bauprojektlaufzeit anwachsenden Zahl von Vertragspartnern zu. Zusätzlich sind Leistungsabweichungen, Vertragsstrafen, oder Rücktritte von Verträgen zu verfolgen. Um hier einen Überblick zu bewahren, werden von Produkthanbietern unterschiedlichste Vergabeverwaltungen angeboten, auf welche im Rahmen gegenständlicher Kategorisierung einzugehen ist. Von höchster Wichtigkeit ist hier die genaue Dokumentation und Transparenz zur Nachvollziehbarkeit. Die im Zuge des Vergabeverfahrens dokumentierten Schritte samt Unterlagen gilt es in einen Vertrag zu verbrieften. Dabei ist es möglich, sämtliche Unterlagen, Änderungen und Aktivitäten über eine cloudbasierte Projektplattform abzuwickeln und zusätzlich durch eine Hinterlegung von Workflows, beispielsweise Freigabeprozesse, abzarbeiten.

Ein Beispiel einer Besonderheit der Vertragsverwaltung ist die Implementierung von internationalen Verträgen. Produkthanbieter ermöglichen es mit ihren Anwendungen, FIDIC und NEC-Verträge

zu implementieren². Damit gelingt eine zugriffskonforme Kommunikation durch die Hinterlegung von Fristen und Aktionen, die Wahrung der Datensicherheit sowie die Erstellung von Berichten für Verträge, Rahmenvereinbarungen, Programme und Portfolios [108].

3.2.4 Abrechnung

Der Abrechnungsprozess dient der Feststellung und Verrechnung von Leistungen. Dabei wird zwischen unterschiedlichen Abrechnungsarten unterschieden, welche vor allem von der Vertragsart abhängen. Grundsätzlich gilt es zwischen der Abrechnung nach Mengen und Einheitspreise, nach Termin- oder Zahlungsplänen beziehungsweise nach der Fertigstellung von Teilleistungen zu differenzieren [109]. Da die Abrechnung von Leistungspositionen je Verrechnungseinheit naturgemäß einen höheren personellen Aufwand erfordert als eine pauschalierte Abrechnung anhand von Zahlungsplänen, wird diese im weiteren Text detailliert ausgeführt. Dabei wird ein Aufmaß erstellt, welches eine Mengenermittlung (durch Plan- oder Naturaufnahmen) und eine Zuordnung zu den jeweiligen Positionen des Leistungsverzeichnisses beinhaltet. Die Möglichkeiten zur Erstellung eines Aufmaßes sind zu unterscheiden. Dazu gehört die händische Erfassung mittels analogen Plänen. Diese Methode wird vor allem von Kleinunternehmen, die keine „early adopter“ in Sachen Digitalisierung sind, im Hochbau angewandt. Dabei werden Markierungen und Verweise auf Plänen vorgenommen, die Mengen mittels Taschenrechner addiert und über ein Formular den Positionen zugeordnet. Aufgebaut auf diese historisch gewachsene Methode gibt es eine EDV-gestützte Abrechnung. Dabei werden über ein Abrechnungsprogramm³, in welchem das Leistungsverzeichnis hinterlegt ist, Massen eingegeben und berechnet. Aus den erstellten Aufmaßblättern erfolgt eine automatisierte Weiterverarbeitung und Rechnungserstellung. Alternativ zu einem Abrechnungsprogramm können Tabellenkalkulationsprogramme zum Einsatz kommen [109, S.183-185]. In diesem Zusammenhang ist auf die Verknüpfung zwischen digital unterstützen Mengenermittlungen von Seite 29 und Aufmaßerstellungen zu verweisen. Dafür werden Programme angeboten, welche Massen aus PDF-Plänen den Positionen eines hinterlegtes Leistungsverzeichnis zuordnen. Zur leichteren Handhabung hat beispielsweise die digiplan GmbH [99] einen Stift entwickelt, welcher Mengen auf ausgedruckten Plänen erfassen und zuordnen kann.

3.2.5 BIM-basiertes AVVA

Das BIM-basierte AVVA ist grundlegend vom konventionellen AVVA zu unterscheiden, da hierbei das BIM-Modell das zentrale Ausschreibungselement mit der Fülle an Daten ist. Es wird in Zukunft notwendig sein, Daten in einer umfangreichen Menge und Qualität zu speichern sowie zu verwalten, um damit detaillierte Ausschreibungen zu erstellen [95, S.21-23]. Um den Datenfluss aufrecht zu halten, wird das BIM-Modell als Grundlage der Ausschreibung die Projektbeteiligten durchlaufen, Daten erfassen und verteilen.

Eine der Herausforderungen der BIM-basierten Ausschreibung ist die sinnvolle Verknüpfung zwischen den standardisierten Leistungsbeschreibungen und den mit Attributen und Mengen hinterlegten Elementen des Modells. Diesbezüglich werden neue, geänderte beziehungsweise angepasste Standardisierungen angestrebt und Normen in Bezug auf digitale Prozesse, die Organisation

²FIDIC = Fédération Internationale des Ingénieurs,
 NEC = New Engineering Contract.

Diese Verträge kommen vor allem bei internationalen Großprojekten zur Anwendung und sind standardisiert.

³Beispielsweise Nevaris Success [110] oder ABK [96]

im Umgang und die Anforderungen zum Austausch von BIM-Daten veröffentlicht [3, 111]. Die *ÖNORM A 2063-2 Austausch von Daten in elektronischer Form für die Phasen Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung (AVA) Teil 2: Berücksichtigung der Planungsmethode Building Information Modeling (BIM) Level 3* [112] umfasst den elektronischen Austausch unter Berücksichtigung von BIM und definiert dazu geforderte Inhalte für BIM-Allgemeiner-Elementkatalog (BAEK), BIM-Projektelementkatalog (BPEK) und BIM-Projektelementliste (BPEL). Weiterführende Ausführungen zu diesem Thema geben Kropik et al. in der *Studie zur Grundlagenerhebung über die derzeitige und künftige Nutzung der standardisierten Leistungsbeschreibung unter Berücksichtigung der Digitalisierung insbesondere BIM* [113].

Aufbauend auf das ausgeschriebene BIM-Modell ist die Kalkulation vorzunehmen. Für einen wirtschaftlichen Erfolg des Projekts ist es für den AN von Bedeutung, Daten zu Preisen und Leistungswerte der vergangenen Projekte zu lukrieren, um diese dann auf neue Kalkulationen zu übertragen. Bei BIM-basierten Kalkulationen können öffentlich abrufbare BIM-Bibliotheken der Industrie hinterlegt werden, wodurch es möglich ist, mit Attributen und Informationen gefüllte Produktpaletten von Herstellern abzurufen, diese Elemente im Modell zu platzieren und gleichzeitig mit einem Preis zu hinterlegen. Ein weiteres Element der Kalkulation ist der Bieterschutz. Es muss gewährleistet werden, dass das Modell nicht ohne Information an den Bieter verändert wurde und Firmengeheimnisse bewahrt werden können. Dies kann durch das Einfrieren des Modells sichergestellt werden [95, S.28-30]. Da das BIM-Modell eine zentrale Rolle einnimmt, ist es wichtig, einfache Prüfungen auf Fehler und Kollisionen vornehmen zu können. Mit der Kollisionsprüfung laufen im Hintergrund programmierte Prozesse ab, welche das Modell auf Fehlerquellen und Überschneidungen überprüfen, siehe Abschnitt 3.5.4. Den zeitlich optimierten und ressourcenschonenden Bauablauf herauszufinden ist ein weiterer, wesentlicher Schritt bei der Kalkulation. Es ist abzuwiegen, welche Anzahl an Geräten und Personal zum Einsatz kommt und in welchen Schritten Arbeitsprozesse vorzunehmen sind. Mittels weiterer Dimensionen des BIM-Modells werden weitere Informationen implementiert, wodurch die Begriffe 4D- und 5D-Modellierung entstehen. Darunter die in Abschnitt 3.3.4 und Abschnitt 3.4.4 beschriebenen Implementierungen von Bauablauf, Zeit und Kosten. Eine BIM-basierte Ausschreibung und Kalkulation wird bei AVA-Produkten unterstützt [96, 97, 110].

Bei der Angebotsabgabe und dem darauf aufbauenden Vergabeverfahren wird das Modell die zentrale Position einnehmen. Dabei wird ein Angebotsmodell erstellt, welches die individuellen Spezifikationen der Bieter enthält und der weiteren Definition von Vertragsgrundlagen dient. Über dieses Modell werden unter anderem die Kommunikation und Prüfungen abgewickelt und dokumentiert, um darauf aufbauend ein Vertragsmodell zu erstellen, welches die Grundlage sämtlicher weiterer Vorgänge ist. Hierbei ist zu beachten, dass die Modelle veränderbar bleiben, um die Aktualität mit der Einspielung von Nachträgen und Änderungen zu wahren [95, S.30-35].

Für die Abrechnung wird ebenfalls das BIM-Modell im Fokus stehen, indem eine Verknüpfung zwischen Modell, Rechnung und Aufmaß geschaffen wird. Die in der Ausschreibung definierten Positionen und Leistungen gilt es zu verrechnen, wobei das BIM-Bauabwicklungsmodell des Ausführenden verwendet wird, welches jedoch einen Bezug zum BIM-Vertragsmodell enthalten muss.

3.3 Terminmanagement

Termine sind eines der drei zentralen Elemente der Projektabwicklung und sind in jeder Projektphase und in jedem Aufgabengebiet präsent. Sie sind direkt mit Kosten und Qualitäten

verbunden und ihre Einhaltung ist Bestandteil eines Vertrags. Dadurch gilt es, Termine unter Kontrolle zu halten, um Kosten und Qualitäten steuern zu können. Das Terminmanagement ist das wesentliche Steuerungselement für zeitliche Auswirkungen eines Bauprojekts, wobei die zeitintensivsten Phasen die Planung und Ausführung sind. Die Bauausführung beruht auf Planunterlagen. Erst nach Erhalt von freigegebenen Plänen kann gebaut werden, wodurch es wesentlich wird, Pläne zeitgerecht zu erstellen und zu verteilen [79]. Durch kürzer werdende Ausführungszeiten gewinnt das Terminmanagement an Wichtigkeit. Geringer werdende Lager- und Bauplatzflächen sowie personelle Knappheiten erzeugen einen Trend in Richtung „Just-In-Time“ Lieferungen, vorgefertigten Bauteilen, oder der Modulbauweise. Mit gut durchdachten und überwachten Terminplänen sind kurze Bauphasen umsetzbar und Arbeiten parallel sowie wirtschaftlich zu bewerkstelligen [25, S.205-245].

Die Genauigkeit von Terminaussagen nimmt mit zunehmender Projektdauer zu, wodurch der Genauigkeitsgrad bei langfristigen Terminplänen gering ausfällt. Aus diesem Grund ist eine zielführende Terminplanung in Stufen / Etappen aufgebaut. Beginnend mit einem Rahmenterminplan, welcher in Ideen-, Planungs- und Ausschreibungs- sowie Ausführungsphase geteilt ist, geht er weiterführend in einen Gernerallablaufplan bis hin zum Detailablaufplan über. Eine Unterscheidung der Terminplanung in Stufen, je nach Projektphase, sieht die *ÖNORM B 1801-1: Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 1: Objekterrichtung* vor, welche anfangs von einem Terminziel und zum Ende von einer Terminfeststellung und -kontrolle spricht [1].

Terminpläne lassen sich mittels unterschiedlichen Darstellungsarten erstellen, wobei erwähnt sei, dass die Akzeptanz von Terminplänen durch ungefilterte Inhalte, je nach Projektbeteiligten, drastisch reduziert wird [25, S.205]. Im Mittelpunkt der Erstellung steht der Vorgang, welcher mit einer Dauer verbunden ist. Weiters können Zuständigkeiten, Verknüpfungen zu anderen Vorgängen oder Meilensteinen, Kapazitäten und Ähnliches zugeordnet werden, wobei die Grundgrößen der Planung die Leistungs- und Aufwandswerte sind. Die konventionellen Darstellungsformen sind nachfolgend aufgelistet [25, 94] und in Abbildung 3.8 ersichtlich:

- **Tabellarisch:** Eine simple Darstellung, bei welcher Vorgänge, Leistungen und Dauer in Form einer Tabelle aufgelistet werden.
- **Balkendiagramm⁴:** Die Vorgänge werden mittels Balken dargestellt, wobei die Länge der Balken der Vorgangdauer entspricht. Das Balkendiagramm besitzt eine gute Übersichtlichkeit und ermöglicht zeitproportionale Darstellungen. Abhängigkeiten können jedoch begrenzt und Arbeitsgeschwindigkeiten gar nicht dargestellt werden.
- **Liniendiagramm:** Bei Weg-Zeit- oder Volumen-Zeit-Diagrammen können Vorgänge zeitproportional dargestellt werden. Arbeitsgeschwindigkeiten sind ersichtlich, es ist jedoch für die Erzeugung von Abhängigkeiten weniger gut geeignet. Durch eine mögliche Einbindung von Kapazitäten eignet sich das Liniendiagramm zur Erstellung von Taktplänen.
- **Netzplan:** Der Netzplan ist für komplexe Prozesse und gegenseitige Abhängigkeiten geeignet. Er hat einen hohen Erstellungsaufwand und Pufferzeiten sind gut erkennbar.

Im Vorfeld der Realisierungsphase sind es vor allem Vorgänge ohne Dauer, sogenannte Meilensteine, welche wichtige Steuerungs- und Kontrollelemente bilden [79, S. 60-73]. Allgemein kann die Aussage getroffen werden, dass die Terminplanung heutzutage nahezu ausschließlich unter Zuhilfenahme von EDV-Programmen erstellt wird [25, S.206]. Dadurch liegt nachfolgend der Fokus der weiteren Betrachtung bezüglich der Digitalisierung auf der Bauzeitplanung und den dabei aktuellen und zukünftigen Herausforderungen und Änderungen.

⁴Oder Gantt-Diagramm genannt

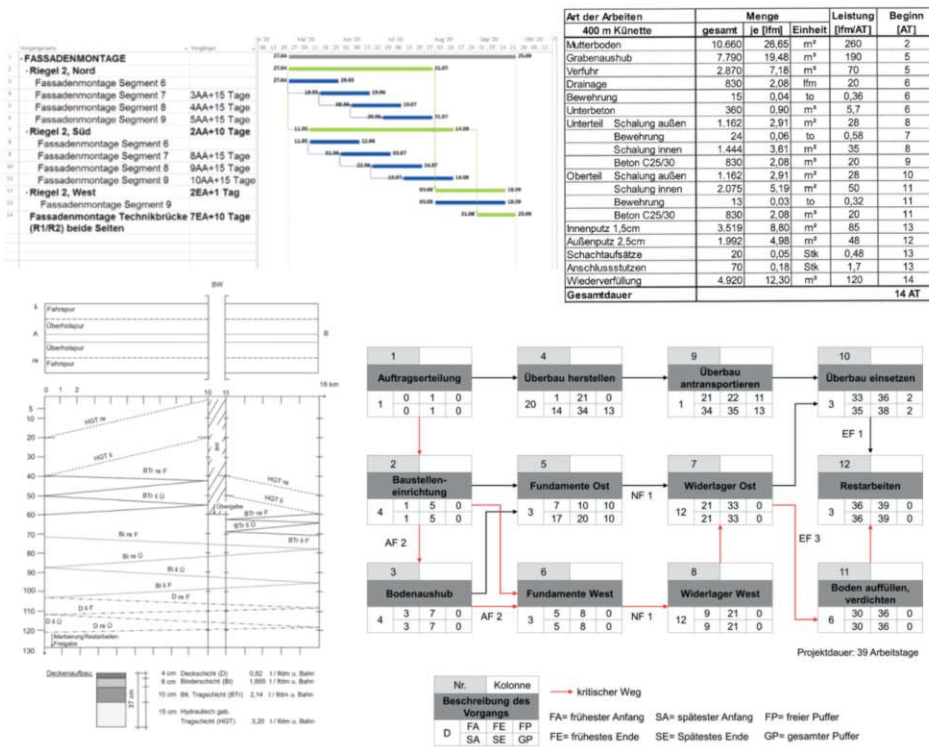


Abb. 3.8: Darstellungsformen der Terminplanung:
 l.o. Balkendiagramm [25, S.208], r.o. Tabellarisch [94, S.38],
 l.u. Liniendiagramm [25, S.210], r.u. Netzplan [25, S.216]

3.3.1 Bauzeitplanung und Überwachung

Die Bauzeitplanung und -überwachung steht im Zentrum des Terminmanagements. Weit verbreitet wird das Gantt-Diagramm mit unterschiedlichsten Abhängigkeiten und Meilensteinen als Bauzeitplan konzipiert. Dazu werden unterschiedlichste Programme angeboten und – aus der Erfahrung des Autors – bereits im Alltag eingesetzt. Die Anwendungen bieten eine umfangreiche Funktionsvielfalt und Detailtiefe an [60, 96, 97, 114, 115]. Neben den Gantt-Diagrammen finden Programme für Linien- und Netzdiagramme Anwendung [101]. Die Funktionen bezogen auf die Erstellung und Überwachung von Bauzeitplänen behalten unabhängig der gewählten Darstellung ihre Gültigkeit, welche es zu beschreiben gilt.

Um Bauprojekt-übergreifende und einheitliche Bauzeitpläne zu erstellen sowie für eine zeitlich effiziente Terminplanerstellung, gibt es die Funktion des Imports aus anderen Programmen, beispielsweise aus Tabellenkalkulationsprogrammen, sowie die Möglichkeit der Vorlagenerstellung. Dabei können arbeitsfreie Tage definiert und Ressourcen, wie Personen, hinterlegt werden. Für detailliertere Auswertungen gilt es Arbeitszeiten festzulegen sowie Kosten zu verbinden.

Bei der Erstellung von Vorgängen ist es erforderlich, die Dauer und das Start- oder Enddatum zu fixieren. Dazu gibt es Möglichkeiten, Verknüpfungen und Abhängigkeiten zu erstellen. Darunter fallen unter anderem die Anfang-Anfang-, Anfang-Ende- oder Ende-Ende-Beziehung. Für eine Auswertung der Arbeitsauslastung sind den Vorgängen Ressourcen zuzuordnen. Hierbei kann ein Vorgang direkt der Person oder einem Unternehmen zugeordnet werden, welche / welches die Darstellung entsprechend anpassen und Aufgaben herausfiltern kann [60]. Eine Weiterführung

der Produkthanbieter ist die direkte Verknüpfung zwischen dem Bauzeitplan und der Baustelle, um Aufgaben / Vorgänge den einzelnen Vertragspartnern zuzuweisen, Rückfragen direkt abzuwickeln und Fortschrittmeldungen sowie Fotodokumentationen durchzuführen [43]. Damit wird der Terminplan ständig mit Informationen aus erster Hand befüllt und ist stets auf Echtzeitstatus, wodurch Abweichungen schnell erkennbar werden.

Ein Bauzeitplan wird über die Projektdauer hinweg adaptiert, korrigiert und abgeändert. Dies ist erforderlich, um Zwischen- und Endtermine einzuhalten. Dabei gilt es frühzeitig Abweichungen zu erkennen, um Maßnahmen setzen zu können. Mittels einer Überwachungsfunktion können beispielsweise Fortschritte eingetragen und überwacht werden. Dazu ist eine analoge Befüllung mit Prozentangaben und die Erfahrung des Bearbeiters erforderlich, welcher den Fortschritt der einzelnen Vorgänge zielgerichtet abschätzt und mittels eines SOLL-IST Vergleichs Abweichungen erkennt. Ein weiteres wesentliches Element der Überwachung ist der „kritische Weg“. Dieser zeigt die längsten zusammenhängenden Vorgänge an, welche keine Pufferzeiten besitzen, wodurch aufgrund des identen frühesten und spätesten Enddatums, Verkürzungen oder Verlängerungen einzelner Vorgänge entlang des kritischen Weges gesamtheitliche Auswirkungen haben [116].

Mittels Programmen der Bauzeitplanung können des Weiteren Berichte und Dashboards erstellt werden, welche einen Überblick über den aktuellen Projektstatus geben. Darunter fallen grafische Darstellungen genauso wie Berichte über Ressourcen und Kosten. Diese sind übergreifende Themen, welche in Abschnitt 3.4 und Abschnitt 3.6 beschrieben werden.

3.3.2 Lean Construction Management

Eine Erweiterung der herkömmlichen Terminplanung bietet die Lean Philosophie. Der Begriff Lean wird von Fiedler als

„Gestaltung von flachen Hierarchien, Eliminierung unnötiger Arbeitsprozesse, Reduzierung von Lagerbeständen und bessere Ressourcenausnutzung [6, S. 18].“

definiert. Die geschichtliche Entwicklung ist auf die Fließbandfertigung der Auto Industrie, das darauf aufbauende Produktionssystem von Toyota und den PDCA-Zyklus⁵ zurückzuführen.

Das Massachusetts Institut of Technology (MIT) startete 1985 anhand der geschichtlichen Prozesse ein Forschungsprojekt, aus welchem die erkannten Prinzipien als „Lean Management“ hervorgingen. Bei diesen Prinzipien rückt der Kundenwunsch sowie die Nachfrage des Kunden in den Vordergrund, worauf die Prozesse zur Produkterstellung aufgebaut werden. Mit der Identifikation des Wertstroms werden erforderliche Tätigkeiten und der Prozessfluss analysiert, wobei das Ziel ist, Blindleistungen aufzudecken und zu eliminieren. Durch das Aufbrechen alter Muster gilt es mit dem „Fluss-Prinzip“ neue Denkweisen zu implementieren, um einen strukturierten Aufbau von Aufgaben zu ermöglichen und einen fließenden Arbeitstrom zu generieren. Mit dem „Pull-Prinzip“ sollen Überproduktionen vermieden werden, indem das Produkt erst zum bestellten Zeitpunkt erstellt wird. Die Prozesse sind stetig zu optimieren und zu verbessern, um Perfektion zu erlangen und Verschwendungen zu vermeiden [117, S.4-19].

Im Bauwesen gibt es zwei wesentliche Begriffe im Lean Management. Das „Lean Design Management“ und das „Lean Construction Management“. Dabei beschreibt das Design Management die Vorgänge von Planungsprozessen und stützt sich auf eine integrale Planung, mit der optionalen Implementierung von BIM [79, S.144-151]. Das Lean Construction Management fokussiert sich

⁵ „Plan-Do-Check-Act“

hingegen auf den Bauausführungsprozess, wobei drei Bereiche im Vordergrund stehen. Die kooperative Arbeitsplanung, das Produktionssystem und die Vertragsgestaltung. Mittels eines Last Planner Systems wird die kooperative Arbeitsplanung umgesetzt. Das System beschreibt eine Methode zur kooperativen Terminplanung, bei welcher durch die Einbeziehung aller Projektbeteiligter in den Terminplanungsprozess, Hindernisse und Schnittstellenproblematiken aufdeckt und beseitigt werden. Je nach Bauphase nimmt dabei der Detaillierungsgrad zu. Die Produktionssysteme beschreiben eine neue Entwicklung von Planung und Steuerung der Bauprozesse mit Lean Prinzipien, darunter fällt exemplarisch die „Taktplanung“, auf welche in Abschnitt 3.3.3 vertiefend eingegangen wird. Bei der Vertragsgestaltung liegt der Fokus darauf, bereits im Vorfeld der Bauausführung partnerschaftliche Verträge abzuschließen, wobei der „Best-for-Project-Faktor“ in den Vordergrund rückt [117, S.34-35].

In Bezug auf das Lean Construction Management gibt es eine Vielzahl digitaler Anwendungen, welche eine Erstellung, Bearbeitung und Anwendung ermöglichen. Ein wesentliches Merkmal liegt in der einfachen und übersichtlichen Darstellung und Handhabung, um Nutzer die Verwendung zu ermöglichen. Die sonst in einem „Big-Room“ verwendeten Post-Its werden digital erstellt und abgebildet. Die Darstellung kann über Filteroptionen für den jeweiligen Beteiligten angepasst werden, wodurch tägliche Übersichten der Aufgaben und Plantafeln erstellbar sind. Mit Hilfe der Softwarelösungen gelingt eine automatisierte Berichterstattung durch die Auswertung der Daten, wodurch Kennwerte zu eingehaltenen Zusagen, dem Gesamtfortschritt oder der Störungen laufend betrachtet werden können. Dabei können KPI angezeigt werden, um gut und schlecht ablaufende Prozesse zu erkennen [118]. Die Programme sind oftmals cloudbasiert und enthalten mobile App Lösungen, mit welchen eine ortsunabhängige Bearbeitung und Einsicht gestattet wird. Mit der Funktion der direkten Kommunikation ist es möglich, im Programm selbst Aufgaben zuzuteilen und zu bearbeiten. Eine kollaborative Zusammenarbeit wird durch Implementierung von Chatfunktionen ermöglicht, wodurch eine Verbindung mit der im Abschnitt 3.1 beschriebenen Funktionen gegeben ist. Eine Verknüpfung zwischen der Bauzeitplanung durch Lean Construction Management und einem BIM-Modell ist verfügbar, wodurch einzelne Arbeitsschritte den zugehörigen Bauteilen des Elements zugewiesen werden können. Weiterführend werden Funktionen zur Verknüpfungen mit dem Ressourcen-, Kosten- oder QM angeboten sowie die Möglichkeit des Datenexports angeboten [50, 61, 63, 119].

3.3.3 Taktplanung

Die Taktplanung ist ein bewährtes und wichtiges Instrument, um wertschöpfende Prozesse zu optimieren. Takte sind beispielsweise durch Fahrpläne des öffentlichen Verkehrs bekannt. Es gilt, mit der Taktplanung Wartezeiten zu verhindern und Prozesse zu optimieren, um einen stabilen Arbeitsfluss zu generieren. Im Bauwesen gelten Arbeiten oft als nicht taktfähig, da unterschiedliche Arbeitsschritte zu tätigen sind, keine Produktionsstraßen vorhanden sind und die Taktzeit mit mehreren Tagen um ein Vielfaches höher ist als in Fertigungswerken. Zur Umsetzung auf Baustellen gilt es, mit der Taktplanung Gliederungen der Bauprozesse zu erstellen, um Taktungen umzusetzen. Dabei sind Arbeiten in Segmente oder Abschnitte einzuteilen sowie An- und Ablieferungen einzutakten [117, S.57].

Um einen Takt zu planen, ist es erforderlich, die Prozesse zu analysieren. Dabei werden Arbeitsschritte mit Zeitaufwendungen bewertet und zusammenfassende Arbeitspakete geschnürt, beispielsweise das Arbeitspaket Estricharbeiten. Darauf aufbauend gilt es, Taktzeiten und Taktbereiche zu fixieren. Dazu werden die Taktzeiten der einzelnen Pakete aufgelistet und durch Zusammenlegungen sowie durch Aufteilungen harmonisiert, um einen Arbeitszug zu generieren,

in welchem dem Takt Arbeitspakete und einheitliche Taktzeiten zugeordnet sind. Die Taktzeit kann hierzu beispielsweise fünf Arbeitstage betragen. Den Taktzug, siehe Abbildung 3.9, gilt es in einen Taktplan umzuwandeln, indem parallel zum ersten, der zweite Zug zeitversetzt startet, siehe Abb. 3.9. Ziel ist es, wiederholbare Arbeitsbereiche herauszufinden und strukturiert abzuarbeiten, um einen wertschöpfenden Prozess zu erstellen [117, S.57-67].

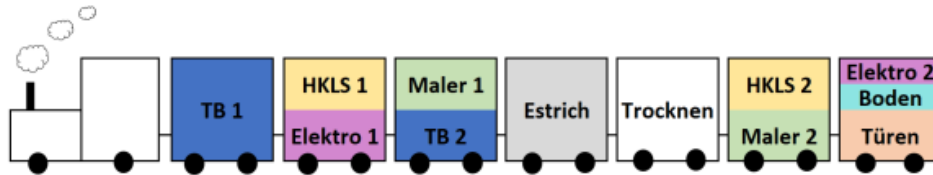


Abb. 3.9: Taktzug[117, S.62]

Taktzeit: 5 Arbeitstage														
Woche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Taktbereich 1	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7							
Taktbereich 2		W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7						
Taktbereich 3			W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7					
Taktbereich 4				W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7				
Taktbereich 5					W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7			
Taktbereich 6						W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7		
Taktbereich 7							W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	
Taktbereich 8								W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7

Abb. 3.10: Taktplan[117, S.63]

Aufgrund der Verbindung und der Synergien zum Lean Management ist die Funktion oftmals bei jenen Produkten zu finden, welche eine Bauzeitplanung mittels Lean Construction Management ermöglichen, wodurch die Funktionen jenen aus Abschnitt 3.3.2 gleichen. Die digitalen Anwendungen ermöglichen die Erstellung, Bearbeitung, Kontrolle und Einsicht von Taktplänen, wobei mobile App Lösungen eine Ortsunabhängigkeit gewähren [50, 118, 119]. Eine Ausnahme der Programme bildet die explizite Taktplanung von Stahlbetonarbeiten, welche im Abschnitt 3.7.2 beschrieben wird [64].

3.3.4 BIM im Terminmanagement

Die Implementierung von BIM in das Terminmanagement ist mit Vorteilen verbunden, welche nachfolgend durch die Funktion der Bauzeitsimulation beschrieben werden. Dabei gilt es, herkömmlichen Prozesse aufzubrechen und neue zu definieren, um eine integrale Projektabwicklung (IPD) zu ermöglichen. Mit der frühen Einbeziehung von Fachplanern und Ausführenden kann BIM und Lean seine Vorteile vollumfänglich ausschöpfen [79, S.144-151].

Bauzeitsimulation / 4D-Zeitplanung

Komplexe Bauvorhaben gilt es, in kurzer Zeit termin- und kostengerecht abzuwickeln. Durch die Implementierung von BIM, Lean und künstlicher Intelligenz wird es ermöglicht, den optimalen Bauabwicklungsprozess herauszufinden. Dabei werden Bauabläufe simuliert und visuell durch die Verknüpfung mit dem 3D-Modell dargestellt. Die Simulation der Terminplanung wird die

vierte Dimension genannt und ist allgemein unter 4D-Planung oder Bauzeitsimulation bekannt. Die Vorgänge dieses Prozesses werden anhand des Programms von Alice Technologies [120] erläutert.

Der Produkthersteller wirbt mit automatisch generierten Terminplänen durch die Einbeziehung von künstlicher Intelligenz. Damit soll die Planung, Ausführung und Angebotslegung effektiver abgewickelt werden, wozu gemäß dem Hersteller vier Schritte erforderlich sind. Im ersten Schritt ist ein 3D-Modell hochzuladen. Danach sind Kennzahlen in Bezug auf Materialien, Geräteauswahl und -platzierung, Aufwandswerte und Meilensteine einzugeben. Mit Hilfe der Kennzahlen werden „Recipes“ erstellt und in einer Rezeptbibliothek, welche auf andere Projekte übertragbar ist, zusammengefasst. Diese enthalten die Schritt für Schritt Betrachtung von Bauaufgaben. Exemplarisch hierfür ist die Beschreibung von Betonierarbeiten, welche in Abbildung 3.11 ersichtlich ist. Darauf aufbauend simuliert das Programm die Bauprojektentwicklung und erstellt Szenarien mit unterschiedlichen Bewertungen, wobei der Vorgang beliebig wiederholt, adaptiert und verbessert werden kann, um die passende Baustrategie zu finden. Es gilt hierzu beispielsweise die Effekte des Einsatzes eines zweiten Krans bewerten und darstellen zu können. Nach der Auswahl des Szenarios wird der Bauzeitplan automatisiert erstellt. Auf Grundlage dessen gelingt es, in der Ausführungsphase den Baufortschritt zu visualisieren und mit dem SOLL abzugleichen.

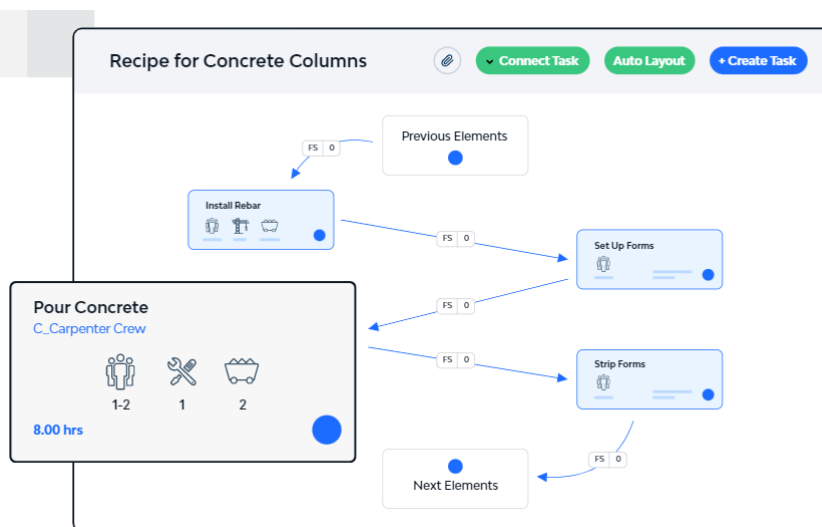


Abb. 3.11: Rezept zu Betonarbeiten[120]

3.4 Kostenmanagement

Abseits der termingerechten Abwicklung eines Bauvorhabens gilt es, zur Erreichung eines wirtschaftlichen Erfolgs, die Kostenziele zu überwachen zu steuern und einzuhalten. Kosten und Termine sind miteinander verknüpft. Mit fortschreitender Projektdauer steigen sie und sind gleichzeitig weniger beeinflussbar. Die Kosten sind in sinnvolle Gruppen aufzuteilen, wozu die Errichtungskosten im Bauwesen gemäß *ÖNORM B 1801-1: Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 1: Objekterrichtung* [1] gliedert werden. Hierzu wird zwischen 0-Grund, 1-Aufschließung, 2-Bauwerk-Rohbau, 4-Bauwerk-Ausbau, 5-Einrichtung, 6-Außenanlagen, 7-Planungsleistungen, 8-Projektnebenleistungen und 9-Reserven unterschieden. Die ÖNORM unterscheidet weiter,

ähnlich der Terminplanung aus Abschnitt 3.3, in Projektphasen. Dabei sind in der Projektvorbereitung das Kostenziel und der Kostenrahmen, in der Planungsphase die Kostenschätzung und -berechnung zu erstellen, gefolgt vom Kostenvoranschlag in der Ausführungs- und der Kostenfeststellung in der Abschlussphase. Die Kosten sind an eine Finanzierung gekoppelt, wobei zwischen den Finanzierungsformen der Innen- und Außenfinanzierung zu unterscheiden ist. Die Genauigkeit des Kostenmanagements nimmt mit zunehmender Projektdauer zu. Anfangs werden 20 % Abweichung in Bezug auf den Kostenrahmen, hingegen beim Kostenanschlag lediglich 5 % und bei der Kostenfeststellung sinngemäß 0 % toleriert [1, S.12].

Kosten sind projektphasenübergreifende Tätigkeiten, wodurch bereits im Abschnitt 3.2.2 die Kostenermittlung durch eine Kostenschätzung im Zuge der Vergabe beschrieben wurde. Daher wird nachfolgend auf die Elemente der Kostensteuerung, Administration und Auswirkungen des Kostenmanagement durch die Implementierung eines BIM-Modells eingegangen.

3.4.1 Kostenkontrolle, -steuerung und -prognose

Es ist von Bedeutung, zu überprüfen, ob die Projektkosten im Budget liegen. Dazu ist der Austausch zwischen dem technischen und kaufmännischen Personal genauso wichtig wie die Verbindung zwischen dem zentralen Unternehmensbüro und der Baustelle. Aus der Erfahrung des Autors gibt es hierzu vor allem beim Austausch zwischen dem technischen und kaufmännischen Personal noch Digitalisierungspotential, beispielsweise bei der Bauerfolgsrechnung [94].

Zur Digitalisierung bieten Produkthersteller Programme an, welche ein zentrales Finanzmanagement ermöglichen, wobei die Vorteile aus dem Bereich der Projektorganisation, siehe Abschnitt 3.1, genutzt werden. Softwarehersteller bieten eine zentrale Projektplattform an, in welcher die gesamtheitlichen Projektkosten und Budgets aufgelistet und überwacht werden können. Dabei ist die Plattform ortsunabhängig nutzbar und erzeugt eine zentralisierte Schnittstelle zwischen den Beteiligten. Die Funktionen der Softwarelösungen beinhalten unter anderem die Übersicht mittels eines Dashboards, bei welcher die Überwachung über einen SOLL-IST Vergleich erfolgt, indem der derzeitige Projekt- und Kostenstand dargestellt wird und Budgetüberschreitungen erkennbar werden. Verlässliche Analysen gelingen unter der Zuhilfenahme von künstlicher Intelligenz, welche dazu vorangegangene und aktuelle Projektdaten heranzieht und wodurch aussagekräftige „Fehler-Ursachen-Analysen“ vollzogen werden können, um Fehler zielgerichtet ausfindig zu machen. Des Weiteren sind Leistungskennwerte auswertbar, wie beispielsweise der kostenbezogene „Cost-Performance-Index“ oder der zeitbezogene „Schedule-Performance-Index“ [41]. Es gilt, mit diesen Daten den aktuellen Projektstand zu erfassen, die Echtzeit-Kostenverfolgung zu erstellen und eine Abweichungsanalyse sowie eine verlässliche Kostenprognose zu ermöglichen [32, 115].

Eine Verknüpfung des im Abschnitt 3.2 beschriebenen Vertragsmanagements ist beim Kostenmanagement von Vorteil, um Verträge und Leistungsverzeichnisse zentralisiert abrufen und gegenüberstellen zu können. Gleiches gilt für die Rechnungsverwaltung aus Abschnitt 3.4.2 und die Abrechnung aus Abschnitt 3.2.4, mit Hilfe deren die wesentlichen Aufgaben der Auftrags- und Zahlungskontrolle sowie der Leistungsstandskontrolle bewältigbar sind [79, S.219-223]. Diese Funktionen sind oftmals im Umfang der AVA-Produkte enthalten [96, 97]. In der Abb. 3.12 ist exemplarisch die Kostenkontrolle mit ABK [96] angeführt, bei welcher im Hintergrund das Leistungs- oder Kostenartverzeichnis mit einem Trend, einer Prognose und weiteren Kennzahlen angeführt ist. Im Vordergrund der Abbildung ist das Fenster der Kostenübersicht einer einzelnen Leistung zu sehen. Hierbei werden Kostenschätzungen und verfügbare Mittel gegenübergestellt. Durch die zuvor erwähnte Implementierung der Rechnungs- und Vertragsverwaltung werden die Zahlen der Auftragsvergabe und der Kostenfeststellung beziehungsweise Abrechnung angeführt.

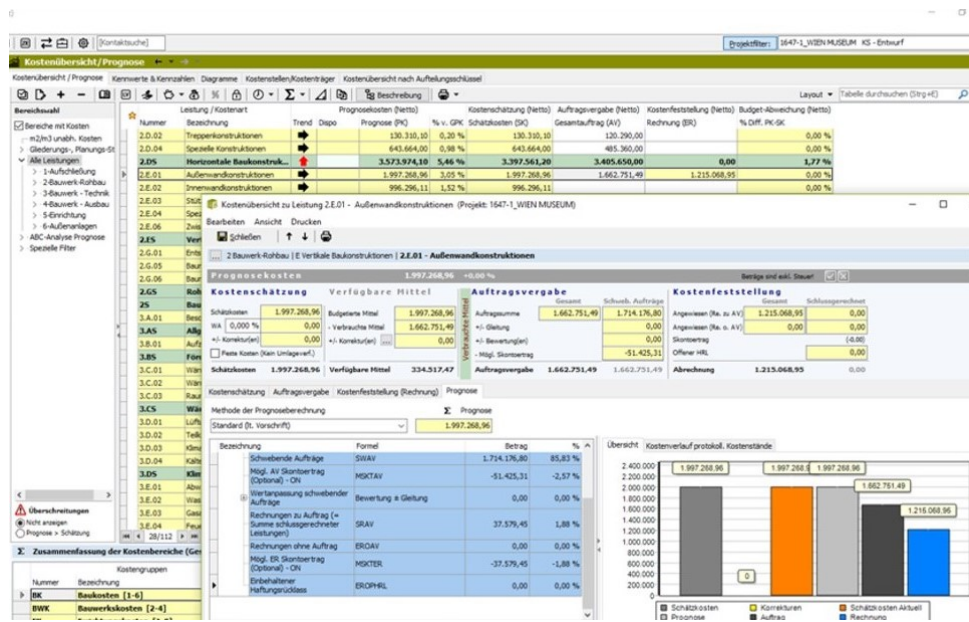


Abb. 3.12: Beispiel einer Kostenkontrolle mit ABK [96]

3.4.2 Rechnungswesen / Rechnungsverwaltung

Das papierlose Büro wird oft in Verbindung mit Digitalisierung gebracht. Dabei geht es um die Vermeidung von Papier durch vollständig digitale Prozesse und in weiterer Folge um Kostenersparnisse durch höhere Effizienz und Übersichtlichkeit. Bei Rechnungen findet – nach Auffassung des Autors – derzeit ein Wandel in Bezug auf die Rechnungsübermittlung statt. Die zuvor per Postweg gesendeten Rechnungen werden durch elektronisch übermittelte E-Mail-Exemplare ersetzt. Um Rechnungen nach der elektronischen Übermittlung jedoch nicht analog weiter zu verarbeiten, ist es erstrebenswert, die gesamte Kette zu digitalisieren. Hierzu erfordert es Programmlösungen, welche eine zentralisierte Rechnungsverwaltung ermöglichen.

Softwarelösungen ermöglichen eine zentrale Speicherung, Bearbeitung und Verteilung von Rechnungen. Verbunden mit der Verteilung können Aufgaben zugewiesen werden, um einen Workflow zur Rechnungsprüfung und -freigabe zu starten. Dazu wird, exemplarisch beschrieben, die Rechnung der örtlichen Bauaufsicht zugewiesen, welche die Rechnung durch die Prüfung der Abrechnung in elektronischer Form vollzieht. Von Vorteil sind diesbezüglich Angebote mit mobilen App-Lösungen, welche eine Kontrolle des Leistungsfortschritts auf der Baustelle erleichtern. Im Anschluss der Prüfung erfolgt der Freigabeprozess, wo beispielsweise der Prokurist die Rechnung signiert und zur Überweisung dem Bauherrn weiterleitet. Es gilt zu beachten, dass es für die ganzheitliche Digitalisierung von Rechnungen entweder erforderlich ist die Rechnung entsprechend den Programmanforderungen zu erstellen beziehungsweise direkt ins Programm einzutragen oder andernfalls die Rechnung nachträglich manuell einzupflegen. Ein Beispiel einer vollumfänglich digitalisierten Rechnung ist in Abb. 3.13 zu sehen. Der Vorteil einer gesamtheitlich digitalen Abwicklung von Rechnungen ist die lückenlose Dokumentation und Einsicht des aktuellen Projektstandes [32].

Invoice Start:	21/04/19	Invoice End:	20/05/19
Billing Date:	29/05/19	Invoice #:	
Commitment #:	SC-003-160	Contract Company:	Concrete Ltd.
Status:	Draft	Percent Complete:	0.90%
Payment Date:	Not Specified	Submitted:	Not Specified
Total Proposed Amount:	€4,500.00		
Overall Comments:			

SUMMARY PREVIEW			
TO MAIN CONTRACTOR:	PROJECT:	APPLICATION NO:	1
Nyasika Development Services	140 Remsen St	PERIOD:	21/04/19 - 20/05/19
FROM SUBCONTRACTOR:	PROJECT NO:	SUBCONTRACT DATE:	003
Concrete Ltd.			
CONTRACT FOR:			
SUBCONTRACTOR'S APPLICATION FOR PAYMENT			
Application is made for payment, as shown below, in connection with the Contract. Continuation sheet is attached.			
1.	Original Contract Sum		€500,000.00
2.	Net change by change orders		€0.00
3.	Contract sum to date (line 1 + 2)		€500,000.00
.	Total committed and saved to date		

Abb. 3.13: Beispiel einer digitalisierten Rechnung (Invoice) mit Procore [32]

3.4.3 Claimmanagement

Ein wesentliches Element im Kostenmanagement ist das Nachtragsmanagement, welches Änderungen des Bauauftrags infolge Mehr- oder Minderkostenforderung behandelt. Nachträge werden in vier Gruppen von Anspruchsgrundlagen unterschieden. Der Leistungsänderung aus dem Vertrag beziehungsweise die Anordnung des Auftraggebers, Mehraufwendungen aus Umständen der Bestellersphäre, der Irrtum und der Schadenersatz. Sinngemäß ist ein Nachtrag mit Kostenauswirkungen verbunden [121].

Bei komplexen Bauprojekten sind Mehr- und Minderkostenforderungen Teil des Baualltags. Dabei gilt es, den Überblick zu wahren und einheitliche Abwicklungsprozesse zur Bearbeitung von Nachtragsforderungen anzuwenden. Programmanwendungen unterstützen dies durch eine Implementierung zur Abwicklung von Nachträgen, wodurch in Verbindung mit der Kostenkontrolle eine vollumfänglich Kostendarstellung gelingt. Weiterführend können komplexe Workflows zum Prüfprozess abgewickelt sowie Auftragserweiterungen direkt erstellt, signiert und versendet werden. In diesem Zusammenhang ist die transparente Dokumentation der Vorgänge wesentlich [33, 96, 122]. Eine Umsetzung der Funktion bei Sonderwünschen ist möglich. Damit können Änderungen, Kostenauswirkungen und Verantwortliche erfasst sowie zugeordnet werden, um beispielsweise bei komplexen Wohnbauprojekten die Flut an Änderungen strukturiert zu bewältigen [69].

Eine hervorzuhebende Funktion bietet die Autodesk Construction Cloud [123] an, welche mit dem „Change-Management“ einen eigenen Bereich für Änderungen vorsieht. Wie bei den anderen Programmen kann ein Workflow zur Prüfung, Administration und Dokumentation von Nachträgen hinterlegt werden. Ergänzend werden Verbindungen zu RFIs, siehe Abschnitt 3.1.5, möglich, um beispielsweise Abfragen zu Änderungen vorzunehmen oder Ursprünge zu Bauänderungen nachverfolgen zu können. Einen Schritt weiter geht der Request for Quotation (RFQ), mit dem es möglich ist, Angebotsabfragen direkt und effizient bei den entsprechenden Lieferanten oder Subunternehmern abzurufen, um zeitliche Verzögerungen zu minimieren. Durch die Arbeit mit Requests werden Aufgaben direkt den verantwortlichen Beteiligten zugewiesen und mit Planpins verknüpft, wobei die Kommunikation und gesamtheitliche Abwicklung der Änderung innerhalb dieses Pins bewältigt werden kann.

3.4.4 BIM im Kostenmanagement

Mit der Anwendung von BIM ändern sich Teile des Kostenmanagements. Es wird damit möglich, Kosten direkt mit Bauteilen des 3D-Modells zu verbinden, wodurch beispielsweise die Kostenauswirkungen durch Planänderungen schnell bewertbar sind. Für die Verknüpfung zwischen einem BIM-Modell und den Kosten wurde der Begriff 5D-BIM eingeführt, welcher nachfolgend erläutert wird.

5D-BIM

Im Abschnitt 3.3.4 wurde durch die Miteinbeziehung des Zeitfaktors, die vierte Dimension der BIM-Planung beschrieben. Die fünfte Dimension hingegen entsteht durch die Verbindung des Modells mit Kosten, das sogenannte 5D-BIM oder die 5D-Planung. Eine Veranschaulichung der drei unterschiedlichen Ebenen ist in Abb. 3.14 zu sehen. Dabei werden die Bauteile des 3D-Modells entsprechend festgelegter Attribute beschrieben, um sie zu differenzieren und mit Kosten zu versehen.

Veranschaulicht kann die Verknüpfung von Kosten und Bauteilen des Modells an dem Beispiel einer Tür erläutert werden. Bei der Planung von Türen gilt es diverse Attribute festzulegen. Betrachten wir eine Holztür mit einer Stahlumfassungszarge und einer Durchgangslichte von 90 auf 200cm an. Die Eingaben werden mit dem Planungsprogramm im Bauteil hinterlegt und die Tür wird in einer entsprechenden Wand platziert. Im Anschluss daran ist sie im Modell hinterlegt und Stückzahlen können ausgewertet werden. Zur Kostenermittlung gilt es, den entsprechenden Einheitspreis des Bauteils zu hinterlegen, wodurch baugleiche Türen mit den Kosten verknüpft sind. Etwas komplexer ist es bei einem Stahlbeton Bauteil. Dieser setzt sich aus den Lohn- und Sonstigen-Anteilen der Schalung, der Bewehrung und des Betons zusammen. Damit im 3D-Modell die jeweiligen Massen der Schalungsfläche, der Bewehrungsmenge und der Betonkubatur hinterlegt sind, gilt es die Positionspreise zu addieren, um die Kosten des definierten Bauteils zu hinterlegen. Beispielsweise wird als Bauteil eine zehn Meter lange Stahlbetonaußenwand mit drei Durchbrüchen definiert.

Komplexer und vielfältiger wird das Modell durch eine Verbindung zwischen der 4D- und 5D-Planung. Dadurch können Kosten entlang der Projektzeit dargestellt und simuliert werden, um kostenintensive Phasen anschaulich zu visualisieren und darauf aufbauend Entscheidungen sowie Planungen und Änderungen zu tätigen [97, 101, 124].

Ergänzend sei erwähnt, dass der Begriff 5D durch die europäische 5D-Initiative erweitert wird. Diese berücksichtigt zusätzlich Daten des Abbruchs, der Nutzung, der Ausführung und der Planung. Damit gemeint sind Daten zur Herstellung, Montage und zur Logistik des Projekts [125].

3.5 Qualitätsmanagement

Das Qualitätsmanagement beschreibt die Sicherung, Kontrolle, Steuerung und Dokumentation von Qualitäten. Es geht über die Qualitätskontrolle in der Ausführungsphase hinaus und wird in der *ÖNORM ISO 21500: Leitlinien Projektmanagement* [24] genauso wie in der *ÖNORM B 1801-1: Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 1: Objekterrichtung* [1] entlang der Prozessphasen unterschieden. Dabei wird das QM in Qualitätsplanung, Qualitätssicherung und

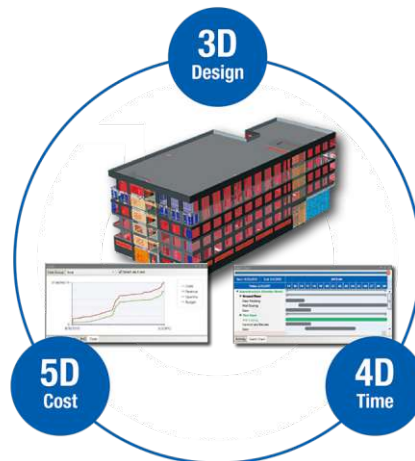


Abb. 3.14: Veranschaulichung der BIM-Dimensionen [97]

Qualitätskontrolle unterteilt, wobei anfangs die Qualitätsziele festzulegen sind und zum Abschluss die Qualitätsdokumentation durchzuführen ist. Es ist von Bedeutung, bereits in der frühen Planung mit Qualitätskontrollen zu beginnen, um die Weichen zu einem qualitativ hochwertigen Projekt stellen zu können [79, S.108-109]. Bauprojekte haben unterschiedlichsten Qualitätsanforderungen zu entsprechen, darunter die Einhaltung der Bauordnung, der gesetzlich verankerten Richtlinien des Österreichischen Institut für Bautechnik (OIB) sowie der einschlägigen Normen und Richtlinien. Weiters gilt es, die Einhaltung der Qualitäten des beauftragten Leistungsverzeichnisses zu beachten und erfüllen. Nachdem in Abschnitt 3.2 die Phase der Qualitätsplanung mit der Festlegung von Qualitätszielen in Form eines Leistungsverzeichnisses beschrieben wurde, ist nachfolgend auf die Qualitätssicherung und die Qualitätskontrolle einzugehen. Dazu werden die zwei hervorzuhebenden Funktionen von digitalen Applikationen des Qualitätsmanagements auf Baustellen beschrieben. Zum einen die Abarbeitung von Prüfplänen und Checklisten, zum anderen das Mängelmanagement in Planungs- und Ausführungsphase [126].

3.5.1 Prüfplan und Checklisten

Die im Leistungsverzeichnis beschriebenen Qualitätsziele und jene Anforderungen aus Normen und Richtlinien sind zur Qualitätsüberwachung in Form eines Prüfplans oder einer Checkliste zusammenzufassen. Ziel dieses Plans ist die einfache und transparente Abarbeitung von Qualitätskontrollen. Dabei ist es von Vorteil, zentralisierte Listen zu erstellen, um die Qualitätsansprüche unternehmensweit einzuhalten. Die Checklisten können beispielsweise Inhalte zur Prüfung von Planinhalten, zur Einhaltung der Arbeitssicherheit oder zur gewerkweisen Bauüberwachung beinhalten.

Zur Qualitätssicherung bieten Softwarehersteller Produkte an, welche eine Erstellung und Abarbeitung von Checklisten für Rundgänge, Qualitätsprüfungen oder Inspektionen gewähren. Dabei ist die Anwendung einer mobilen App von Vorteil, um eine direkte Bearbeitung auf der Baustelle, vorzugsweise im Offline Modus, zu ermöglichen. Durch eine Verknüpfung mit Fotos und einer integrierten Chatfunktion ist eine nachvollziehbare Dokumentation gegeben. In Abb. 3.15 ist die mobile Abarbeitung einer Checkliste und direkte Kommunikation ersichtlich. Die Produkte beinhalten hierzu neben den standardisierten, vorgefertigten Formularen die Möglichkeit einer vollständig individuellen Erstellung. Eine Erweiterung in der Bearbeitung durch eine Verknüpfung

von RFIs und der damit verbundenen Zuweisung von Aufgaben ist Teil der Funktionsvielfalt [35, 41, 74, 127].

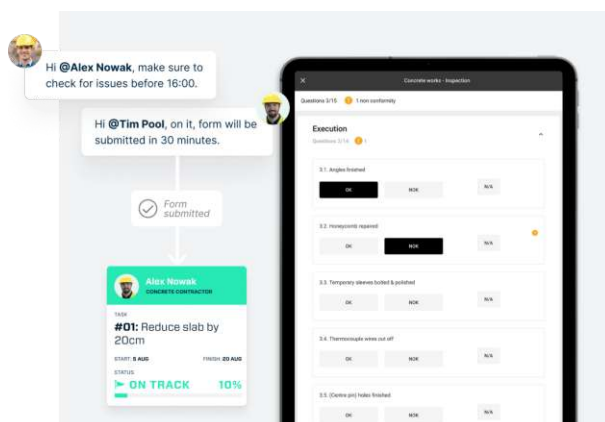


Abb. 3.15: QM-Inspektion mit LetsBuild [43]

Ein anschauliches Beispiel einer analogen Checkliste, welche in Programmen zum Teil digital implementiert wurde, ist jene der *ÖNORM B 1300: Objektsicherheitsprüfungen für Wohngebäude – Regelmäßige Prüfroutinen im Rahmen von Sichtkontrollen und zerstörungsfreien Begutachtungen*. Hierbei sind Bauteil und Art des Mangels, Prüfungsintervall, Verantwortliche, Prüfung, Verortung und Maßnahmen tabellarisch dargestellt.

3.5.2 Mängelmanagement

Ein Mangel ist eine Abweichung zu vertraglich vereinbarten oder üblich vorausgesetzten Eigenschaften [126, S. 18-19]. Die Bearbeitung und Verbesserung von Mängeln ist ressourcenintensiv, weshalb eine Vermeidung anzustreben ist und stetige Qualitäts- und Fortschrittskontrollen vorzunehmen sind. Programme ermöglichen es, vor allem durch mobile Apps mit GPS-Funktion, Mängelfeststellungen vor Ort zu protokollieren, strukturiert abzarbeiten und zu verteilen, wodurch eine händische Erfassung hinfällig wird. Zwei wesentliche Bereiche im Mängelmanagement sind aus der Sicht des Autors zu unterscheiden. Zum einen die Erhaltung der Planqualität durch Planprüfungen, zum anderen die Einhaltung der Qualitäten im Zuge der Bauausführung und die diesbezügliche Erfassung von Mängeln.

Planprüfungen und Planmängel

Das Mängelmanagement beginnt bereits bei der Beseitigung von Planungsmängeln. Die Wichtigkeit der Qualität von Plänen hebt Sommer in *Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management* hervor:

„Qualität wird zuallerst in der Planung erzeugt. Während der Bauausführung kann lediglich improvisiert und nachgebessert werden. Das heißt, bauliche Defizite entstehen in der Planung und werden dann in der Ausführung noch verstärkt [79].“

Dies kann durch regelmäßige Planprüfungen auf Planqualität und Inhalt sichergestellt werden. Dabei ist zu prüfen, ob mit den Plänen die vereinbarten Ziele erreicht werden, die Schnittstellen der verschiedenen Gewerke koordiniert sowie Unsicherheiten oder Kollisionen vorhanden und

Kostenschätzungen plausibel sind [79, Kap.3]. Die Planprüfung ist dabei gesamtheitlich von Wichtigkeit und gelangt weiterführend in anderen Projektphasen zur Anwendung. So ist es in der Ausschreibungsphase empfehlenswert, die Inhalte zwischen dem Leistungsverzeichnis und den Ausschreibungsplänen abzugleichen. In der Ausführungsphase dienen die Prüfungen dazu, Unklarheiten, Planfehler oder Widersprüche aufzuzeigen.

Um die Anmerkungen der Planprüfung lückenlos aufnehmen und einfließen lassen zu können, ist eine gute Dokumentation und ein Miteinander zwischen den Projektbeteiligten erforderlich. Die konventionelle Art der Prüfung besteht – aus der Erfahrung des Autors – darin, Pläne auszudrucken, handschriftliche Anmerkungen vorzunehmen, die Pläne einzuscannen und als PDF an die Beteiligten zur Einarbeitung zu übermitteln. Zur Digitalisierung dieser Schritte werden nachfolgend die Funktionen beschrieben, die einen lückenlosen Prüfungsvorgang ermöglichen und vereinfachen.

Bei der Planprüfung werden im digitalen Plan Anmerkungen, Markierungen und Zuweisungen vorgenommen. Hierbei werden „Issues“, zu Deutsch Probleme, genutzt, um Planpositionen zu erfassen und zur weiteren Bearbeitung mit Informationen zu befüllen. Im deutschsprachigen Raum wird hierfür der Begriff Ticket oder Pin genutzt. Dabei sind vordefinierte Felder von Formularen mit Informationen zu füllen, darunter beispielsweise der Typ, Status, Titel, Verantwortliche oder Datum. Zusammengefasst werden die Ereignisse in einer Übersicht, in welcher Filtervorgänge anwendbar sind. Mit der Zuweisung von Problemen wird, ähnlich dem RFI, eine bearbeitbare Aufgabe erstellt. Zur Visualisierung am Plan werden unter anderem Wolken, Kreise oder Texte angeboten, welche in Abb. 3.16 beispielhaft ersichtlich sind [35, 129].

Die vollumfänglich digitale Abwicklung hat den Vorteil der lückenlosen und transparenten Dokumentation, wodurch beispielsweise ein Löschen von Pins bei manchen Anwendungen nicht gestattet ist und lediglich eine Setzung auf inaktiv möglich ist [130]. Dadurch sind sämtliche Aktivitäten protokolliert und archiviert.

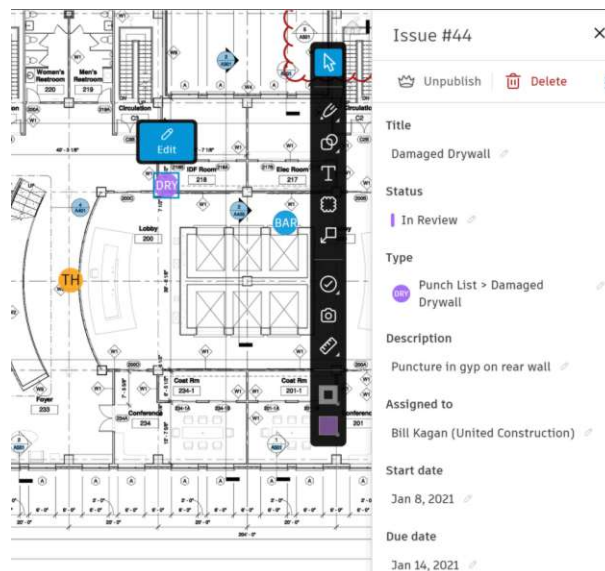


Abb. 3.16: Issue-Management mit Autodesk Construction Cloud [129]

Die Wichtigkeit von Planprüfungen beschreibt Sommer mit der „10er Regel“:

„Eine Erfahrungsregel aus dem QM beschreibt, dass Fehlerbehebungskosten um den Faktor 10 steigen, wenn Fehler nicht bereits in der Planung vermieden werden [79, S.224].“

Baustellenprüfung und Baumängel

Während der Ausführungsphase ist die Qualitätsüberwachung genauso essentiell wie in der Planungsphase. Dabei gilt es Mängel vor Ort zu erkennen, zu dokumentieren und den Beteiligten zuzuordnen. Eine frühzeitige Sichtung verhindert Fehlerwiederholungen. Laut Sommer können 80 % der Fehler in 20 % der Zeit verhindert werden [79, S.224].

Auf Baustellen werden mangelhafte Leistungen im Sinne von behebbaren Mängeln, unfertigen Leistungen und Fehlern, von unbehebbareren Mängeln und Bauschäden unterschieden. Die Erfassung und Aufnahme von Mängeln geschieht im Zuge von Rundgängen während der Bauphase, oder im Laufe des Übergabeprozesses sowie bei Schlussfeststellungen. Wobei grundsätzlich zwischen Mangel, Bauschaden, Fehler, Gewährleistung und Schadenersatz zu unterscheiden ist [126, S.18-24].

Bei der digitalen Erfassung auf Baustellen werden Pläne oder Dokumente auf die Plattform des Programms geladen. Aktualisierungen von Plänen sind mittels Indexierungen möglich, wobei darauf zu achten ist, dass das Planlayout unveränderbar bleibt. Die Erfassung eines Mangels erfolgt exemplarisch über die mobile App eines Produkts durch die Erstellung von „Pins“ oder „Tickets“. Hierbei erfolgt eine direkte Verknüpfung beziehungsweise Verortung mit den Plänen. Die Erfassungsformulare sind im Vorfeld individuell zu erstellen, was den Vorteil hat, dass unterschiedliche Kategorien angelegt werden können. So unterscheiden sich beispielsweise Formulare der Ausführungsphase von jenen der Übergabe. Weiters können Subunternehmer, Projektbeobachter oder Teammitglieder angelegt und verknüpft werden, wodurch eine gesamtheitlich digitale Abwicklung ermöglicht wird. Weiterführend ist der Mangel zu beschreiben und mit einem Foto, Status, Kategorie oder Priorität zu versehen. Ist ein Mangel erfasst, kann dieser bearbeitet, inaktiv gesetzt, gelöscht oder erledigt werden. Dabei lassen sich Mängel über eine Gesamtübersicht und eine entsprechende Filterung oder über einen ausgewählten Plan aufrufen. Durch ein Dashboard wird der aktuelle Stand der Dinge dargestellt. Weiters sind die Funktionen der Planprüfung vollumfänglich, jedoch den Anforderungen der Ausführung angepasst, übernommen. Digitale Tools des Mängelmanagement sind auf Baustellen bereits weit verbreitet und die Funktionsumfänge überschneidend. In Abb. 3.17 wird anhand eines Beispiels, die Erstellung eines Pins mit den hinterlegten Eigenschaften dargestellt [35, 67, 69, 126, 127, 130].

3.5.3 Dokumentation

Die Notwendigkeit einer Dokumentation wird in der *ÖNORM B2110: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen* wie folgt beschrieben:

„Vorkommnisse (Tatsachen, Anordnungen und getroffene Maßnahmen), welche die Ausführung der Leistung oder deren Abrechnung wesentlich beeinflussen sowie Feststellungen, die zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr getroffen werden können, sind nachweislich festzuhalten [65].“



Abb. 3.17: Mängelmanagement mit docu tools [130]

In der ÖNORM B 2110 [65] werden hierfür zwei Formen angeführt, das Baubuch und die Bautagesberichte, siehe Abschnitt 3.1.6. Neben den Berichten sind jegliche zusätzliche Dokumentationsmittel – wie Fotos, Mitschriften, Einganglisten, Protokolle oder Schriftstücke – Dokumentationsarten, sofern sie im Zuge des Bauablaufs angefertigt wurden [131, 132].

Der Nutzen einer Dokumentation der Bauabwicklung zeigt sich vor allem in der Gewährleistungsphase und bei Mehrkostenforderungen. Dabei hat meist der AN zu beweisen, dass die Abweichungen oder Verschuldungen nicht in seiner Sphäre liegen, wodurch er die Dokumentation oftmals im Eigeninteresse durchführt. Derjenige, der eine Behauptung aufstellt, hat diese meist zu beweisen [131, 132].

Für die digitale Erstellung von Dokumentationen werden viele spezifische Programme angeboten. Jedoch kann durch individuelle Anpassung von anderen Kategorien genauso ein Nutzen gezogen werden. Exemplarisch sei hier die Erstellung einer Fotodokumentation mit Hilfe eines Tools des Mängelmanagements erwähnt.

Tools zur digitalen Dokumentation sind bereits weit verbreitet und weisen Ähnlichkeiten auf, weshalb Produkthersteller oftmals beide Funktionen anbieten [35, 127, 133]. Beispiele von Dokumentationen auf Baustellen sind Fotodokumentationen, Nutzerhandbücher, Baufortschrittsdokumentationen, die Dokumentation von Schriftstücken, Mängel oder Aufwendungen. Eine gezielte Anwendung der in Abschnitt 3.1 beschriebenen Plattformen eignet sich genauso zur Dokumentation, wodurch die Produktpalette groß ist.

3.5.4 BIM-Qualitätsmanagement

Die Spezifikation des Qualitätsmanagements für BIM-Modelle unterscheidet sich nicht wesentlich von jenen zuvor beschriebenen Funktionen einer 2D-Planung. So können beispielsweise durch die Implementierung eines BIM-Viewers, siehe Abschnitt 3.1.8, Prüfungen und Erfassungen anstelle der PDF-Pläne an das eingespielte 3D-Modell verknüpft werden [84].

Wesentlich bei der Anwendung von BIM ist jedoch die Qualität des Modells an sich. Ein BIM-Modell wird von unterschiedlichen Autoren bespielt und ist ein Zusammenspiel von mehreren Teilmodellen, wodurch eine einheitlich hohe Qualität wichtig ist. Dabei wird von modellbasiertem QM gesprochen, welches die Arbeitsweisen, Methoden und Prozesse zur Sicherung der Qualitäten eines digitalen Gebäudemodells beschreibt. Diese Rolle übernimmt dabei der BIM-Manager,

welcher dafür sorgt, dass Modellqualitäten, Richtlinien und Workflows definiert und eingehalten werden [134].

Die Anwendung von BIM hat für das QM die wesentlichen Vorteile der automatischen Nachverfolgung von Änderungen, des Findens von Konflikten und der Kommunikation über Issues [79, S.131-135]. Die Funktionen überschneiden sich zum Teil mit den in Abschnitt 3.1.8 beschriebenen, weshalb es nachfolgend die Kollisionsprüfung und die Schnittstellen zu betrachten gilt.

BIM-Kollisionsprüfung

BIM-Modelle sind auf ihre Qualität, Inhalte und Strukturen zu prüfen und aufeinander abzustimmen. Dabei ist eine laufende Prüfung auf Konflikte und Kollisionen essentiell. Mit Hilfe der BIM-Kollisionsprüfung gelingt auf der Basis von definierten Regeln und visuellen Durchsichten eine effiziente Prüfung der einzelnen oder überlappenden Modelle auf Widersprüche. Die Software prüft dabei durch selbst- oder vordefinierte Regeln das Modell auf Kollisionen oder Unstimmigkeiten und zeigt diese in unterschiedlichsten Weisen auf. Es sind Prüfroutinen, welche das Modell durchlaufen [87].

Ein einfaches Beispiel ist die architektonische Prüfung zur Einhaltung der OIB. Dabei kann durch definierte Regeln unter anderem geprüft werden, ob Durchgangslichtern, Mindestabstände und Belichtungsflächen eingehalten werden. Komplexer ist die Kollisionsprüfung zwischen unterschiedlichen Fachmodellen. So kann zum Beispiel bei der Überlappung von Haustechnik und Architektur geprüft werden, ob Leitungen kollidieren, statisch erforderliche Elemente durchbohrt werden oder Durchbrüche oder generell Objekte fehlen. Hierbei ist zu beachten, dass eine Prüfung gut funktioniert, wenn die Planungen entsprechend eines einheitlichen Schemas erstellt wurden. Eine automatisierte Kollisionsprüfung wird von verschiedenen Softwarehersteller angeboten. In der Abb. 3.18 wird die Prüfung anhand definierter Routinen dargestellt. Im linken Bereich ist unter „Checking“ der jeweilige Prüfungsgegenstand sowie das Ergebnis der Prüfung abgebildet [87, 135].

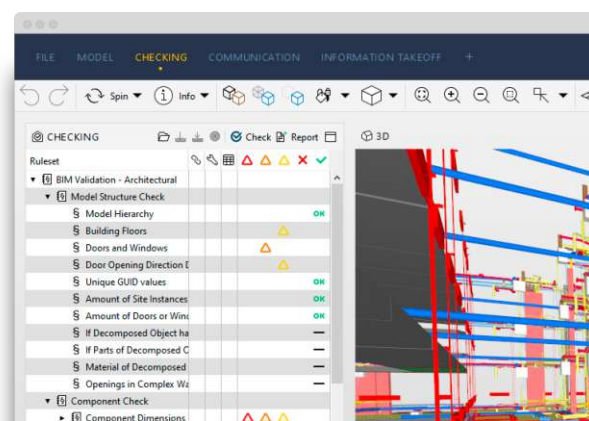


Abb. 3.18: BIM-Kollisionsprüfung mit Solibri [87]

Schnittstellen

Der Datenaustausch für ein BIM-Modell erfolgt über bestimmte Schnittstellen, welche auf Grundlage vordefinierter Anforderungen eine Weiterverarbeitung und Interaktion zwischen Beteiligten

ermöglichen. Die richtige Wahl der Schnittstelle ist von Wichtigkeit, um eine Datenkommunikation und Zusammenarbeit zu gewähren. Bei openBIM Projekten, siehe Kapitel 2, kommt das Format IFC zur Anwendung, um Datenübergaben zwischen unterschiedlichsten Programmen zu ermöglichen. Es ist ratsam, für die Wahl der Programme auf Zertifizierungen zu achten. Unter buildingsmart.org [5] können zertifizierte Softwares abgerufen werden. Eine weitere offene Schnittstelle ist beispielsweise gbXML, welche Inhalte digitaler Gebäudemodelle für Simulationen überträgt [136].

Neben den offene Schnittstellen gibt es proprietäre Schnittstellen, welche eine direkte Datenübergabe zwischen zwei Programmen ermöglichen. Dies eignet sich dann, wenn alle Beteiligten mit dem gleichen Programmhersteller, wie zum Beispiel Autodesk oder Graphisoft, arbeiten [136].

3.6 Ressourcenmanagement

In der Bauprojektentwicklung gibt es die drei wesentlichen Ressourcen, Geräte, Material und Personal. Der richtige Einsatz von Ressourcen ist essentiell für einen wertschöpfenden Bauprozess, weshalb die Planung und Steuerung in Bezug auf die Projektphasen für den Erfolg abhängig ist. Diesbezüglich werden Ressourcen, normativ beispielsweise in der ÖNORM B 1801-1 [1], an die Terminplanung gekoppelt. Unter der Zuhilfenahme von digitalen Anwendungen soll das Ressourcenmanagement effizient umgesetzt werden können. Im Vordergrund des Ressourcenmanagements steht die Projektplattform sogenannter „Enterprise-Resource-Planning (ERP)“ Softwares [137], mit welcher Ressourcenprozesse zentral geplant, gesteuert und überwacht werden. In Bezug auf die Digitalisierung gilt es auf die Spezifikationen in Hinsicht der administrativen Ebene des Projektmanagements einzugehen.

3.6.1 Gerätemanagement

Der Begriff des Gerätemanagements umfasst eine Vielzahl von Baugerätearten. Dazu zählen große Baumaschinen und Hebezeuge wie Bagger oder Turmdrehkräne genauso wie mechanische Werkzeuge wie Bohrmaschinen oder Winkelschleifer [138]. Girmscheid betont in *Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse*, dass ein wirtschaftlicher Baubetrieb durch den optimalen Einsatz von Geräten und Bauhilfsmaterialien gekennzeichnet ist. Dazu ist es erforderlich, eine Geräteeinsatzplanung vorzunehmen und diese zu administrieren und zu kontrollieren [139, S.V]. Die Wichtigkeit der Geräteeinsatzplanung nimmt aufgrund des steigenden Kostenanteils in Bezug auf die Gesamtbauwerkskosten zu [94, S.79].

Für die Steuerung und Überwachung der Geräte ist es erforderlich, Geräteeinsatzdaten zu generieren und zu analysieren. Dazu ist vorab die Anschaffung der Geräte zu unterscheiden. Geräte von Bauunternehmen werden entweder angemietet oder selbst angeschafft, eigen- oder fremdfinanziert [94, S.81]. Je nach Gerätealter und Hersteller können durch bereits werksseitig verbaute Telematik- und GPS-Systeme Betriebs- und Nutzzeiten sowie Maschinenposition erfasst werden. Diese sind über Herstellerportale einseh- und auswertbar. Da sich ein Gerätepark jedoch aus einer Vielzahl von Herstellern und Geräten mit unterschiedlichem Alter zusammensetzt, ist eine übergeordnete Administration erschwert. Aufgrund der fehlenden Daten werden daher mehr Geräte bezogen als tatsächlich für den Einsatz erforderlich sind [67]. Zur übergeordneten Datenerfassung und -auswertung werden Softwarelösungen, teilweise vollkommen unabhängig vom Gerätehersteller, angeboten. Die Software ermöglicht die Übersicht aller Geräte über eine Plattform. Dabei werden sämtliche Geräteinformationen und aufgezeichnete Einsatzdaten, unter

anderem Leistungsdaten wie Maschinenstunden, Verortung, Baustellenzuordnung, aufgelistet. Neben der Geräteüberwachung ist die Erstellung einer Geräteeinsatzplanung, die Analyse und Auswertung der Daten sowie eine Live-Standort erfassung möglich. Des Weiteren können Abrechnungen, Berichte, Status und Leistungsdaten projektspezifisch ausgewertet werden. Die Programme bedienen sich der Telematikensensoren unterschiedlicher Hersteller, wobei es möglich ist, Maschinen mit entsprechenden Sensoren nachzurüsten. In Abb. 3.19 ist ein Dashboard mit Auswertungen und einer Live-Karte ersichtlich [67].

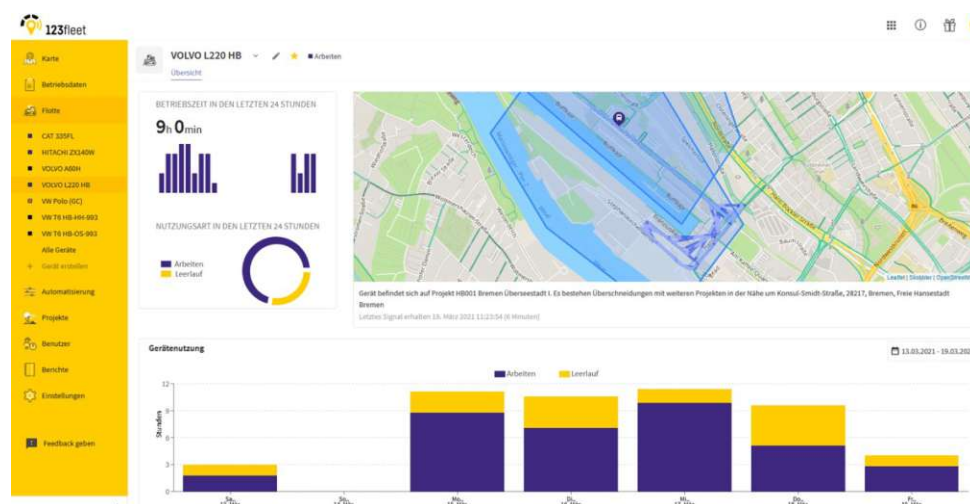


Abb. 3.19: Gerätemanagement mit 123fleet [67]

Neben den Leistungsdaten der Geräte sind Reparatur-, Instandhaltungs- und Beschaffungsdaten wesentlich für das Gerätemanagement. Softwarelösungen helfen durch eine zentrale Datenspeicherung und Verwaltung dabei, den Fuhrpark zu administrieren. Programme bieten dazu Funktionen zur Abwicklung von Beschaffungs- und Verrechnungsprozesse an [110]. Weiters werden Funktionen zur Fotodokumentation von Wartungen oder von Schäden angeboten [66, 140].

3.6.2 Materialmanagement

Für einen wirtschaftlichen Bauablauf ist es erforderlich, das richtige Material zur richtigen Zeit am richtigen Ort zu haben. Dies erfordert eine entsprechende Logistik in der Materialbeschaffung, wobei der Materialpreis, vor allem bei Preisschwankungen, und die Lieferzeit ein ausschlaggebendes Beschaffungskriterium sind [19].

Übergeordnetes Materialmanagement gelingt mittels ERP-Systemen, welche eine zentral organisierte Warenwirtschaft mit Lager, Einkauf und Verkauf ermöglichen sowie mittels einer Materialeinsatzplanung [110]. Die Einsatzplanung kann mit Programmen des Lean Construction Managements verbunden werden, indem dem Prozessschritt die erforderlichen Materialien zugeordnet werden [119].

Materialspezifisch gibt es vor allem in der Schalungstechnik Anwendungen der einzelnen Produktanbieter, welche ein Online Kundenportal anbieten. Auf diesem können aktuelle Baustellenstände, Bestellungen, Rechnungen oder Lieferscheine abgerufen und ausgewertet sowie Produktinformationen und Montageanleitungen eingesehen werden. Die Anwendungen sind webbasiert und besitzen mobile App Versionen [141, 142].

Bestellungen von sonstigen Materialien wie Schmiermittel, Bauzäune oder Arbeitsmittel werden oftmals über jeweilige Online Shops abgewickelt. Hierbei wird ein Baustellenprofil angelegt, bei welchem die erforderlichen Daten hinterlegt sind [143]. Große österreichische Baufirmen setzen des Weiteren auf eigens entwickelte Shops, um aus der Vielzahl an Lieferanten den günstigsten Preis für das jeweilig erforderliche Material zu finden.

Auffallend für das Materialmanagement ist die Software von Soil Connect [144], welche in den Vereinigten Staaten zur Anwendung kommt. Dies ist eine Marktplattform mit Live-Karte, wodurch die standortbezogene Beschaffung von Baumaterialien unterstützt wird. Dabei wird beispielsweise Material des Erdaushubs von Baustellen angeboten, wobei die Nutzer anbieten und beschaffen können. Unter Zuhilfenahme der Marktplattform sollen CO₂-Emissionen durch kurze Transportwege reduziert werden. Die Marktanzeigen, welche in Abb. 3.20 dargestellt sind, werden mit einer Beschreibung, Fotos, Mengen und Preisen angeführt und sind nach Attributen filterbar.

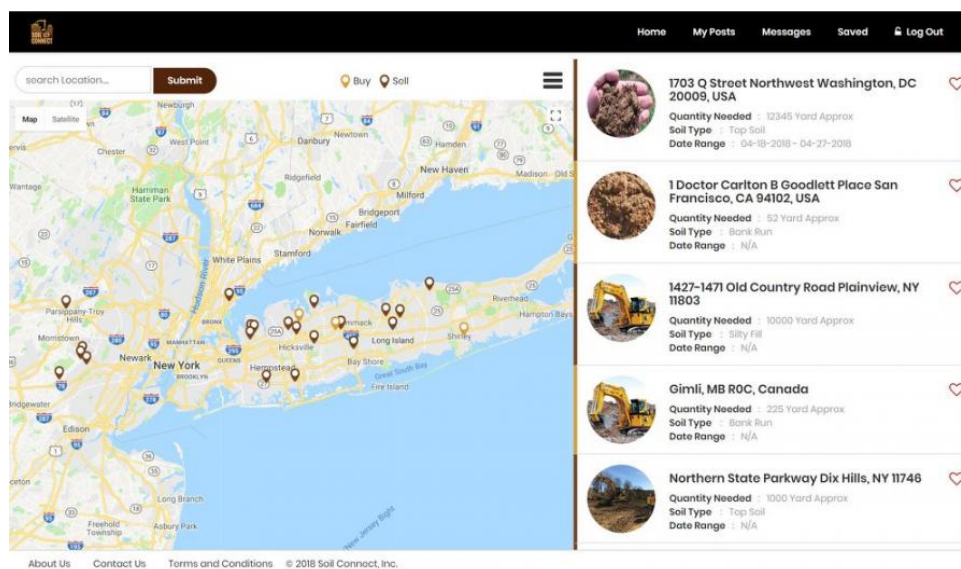


Abb. 3.20: Die Marktplattform Soil Connect [144]

3.6.3 Personalmanagement

Das Personalmanagement ist ein umfassender Themenbereich, welcher zum Teil auf der Baustelle und zum Teil in zentralen Abteilungen administriert wird. Dabei besteht es unter anderem aus der Personaleinsatzplanung, der Zeiterfassung und Abrechnung sowie der Verwaltung von Personaldokumenten. Produkthanbieter bieten unterschiedlichste Lösungen für die Baustellen an, welche es zu beschreiben gilt.

Die Personaleinsatzplanung ist wesentlich für einen effizienten Baubetrieb [94]. Mit Softwarelösungen können diese digital erstellt, verteilt und administriert werden. Durch mobile Apps sind die Pläne ortsunabhängig abruf- und bearbeitbar. Die Einsatzplanung kann direkt mit der Bauzeitplanung und dem Aufgabenmanagement verbunden werden. Dies ist vor allem bei kleineren Projekten von Vorteil [66, 145].

Die Arbeitszeiterfassung ist die Grundlage für die Personalverrechnung und geschieht auf Baustellen – nach der Erfahrung des Autors – zum Teil noch in analoger Form. Mobile Apps ermöglichen,

die Zeiterfassung mittels Smartphone zu digitalisieren. Dabei erfasst das Personal selbstständig die Arbeitszeit. Im gleichen Schritt wird es ermöglicht, die durchgeführten Arbeiten zu dokumentieren und Berichte zu erstellen. Über die Hinterlegung des Kollektivvertrags sowie individueller Vereinbarungen errechnet sich die Arbeitszeit sowie die Minder- und Mehrleistungen durch das Programm automatisch. Nachgehend können frei definierte Prüf- und Freigabeworkflows implementiert werden. Sämtliche Daten sind zentral zusammengefasst über ein Portal abrufbar, welches die Erstellung projektspezifischer SOLL-IST-Vergleiche, Berichte und Abrechnungen ermöglicht. Weiterführend können Stadortersfassungen und Baustellenübersichten hinzugefügt werden [140, 146, 147].

Die Arbeitssicherheit ist ebenfalls Teil des Personalmanagement. Ergänzend zu den in Abschnitt 3.1.7 erwähnten Begehungen des BauKG gilt es, Gesundheits- und Sicherheitsdaten des Personals zu erfassen und zu verwalten. Applikationen ermöglichen die zentrale Administration sicherheitsrelevanter Dokumente, wie beispielsweise die Protokollierung von Unfällen und Unterweisungen [146].

Neben Dokumenten der Gesundheit ist es von Vorteil, weitere Informationen zu Mitarbeiterkompetenzen zentral zu sammeln. Hierbei können unter dem „Skill-Management“ Informationen der einzelnen Mitarbeiter hinterlegt und über eine Auflistung verglichen werden. Darunter beispielsweise Kompetenzen zu Fahrerlaubnissen, Schulungen oder sonstigen erwähnenswerten Fähigkeiten [146]. Erweitert wird die Personaldokumentation mit Dokumenten der Sozialversicherung und Arbeitserlaubnissen. In webbasierten Anwendungen werden Personalausweise, Sozialversicherungsnachweise, Fotos des Arbeiters und eventuelle Dokumente zur Arbeitserlaubnis gespeichert. Der Unternehmer erstellt dabei die Datensätze seines Personals selbst und kann diese versenden. Darauf aufbauend können Zutrittskontrollsysteme implementiert werden. Weiters ist es über eine Schnittstelle möglich, die Daten an die Bauarbeiter-Urlaubs- und Abfertigungskasse (BUAK) oder das Finanzamt zu übermitteln [148].

3.6.4 BIM im Ressourcenmanagement

Teile der Ressourcen, vor allem jene des Personals, sind bereits mit 4D- und 5D-BIM aus Abschnitt 3.3.4 und Abschnitt 3.4.4 abgedeckt. Das 6D-BIM hingegen bezieht sich vor allem auf den Materialeinsatz und die diesbezügliche Effizienz und Nachhaltigkeit [149]. Sämtliche BIM-Dimensionen sind in Abb. 3.21 ersichtlich.

Dadurch 6D-BIM derzeit vor allem die Planungsphase betrifft, wird lediglich ein exemplarisch ausgewähltes und aktuelles Forschungsprojekt an der TU Wien erwähnt, das „BIMaterial“. Hierbei wird ein materieller Gebäudepass erstellt, welcher lebenszyklusorientierte, materielle Zusammensetzungen erfasst, wodurch eine effiziente Materialeinsatzplanung und Dokumentationen erfolgen kann, mit deren Hilfe Informationen, vor allem für einen späteren Rückbau, gespeichert werden. Übergeordnet ist das Ziel, auf dieser Grundlage einen Rohstoffkataster auf Stadtebene (Wien) zu erstellen. Des Weiteren gibt es Projekte, welche sich auf die Öko-Bilanzen und Recyclingmaßnahmen, beispielsweise für zukünftige Urban Mining Prozesse, beziehen [150].



Abb. 3.21: Die BIM-Dimensionen [149]

3.7 Besondere Technologien

Neben Softwarelösungen, welche Kategorien zuordenbar sind, gilt es, hervorzuhebende Technologien, welche bei der Bauabwicklung eine tragende Rolle einnehmen können, anhand von Anwendungs- und Produktbeispielen zu beschreiben. Dabei werden die Technologien auf Basis laufender Forschungsprojekte und -schwerpunkte – unter anderen der Technischen Universität Wien – sowie aufgrund der beruflichen Erfahrungen des Autors und der Teilnahme an Vorträgen ausgewählt.

3.7.1 Auswertung von Krandaten mit CraneView

Ein Kran gehört zu den kostspieligsten Gerätschaften einer Baustelle, welcher – richtig eingesetzt und ausgelastet – einen wesentlichen Faktor der Wertschöpfung einnimmt. Mit der Effizienzsteigerung durch die Auswertung von Krandaten beschäftigt sich das amerikanische Unternehmen Versatile [151] mit Sitz in Kalifornien. Dazu entwickelten sie das Produkt „CraneView“, welches als Unterhaken mit einer zwischengespannten Hardware eingesetzt wird. Das System zeichnet über die IoT-Hardware Daten zur Kranauslastung – darunter Hebespiele, Belastungen und Dauer – auf und ist auf beliebigen und bestehenden Kran implementierbar. Die Software nutzt die KI-Technologie, um automatisierte Analysen zu erstellen, unter anderem Auswertungen zu Zeitverlusten durch doppelt durchgeführte Hübe und Anomalien, eine generelle Analyse der Kranauslastung sowie eine Betriebsaufzeichnung. Weiters werden mobile Benachrichtigungen versendet, welche beispielsweise den ersten Hub des Tages mitteilen. In Abb. 3.22 ist die Hardware und das über das Smartphone nutzbare Monitoring ersichtlich. Mit einer integrierten Kamera können Baustellenaufnahmen zur Fortschrittsauswertung erstellt sowie Live-Übertragungen vorgenommen werden [151].

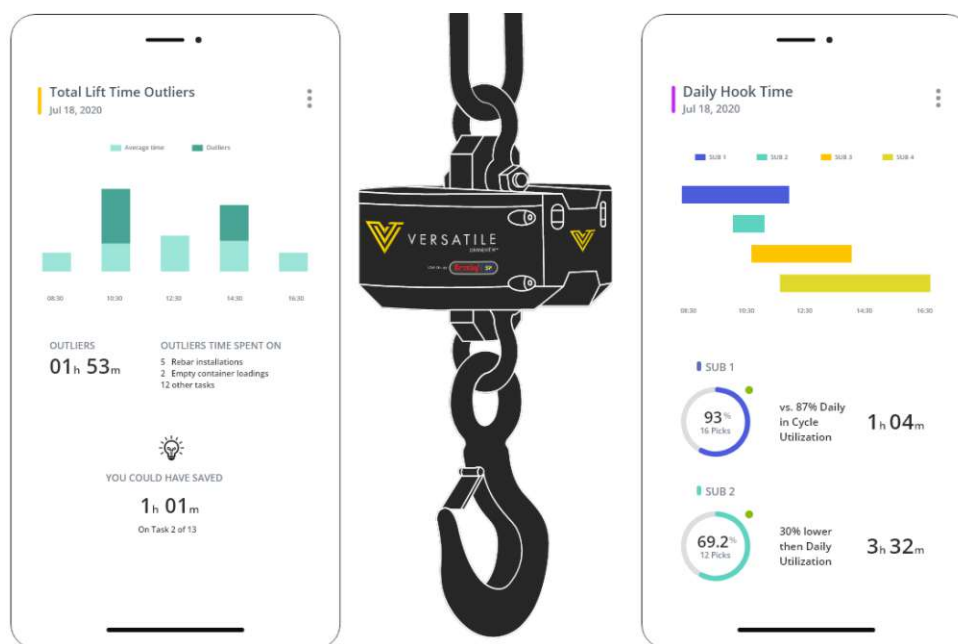


Abb. 3.22: Auswertung von Krandaten mit CraneView von Versatile [151]

3.7.2 Schalungstechnik mit Doka und Kontakt

Das international tätige Unternehmen Doka ist auf Schalungstechnik spezialisiert und arbeitet an Technologien in Bezug auf die Rohbauarbeiten der massiven Stahlbetonbauweise. Es fokussiert sich dabei auf die digitale Unterstützung von Abläufen auf Baustellen und die dazu erforderliche Generierung von Daten vor Ort. „Kontakt“ [64] ist hierfür eine webbasierte, durch Daten der Baustelle befüllte Plattform, welche das Ziel hat, die Effizienz von Betonarbeiten durch die Verknüpfung von Sensorik, Lean Management mit Taktplanung, direkter Team-Kommunikation und Echtzeit Monitoring zu erhöhen. Auf der Grundlage eines BIM-Modells kann über die Plattform eine digitalisierte 3D-Taktplanung erstellt werden, welche als Basis der Stahlbetonarbeiten verwendet wird. Die am Schalungsmaterial befestigte Sensorik mit IoT-Technologie liefert Live-Auskünfte über die Betonreife und Lage sowie Informationen bezüglich der Kranhübe pro Verbund, welche direkt in das Gebäudemodell implementiert werden. Durch permanente, KI-gestützte Datenanalyse soll die Echtzeitüberwachung des zuvor definierten Taktplans gelingen. Des Weiteren sollen durch die Verknüpfung mit „Concremote“ Taktzeiten verkürzt werden, indem Betonparameter analysiert werden. Hierbei wird durch die Messung der Betontemperatur der frühestmögliche Zeitpunkt des Ausschalens sowie eine wirtschaftliche Betonrezeptur ermittelt. Die Anwendung sendet Benachrichtigungen, sobald die zuvor definierte SOLL-Temperatur erreicht wurde. Durch die einheitliche und zentralisierte Sammlung von Daten und die in Abb. 3.23 ersichtliche Funktionsweise des Programms sollen weitere Verbesserungspotentiale erkennbar werden [64, 152, 153].

3.7.3 Vermessung und Laserscanning

Das Vermessungswesen nimmt eine wichtige Rolle auf Baustellen ein. Messinstrumente, wie ein Distanzmess-, ein Nivelliergerät oder ein Maßstab kommen tagtäglich zum Einsatz. Durch den Einsatz von BIM-Modellen werden die Anwendungsbereiche erweitert. Dabei geht es einerseits

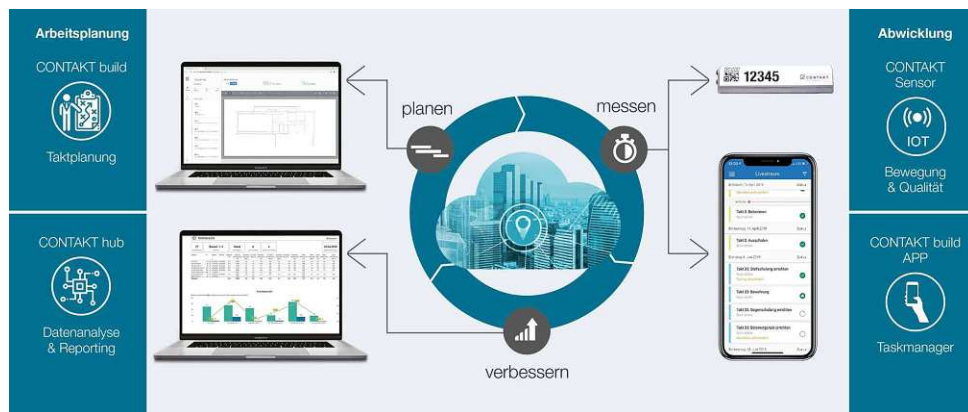


Abb. 3.23: Funktionsweise von Kontakt [153]

um die vermessungstechnische Erfassung der Realität und die darauf aufbauende Erstellung eines 3D-Modells, andererseits um den Begriff „BIM-To-Field“, welcher das Ziel beschreibt, das virtuelle Modell in die Realität und somit auf die Baustelle zu bringen [154].

Laserscanning

Entwicklungen zu LiDAR Scanning bieten neue Einsatzmöglichkeiten im Bereich der Vermessung. Dazu führen Laserscanner Hochgeschwindigkeitsmessungen ihres Umfelds durch, um einzelne Messpunkte zu einer Punktwolke umzuwandeln. Zur Messung wird das Gerät an einem beliebigen Punkt aufgestellt und die automatischen Messungen im möglichen Messbereich gestartet, wobei es bei komplexen Bereichen erforderlich ist, das Gerät an unterschiedlichsten Standorten aufzustellen und mehrere Messungen durchzuführen. Durch ein visuelles Inertialsystem (VIS) erkennt das Gerät seinen Standort und kreiert automatisch ausgerichtete Punktwolkenmodelle, welche über eine Software abgerufen und weiterverwendet werden kann [155, 156]. Die Einsatzbereiche der erzeugten Punktwolkenmodelle ist groß. Unter anderem werden darauf aufbauend BIM-Modelle, Bestandserfassungen oder Mengenermittlungen erstellt.

Ein Beispiel zur Anwendung ist das auf Basis eines 3D-Laserscans erstellte BIM-Modell einer Stahlbrücke Hamburgs, welches in Abb. 3.24 ersichtlich ist. Durch die Punktwolkenvermessungen konnten die tatsächlichen Geometrien der Brücke erfasst werden, welche benötigt werden, um bei Erhaltungsmaßnahmen zu unterstützen. Unter der Zuhilfenahme von Bestandsunterlagen, einer Fotodokumentation und der Punktwolkenmessung erfolgte schrittweise die Modellierung mit einer entsprechenden Software. Die Detailtiefe der Vermessung ermöglicht es, Abweichungen der Geometrie zu Bestandsunterlagen ersichtlich zu machen. Mit dem erstellten Modell wird es zum Beispiel möglich, Bauteilen auf Basis ihres definierten Bauteilalters Ertüchtigungsmaßnahmen zuzuweisen [157].

Photogrammetrische Vermessung

Eine weitere Möglichkeit zur großflächigen Vermessung von 3D-Objekten und der Erstellung eines Punktwolkenmodells ist die Anwendung photogrammetrischer Messinstrumenten. Bei der Photogrammetrie wird, anders als bei der LiDAR Scanning Technologie, die Punktwolke durch eine große Anzahl an Bildern erstellt, wodurch keine farblose Punktwolke, sondern ein realitätsgetreues

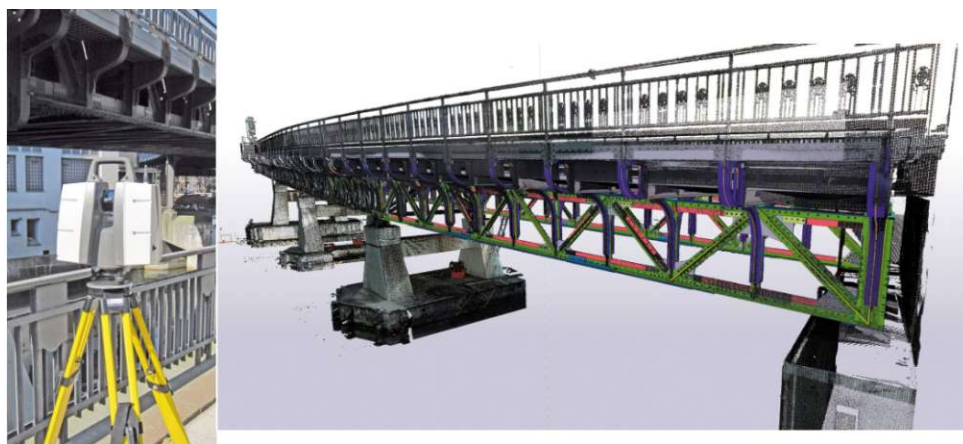


Abb. 3.24: Leica ScanStation P40 für 3D-Laserscan zur BIM-Modellierung einer Brücke [157]

Abbild erstellt wird. Die Photogrammetrie eignet sich vor allem für Luftaufnahmen und den damit verbundenen Einsatz von Drohnen. Das Ergebnis einer Aufnahme ist in Abb. 3.25 dargestellt [158].

In Österreich kommt bei der Firma Strabag eine Drohne mit photogrammetrischen Messinstrumenten zur Massenermittlung für Kalkulation und Abrechnung einer Deponie zum Einsatz. Durch die Aufnahmen im Flug konnte ein drohnengestütztes 3D-Modell der gesamten Deponieanlage samt vorhandener Kubaturen erstellt werden. Dabei sei der Detailgrad ausreichend genau, um eine drohnenbasierte Abrechnung zu gestatten. Des Weiteren wird die Technologie zur Gebäudevermessung, Erfassung von Lagerbeständen auf großen Arealen oder für Inspektionen eingesetzt [159].



Abb. 3.25: Photogrammetrische Aufnahme eines Haufwerks mit jalasca [160]

BIM-To-Field

Auf Baustellen ist der Anleger für Messarbeiten verantwortlich. Dabei misst er mit Messinstrumenten unter anderem Achsen, Höhenkoten oder Durchbrüche ein und zeichnet diese mit Hilfe

von Schlagschnur, Spray und Stift an. Mittels moderner Messinstrumente und der Verwendung von BIM-Modellen gelingt eine Beschleunigung der Arbeiten, wobei mit „BIM-To-Field“ die 3D-Planung in die Realität gebracht werden soll.

Ein Beispiel dafür ist die „Robotic Total Station“ der Firma Trimble, welche aus zwei Komponenten besteht und, anders als bei herkömmlichen Messarbeiten, von einer einzelnen Person bedient wird. Die erste Komponente ist ein Tablet, auf welchem das 3D-Modell mit vermessungsrelevanten Daten geladen wird. Die zweite ist die dazugehörige Messstation mit eingebautem Laser. Nach Positionierung des Messgeräts auf der Baustelle wird es mittels Libelle nivelliert und durch zwei Referenzpunkte eingemessen. Anschließend ist es in der Lage, auf dem Plan markierte Punkte mittels Laser in der realen Umgebung anzuzeigen, wie es in Abb. 3.26 ersichtlich ist. Der Anleger übernimmt mittels Spray oder Stift die Punkte in die Umgebung, beispielsweise auf die Decken- oder Wandschalung. Die „Robotic Total Station“ hat dabei eine Reichweite von bis zu 700m und ist allgemein im Hoch-, Tief und Straßenbau einsetzbar. Eine abgeschwächte Variante, welche sich beispielsweise für den Innenausbau eignet, ist das „Rapid Positioning System“ mit einem Arbeitsradius von 50 Meter [161].



Abb. 3.26: Einmessen mittels Robotic Total Station von Trimble [162]

Alternativ zum Gerät von Trimble bietet beispielsweise das Unternehmen Hilti das Absteckgerät PLT 300 mit ähnlichen Eigenschaften an, wobei das Gerät selbstnivellierend ist [163].

3.7.4 Digitale Bewehrungsabnahme

Als Bewehrung wird der im Stahlbetonverbund zur Anwendung kommende Stahl bezeichnet, welcher vor allem für die Aufnahme von Zugkräften erforderlich ist. Die Bewehrungsstäbe werden gemäß der vom Tragwerksplaner gefertigten Bewehrungspläne in Handarbeit auf der Baustelle verlegt und miteinander mittels Bindedrähten verflochten. Dabei ist es von Wichtigkeit, dass der Bewehrungsstahl korrekt verlegt wurde, um die Standsicherheit des Gebäudes zu gewähren, weshalb in Österreich der Prüfenieur vor der Betonage sogenannte Bewehrungsabnahmen durchführt und Prüfbefunde ausstellt.

Die mit analogen Plänen durchgeführte Prüfung kann mittels Softwares gestützt werden. Mit der Verwendung einer mobilen App am Smartphone oder Tablet gelingt es beispielsweise mit inbuild [164], die Abnahme, Prüfung und Protokollerstellung zu digitalisieren. Im Programm können sämtliche Bewehrungspläne eingespielt werden und mittels Markierungsoptionen vor Ort geprüft

werden. Die Ergebnisse der Abnahme können im Nachgang direkt in ein Protokoll gefasst und versendet werden [164].

Weiteres Potential ergibt sich durch die Anwendung von 3D-Gebäudemodellen, indem digital gestützte, (teil-)automatisierte Bewehrungsabnahmen durchgeführt werden. Dazu ist es erforderlich, ein Modell mit hohem Detaillierungsgrad zu erstellen, indem die Bewehrungsstäbe digital, geometrisch abgebildet und mit semantischen Informationstiefen verbunden sind. Darauf aufbauend wird bei der Abnahme im Feld das Modell mittels automatisierten, optischen Verfahren mit der Realität verglichen. Weiterführend kann die Abnahme mit Augmented Reality, welche im Abschnitt 3.7.5 beschrieben wird, kombiniert werden [165].

3.7.5 Mixed Realities

Durch die Planung von BIM-Modellen eröffnen sich weitere, digitale Möglichkeiten. Unter anderem die Anwendung von Mixed Realities, wodurch die virtuelle mit der realen Welt überlagert wird. Hierbei werden vier Stufen unterschieden:

RE - Real Environment: Bezeichnung für die reale Umgebung

AR - Augmented Reality: Erweiterung der realen Umgebung

AV - Augmented Virtuality: reale Elemente die die virtuelle Umgebung erweitern

VE - Virtual Environemt oder Virtual Reality: Bezeichnung der komplett virtuellen Umgebung

Die im Bauwesen genutzte Augmented und Virtual Reality kommt unter Zuhilfenahme von Tablet, Smartphone oder Head-Mounted-Display⁶ zur Anwendung [166].

Virtual Reality

Bei Virtual Reality wird, aufbauend auf das BIM-Modell, ein virtueller Raum erzeugt, in welchem das Bauvorhaben maßstabsgetreu begangen und begutachtet werden kann. Die Bewegung in der virtuellen Welt gelingt mit einer VR-Brille und dem dazugehörigen Controller. Das gesamtheitlich virtuelle Modell kommt vor allem in der Planungsphase zur Anwendung, wo es hilft, das Gebäude frühzeitig realitätsnah abzubilden und darauf aufbauend architektonische Entscheidungen zu erleichtern. Durch die Implementierung von Licht, Möblierung, Materialien und Farben in das VR-Modell gelingt eine Simulation des Raumgefühls. Des Weiteren dient die Umgebung der Fehlererkennung, indem Kollisionsprüfungen vorgenommen werden und Fehler frühzeitig korrigiert werden können. Ein weiterer Anwendungsfall ist die Einschulung von Personal des Facility Managements, welche im virtuellen Gebäude durch Lernsimulationen vorgenommen werden kann [167].

⁶VR- oder AR-Brille

Augmented Reality

Die Verknüpfung von Augmented Reality und BIM-Planungen eröffnet eine Vielzahl von Anwendungsfällen, welche exemplarisch erwähnt werden. Der Fokus liegt dabei nicht allein in der Verknüpfung von virtuellem Modell und Realität, sondern auf der Erhebung von Informationen, wie beispielsweise die Erfassung des Fortschritts und von Mängeln.

Zum Aufruf der virtuell gestützten Welt kommen auf Baustellen Smartphones und Tablets mit Applikationen oder AR-Brille zum Einsatz. Dabei werden, wie in Abb. 3.27 ersichtlich, virtuelle Bauteile, Leitungen oder Objekte, je nach Detaillierungsgrad der Planung, im SOLL-Zustand des Modells eingeblendet und in der Realität dargestellt. Durch die Überlagerung der beiden Welten ist ein Vergleich zwischen as-built und Planung gegeben, welche die Anwendung während der Bauausführungsphase ermöglicht. Beispielsweise kann vor der Betonage geprüft werden, ob in der Wand oder Deckenschalung alle Durchbrüche berücksichtigt und richtig platziert wurden [168]. Weiters kann das Schalungssystem selbst in variablen Größen auf einem Plan dargestellt werden. Dies gelingt unter anderem mit der Anwendung der Doka Augmented Reality App, welche vor allem für komplexe Bauteile geeignet ist und hilft, Unklarheiten zu beseitigen [169].

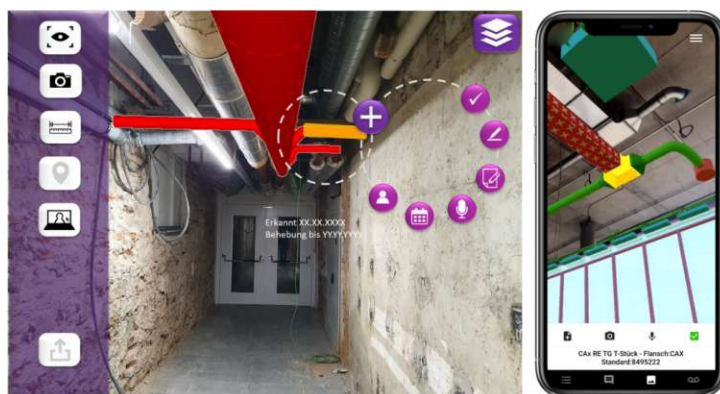


Abb. 3.27: Anwendung von Gamma AR [170] von Urban und Bogner [168]

Ein weiteres Anwendungsfeld ist die Dokumentation, Mängelerfassung und Abnahme, beispielsweise mit der Applikation GAMMA AR [170]. Vor Ort gelingt der Einstieg mittels HMD-Gerät oder App. Durch Auswahl eines Bauteils können Informationen aus dem BIM-Modell über die IFC Schnittstelle aufgerufen werden, wodurch darauf aufbauend Anmerkungen, Bilder und Freigaben zur Qualitätssicherung erfasst werden. In Abb. 3.27 ist eine exemplarische Auswahl von Haustechnikleitungen abgebildet. Zur Weiterverarbeitung der Daten im BIM-Modell ist es erforderlich, diese über eine BCF-Schnittstelle zurück ins Modell zu bringen [168].

Weitere Einsatzmöglichkeiten könnten AR-unterstützte Behördenverfahren und Besprechungen sein. Im Facility Management könnte die Augmented Reality Wartungsprozesse der technischen Gebäudeausstattung optimieren, indem aus der Ferne ein Remote-Expert zugeschaltet wird. Des Weiteren können die Applikationen zu wartende Teile identifizieren, Wegweisungen und Montagehinweise einblenden oder Schulungen durchführen [168].

Das Einsatzgebiet ist breit und befindet sich derzeit in intensiver Erforschung. Wesentlich für eine einwandfreie Anwendung ist ein funktionierendes Tracking System, um trotz schwieriger Lichtverhältnisse und gleichmäßig grauer Oberflächen auf Baustellen, die richtige Positionierung des virtuellen Raums zu gewähren [171]. Zur besseren Handhabung auf Baustellen sind bereits Helme mit AR-Funktion in Entwicklung, zum Beispiel vom Unternehmen DAQRI [172].

3.7.6 360°-Kamera

Mit 360°Kameras gelingen bildliche Rundumaufnahmen, wobei unterschiedlichste Arten eine Auswahl von Anwendungsfeldern bieten. Für den Anwendungsfall der Baustelle gibt es Produkt-hersteller, welche sich mit der Auswertung von Fotos und Videos auseinandersetzen.

Die Nutzung von 360°-Kameras auf Baustellen wird am Beispiel von StructionSite [173] beschrieben. Der Softwarehersteller verknüpft Pläne, vorzugsweise das BIM-Modell, mit aufgezeichneten Aufnahmen. Dazu sind das 3D-Modell oder die Planunterlagen auf die Plattform zu laden und eine Kamera auf einer Stange oder dem Helm zu montieren. Anschließend ist die Art der Aufnahme festzulegen, wobei der Hersteller Standardfotos, 360°-Fotos und 360°-Videos unterscheidet. Mit der Kamera und vorzugsweise einem Tablet ausgestattet wird der Rundgang gestartet und währenddessen Aufnahmen erstellt sowie durch einen Pin oder eine Route im Plan verortet. Im Nachgang des Rundgangs gelingt es der KI-gestützten Software, Fortschritte durch den Abgleich mit vorangegangenen Aufnahmen zu identifizieren und zu Auswertungen zu verarbeiten. Mittels „Smart Track“ können Quantifizierungen der Arbeiten vorgenommen werden. Dabei erkennt die Software beispielsweise Mengen oder den Fertigstellungsgrad von Arbeitsvorgängen. Anhand einer Zeitleiste sind ältere Aufnahmen abrufbar, wodurch eine lückenlose Fotodokumentation gelingt. Weiters können aus dem Büro, alle Aufnahmen angesehen und detailliert geprüft werden, wodurch der Bauleiter den Rundgang eines Poliers auswerten kann oder die Rundgänge der örtlichen Bauaufsicht zur Verfügung gestellt werden. Die 360°-Aufnahmen können mit RFI's versehen werden, um Notizen oder Mängel zu erfassen und direkt Aufgaben und Workflows in Gang zu setzen. Die Verknüpfung mit dem BIM-Modell ermöglicht einen Vergleich zwischen Planung und Realität, wie in Abb. 3.28 ersichtlich ist. Über die Plattform sind Berichte zur Produktivität, IST-Stand der Arbeiten und Trends abrufbar. Sämtliche Daten können als „Offline-PDF“ exportiert werden und sind ohne spezifische Software für die Beteiligten abrufbar [173]. Ähnliche Funktionen werden in den Programmen DISPERSE [174] angeboten.



Abb. 3.28: Vergleich zwischen 360°-Aufnahme und BIM-Modell mit StructionSite [173]

3.7.7 Automatisierung, Robotic und NFC

Die Abwicklung von Bauprojekten ist derzeit von wenigen Automatisierungstechnologien geprägt, da ein Gebäude oftmals sein eigener Prototyp ist. Es wird daran gearbeitet, durch Automatisierungsprozesse und Robotic die Wertschöpfung auf Baustellen zu steigern. Anders

als bei Fertigungsprozessen im Werk, wo Automatisierungsvorgänge durch fix installierte Roboter abgewickelt werden, gilt es für Baustellen vor allem mobile Lösungen zu erarbeiten. Diese baustellenspezifischen Technologien werden nachfolgend erläutert.

Roboterhund „Spot“

„Spot“ ist ein von Boston Dynamics entwickelter, mit Sensoren und Kameras ausgestatteter Roboter in der Gestalt eines Hundes, welcher mittels Controller und App steuerbar ist oder selbstständig, vordefinierte und mit QR-Codes gekennzeichnete Routen abläuft. Auf Baustellen kann der Roboterhund durch LiDAR Sensoren, welche dreidimensionale Informationen über die Form und Oberflächeneigenschaften erstellen, 3D-Laserscansvorgänge und Echtzeiterfassungen durchführen [175]. Siehe dazu Abschnitt 3.7.3. Aufsätze ermöglichen eine Erweiterung des Roboters, beispielsweise mit Messinstrumenten, wodurch Vermessungen, welche beispielsweise zur Mengenermittlung und Aufmaßerstellung weiterverwendet werden, durchführbar werden. Die auf dem „Spot“ montierte Erweiterung ist auf der Abb. 3.29 ersichtlich. Durch Kameras können 360°-Aufnahmen erstellt werden, wodurch Fotodokumentationen und Fortschrittserfassungen oder Videokonferenzen auf Baustellen durchgeführt werden können [176, 177].

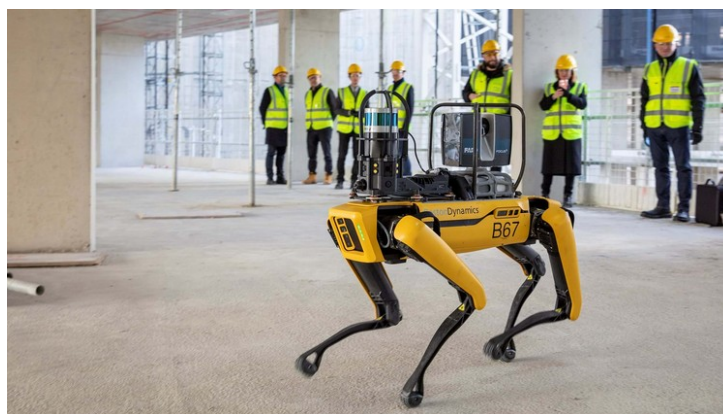


Abb. 3.29: Roboterhund „Spot“ auf einer Baustelle [178]

Bohr- und Malerroboter

Neben unproduktiven Unterstützungen, gibt es weitere Robotertechnologien, welche auf Baustellen produktive Tätigkeiten erledigen. Darunter Bohrroboter, beispielsweise der Hilti „Jaibot“ [179], welche für die Installationen der Gebäudetechnik verwendet werden, indem sie die große Anzahl an Bohrlöchern in automatisierter Weise bohren. Der semi-autonome Roboter von Hilti wurde für diese Arbeiten entwickelt und erledigt das Bohren in Stahlbetonbauteilen. Basierend auf Daten des BIM-Modells kann er Überkopfarbeiten an Decken genauso wie Arbeiten an der Wand tätigen, wie in Abb. 3.30 dargestellt. Die Steuerung des Roboters übernimmt ein Arbeiter mittels einer Kontrolleinheit, nachdem die Referenzierung mittels einer Totalstation (siehe PLT300 aus Abschnitt 3.7.3) erfolgte. Der Roboter ist in der Lage, unterschiedliche Durchmesser und Tiefen zu bohren, verfügt über eine direkte Absaugung des Bohrstaubs und kann das gebohrte Loch direkt für die weitere Arbeit markieren [179].

Neben Robotern für Bohrtätigkeiten gibt es jene für Malerarbeiten. Der Hersteller Okibo [180] entwickelte einen mit Akkus betriebenen mobilen Roboter, welcher basierend auf ein BIM-Modell



Abb. 3.30: Bohrroboter Hilti Jaibot [179]

Spachtel- und Anstreicharbeiten erledigt. Er kann dabei den Raum in Echtzeit in 3D-scannen und modellieren, wobei er des Weiteren in der Lage sein soll, Vorhersagen und Analysen im Sinne von 5D-BIM zu erstellen [180].

3D-Drucker

Neben der Übernahme von einfachen, handwerklichen Tätigkeiten gibt es technologische Entwicklungen, welche die großteils automatisierte Errichtung eines Gebäudes ermöglichen. Dabei kommen 3D-Betondrucker zur Anwendung, welche großflächig vor Ort installiert werden und durch die schichtweise Aufbringung eines Spezialmörtels Wände, Stützen und Träger in Ortbetonbauweise betonieren können. Durch die kurze und personalschonende Bauzeit ergibt sich ein breites Anwendungsfeld, wodurch (Fach-)Personal eingespart werden kann. Die Firma Strabag hat in Zusammenarbeit mit der Firma Peri und Lafarge beispielsweise ein Bürogebäude in dieser Bauweise errichtet, siehe Abb. 3.31 [181].



Abb. 3.31: 3D-Drucker bei der Errichtung eines Bürogebäudes [181]

Ähnliche Entwicklungen gibt es auch bei anderem Bauverfahren. Beispielsweise errichtet ein von Construction Automation Ltd. entwickelter Roboter Gebäude durch die schrittweise Aufbringung von Mörtel und Mauerziegeln [182].

Near Field Communication - Tags

Neben Robotern bringt die Anwendung von „Near Field Communication“ Digitalisierungspotentiale für Baustellen, indem Tags auf der Baustelle beziehungsweise auf Bauteilen angebracht werden. Die Kommunikationstechnologie ermöglicht die Datenübertragung zwischen RFID- und NFC-Chips und kann mittels eines Ablesegeräts, beispielsweise eines NFC-fähigen Smartphones, durch kurzzeitiges Anhalten am Chip ausgelesen werden. Hierzu ist keine Internetverbindung erforderlich. Die ausgelesenen Daten ermöglichen die Identifizierung des Bauteils, wobei sämtliche notwendigen Informationen abrufbar werden. Des Weiteren können Rundgänge dokumentiert, Zeiterfassungen durchgeführt oder Geräte- sowie Materialinformationen abgerufen und nachverfolgt werden. Es wird damit ein Überblick geschaffen, welche Geräte und Materialien auf der Baustelle im Einsatz sind, wodurch es vor allem im Ressourcenmanagement viele Anwendungsbereiche gibt. Die Möglichkeiten zur Datenbefüllung umfassen Kennzeichnungsmöglichkeiten, Wartungs- und Instandsetzungsinformationen sowie Anleitungen und Zeiterfassungen [16, 183].

3.7.8 Zusammenfassung

Auf Basis einer detaillierten Produktrecherche von achtzig Softwarelösungen sowie angelehnt an die *ÖNORM ISO 21500: Leitlinien Projektmanagement* [24] und *ÖNORM B 1801-1: Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 1: Objekterrichtung* [1] gelang die Unterteilung von Programmfunktionen und Aufgabenbereichen in sieben Kategorien und die Beantwortung der ersten Forschungsfrage „Wie können digitale Lösungen in der Bauausführung kategorisiert werden?“.

Projektorganisation als Grundlage des Projektmanagements mit Funktionen des Plan-, Dokumenten-, Work-Flow- und Kommunikationsmanagement sowie dem Berichtswesen und der Arbeitssicherheit

AVVA - Ausschreibung, Vergabe, Vertrag, Abrechnung mit den Aufgabenbereichen des Ausschreibungsmanagements, der Vergabe, der Vertragsverwaltung und der Abrechnung

Terminmanagement als eines der drei zentralen Elemente der Projektabwicklung mit Funktionen der Bauzeitplanung und -überwachung sowie dem dazugehörigen Lean Construction Management und der Taktplanung

Kostenmanagement als zweites zentrales Element mit den Funktionen des Kostencontrollings, dem Rechnungswesen und dem Nachtragsmanagement

Qualitätsmanagement als drittes Element mit Funktionen des Prüfplans, des Mängelmanagements und der Dokumentation

Ressourcenmanagement mit den drei Bereichen des Geräte-, Material- und Personalmanagements

Besondere Technologien mit den Bereichen der Automatisierung und Robotic, der 360°-Kamera oder den Mixed Realities

Neben der grundlegenden Kategorisierung wurden die dazugehörigen BIM-Funktionen als jeweilige spezifische Aufgabenbereiche definiert und die unterschiedlichen BIM-Dimensionen beschrieben.

Kapitel 4

Produktübersicht und Auswertung

Aufbauend auf die geschaffene Kategorisierung des digitalen Bauprojektmanagements gilt es, die analysierten Softwares der Produktrecherche in einer Übersichtsmatrix darzustellen, zuzuordnen und zu bewerten. Hierzu werden zwei Übersichtsarten der Matrix unterschieden.

Die grundlegenden Funktionsumfänge der achtzig bewerteten Programmlösungen werden in der Produktübersicht kompakt beschrieben und den jeweiligen Kategorien zugeordnet. Die detaillierte Zuordnung der Funktionsumfänge erfolgt in der Funktionsübersicht, in welcher die jeweiligen Arbeitsbereiche und Prozesse der Kategorien unterteilt sind. Eine Software wird einer Kategorie zugeordnet sobald eine der Funktionen im Produktumfang enthalten ist. Es handelt sich somit nicht nur um Softwareprodukte welche eine gesamte Kategorie abdecken, sondern oftmals um unterstützende Produkte. Darauf aufbauend erfolgt eine quantitative Auswertung der Softwareprodukte und deren Funktionen auf Basis der Zuordnung und deren Überschneidungen.

4.1 Die Produktübersicht

In der Produktübersicht werden achtzig untersuchte Softwareprodukte alphabetisch aufgelistet und deren Funktionsumfänge und Besonderheiten kompakt beschrieben. Die Informationen wurden den jeweiligen Homepages sowie den enthaltenen Fachartikeln und Studien entnommen. Des Weiteren fließen die Erfahrung des Autors durch die Arbeit mit einzelnen Programmen und der daraus gewonnene Informationsgehalt in die Beschreibung ein.

Auf Basis der umfassenden Funktionen erfolgt die Zuordnung zu den jeweiligen Kategorien aus Kapitel 3. Beginnend mit der Projektorganisation und der AVVA, über das Dreieck der Termine, Kosten und Qualität, zum Ressourcenmanagement und den besonderen Technologien. Dazu ist jeder der Kategorien eine Spalte in der Produktübersicht gewidmet.

Produktname - Unternehmen - URL Produktbeschreibung	Projektoorganisation	AVVA	Terminmanagement	Kostenmanagement	Qualitätsmanagement	Ressourcenmanagement	Besondere Technologien
123erfasst - 123erfasst.de GmbH (NEVARIS Bausoftware GmbH / Nemetschek) - https://www.123erfasst.de/ 123erfasst, 123quality und 123fleet sind mobile Lösungen für die Baustelle und Teil der Nevaris Gruppe. Mit 123erfasst ist es möglich, Zeiterfassungen (inkl. Verknüpfung von Standort und Tätigkeitsberichten) via Smartphone durchzuführen. Des Weiteren können Bautagesberichte und Formulare erstellt, Abrechnungen, Fotodokumentationen, Geräte- und Personaldispositionen durchgeführt werden. 123quality unterstützt bei der Zuweisung von Aufgaben und der Erfassung sowie der Bearbeitung von Mängeln. Baumaschinen und Geräte können mittels 123fleet verwaltet werden, indem Leistungserfassungen und Wartungspläne herstellerunabhängig zusammengeführt werden.	X				X	X	
ABK - ib-data GmbH - https://www.abk.at/ Die Produktpalette von ABK wird in die Sphären der Beteiligten unterteilt, so gibt es Lösungen für das Büro, das PM, den Auftraggeber sowie den Auftragnehmer. Der Fokus der Programme liegt im Kostenmanagement, der Ausschreibung, Vergabe, Kalkulation und Abrechnung. Lösungen für einen Projektzeitplan, ein Dokumentenmanagement sowie den SiGe-Plan sind ebenso enthalten. Eine Unterstützung von BIM (openBIM) ist gegeben.	X	X	X	X		X	
ACCA Software - ACCA software S.p.A. - https://www.accasoftware.com/ BIM-Software, um den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks zu verwalten. Darunter sind unter anderem BIM-basierte Kollaborationsplattformen, Viewer, Kollisionsprüfungen, IFC-Überprüfungen, Kosten- oder Mengenermittlungen enthalten. Ebenso werden Produkte zur Gerüstplanung, dem Sicherheitsmanagement und der Energieanalyse angeboten.	X	X	X	X	X	X	
Alice - ALICE Technologies Inc. - https://www.alicetechnologies.com/ KI basierendes Programm, welches Bauabläufe simulieren und optimieren kann, wodurch Planungen und Bauabläufe verbessert und Kosten reduziert werden sollen. Zur Anwendung ist der Upload eines 3D Modells erforderlich. Die Optimierung erfolgt mittels einer umfangreichen Parametereingabe (Leistungskennwerte, Baustelleneinrichtung, Bauzeit uvm.) und einer darauf aufbauenden Simulation von Baustراتيجien. Das Programm erstellt anhand des Baufortschritts Analysen und Fortschrittsberichterstattungen.	X		X	X		X	

Produktname - Unternehmen - URL Produktbeschreibung	Projektorganisation	AVVA	Terminmanagement	Kostenmanagement	Qualitätsmanagement	Ressourcenmanagement	Besondere Technologien
Autodesk Construction Cloud - Autodesk Inc. - https://construction.autodesk.eu/ Die Autodesk Construction Cloud umfasst die Produkte Build, Takeoff, BIM-Collaborate und Docs sowie weitere kleinere Erweiterungen. Build ist auf die Bereiche des Projekt-, Qualitäts- und Sicherheitsmanagement sowie der Kostenkontrolle fokussiert. Darunter sind Funktionen des Dokumentenmanagements, RFIs, Issue-Managements und zur Besprechungsabwicklung. Takeoff bietet Lösungen zur Kalkulation, darunter ein cloudbasiertes Dokumentenmanagement, Funktionen zur Kommunikation sowie die zum Teil automatisierte Mengenermittlung in 2D und 3D an. BIM-Collaborate ist eine Kollaborationsplattform zur integralen Abwicklung und Kollisionsprüfung von BIM-Modellen. Docs ermöglicht ein vollumfängliches Dokumentenmanagement mit Work-Flows, Aktivitätenaufzeichnungen oder Planprüfungen. BuildingConnected ist eine Erweiterung für das Ausschreibungs- und Subunternehmermanagement. Damit können Ausschreibungen verteilt, Angebote eingeholt, verglichen und bewertet sowie Aufträge direkt vergeben werden. Das Programm unterstützt die Entscheidungsfindung mit automatisch generierten Analysen. Rückfragen können direkt über die Plattform abgewickelt werden.	X	X		X	X		
Batiscript - Script&Go - https://www.batiscript.com/ Software zur Baustellenüberwachung und Qualitätsprüfung. Darunter Funktionen des Mängelmanagements, der Protokollierung sowie der Erstellung von Formularen und Checklisten für Rundgänge. Die Anwendung von BIM-Modellen mittels IFC-Viewer wird unterstützt.	X				X		
Baumaster - PASit software GmbH - https://bau-master.com/ Die Software und App fokussieren sich auf Baudokumentation, -management und -überwachung. Es können Bautagebücher, Protokolle, digitale Bauakte, Bauzeipläne und Fotodokumentationen erstellt und ebenso Kosten sowie Mängel verfolgt werden. Eine BIM-Schnittstelle ist in Ausarbeitung.	X		X	X	X		
BauProCheck - ADS Gesellschaft für angewandte Datensysteme mbH - https://bauprocheck.de/ Die modular aufgebaute Projektsoftware umfasst Funktionen wie Bautagebuch, Mängelverfolgung, Sonderwunschabwicklung, Protokollmanager, Planmanagement oder Büroorganisation. Im Mittelpunkt steht dabei das Projekttagebuch, welches mit Informationen befüllt wird und eine Übersicht über To-Do's, E-Mails, Mängel, Projektdokumente und vieles mehr liefert. Weitere Funktionen sind Briefautomatiken oder Zeiterfassungen.	X				X	X	
Bidcon - Elecosoft - https://elecosoft.com/products/bidcon/ Bidcon von Elecosoft ist eine Baukalkulationssoftware, welche mit den Programmen Powerproject und Memmo verbunden werden kann. Die Software wird jedoch nicht im deutschsprachigen Raum angeboten. Mit Bidcon können Kostenpläne, -bibliotheken und Massenermittlungen erstellt sowie Ausschreibungen versandt und Arbeitspakete generiert werden. Des Weiteren wird eine Subunternehmerverwaltung und mit Erweiterungsmodulen die Implementierung von 5D-BIM oder die Erstellung von Klima- und Kostenschätzungen angeboten.	X	X		X			
BIM4You - BRZ Deutschland GmbH - https://info.brz.eu/bim-hochbau 5D-BIM Software für die Simulation von Kosten und Terminen. Es gelingt damit eine modellbasierte Mengen und Kostenermittlung, zum Beispiel bei Änderungen des Projekts. Des Weiteren kann das Nachtrags-, Abnahme-, Mängel- und Gewährleistungsmanagement damit modellbasiert abgewickelt werden. Mittels 4D Timeline kann der Bauablauf anschaulich simuliert werden.		X	X	X			

Produktname - Unternehmen - URL Produktbeschreibung	Projektorganisation	AVVA	Terminmanagement	Kostenmanagement	Qualitätsmanagement	Ressourcenmanagement	Besondere Technologien
BlueBeam Revu - Bluebeam Inc. (Nemetschek) - https://www.bluebeam.com/de Die zur Nemetschek Company gehörende Software umfasst Funktionen der Dokumenten- und Planverwaltung, der Plan- und Angebotsprüfung, des Mängelmanagements sowie der Mengenermittlung und Kostenberechnung. Hervorzuheben sind sogenannte Markups, welche jeder Beteiligte individuell in Dokumenten und Plänen platzieren kann und welche darauf aufbauend nachverfolgbare Aufgaben erzeugen. Des Weiteren werde RFI, OCR-Erkennung, Dokumentenvergleich und die Funktion des Batch-Links angeboten.	X				X		
BRZ 365 Bautechnik - BRZ Deutschland GmbH - https://info.brz.eu/brz-365-bautechnik Eine web- und cloudbasierte Baumanagement Software, welche Funktionen der AVA, der Fakturierung, der Mengenermittlung und des Nachtragsmanagement umfasst. Die Software verfügt über einen integrierten BIM-Viewer, indem einzelne Elemente ausgewählt werden können.		X		X			
BuilderStorm - BuilderStorm Limited - https://www.builderstorm.com/ Eine Software zur Verwaltung und Prüfung von Plänen und Dokumenten (mit RFI) sowie der Fotodokumentation von Bauprojekten und der Verwaltung von Personalunterlagen. Des Weiteren können Berichte, Zeichnungen und Ausschreibungspakete erstellt und verteilt werden.	X	X			X	X	
Buildots - Buildots - https://buildots.com/ Die Software erstellt anhand von Rundgängen mit einer am Helm montierten Kamera automatisierte Fortschrittserkennungen. Die durch die Aufnahmen erzeugten Objekdaten fließen in die zentrale Plattform ein und werden mit Plänen, Modell und Bauzeitplanung verglichen. Die Verknüpfung liefert eine Übersicht über den aktuellen Projektstand, wodurch fehlende Leistungen, Mängel und Verzögerungen automatisiert erkennbar werden. Weiterführend kann die Erstellung und Kontrolle von Abrechnungen unterstützt werden.		X	X	X	X		X
Capmo - Capmo GmbH - https://www.capmo.de/ Die Baumanagementsoftware nutzt ein Ticketsystem, um Sonderwünsche, Nachträge, Mängel oder Notizen zu erfassen und direkt mit Plänen und Dokumenten zu verknüpfen. Des Weiteren können damit Aufgaben verwaltet, Nachträge geprüft oder Dokumentationen durchgeführt werden und mit dem Ticketsystem verknüpft werden. Gleiches gilt für die Funktionen des Bautagebuchs und des Protokollmanagers. Des Weiteren sind Funktionen der Bauzeitplanung und -überwachung enthalten.	X		X	X	X		
Chime - Chime-Software Limited - https://www.chimesoftware.co.uk/ Die Personalmanagementsoftware ermöglicht die Zeiterfassung des Personals inkl. GPS-Verortung, die Erstellung von SiGe-Dokumente, die Durchführung von Unterweisungen sowie die Verwaltung von Personaldokumenten. Des Weiteren können Zeitpläne und Berichte erstellt werden.	X					X	
Connect2Mobile - Connect2Mobile GmbH - https://connect2mobile.de/ Projektmanagementsoftware für Kapazitäts-, Einsatzplanung, Disposition und Zeiterfassung sowie zur Erstellung von Bautagesberichten, Fotodokumentationen oder Lohn und Geräteabrechnung. Des Weiteren dient sie zur Erfassung von Mitarbeiterqualifikationen und Geräteinformationen. Die Software verfügt über die Möglichkeit einen eigenen Baushop zu erstellen, um interne Bestellvorgänge und Reservierungen durchzuführen.	X				X	X	

Produktname - Unternehmen - URL Produktbeschreibung	Projektorganisation	AVVA	Terminmanagement	Kostenmanagement	Qualitätsmanagement	Ressourcenmanagement	Besondere Technologien
Contact - CONTACT GmbH (Doka, Umdasch) - https://www.kontakt.com/de Contact ist eine sensorgestützte Softwarelösung mit IoT, ist ein Unternehmen der Umdasch Gruppe und unterteilt in Contact build, Contact hub und Sitelife. Die Software dient der Baustellenplanung, -überwachung und -dokumentation, vor allem in Bezug auf die STB-Arbeiten und die Anwendung von Taktplänen sowie dem Lean Construction Management. Es gibt umfangreiche Datenerfassungsmöglichkeiten und erfordert ein 3D Gebäudedatenmodell, welches mittels IFC in die Contact Plattform eingespielt wird. Die Sensoren von Contact werden vor Ort auf die Schalung angebracht und liefern beispielsweise Daten zu Leistungswerten oder eingebrachten Betonmengen. Eine Funktion zur Erstellung von Verknüpfung von Berichten und Bautagebüchern ist enthalten.	X		X	X	X	X	X
Cosuno - Cosuno Ventures GmbH - https://www.cosuno.de/ Die Plattform Cosuno dient der Beschaffung und dem Subunternehmermanagement. Es können damit Adressbücher eingespielt und Ausschreibungen direkt versendet werden. Weitere Funktionen umfassen die Verwaltung und Prüfung von Zahlungen und Rechnungen sowie die direkte Erstellung von Leistungsverzeichnissen und Preisspiegeln. Übergeordnet können mit dem Consuno Netzwerk Angebote eingeholt, Bonitätsprüfungen durchgeführt, Bescheinigungen nachgewiesen und Angebote bewertet werden.	X	X		X			
Crane-Planner 2.0 - Liebherr-International Deutschland GmbH - https://www.liebherr.com/de/aut/produkte/mobil-und-raupenkrane/service/crane-planner/crane-planner.html Crane Planner ist eine 3D-Software zur Kraneinsatzplanung vom Gerätehersteller Liebherr. Damit können unterschiedliche Geräte visuell simuliert werden, um darauf aufbauend die richtige Wahl, Zusammensetzung und Standort des Geräts zu treffen. Die Software bietet dabei eine automatische Kollisionserkennung sowie Funktionen zur Berichterstellung an.	X					X	
Dalux - Dalux Copenhagen - https://www.dalux.com/de/ Dalux ist unterteilt in einen BIMViewer +, in Dalux Box (BIM und Projektorganisation), Dalx Field (Qualitätsmanagement, AR, VR und Projektorganisation) und Dalux FM (Facility Management). Der BIMViewer bietet Kommunikationsmöglichkeiten an, womit beispielsweise Mängelerfassungen erfolgen und Kommentare eingefügt werden. DaluxBox dient der Dokumentenverwaltung, -freigaben, Markups und Dokumentenvergleich. Mit DaluxField können Aufgaben verwaltet, Checklisten erstellt und Bereiche der Arbeitssicherheit abgedeckt werden. Viele Funktionen können mit einem BIM-Modell verknüpft werden, so die angebotene Anwendung von Augmented Reality und RFI. Dalux FM legt den Fokus auf Dokumentation, Gewährleistung, Betrieb und Wartung.	X				X		X
Digando - Digando GmbH - https://www.digando.com/ Digando ist eine Online-Business-to-Business Plattform zur Beschaffung und Vermietung von Baugeräten, wie Bagger, Lader oder Arbeitsbühnen.						X	
DigiPlan - digiplan GmbH - https://www.digi-plan.at/ Eine Software zur Aufmaßerstellung. Das Programm ermöglicht die Erstellung von Aufmaßen, Abrechnungen und Massenermittlungen direkt aus der PDF heraus. Durch die Hinterlegung von Leistungsverzeichnissen können direkte Zuordnungen erfolgen. Weiterführend wird ein Stift angeboten, mit welchem Mengenermittlungen anhand analoger Pläne durchgeführt werden.		X					

Produktname - Unternehmen - URL Produktbeschreibung	Projektoorganisation	AVVA	Terminmanagement	Kostenmanagement	Qualitätsmanagement	Ressourcenmanagement	Besondere Technologien
Digu Digital Unlimited - digital unlimited GmbH - https://www.digu.at/ Die webbasierte Applikation Digi - the Butler schafft eine Projektübersicht und enthält die Funktionen zur Fotodokumentation, Zeiterfassung, Checklistenstellung, Ressourcenplanung, Chat-Austausch, Planverortungen und weiteren. Die Software ERP übernimmt Funktionen des Rechnungswesens, des AVAs, der Warenwirtschaft, des Workflowmanagements, der CRM und ähnlichem.	X	X		X	X	X	
Disperse - Disperse Inc. - https://disperse.io/ Disperse ist eine KI-gestützte Software zur visuellen Fortschrittserkennung und -dokumentation von Baustellen. Dazu werden Fotoscans bei Rundgängen erstellt, welche mit einem Plan verknüpft und verortet werden. Anhand der 360 Grad Aufnahmen vergleicht die Software den IST-Stand mit dem 3D-Modell und den vorhergehenden Aufnahmen. Weiters ist es möglich, den Fortschritt zu dokumentieren, Mängel zu erfassen und Rückfragen sowie Berichte zu erstellen. Die Aufnahmen können auch zur Aufmaßerstellung und Bauzeitüberwachung herangezogen werden.	X	X	X	X	X		X
Docutools - docu tools GmbH (Umdasch) - https://www.docu-tools.com/ Eine webbasierte Software, welche vor allem zum Mängelmanagement und der Baudokumentation verwendet werden kann. Dabei werden individuelle Pins erstellt und mit Plänen oder Dokumenten verknüpft. Dadurch gelingt beispielsweise eine verortete Fotodokumentation. Des Weiteren können Aufgaben erstellt, zugeordnet und nachverfolgt werden. Die Software verfügt über Berichtsfunktionen und ermöglicht eine Teamkommunikation in den einzelnen Pins.	X				X		
Doka Augmented Reality - Doka GmbH (Umdasch) - https://www.doka.com/at/home/apps/augmented-reality-app Der Schalungshersteller Doka bietet eine mobile Applikation an, mit welcher Schalungsmodelle mit Augmented veranschaulicht werden. Dadurch kann die Schalung individuell betrachtet werden, um den Aufbau der Schalung verständlicher zu machen.						X	X
Doka Concremote - Doka GmbH (Umdasch) - https://www.doka.com/at/system-groups/doka-system-components/concremote-hardware/index Mit Concremote soll anhand unterschiedlicher, in der Schalung verbauten, Sensoren eine Optimierung der Betonarbeiten gelingen. Der Betonreifecomputer nutzt dabei die gemessene Temperatur und berechnet die Festigkeitsentwicklung, um darauf aufbauend die ideale Betonrezeptur sowie den frühesten Ausschaltungszeitpunkt zu erkennen. Die Erfassung dient auch der Dokumentation der Betonarbeiten.					X	X	X
Doka Smart Pouring - Doka GmbH (Umdasch) - https://www.doka.com/at/solutions/services/smart-pouring Eine mobile App, welche die Betonbeschaffung digitalisiert und die Betonarbeiten dokumentiert. Mit der App kann die Betonbestellung sowie die Kommunikation mit dem Disponenten erfolgen. Durch ID-Nummern soll der richtige Bauteil für die Betonage definiert und die Arbeiten dokumentiert werden.	X				X	X	X
Doodle - Doodle AG https://doodle.com/de/ Eine webbasierte Anwendung, mit welcher Terminfindungen und Umfragen digital erfolgen können. Der Organisator kann dabei Termine zur Abstimmung bekannt geben und die erforderlichen Beteiligten mit unterschiedlichen Antworten teilnehmen lassen. Anhand der Abstimmung wird der Termin definiert, welcher direkt aus der Anwendung weiter organisierbar ist.	X						

Produktname - Unternehmen - URL Produktbeschreibung	Projektoorganisation	AVVA	Terminmanagement	Kostenmanagement	Qualitätsmanagement	Ressourcenmanagement	Besondere Technologien
EdControls - Dutchview information technology GmbH - https://edcontrols.de/ Eine Anwendung zur Erstellung von digitalten Bautagebüchern, Dokumentationen und Berichten sowie zur Kommunikation und Mängelmanagement. Für die Qualitätssicherung können Inspektionen und Prüfungen anhand hinterlegter Berichte und Checklisten durchgeführt werden.	X				X		
eguana SCALES - eguana GmbH - https://eguana.at/ Eine Software zum Datenmanagement von Mess-, Plan-, oder Prozessdaten. Die übergreifende Plattform Scales vereinigt herstellerunabhängig Daten an einem Ort, zum Beispiel zur Anwendung bei Tunnelbauarbeiten mit Daten zu Injektionen, Bohrungen, Wassereintritten und ähnlichem. Dies unterstützt unter anderem Vorgänge zur Dokumentation, Aufmaßherstellung oder Nachtragsbegründung. Die Software erstellt dabei selbstständig Auswertungen, Analysen und Berichte.	X				X	X	X
Elecosoft - Powerproject - https://elecosoft.com/products/powerproject/ Powerproject ist eine Planungs- und PM-Software für Terminpläne sowie das Kosten- und Ressourcenmanagement. Eine Verknüpfung mit anderen Programmen des Herstellers sowie mit BIM ist möglich. Der Hersteller bietet ebenso eine mobile App und Erweiterungen zur Fortschrittserkennung und -dokumentation an. Mit dem angebotenen Powerproject Viewer wird eine lizenzfreie Betrachtung des Projektplans, inkl. Modell, für Projektbeteiligte ermöglicht.	X		X	X	X	X	
EPLASS - EPLASS project collaboration GmbH (thinkproject) - https://www.eplass.de/ EPLASS ist eine cloudbasierte Common Data Environment Software, welche für Prüf- und Genehmigungsprozess, Dokumentenmanagement, Nachtragsverfolgung, digitale Signaturen, Mängelmanagement, Terminmanagement, BIM-Collaboration, Protokollmanagement und ähnlichem verwendet werden kann. Es können individuelle Workflows, Berichte, Formulare und Checklisten erstellt sowie Planvergleiche, Codierungen und OCR Volltexterkennung (Scanvorgang) durchgeführt werden. Das Programm verfügt über einen integrierten BIM-Viewer und fokussiert sich vor allem auf große Infrastrukturprojekte. Erweiterungen decken die Ausschreibung, LV-Erstellung und Vergabe ab.	X	X	X	X	X		
Fieldwire - Fieldwire (Hilti) - https://www.fieldwire.com/de/ Software zum Austausch und Zusammenarbeit von Projektbeteiligten einer Baustelle. Es arbeitet mit Mark-Ups, welche mit Plänen und Fotos verknüpft werden und in welchen die Kommunikation, Rückfragen, Dokumentation und Bearbeitungen erfolgt. Das Programm bietet weitere Funktionen für Berichterstellungen, Aufgabenverwaltungen, Checklisten, Mängelverwaltung oder Terminplanung. Des Weiteren können Pläne abgelegt und versioniert, Genehmigungsprozesse durchgeführt sowie über den integrierten BIM-Viewer Messungen und Informationen abgerufen werden.	X		X		X	X	
GammaAR - GAMMA Technologies S.à r.l - https://gamma-ar.com/ Durch GammaAR gelingt eine Betrachtung des Projekts mittels Augmented Reality anhand eines hochgeladenen BIM-Modells. Bei Rundgängen kann mit Hilfe des Smartphones der IST-Stand der Baustelle mit dem SOLL-Zustand der Planung verglichen werden. Gleichzeitig ist es möglich, Vorgänge mit Bildern, Aufgaben, Beschreibungen und Standortinformationen zu erstellen und mit den Beteiligten zu teilen. Durch das Issue-Management können so Probleme und Rückfragen mittels RFI direkt aufgedeckt, zugewiesen, dokumentiert und abgearbeitet werden. Die Informationen können als BCF-, CSV- oder PDF heruntergeladen werden.	X				X		X

Produktname - Unternehmen - URL Produktbeschreibung	Projektorganisation	AVVA	Terminmanagement	Kostenmanagement	Qualitätsmanagement	Ressourcenmanagement	Besondere Technologien
Hero - HERO Software GmbH - https://hero-software.de/ Die cloudbasierte Software Hero Plantafel findet in Verbindung mit der mobilen App vor allem Anwendung im Bereich der Projektorganisation mit Funktionen der Ablage, Verwaltung und Kommunikation. Darüber hinaus erlaubt es, Kundendienste und Aufträge zu koordinierten, Rechnungen und Personalakten zu verwalten sowie Zeiterfassungen zu ermöglichen. Die Baudokumentation gelingt über die Erstellung eines Bautagebuchs oder der Fotodokumentation.	X	X	X		X	X	
iShap - ISHAP Personaldokumentations GmbH - https://www.ishap.at/ Die Software unterteilt sich in zwei Sparten. Mit der Gebäudedokumentation können Beweissicherungen, Wartungs- und Bauwerksbücher (Dokumentation) erstellt sowie Mängelerfassungen und Sicherheitsbegehungen vorgenommen werden. Dabei werden ebenso Bereiche des Facility Managements abgedeckt. Die Sparte der Personaldokumentation fokussiert sich auf die zentrale Speicherung von Personaldokumenten, darunter beispielsweise Sozialversicherungsdaten und direkte Abfragen bei der Versicherung, ob der Arbeiter eine aufrechte Anmeldung besitzt. Die Erfassung der Daten ist mit der Erstellung einer sogenannten iShap Card verbunden. Diese werden entweder übergeordnet oder baustellenabhängig erstellt und dienen unter anderem der Zutrittskontrolle auf Baustellen.	X				X	X	
Jarel Baumanagement - JARISCH Software - https://www.jarel.at/ Die Programmlösung Jarel bietet ein Dokumenten-, Besprechungs-, Mängel- und Immobilienmanagement sowie Funktionen zu Kontaktverwaltung und des AVAs an. Es können frei definierte Ordnerstrukturen angelegt, Workflows durchgeführt, Berichte und Dokumentation durchgeführt werden. Sämtliche Aktivitäten und Versionsverläufe werden aufgezeichnet. Des Weiteren ist die Erstellung und Verfolgung von Bauzeitplänen in Form von Gantt Diagrammen und Kostentabellen möglich.	X	X	X	X	X	X	
Knauf Planner App - Knauf Gesellschaft m.b.H. - https://www.knauf.at/tools-services/beratung-hilfe/bedarfsermittlung/ Mobile Apps, wie jene vom Materialhersteller Knauf, dienen dem Materialmanagement. Es wird dadurch ermöglicht, Mengenermittlungen durchzuführen und herstellerabhängig Montageanleitungen, Zulassungen und Preise abzurufen. Knauf beispielsweise ist auf Trockenbauarbeiten spezialisiert.						X	
lbs logics - LBS logics GmbH - https://www.lbs-logics.com/ Die Software dient vor allem dem Ressourcenmanagement und der Dokumentation. Es können Materialverbräuche, Maschinen-, Geräte- und Personalstunden dokumentiert und über den Bauarbeiterschlüssel direkt einer Position des Leistungsverzeichnisses zur Abrechnung zugeordnet werden. Wetterdaten, Vertragsverwaltung, Berichterstellung, Fuhrparkmanagement, Auftragsabwicklung oder Tourenabwicklung sind weitere Funktionen des Programmes.	X	X		X	X	X	
LCM Digital - LCM Digital GmbH - https://lcmdigital.com/ Die webbasierte Software zielt auf die digitale Abwicklung des Lean Construction Managements ab. Dabei werden die sonst analogen Vorgänge von Post-it's, Big Room etc. in das Programm verlagert. Die Module konzentrieren sich auf die Vorgänge Planen, Durchführen und Berichten. Bei der Planung werden kollaborative Whiteboards verwendet und Ressourcenkurven oder Meileinsteinpläne erstellt, welche in Echtzeit für den Beteiligten abrufbar sind. Beim Executing werden Tagesaktivitäten und Aufgaben aufgelistet und abgearbeitet, wozu die mobile App ebenso heranziehbar ist. Mittels Chatfunktionen erfolgen Abstimmungen für Rückfragen oder Probleme. Die Reporting-Funktion erstellt Kennzahlen, Diagramme und Fortschrittsanalysen.	X		X		X		

Produktname - Unternehmen - URL Produktbeschreibung	Projektorganisation	AVVA	Terminmanagement	Kostenmanagement	Qualitätsmanagement	Ressourcenmanagement	Besondere Technologien
LetsBuild - LetsBuild Belgium / Denmark - https://www.letsbuild.com/de LetsBuild zielt auf eine digitale Echtzeitverfolgung des Baufortschritts ab, indem über die Software sämtliche Arbeiten dokumentiert, geplant und zugeteilt sowie die Kommunikation abgewickelt wird. Es gibt viele Formularoptionen, direkte Kommunikationsmöglichkeiten sowie Funktionen der Bauzeitüberwachung, Dokumentation, Mängelerfassung oder Aufgabenzuteilung.	X		X		X	X	
Memmo - Elecosoft - https://elecosoft.com/products/memmo/ Software zur Dokumentenverwaltung, Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen Projektbeteiligten und Kunden. Es ermöglicht die Erstellung von Projekttagebüchern mit Hinterlegung von Bildern, MA-Registrierungen und Dokumenten sowie den Versand und die Nachverfolgung von Ausschreibungen, die Verwaltung von Aufträgen und ermöglicht eine Zeiterfassung des Personals.	X	X				X	
Microsoft Project - Microsoft Corporation - https://www.microsoft.com/de-at/microsoft-365/project/project-management-software MS Project ist eine umfassende Planungssoftware zur Erstellung von Projektzeitplänen, Verwaltung und Zuteilung von Aufgaben sowie der Generierung von Dashboards und der Ressourcenplanung durch direkte Hinterlegung im Zeitplan oder in der Aufgabe. Die Microsoft Anwendung ist mit einer Vielzahl von Programmen erweiterbar, beispielsweise mit MS-Teams, Power BI oder den Microsoft 365 Programmen. Ein bekannter Anwendungsfall ist die Erstellung eines Gantt-Bauzeitplans.	X		X			X	
Molteo - Protonaut GmbH - https://molteo.de/ Die cloudbasierte Software Molteo unterstützt bei der Personalplanung, Zeiterfassung, Dokumentation und Bauzeitplanung. Sie ermöglicht eine Verwaltung von Material, Geräte und Personal und erstellt SOLL-IST Vergleiche zur Baufortschrittserkennung. Neben der Personaleinsatzplanung und der Zeiterfassung ist die Erstellung von Berichten möglich, wie Tages- und Wochenberichte.	X				X	X	
Nevaris Build - NEVARIS Bausoftware GmbH (Nemetschek) - https://www.nevaris.com/produkte/nevaris-build/ Die modular geteilte Software von Nevaris beinhaltet Funktionen der Ausschreibung, Angebotserstellung, Ausführung, Terminplanung und des Controlling. Es unterstützt bei der Verwaltung von Adressdaten sowie bei der Erstellung von Kostenermittlungen, Kalkulationen mit LBH, Arbeitskalkulationen, Abrechnungen, Mehrkostenforderungen in der Prüfung von Rechnungen. Die Teilvorgänge, für alle Subunternehmer, werden im Programm dokumentiert.	X	X	X	X	X		
Ninox - Ninox Software GmbH - https://ninox.com/de Ninox ist eine Bausoftware, welche eine Dokumentation durch die Auswahl verschiedener Vorlagen ermöglicht. Darunter Mängel- und Abnahmeprotokolle, Raumbücher, Bautagebücher, Sicherheitsbegehung oder weitere Anwendungsfelder. In der übergeordneten Produktpalette werden unter anderem Vorlagen zur Verwaltung von Kontakten, Aufgaben sowie die Zeiterfassung, die Fotodokumentation, die Warenwirtschaft oder das Rechnungswesen angeboten.	X	X		X	X	X	
nPlan - nPlan Limited - https://www.nplan.io/ Die Software nutzt KI-Technologie für eine datengesteuerte Risikoanalyse anhand vorangegangener Bauvorhaben. Projektänderungen und deren Auswirkungen können bewertet werden. Zur Bewertung erstellt die Software Diagramme und KPIs, welche an einem Dashboard zusammengefasst werden, wodurch problematische und risikointensive Projektabschnitte ersichtlich werden.	X						X

Produktname - Unternehmen - URL Produktbeschreibung	Projektorganisation	AVVA	Terminmanagement	Kostenmanagement	Qualitätsmanagement	Ressourcenmanagement	Besondere Technologien
Open Experience - Open Experience GmbH - https://openexperience.de/ Die Software Open Experience konzentriert sich auf die Baudokumentation und wird in die Funktionsbereiche Bau-Mängel, Bau-Fotos, Bau-Checklisten und Bau-Tagebuch sowie in die Digibau 360°-Baudokumentation unterteilt. Es können Bautagebücher, Protokolle und Dokumente erstellt werden sowie vordefinierte Freigabeprozesse gestartet werden. Mängel können QR-Codes zugeordnet werden, welche beispielsweise pro Raum platziert werden. Digibau 360 nutzt eine am Helm montierte 360° Kamera für die Dokumentation und Mängelerfassung, wodurch virtuelle Begehungen aus dem Container möglich werden.	X				X		
Oracle Aconex - Oracle Austria GmbH - https://www.oracle.com/industries/construction-engineering/aconex-project-controls/ Cloudbasierte Projektplattform zur Dokumenten- und Planverwaltung, Erstellung von Workflows, Aufgabenverwaltung. Projektkommunikation mit Mailintegration und RFI sowie Berichterstellung und Mängelmanagement. Dashboards ermöglichen eine Projektübersicht und das Ausschreibungsmanagement den direkten Versand und die Nachverfolgung von Anfragen. Die Software unterstützt die Verwendung von BIM Modellen mittels openBIM und openCDE.	X	X	X	X	X		
Planbote - JSWorx UG - https://www.planbote.com Planbote ist eine Software zum Planmanagement, mit der Möglichkeit zur Verwaltung, Nachverfolgung und Versand. Es können Versionierungen vorgenommen und QR-Code zur Abfrage auf Plänen platziert werden.	X						
Planfred - PLANFRED GmbH - https://www.planfred.com/ Planfred ist eine webbasierte Dokumenten- und Planmanagement Plattform, welche die Ablage, Verteilung, Versionierung und Freigabe von Dokumenten und Plänen sowie die Erstellung von Plan- und Beteiligtenlisten ermöglicht. Es ist als Listenansicht aufgebaut und mittels der Filteroptionen durch Tags organisiert. Sensible Dokumente und Pläne können mit dem sogenannten "Tresor" in ihrer Ansicht, aufbauend auf den Berechtigungen, beschränkt werden. Sämtliche Aktivitäten werden gespeichert und sind sichtbar. Das Projekt kann zur Archivierung gesamtheitlich heruntergeladen werden.	X						
Planradar - PlanRadar GmbH - https://www.planradar.com/at/ Die webbasierte Plattform wird in Baumanagement, Immobilienverwaltung, Berichte und Analysen, Dokumenten- und Planmanagement unterteilt. Das Programm ist cloudbasiert und verfügt über eine mobile App sowie die Integration von BIM-Modellen. Die Ablage erfolgt anhand der Ordnerstruktur. Es können mit der Anwendung Berichte erstellt, Aufgaben verwaltet oder Kommunikationen abgewickelt werden. Anhand von Pins können Mängel sowohl in 2D als auch in 3D erfasst und zugeteilt, Plan- und Kollisionsprüfungen sowie Dokumentationen vorgenommen werden. Darüber hinaus ist es möglich, Fortschrittsberichte und -Analysen sowie Gantt-Bauzeitpläne und Bautagebücher zu erstellen und Planversionen zu vergleichen.	X		X		X		
PoolarProject & PolarOffice - Poolarserver GmbH - https://poolarserver.com/ Die Software ermöglicht einen digitaler Projektraum für Dateien, Mängelmanagement, Fotos, die Integration von Mails sowie die Verwaltung von Projektkontakten. PolarOffice ermöglicht eine Personalverwaltung und Zeiterfassung sowie Budgetkontrolle und Kapazitätenplanung. PolarProject verfügt über einen IFC-Viewer und dient der Plan- und Dokumentenablage, der Prüfung und Verwaltung von Rechnungen sowie der Erstellung von Bautage- und Raumbüchern oder Fotodokumentationen.	X			X	X	X	

Produktname - Unternehmen - URL Produktbeschreibung	Projektorganisation	AVVA	Terminmanagement	Kostenmanagement	Qualitätsmanagement	Ressourcenmanagement	Besondere Technologien
Procore - Procore Technologies, Inc. - https://www.procore.com/ Das Leistungsfeld von Procore ist je nach Region unterschiedlich und umfangreich. Dabei wird es in fünf Bereiche unterteilt. Die Vorbereitungsphase umfasst das Ausschreibungsmanagement sowie die Funktion der Mengenermittlung. Der zweite Bereich ist das PM als zentrale Projektplattform und Funktionen der Qualität und Sicherheit, Planungs- und Koordination und BIM. Es können Aufgaben, RFI, BIM-Kollaborationen und Kollisionsprüfungen vorgenommen werden, Pläne, Dokumente und Fotos abgelegt werden sowie Qualitäts- und Sicherheitsmängel erfasst werden. Des Weiteren ist eine Mail-Integration, die Erstellung von Terminenplänen, Berichten uvm. möglich. Über die mobile App kann das BIM-Modell in der virtual Reality betrachtet werden. Die zwei Bereiche Finanz- und Ressourcenmanagement enthalten Funktionen des Rechnungswesen, der Produktivitäts- und Leistungsbewertung sowie der Zeit- und Mengenerfassung von Personal, Gerät und Material. Der fünfte Bereich wird mit Daten bezeichnet und ermöglicht eine Projektanalyse, Prognosenerstellung, Auswertung sowie eine umfassende Datenvisualisierung.	X	X	X	X	X	X	
Project Networkd - Project Networkd AG - https://www.projectnetworkd.com/ Die Software wird in Dokumenten-, Plan-, Mängel-, Nachtrags- und Kostenmanagement unterteilt. Der Funktionsumfang enthält Work-Flows, Codierungen, Termin- und Ressourcenplanung, Beteiligtenverwaltung, Versionierungen, Tagging, Volltextsuche, Formulare und Berichte, Aufgabenverwaltung, QR-Codes, Kalender, Mail uvm.	X		X	X	X	X	
Proman - Proman Software GmbH - https://www.proman.at/ Proman wird als Protokoll-Software genutzt und unterstützt bei der Verwaltung und Erstellung von Bau- und Planungsbesprechungen, Berichten, Mängelerfassungen und Aktennotizen. Weitere Funktionen sind der integrierte Kalender, die Auswertungsmöglichkeiten sowie die Aufgabenverwaltung.	X				X		
ProPlanner - ProPlanner - https://www.proplanner.build/ Proplanner kann mit Procore verknüpft werden und ist eine Software, welche eine umfassende Erstellung von Bauzeitplänen, darunter Lean-, Taktplanung sowie individuelle Wochenpläne erlaubt. Aufgaben können erstellt und den Beteiligten zugeordnet werden, oder die Kommunikation erfolgt direkt über den Zeitplan. Die Datengenerierung erstellt KPIs, Echtzeitanalysen und Berichte.	X		X				
Prismex - Prismex - https://prismex.com/ Mit Prismex hat die Vermeidung von Arbeitsunfällen im Fokus, indem Daten erfasst und analysiert, Inspektionen und Kontrollrundgänge protokolliert sowie Verbesserungsideen und die Risikobewertungen erstellt werden. Die spanische Software erstellt einen 3D-Übersichtplan, kann Umfragen, Kampagnen, Nachrichten, Ankündigungen, Warnungen und Safety Alerts versenden.	X						
PVS-ASP - heb020 GmbH - https://pvs-asp.com/ PVS-ASP ist eine modular aufgebaute Bauprojektplattform für das Dokumenten- und Planmanagement, die Kontaktverwaltung, E-Mails, das Protokollmanagement und Controlling sowie für Bestellungen, Logistik und mehr. Die Daten werden dabei zentral auf einem PVS-ASP Server gespeichert sowie sämtliche Tätigkeiten protokolliert, um eine durchgängige Dokumentation zu gewähren.	X			X		X	

Produktname - Unternehmen - URL Produktbeschreibung	Projektorganisation	AVVA	Terminmanagement	Kostenmanagement	Qualitätsmanagement	Ressourcenmanagement	Besondere Technologien
RefinemySite- Robert Bosch Power Tools GmbH - https://www.bosch-refinemysite.de/ RefinemySite unterstützt das Lean Construction Management durch die kollaborative Planung, Koordination und Kommunikation. Lean Tool. Die Software ist ebenso als mobile App verfügbar und ist ein digitales Planungstool mit Kalender, Aufgabenzuteilung, direkter Kommunikationsmöglichkeit, Aktivitätsdokumentation und Auswertung mittels KPIs.	X		X		X		
RIB iTWO - RIB Software GmbH - https://www.rib-software.com Die Softwarelösungen von iTWO umfassen die Projektphasen Planen, Bauen und Betreiben. Darunter sind Programmlösungen für eine 4D-, 5D- und 6D-Modellierung, BIM Kollisionsprüfungen, -Kollaboration, gesamtheitliches AVVA inkl. Nachtrags- und Subunternehmermanagement, Rechnungsverwaltung, Funktionen der Projektorganisation sowie der Kostenkontrolle und des Ressourcenmanagement. Hervorzuheben ist das Ausschreibungs- und Vergabemanagement, welches über eine eigene Plattform (vergabe.rib.de) abgewickelt wird. Mit der mobilen App iTWO Site erfolgt das Aufgaben-, Plan- und Qualitätsmanagement.	X	X	X	X	X	X	
SAALG (DAARWIN) - SAALG Geomechanics - https://www.saalg.com/ DAARWIN ist eine cloud-basierte Plattform zur Verwaltung geotechnischer Überwachungsdaten sowie zur Optimierung von Bauprojekten durch Reduzierung geotechnischer Unsicherheiten und Bewertung von Risiken. Die Software ermöglicht es, technische Entwürfe zu simulieren und zu überprüfen, sie mit Bodenparametern, alternativen Designs und Bauverfahren zu ergänzen, um Einsparungen und Bauzeitverkürzungen zu finden. Sie wird vor allem bei großen Bauvorhaben und Infrastrukturprojekten eingesetzt. In der Planungsphase nutzt die Software historische Erkundungen und vorhandene geotechnische Daten der Umgebung, um auf Basis der hochgeladenen Projektinformationen verschiedene Entwurfs Optionen aufzuzeigen und zu analysieren. Während des Bauens werden die IST-Daten mit den Entwurfsdaten verglichen, um darauf aufbauend Optimierungen der Modelle vorzunehmen.			X		X	X	X
Sablono - Sablono GmbH - https://www.sablono.com/de/ Die Software dient der Planung, Überwachung, Analyse und Optimierung von Bauausführungen. Dabei wird ein detaillierter Ausführungsplan erstellt, auf welchen Beteiligte zugreifen, zusammenarbeiten und kommunizieren können. Diese melden Ihren Baufortschritt sowie Behinderungen, Probleme und Fotos direkt in die Software ein, wodurch eine Fortschrittserkennung, -dokumentation und -überwachung gelingt. Gleichzeitig können Aufgaben zugeteilt und Work-Flows für Freigabeprozesse verwaltet werden. Mit Checklisten und Protokollen wird die Qualitätssicherung vorgenommen. Zur Analyse werden die Daten visualisiert sowie Statistiken mit SOLL-IST-Vergleichen, Problemen, Behebungen und Ursachen aufbereitet. Weiters erlaubt die Software basierend auf der Fortschrittserkennung eine automatisierte Kostenverfolgung. Durch die Analyse ist der IST-Stand des Projekts im Blick und adaptierbar. Mit Berichten werden die Daten aufgezeichnet, dokumentiert und verteilt.	X		X	X	X		
Site Diary - Script & Go - https://sitediary.com/ Die Software fokussiert sich auf die tägliche Erstellung der Bautagesberichte sowie das Aufgabenmanagement. Es können Wetter, Baufortschritt, Fotos, Zeitaufwendungen, Personalstand, Material- und Geräteaufwendungen dokumentiert sowie Aufgaben zugeteilt und überwacht werden. Die Erfassung kann dabei mit mobiler App erfolgen.	X				X		

Produktname - Unternehmen - URL Produktbeschreibung	Projektorganisation	AVVA	Terminmanagement	Kostenmanagement	Qualitätsmanagement	Ressourcenmanagement	Besondere Technologien
Sitedrive - Sitedrive Oy - https://sitedrive.com/ Das Programm setzt sich aus Sitedrive-Plan und -Takt zusammen und ermöglicht die Erstellung sowie die Verfolgung und Analyse von Bauzeit- und Taktplänen. Die dabei gewonnenen Daten werden vom Programm standardisiert und zentral gespeichert, wodurch eine übergeordnete Analyse und ein Vergleich mit anderen Projekten ermöglicht wird. Über ein Dashboard gelingt eine aktuelle Projektauswertung, indem Verzögerungen und Abweichungen angezeigt werden. Über Kommunikationskanäle und Berichterstellungen gelingt der Austausch zwischen den Projektbeteiligten.	X		X				
SoilConnect - Soil Connect Inc. - https://www.soilconnect.com/ Soilconnect ist ein Business to Business (B2B) Marktplatz für Materialeinkäufe von Aushubmaterial. Ziel dabei ist es, nahegelegene Lieferanten oder Baustellen zu finden, um die Transportwege weitestgehend zu reduzieren. Des Weiteren kann dadurch der Preis von verschiedenen Anbietern verglichen werden. Über eine Landkarte werden die angebotenen Materialien in der Nähe mittels Pins angezeigt. In der Anzeige ist dabei das Aushubmaterial qualitativ und quantitativ beschrieben. Der Hersteller bietet ebenso Funktionen zur digitalen Auftragsabwicklung an, wodurch Lieferscheine, LKW-, Ladungs- und Routendaten sowie Stunden elektronisch erfasst und weiterverarbeitet werden.						X	
Solibri - Solibri Inc. (Nemetschek) - https://www.solibri.com/ Solibri ist eine Software zur Anzeige, Kordination, Qualitätssicherung und Prüfung von BIM-Modellen. Es können Teilmodelle zu einem gesamtheitlichen Modell zusammengefügt werden, um Kollisionsprüfungen, Mengenermittlungen und Kollaborationen durchzuführen oder Informationen des Modells abzurufen. Über die Schnittstelle IFC und SMC ist die visuelle Betrachtung möglich, über BCF und einem Live Connector können Beteiligte kommunizieren und Probleme lösen. Die Software bietet ebenso die Möglichkeit, mittels selbst erstellten Regeln automatische Prüfung zu vollziehen.	X				X		
Spot-r - Triax Technologies - https://www.triaxtec.com/ Die Produktlösungen von triax sind auf die Arbeitssicherheit sowie das Ressourcenmanagement fokussiert und setzen sich aus einer Software und der dazugehörigen Hardware spot-r zusammen, welche durch IoT-Technologie miteinander kommunizieren. Die Arbeiter werden mit einem Sensor (Tag) ausgestattet, welcher am Gürtel befestigt wird. Er übermittelt Informationen zum Standort, zur Zeiterfassung und zum Personalstand der Baustelle in Echtzeit. Die Daten können automatisiert zur Abrechnung und Auftragsnehmerverwaltung weiterverwendet werden. Des Weiteren erkennt die Hardware Arbeitsunfälle, verfügt über eine Taste zur Meldung eines Unfalls oder einer Gefahrenstelle und gibt Signale im Falle einer erforderlichen Evakuierung ab. Für das Gerätemanagement bietet Triax einen EquipTag an, welcher Informationen zum Gerätebediener, zur Auslastung und zum Standort übermittelt.	X					X	
Structionsite - StructionSite - https://structionsite.com/ Structionsite ermöglicht eine KI-gestützte Baustellendokumentation und -fortschrittserkennung mittels der Kamera eines Smartphones oder einer 360 Grad Kamera. Anhand eines Plans wird ein Rundgang verortet und jeder Punkt einzeln abrufbar. Die Software kann Fortschritte erkennen, Produktionskennzahlen erstellen und durch die Implementierung eines BIM-Modells sind SOLL-IST-Vergleiche durchführbar. In den Aufnahmen kann eine direkte Kommunikation und Problemlösung zwischen den Beteiligten mittels RFIs erfolgen. Mit der Erweiterung Rithm können Laserscans durchgeführt und in Heatmaps erstellt werden.	X		X	X	X		X

Produktname - Unternehmen - URL Produktbeschreibung	Projektorganisation	AVVA	Terminmanagement	Kostenmanagement	Qualitätsmanagement	Ressourcenmanagement	Besondere Technologien
Thinkproject - Thinkproject Holding GmbH - https://thinkproject.com/ Thinkproject (TP) bietet eine umfangreiche Produktserie an, welche in die nachfolgenden Softwares unterteilt und vor allem für Großbaustellen oder Infrastrukturprojekte ausgelegt ist. Mit TP CDE, Conclude CDE oder Eplass CDE (siehe auch Software Eplass) wird die Projektorganisation durch eine Common Data Environment Plattform ermöglicht und umfasst neben der gemeinsamen Datenumgebung für Dokumente und Pläne (hierfür dient auch das Modul Planconnect) Funktionen des Work-Flow-Management, der Kommunikation und Organisation sowie BIM-Management. Mit DESITE BIM können Prüfungen, Informationabfragen, Aufgabenzuweisungen und Mengenermittlungen am Modell vorgenommen und mit 4D-BIM visualisiert werden. Die Software RAMM dient dem Asset-Management und TP Control ermöglicht die Kontrolle, Auswertung und Prognose von Kosten und Leistungen. CEMAR ist eine Implementierung des Vertragsmanagements (vor allem für internationale Verträge FIDIC, NEC3 und NEC4), welches die Vergabe, das Nachtragsmanagement, die Rechnungsprüfung und das diesbezügliche Reporting abgedeckt. Mit KAIRNIAL wird eine webbasierte und mobile App für BIM-basierte Fortschrittsdokumentationen und Mängelmanagement angeboten.	X	X	X	X	X		
Touchplan - MOCA Systems Inc. - https://touchplan.io/ Touchplan ist eine Bauplanungssoftware, in welcher die Projektbeteiligten den zeitlichen Bauablauf zusammen planen. Durch die Erfassung des Baufortschritts und Hinterlegung der Projektdaten können Kennwerte erstellt und Analysen vorgenommen werden. Die Bauzeitpläne werden gewerkspezifisch und übergeordnet erstellt und sind mittels Smartphone mobile auf der Baustelle abrufbar.	X		X				
Trimble Connect - Trimble International - https://mep.trimble.com/de Die Software Trimble Connect ist eine cloudbasierte BIM-Kollaborationsplattform mit Funktionen des Dokumenten- und Planmanagement, Aufgaben- und Beteiligtenverwaltung, Kommunikation, Kollisionsprüfungen uvm. Mit Hilfe von HoloLens Brillen kann das Modell auf der Baustelle in Mixed Reality betrachtet werden, um vor Ort Prüfungen und Koordinationen vorzunehmen.	X				X		X
Versatile - Versatile - https://www.versatile.ai/ Die Software Versatile erfasst und analysiert mit Hilfe Hardware CraneView Krandaten. Das System wird dabei am Unterhaken zwischengespannt und zeichnet über die IoT-Hardware Daten zur Kranauslastung, darunter Hebespiele, Belastungen und Dauer auf. Die Software nutzt die KI-Technologie, um automatisierte Analysen zu erstellen. Unter anderem Auswertungen zu Zeitverlusten durch doppelt durchgeführte Hübe und Anomalien sowie die generelle Kranauslastung und Betriebsaufzeichnungen. Ebenso werden mobile Benachrichtigungen versendet, welche beispielsweise den ersten Hub des Tages mitteilen. Mit einer integrierten Kamera können Baustellenaufnahmen zur Fortschrittsauswertung erstellt sowie Live-Übertragungen vorgenommen werden. Sie dient vor allem der Optimierung von Gerät, Material und Personal.	X				X	X	X

Produktname - Unternehmen - URL Produktbeschreibung	Projektorganisation	AVVA	Terminmanagement	Kostenmanagement	Qualitätsmanagement	Ressourcenmanagement	Besondere Technologien
Vico Office - Exigo A/S - https://vicooffice.dk/de/ Die modular aufgebaute Software umfasst Funktionen der Bauzeitplanung mit Liniendiagrammen, des Dokumentenmanagement, der 2D und 3D Mengenermittlung sowie des Änderungsmanagements. Des Weiteren ermöglicht es eine 4D- und 5D-BIM Modellierung sowie eine BIM-basierte Risikoanalyse. Mit Hilfe der 4D Simulation können die Projektressourcen gesteuert sowie ein Gesundheits- und Sicherheitsplan erarbeitet werden. Das 5D Modell ermöglicht eine genaue Kostenprognose und Steuerung.	X	X	X	X		X	
Visilean - VisiLean - https://visilean.com/ Die Software ermöglicht das Bauzeitmanagement auf Basis des Lean Construction Managements und die Hinterlegung eines BIM-Modells. Die Planung erfolgt in Zusammenarbeit mit den Projektbeteiligten in Echtzeit, wodurch eine direkte Kommunikation, Fortschrittserfassung und Nachverfolgung gewährt ist. Durch die Implementierung eines BIM-Modells können einzelne Vorgänge Bauteilen und Elementen zugeordnet werden, wodurch die Bauzeitplanung am Modell visualisiert werden kann. Zur Bewertung des Fortschritts können Leistungsbeurteilungen vorgenommen und Berichte erstellt werden.	X		X				
Visoplan - Visoplan GmbH - https://www.visoplan.de/home Die Software ermöglicht eine Zusammenführung der einzelnen BIM-Teilmodelle zu einem Gesamtmodell. Im Viewer können Mengen ermittelt, Informationen abgerufen oder Tickets (Issue-Management) erstellt werden. Des Weiteren ist ein Vergleich unterschiedlicher Modellversionen und Planungsstände möglich. Das Programm berichtet automatisch, welche Änderungen vorgenommen wurden. Durch eine Verknüpfung mit Solibri können Kollisionsprüfung vorgenommen werden, wobei Fehlerpunkte automatisch als Issue angelegt werden. Darüber hinaus bietet die Software ein Dokumentenmanagement an, welches Dokumente mit dem Modell und Issues verknüpft.	X				X		
webfleet - Bridgestone Mobility Solutions B.V. - https://www.webfleet.com/de_at/ Webfleet ist eine Software zum Fuhrparkmanagement, welches auch eine Sparte für den Bau enthält. Mit der dazugehörigen Hardware können Live-Standort- und Zeiterfassungen von Baugeräten, LKWs und PKWs sowie dem Personal (RFID Karten) vorgenommen werden. Die erfassten Daten können über ein integriertes Work-Flow-Management direkt verrechnet oder Reportings erstellt werden. Weiters können Wartungsaufgaben verwaltet und automatische Benachrichtigungen aktiviert werden.	X			X		X	X
Yolean - Yolean - https://www.yolean.com/ Yolean ist eine Software zur Planung und Durchführung des Lean Construction Managements. Sie ermöglicht die gemeinsame Bauzeitplanung und direkte Kommunikation in Echtzeit. Verschiebungen und Änderungen sowie Probleme, Behinderungen und Besprechungsprotokolle können dokumentiert, Aufgaben zugeteilt, Analysen vorgenommen und Kennzahlen erstellt werden. Weiters können Ressourcen hinterlegt werden. Die Software ist ebenso als mobile App verfügbar.	X		X		X	X	
Summe	70	24	34	31	52	40	15

4.2 Die Funktionsübersicht

Nach der grundlegenden Beschreibung und Kategorisierung der Programmlösungen erfolgt die detaillierte Zuordnung der einzelnen Programmfunktionen in den hierarchisch untergeordneten Arbeitsbereichen und Prozessen. Die Softwareprodukte werden in einer Funktionsübersicht auf Basis der Produktübersicht alphabetisch aufgelistet und die Funktionsumfänge einzeln zugeordnet. Jedem Arbeitsbereich wird eine Spalte gewidmet, welche den Kategorien zugewiesen ist.

Produktname	Projektorganisation					AVVA					Terminmanagement			Kostenmanagement			Qualitätsmanagement			Ressourcenmanagement			Besondere Technologien												
	Dokumentenmanagement	Planmanagement	Work-Flow	Aufgabenverwaltung	Kommunikationsmanagement	Berichtswesen und Monitoring	Arbeitssicherheit	BIM Projektorganisation	Ausschreibungsman.	Kalkulation	Vergabe	Vertragsverwaltung	Abrechnung	AVVA BIM	Bauzeitplanung und Überwachung	Lean Construction Management	Taktplanung	BIM im Terminman.	Kostenkontrolle, -steuerung, -prognose	Rechnungsverwaltung	Claimmanagement	BIM im Kostenmanagement		Prüfplan und Checklisten	Mängelmanagement	Dokumentation	BIM im Qualitätsmanagement	Gerätenmanagement	Materialmanagement	Personalmanagement	BIM im Ressourcenmanagement				
123erfasst				X	X	X																X	X	X		X		X							
ABK	X				X	X	X		X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X							X						
ACCA Software								X						X				X							X					X					
Alice						X									X			X												X					
Autodesk Construction Cloud	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X		X	X	X	X									
Batiscript					X	X																	X	X	X	X									
Baumaster	X	X		X	X	X								X				X					X	X	X										
BauProCheck	X	X	X	X	X	X																	X	X	X					X					
Bidcon						X		X	X		X	X						X			X														
BIM4You													X					X				X													
BlueBeam Revu	X	X	X		X	X																	X	X	X										
BRZ 365 Bautechnik									X	X	X	X								X	X														
BuilderStorm	X	X			X	X		X															X		X					X					
Buildots											X			X				X						X	X								X		
Capmo		X		X	X	X								X							X		X	X	X										
Chime						X	X																										X		
Connect2Mobile					X	X	X																	X			X	X	X						
Contact						X		X						X	X	X	X	X	X		X			X	X	X		X	X	X	X	X	X		
Cosuno	X				X			X	X	X	X	X						X	X	X															
Crane						X																					X								
Dalux	X	X	X	X	X	X	X	X																X	X	X	X							X	
Digando																											X								
DigiPlan								X	X		X																								
Digu Digital Unlimited			X	X	X	X		X			X							X	X				X		X			X	X						
Disperse					X	X					X			X				X					X	X	X								X		
Docutools				X	X	X																		X	X										
Doka Augmented Reality																																		X	
Doka Concremote																								X				X						X	
Doka Smart Pouring					X																			X				X						X	
Doodle					X																														
EdControls					X	X	X																X	X	X										
eguana SCALES						X																		X			X	X	X					X	
Elecosoft						X								X				X	X					X		X	X	X							
EPLASS	X	X	X		X	X	X	X	X					X						X			X	X	X										
Fieldwire		X	X	X	X	X	X	X						X										X	X	X								X	
GammaAR					X	X		X																X	X	X								X	
Hero	X			X	X	X			X	X				X									X		X									X	
iShap						X	X																X	X	X									X	
Jarel Baumanagement	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X			X				X		X			X	X										X	
Knauf Planner App																																		X	
lbs logics			X	X	X	X						X						X					X		X		X	X	X						

Produktname	Projektorganisation							AVVA							Terminmanagement				Kostenmanagement				Qualitätsmanagement				Ressourcenmanagement				
	Dokumentenmanagement	Planmanagement	Work-Flow	Aufgabenverwaltung	Kommunikationsmanagement	Berichtswesen und Monitoring	Arbeitssicherheit	BIM Projektorganisation	Ausschreibungsman.	Kalkulation	Vergabe	Vertragsverwaltung	Abrechnung	AVVA BIM	Bauzeitplanung und Überwachung	Lean Construction Management	Taktplanung	BIM im Terminman.	Kostenkontrolle, -steuerung, -prognose	Rechnungsverwaltung	Claimmanagement	BIM im Kostenmanagement	Prüfplan und Checklisten	Mängelmanagement	Dokumentation	BIM im Qualitätsmanagement	Gerätemanagement	Materialmanagement	Personalmanagement	BIM im Ressourcenmanagement	Besondere Technologien
LCM Digital				X	X	X								X	X	X							X								
LetsBuild		X	X	X	X	X	X							X	X								X	X	X				X		
Memmo	X				X	X			X		X																		X		
Microsoft Project				X	X	X								X															X		
Molteo						X																		X		X	X	X			
Nevaris Build					X			X	X	X	X	X		X					X	X				X			X	X	X		
Ninox			X	X	X	X	X			X	X								X	X			X	X	X		X	X			
nPlan					X	X																									X
Open Experience			X		X	X	X																X	X	X						
Oracle Aconex	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X				X		X			X	X	X						
Planbote		X																													
Planfred	X	X	X																												
Planradar	X	X	X	X	X	X	X	X						X									X	X	X	X					
PoolarProject & PolarOffice	X	X	X		X	X	X	X											X				X	X					X		
Procore	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X				X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
Project Networkd	X	X	X	X	X	X								X						X			X	X					X		
Proman				X	X										X	X	X						X	X							
ProPlanner				X	X	X								X	X	X															
Prysmex							X																								
PVS	X	X			X	X													X	X								X			
RefinemySite				X	X									X	X									X							
RIB iTWO	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SAALG (DAARWIN)																	X						X	X					X	X	
Sablono			X	X	X	X								X	X				X				X	X							
Site Diary				X	X																			X							
Sitedrive				X	X	X								X	X																
SoilConnect																										X	X				
Solibri							X																		X						
Spot							X																		X	X					
Structionsite					X	X	X							X				X					X	X	X					X	
Thinkproject	X	X	X	X	X	X	X		X	X							X	X	X	X			X	X	X	X					
Touchplan						X									X																
Trimble Connect	X	X	X	X	X		X																X								X
Versatile					X																			X		X	X	X			X
Vico Office	X				X	X		X					X	X			X	X		X	X					X	X				
Visilean					X	X								X	X																
Visoplan	X	X	X	X	X		X																		X						
webfleet			X			X												X								X					X
Yolean				X	X	X								X	X	X								X			X	X			X
Summe	24	23	24	33	49	56	14	16	14	11	10	13	12	7	29	10	4	10	21	12	15	8	27	30	46	13	14	19	29	5	15

4.3 Auswertung

Auf Basis der Funktionszuweisung und Beschreibung erfolgt die quantitative Auswertung der Programmfunktionen und die Interpretation der Ergebnisse. Dazu wird zwischen der übergeordneten Kategorienauswertung und der Funktionsauswertung der einzelnen Kategorien unterschieden. Eine Auswertung der besonderen Technologien wird nicht durchgeführt.

4.3.1 Kategorienauswertung

Die Kategorienauswertung dient der übergeordneten Auswertung der Programmlösungen. In Abb. 4.1 ist die Verteilung der Kategorien ersichtlich, wobei auf die Besonderheit der BIM-Funktionen eingegangen wird. Es ist erkennbar, dass der größte Teil der bewerteten Programme Funktionen der Kategorie Projektorganisation aus Abschnitt 3.1 abdeckt. Dies ist unter anderem mit die Abb. 4.4 begründet. Die Funktionsumfänge der Projektorganisation dienen den anderen Kategorien oftmals als Grundlage, indem sie untergeordnete Mittel zu Erfüllung eines übergeordneten Zwecks sind. Dazu zählen vor allem das Berichtswesen und Monitoring sowie Kommunikationsmanagement und das Aufgaben-, Work-Flow- und Dokumentenmanagement.

Nach der Kategorie Projektorganisation folgt das QM an zweiter Stelle. Wie in Abb. 4.16 ersichtlich, liegt dies vor allem an der Funktion zur Dokumentation, denn viele Softwareprodukte verfolgen das Ziel einer lückenlosen Dokumentation. Die Dokumentation hat das Ziel, sämtliche Zusammenhänge eines Bauvorhabens nachvollziehbar und dauerhaft zu speichern. Sie ist daher eine stark übergreifende Funktion und oftmals Teil des Funktionsumfangs.

Die hohe Anzahl an Programmen des Ressourcenmanagements erklärt sich durch das Personalmanagement, siehe Abb. 4.19. Eine Vielzahl von Softwareprodukten der unterschiedlichsten Kategorien erlaubt eine Verknüpfung der Funktionen mit dem Personal. Dazu zählen unter anderem die Zuordnung von Ressourcen des Termin-, oder Aufgabenmanagements genauso wie die Überschneidung zwischen Arbeitssicherheit und Ressourcen. Weiters ist die Möglichkeit der Zeiterfassung und Verknüpfung mit dem Berichtswesen und Monitoring einer der Gründe.

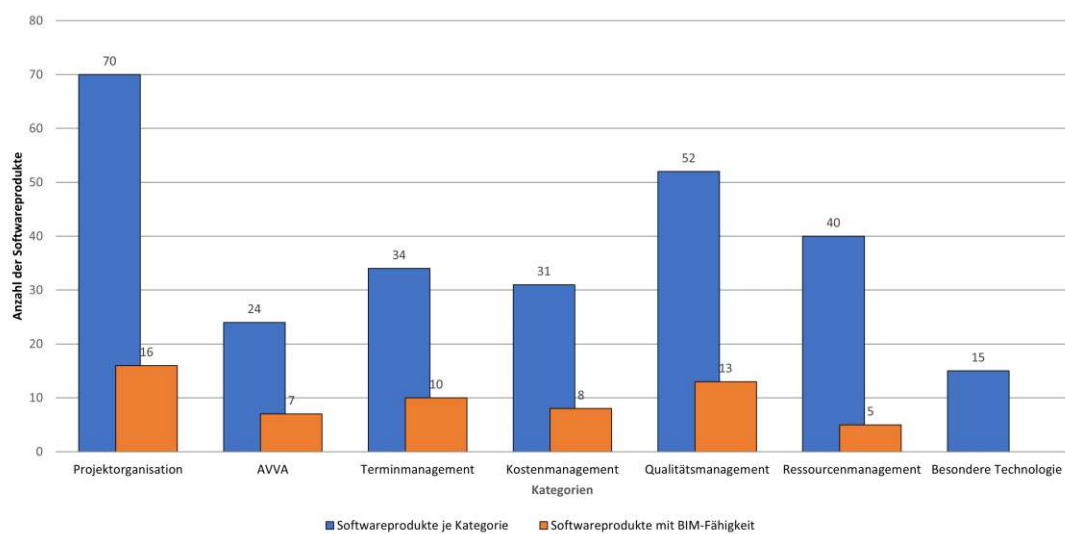


Abb. 4.1: Anzahl der Softwareprodukte und der BIM-Fähigkeit je Kategorie

Abb. 4.2 zeigt, dass es viele Überschneidungen der Kategorien gibt und nur wenige Programme (10%) lediglich eine einzelne Kategorie abdecken. Die Recherche ergibt des Weiteren, dass es nur wenige Produkte gibt, welche alle Kategorien abdecken. Eine Software, welche sämtliche Arbeitsbereiche und Kategorien abdeckt, wurde in der Recherche nicht gefunden.

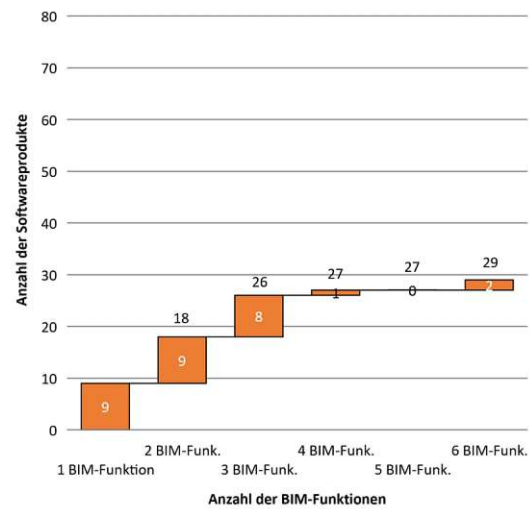
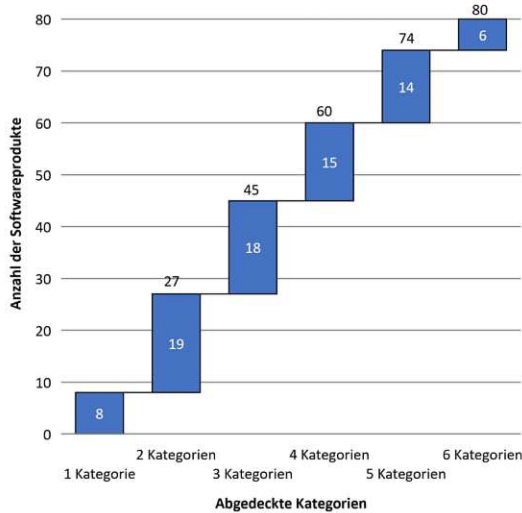


Abb. 4.2: Anzahl der abgedeckten Kategorie je Software **Abb. 4.3:** Anzahl der abgedeckten BIM-Funktionen je Software

In Bezug auf die BIM-Fähigkeiten zeigt Abb. 4.1, dass lediglich ein geringer Anteil, jeweils zirka ein Viertel der analysierten Produkte, BIM-fähig sind. Am häufigsten werden BIM-Fähigkeiten im Terminmanagement angeboten, welche eine Bauzeitplanerstellung und Überwachung durch 4D-BIM ermöglichen. Abb. 4.3 zeigt jedoch, dass oftmals eine Software mehrere BIM-ähigkeiten gleichzeitig abdeckt. Dies ist darin begründet, dass für die Erfüllung, beispielsweise von 5D- oder 6D-BIM, eine Software mehrere Kategorien und BIM-Funktionen abdecken muss.

4.3.2 Funktionenauswertung

Aufbauend auf die Funktionsübersicht aus Abschnitt 4.2 erfolgt die quantitative Auswertung der Funktionsverteilungen und der gleichzeitig abgedeckten Kategorien je Software sowie die Anzahl der jeweiligen Funktionen je Kategorie.

Projektorganisation

Die Auswertung der Projektorganisation in Abb. 4.4 ergibt, dass vor allem das Berichtswesen und Monitoring sowie das Kommunikationsmanagement angebotene Funktionen sind, die restlichen Aufgabenbereiche sind hingegen gleichmäßig verteilt. Abb. 4.6 zeigt, dass mehr als die Hälfte der analysierten Softwares mehr als zwei Funktionen gleichzeitig anbieten und somit oftmals ein breites Spektrum der Kategorie abdecken. Die Auswertung der abgedeckten Kategorien je Software in Abb. 4.5 zeigt, dass wenige Programme lediglich die Projektorganisationen abdecken. Dies sind vor allem Programme des Planmanagements und der Terminfindung. Ansonsten ist eine große Überschneidung mit anderen Kategorien erkennbar. All dies bestätigt, dass die Funktionsumfänge

der Projektorganisation als Grundlage und Arbeitsmittel dienen, um übergeordnete Zwecke zu erfüllen.

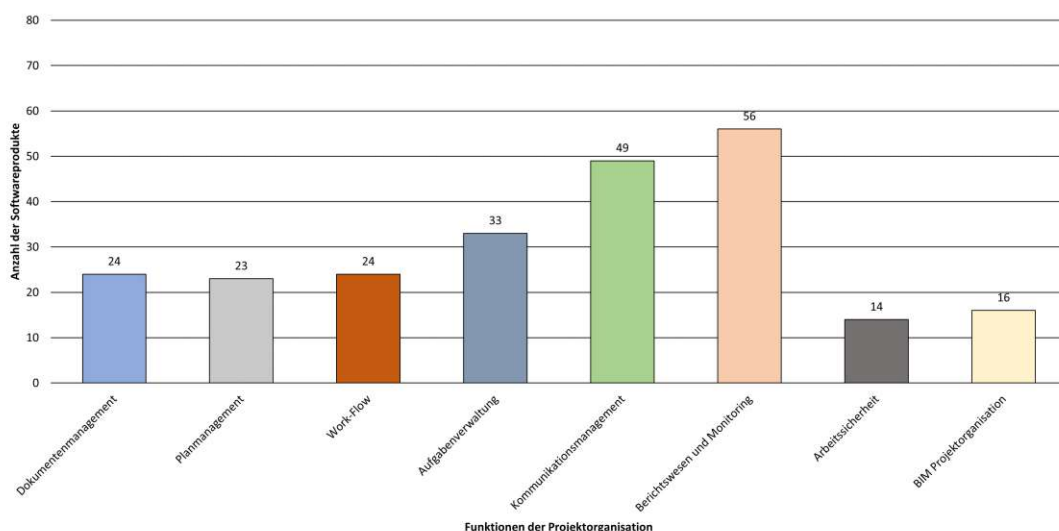


Abb. 4.4: Verteilung der Softwarefunktionen in der Projektorganisation

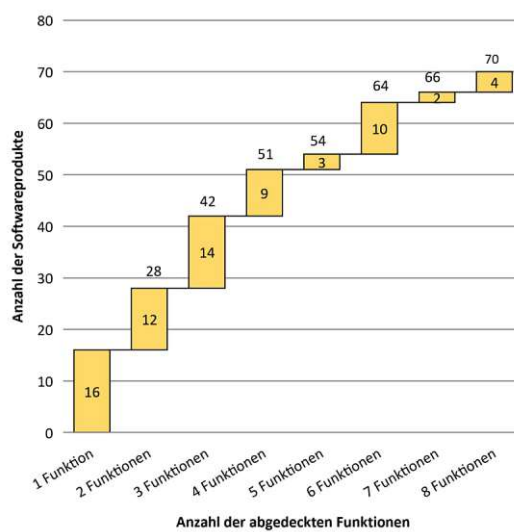
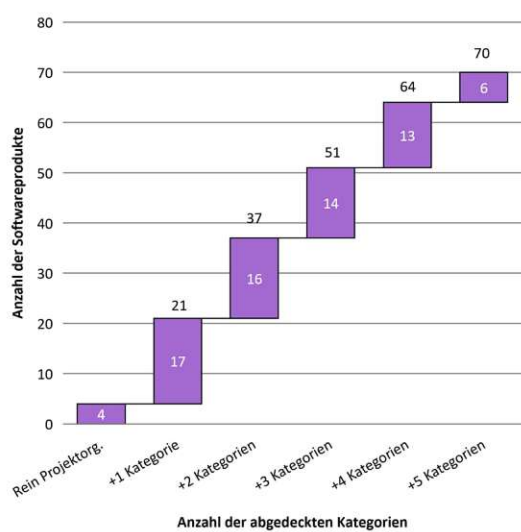


Abb. 4.5: Abgedeckte Kategorien je Software - Projektorganisation

Abb. 4.6: Abgedeckte Funktionen je Software - Projektorganisation

AVVA - Ausschreibung, Vergabe, Vertrag, Abrechnung

Die jeweiligen Softwareprodukte für das AVVA decken einen Großteil der Kategorie ab, was in Abb. 4.9 ersichtlich ist. Drei Viertel der analysierten Produkte bieten mehr als eine Funktion und zirka ein Drittel mehr als zwei Funktionen an. Alle Funktionen der Kategorie werden unter anderem bei klassischen AVA-Programme wie ABK [96] oder iTwo [97] abgedeckt. Eine gleichmäßige Verteilung der Funktionen mit einem hohen Anteil an BIM-Fähigkeiten ist in Abb. 4.7 erkennbar. Vor allem die Funktionen des Vertrags- und Ausschreibungsmanagements werden angeboten, was mit der Verbindung zur Projektorganisation und der Qualitätssicherung begründet ist. Darunter

das Dokumenten- und Work-Flow-Management sowie die Dokumentation der jeweiligen Prozesse und Verträge. Durch Abb. 4.8 wird erkennbar, dass die analysierten Programme nur selten reine AVVA-Funktionen abdecken und häufig Überschneidungen beinhalten – bei Durchsicht der Funktionsübersicht sind dies vor allem Überschneidungen des Ausschreibungsmanagements, der Vergabe und Vertragsverwaltung.

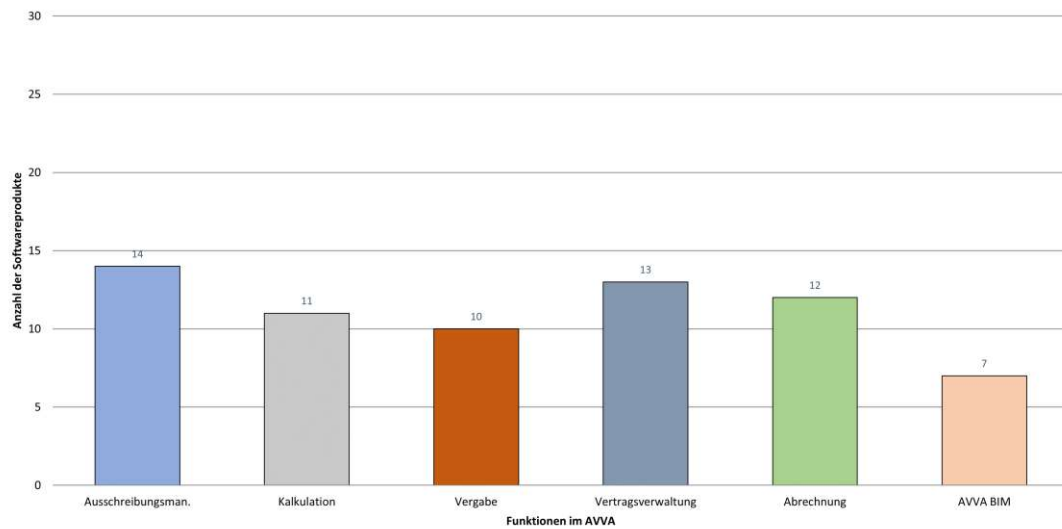


Abb. 4.7: Verteilung der Softwarefunktionen in der AVVA

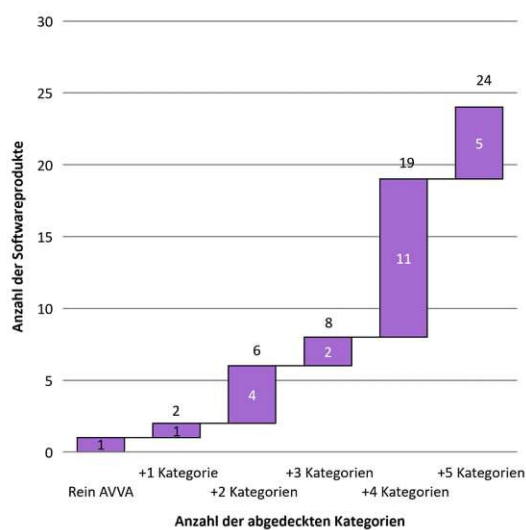


Abb. 4.8: Abgedeckte Kategorien je Software - AVVA

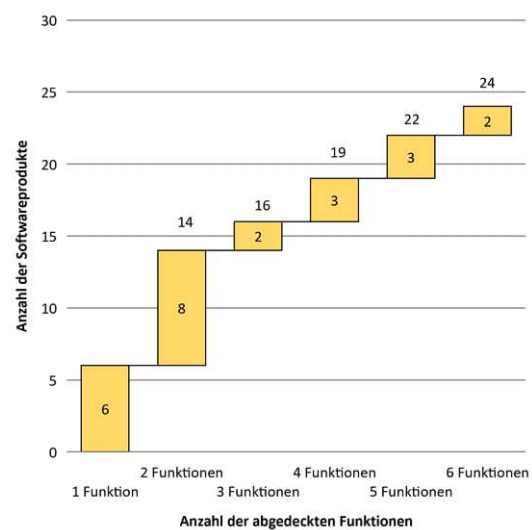


Abb. 4.9: Abgedeckte Funktionen je Software - AVVA

Terminmanagement

Abb. 4.10 zeigt, dass die Bauzeitplanung und Überwachung im Fokus dieser Kategorie steht und das klassische Terminmanagement mit Gantt Diagrammen weit verbreitet ist. Dies liegt zum einen darin, dass die Bauzeitüberwachung beim Lean Construction Management und der Taktplanung im Fokus steht. Zum anderen in der Bewertung der von Abb. 4.11 und Abb. 4.12,

welche veranschaulichen, dass kein einziges Programm nur Funktionen des Terminmanagements übernimmt und die Bauzeitplanung und Überwachung bei verschiedensten Softwares angeboten werden. Darunter unter anderem die häufige Implementierung des Terminmanagements bei Programmen der Projektorganisation. BIM-fähige Programme sind mit der Funktion des 4D-BIM gut verfügbar.

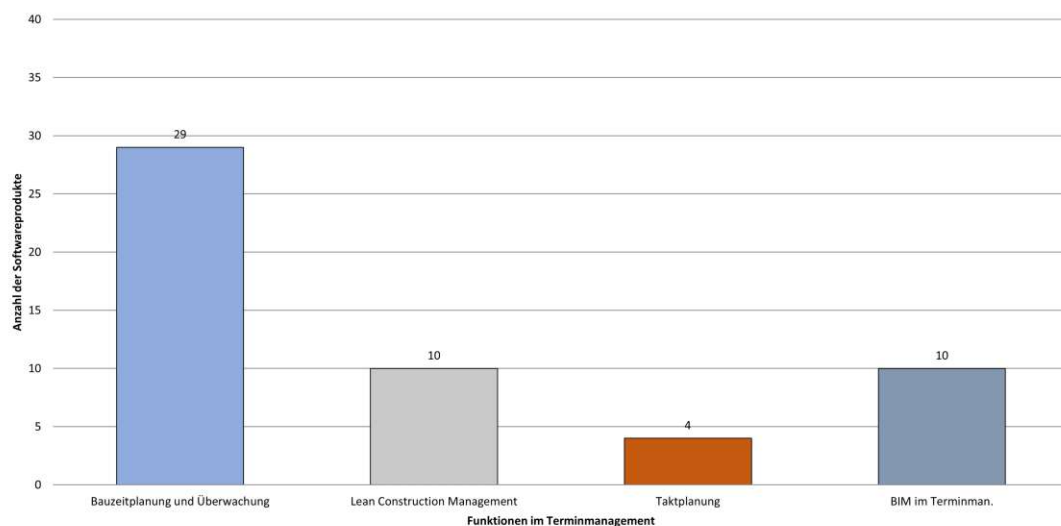


Abb. 4.10: Verteilung der Softwarefunktionen im Terminmanagement

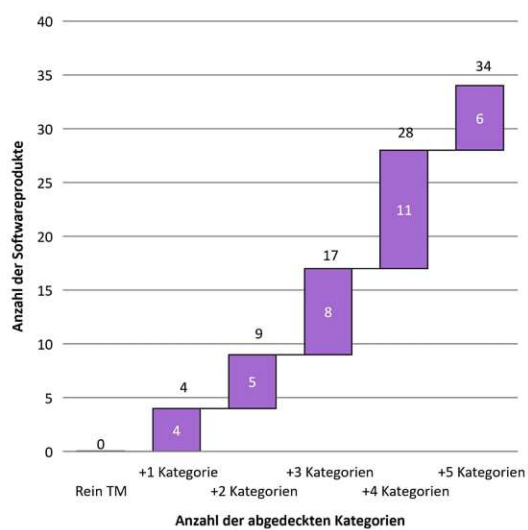


Abb. 4.11: Abgedeckte Kategorien je Software - Terminmanagement

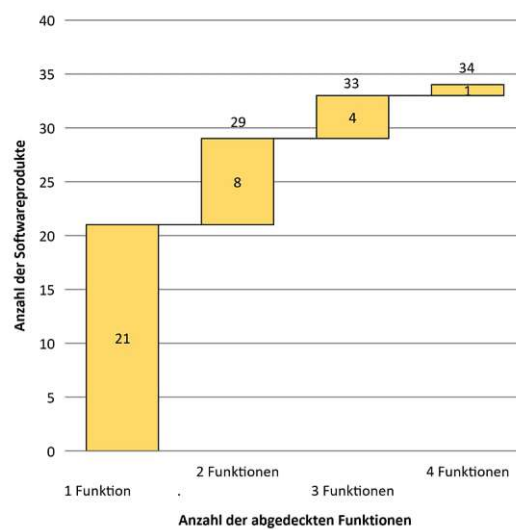


Abb. 4.12: Abgedeckte Funktionen je Software - Terminmanagement

Kostenmanagement

In der Kategorie des Kostenmanagements liegt vor allem das Controlling im Fokus, was in Abb. 4.13 ersichtlich ist. Wobei durch die Analyse von Abb. 4.14 und Abb. 4.15 auffällt, dass weniger als ein Viertel der Programme den Großteil der Funktionen abdeckt und eine große Überschneidung zu anderen Kategorien gegeben ist. Bei genauerer Betrachtung der Funktionsübersicht

wird klar, dass die Funktionen des Kostenmanagements häufig bei Softwareprodukten mit einem umfangreichen Spektrum und Aufgabenbereich angeboten werden. Darunter unter anderem bei Programmen der Projektorganisation und AVVA Programme. Dabei geht aus Abb. 4.15 hervor, dass dabei nahezu die Hälfte der Softwareprodukte lediglich Funktionen übernehmen. Die BIM-Fähigkeit ist im Verhältnis gut vertreten, wobei großteils die Möglichkeit für 5D-BIM beinhaltet ist.

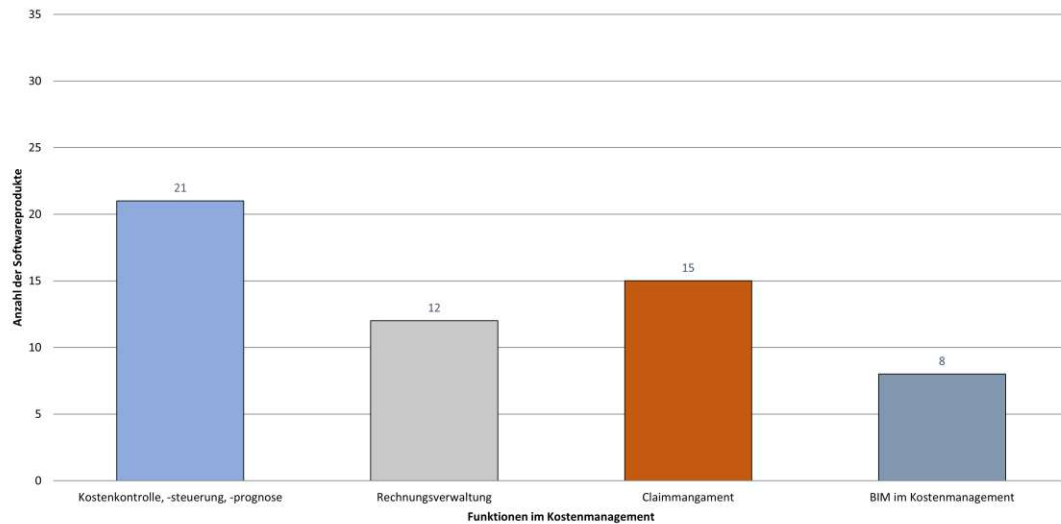


Abb. 4.13: Verteilung der Softwarefunktionen im Kostenmanagement

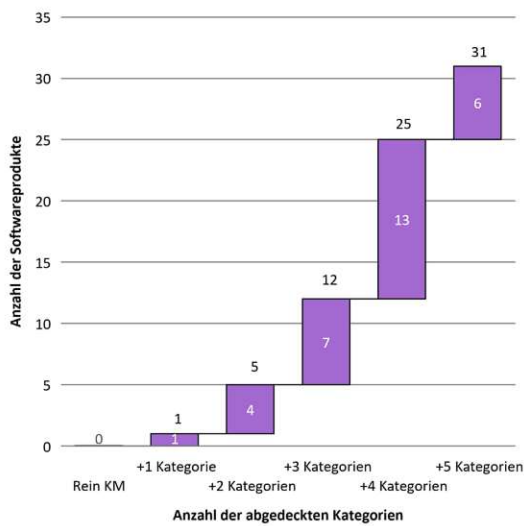


Abb. 4.14: Abgedeckte Kategorien je Software - Kostenmanagement

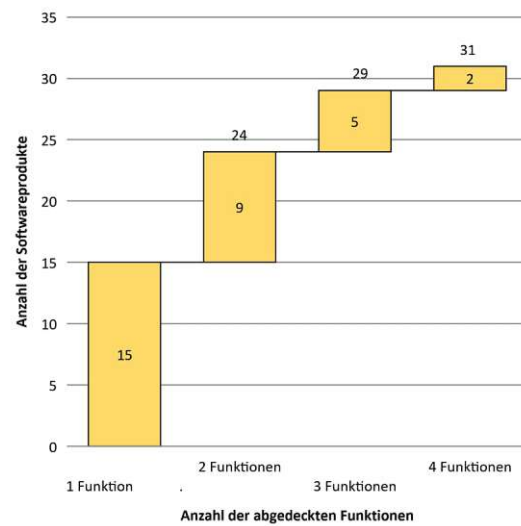


Abb. 4.15: Abgedeckte Funktionen je Software - Kostenmanagement

Qualitätsmanagement

Im Zentrum des Qualitätsmanagements liegt, wie in Abb. 4.16 ersichtlich, die Dokumentation. Durch eine Verknüpfung mit Abb. 4.14 und einer Analyse der Funktionsübersicht ist klar, dass keine Software lediglich das QM abdeckt. Vielmehr erfordern die Aufgabenbereiche der lückenlosen

und nachvollziehbaren Dokumentation eine Verknüpfung der Kategorien. Dies ist unter anderem bei der Verknüpfung mit der Projektorganisation oder dem Kosten- und Terminmanagement ersichtlich. Bei Berücksichtigung dieses Aspekts zeigt Abb. 4.18, dass die Funktionen des Qualitätsmanagements ansonsten gleichmäßig verteilt sind und häufig gesamtheitlich gedeckt sind. Die Fähigkeit von BIM ist beim QM gut vertreten, wobei die Verknüpfung von Dokumentation und Mängelmanagement mit dem BIM-Modell sowie die BIM-Kollisionsprüfung im Fokus steht.

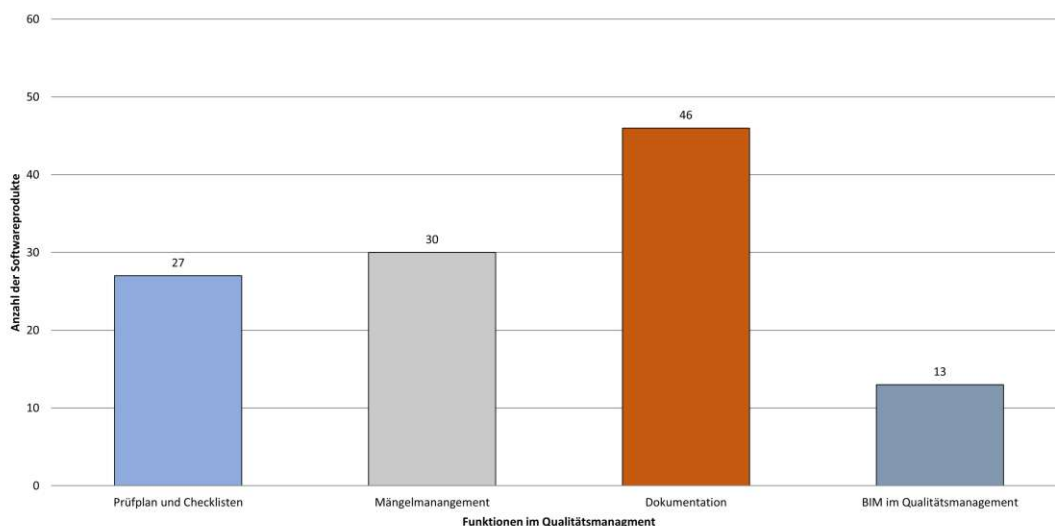


Abb. 4.16: Verteilung der Softwarefunktionen im Qualitätsmanagement

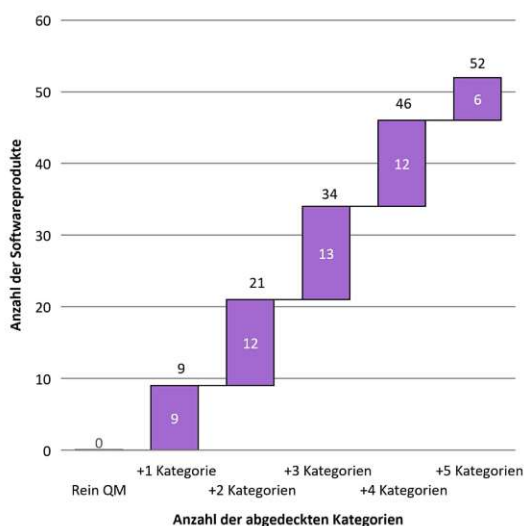


Abb. 4.17: Abgedeckte Kategorien je Software - Qualitätsmanagement

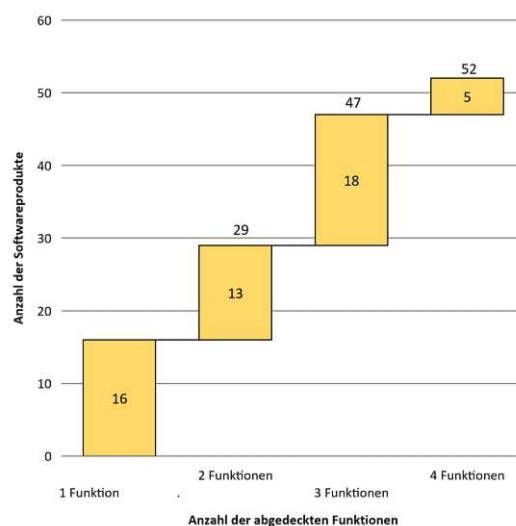


Abb. 4.18: Abgedeckte Funktionen je Software - Qualitätsmanagement

Ressourcenmanagement

In der Kategorie des Ressourcenmanagements zeigt Abb. 4.19, dass die Funktion des Personalmanagements stark vertreten ist. Darunter vor allem die Möglichkeiten der Zeiterfassung oder Ablage von Personaldokumenten. In Abb. 4.21 ist ersichtlich, dass die Mehrheit der Softwareprodukte

lediglich eine einzige Funktion anbietet, wodurch eine starke Verknüpfung mit anderen Kategorien zu Stande kommt, welche Abb. 4.20 zeigt. Der Funktionsumfang des Ressourcenmanagements wird oftmals als Zusatzfunktion anderer Kategorien angeboten und hat – beispielsweise durch die Zeiterfassung – Überschneidungen mit dem Berichtswesen und Monitoring sowie der Abrechnung oder dem Controlling. Softwareprodukte für 6D-BIM werden bereits angeboten, jedoch wurde lediglich ein dezidiertes Programm hierfür gefunden, ansonsten steht die Ressourcenoptimierung und Materialplanung durch die Anwendung von BIM-Modellen im Fokus.

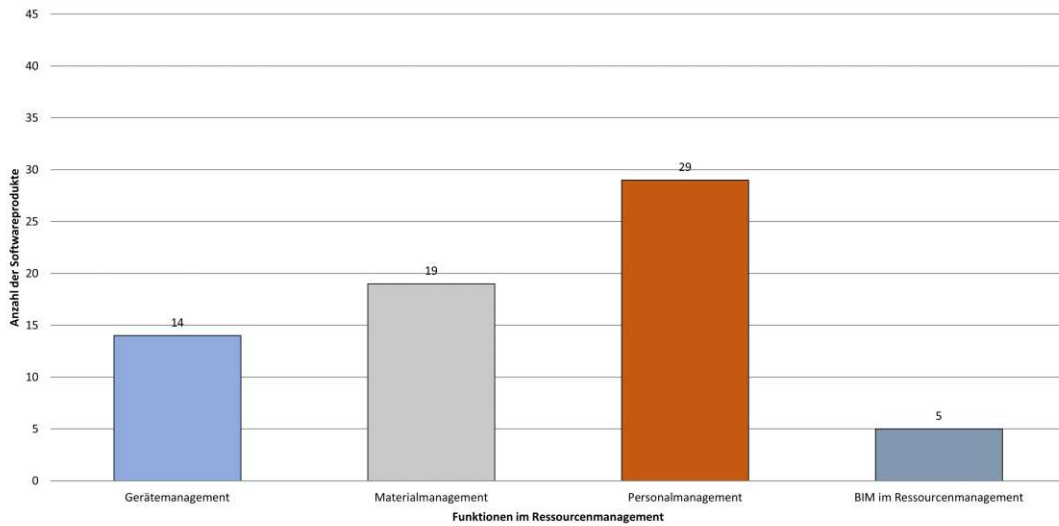


Abb. 4.19: Verteilung der Softwarefunktionen im Ressourcenmanagement

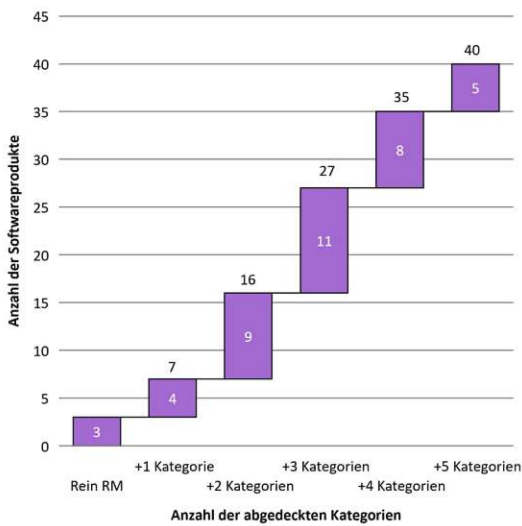


Abb. 4.20: Abgedeckte Kategorien je Software - Ressourcenmanagement

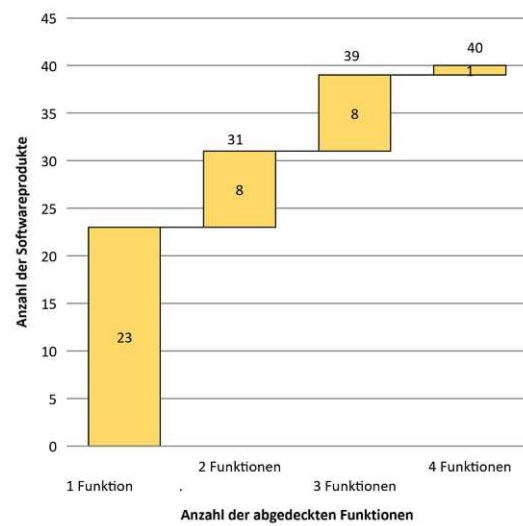


Abb. 4.21: Abgedeckte Funktionen je Software - Ressourcenmanagement

4.4 Zusammenfassung

Auf Basis einer detaillierten Produktrecherche sowie der in Kapitel 3 definierten Kategorien gelang die Einordnung von achtzig Softwareprodukten. Diese wurden in zwei Übersichten dargestellt, die Funktionen kompakt beschrieben und den Kategorien zugewiesen, sodass die abgedeckten Aufgabenbereiche ersichtlich wurden. Auf Grundlage der Funktionsübersicht wurden quantitative Auswertungen der derzeit am Markt abgedeckten Aufgabenbereiche vorgenommen. Die Forschungsfrage 2 „Welche Aufgabenbereiche des Bauprojektmanagements sind durch derzeit verfügbare Softwarelösungen abgedeckt?“ wurde damit beantwortet. Die Analyse ergab, dass nach dem derzeitigen Stand vor allem die Aufgabenbereiche der Projektorganisation und der Qualitätssicherung weit verbreitet sind. Aufgrund der Vielzahl an Überschneidungen zwischen den Kategorien ist jedoch eine übergeordnete Betrachtung sinnvoll. Erst eine individuelle Abstimmung auf den jeweiligen Nutzer wird eine Steigerung der Wertschöpfung unter Zuhilfenahme von digitalen Anwendungen erzielen.

Neben der Auswertung der Kategorien und Aufgabenbereiche wurden die BIM-Fähigkeiten analysiert. Die Implementierung von BIM ist bereits bei einigen Softwareprodukten enthalten, darunter vor allem Funktionen des BIM-Viewers, 4D-, 5D-BIM und BIM im Qualitätsmanagements. Eine Überschneidung der BIM-Funktionen ist zum Teil erkennbar, jedoch werden lediglich ein oder zwei Aufgabenbereiche abgedeckt.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kapitel 5

Zukunftsrolle ÖBA

Im zweiten Teil der Arbeit gilt es, die Auswirkungen der digitalen Bauprojektentwicklung auf das Rollenbild der ÖBA zu analysieren. Die örtliche Bauaufsicht übernimmt die örtliche Vertretung der Interessen des Bauherrn und ist der erste Ansprechpartner für ausführende Firmen. Sie überwacht vor Ort die vertragsgemäße Herstellung des Bauwerks durch die Koordination und Prüfung von Kosten, Terminen und Qualitäten. Dabei übt sie auf der Baustelle das Hausrecht aus und ist in den Projektphasen der Ausführungsvorbereitung, der Ausführung und des Projektabschlusses beteiligt [20, 184].

Um auf die Auswirkungen der digitalen Bauprojektentwicklung eingehen zu können gilt es, die derzeit bestehenden Anwendungsfälle, Aufgabenbereiche und Regelungen zu beschreiben. Darauf aufbauend wird ein Ausblick auf die Zukunftsrolle der örtlichen Bauaufsicht ermöglicht.

5.1 Die örtliche Bauaufsicht

Die grundlegenden Aufgabenbereiche umfassen die Bauüberwachung und Koordination vor Ort, die Kosten-, Termin- und Qualitätsprüfung, die Übernahme des Werks, die Abnahme von Leistungen, die Mängelfeststellung und -bearbeitung sowie die Dokumentation. Die Leistungen können in der Ausführungsvorbereitung durch die Herstellung der Ausschreibung beginnen und mit dem Projektabschluss durch die Beteiligung an der Begehung zum Ende der Gewährleistung enden [20].

Die ÖBA wird vom Bauherrn beauftragt und ist ihm beziehungsweise dem Projektleiter unterstellt. Dabei arbeitet die ÖBA eng mit dem Projektleiter zusammen, um einen lückenlosen Informationsfluss zu gewährleisten. In der Projektorganisation ist die ÖBA der Informationsmittelpunkt und Ansprechpartner unter anderem für BauKG, Fachplaner, GP, Behörden und den AN. In Abb. 5.1 wird der Informationsmittelpunkt veranschaulicht. Die ÖBA ist dabei nicht der AG und direkte Vertragspartner der Beteiligten, sondern der erste Ansprechpartner, Vertreter der Bauherreninteressen und Puffer sowie Bindeglied zwischen AN und AG. Die Kommunikation erfolgt zwischen der ÖBA und dem AN sowie zwischen dem AG und der ÖBA [185, Kap. 1.2].

Das genaue Leistungsbild einer ÖBA wird unterschiedlich definiert und ist vertraglich zu vereinbaren. Es ist zwischen dem Leistungsbild für Baumeister und dem für Ziviltechniker zu unterscheiden.

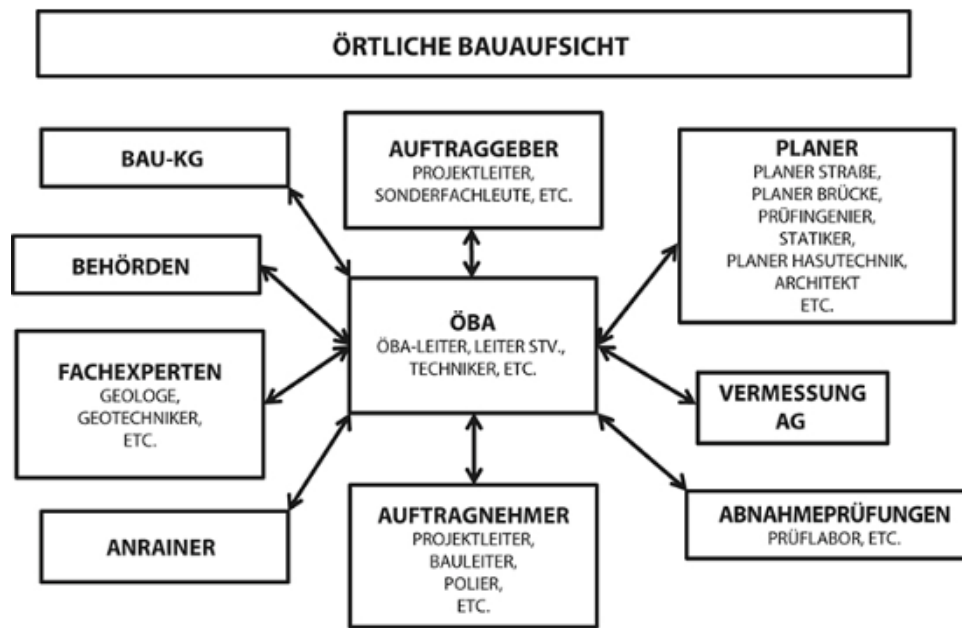


Abb. 5.1: ÖBA in der Projektorganisation [185, Kap. 1.2.3]

5.1.1 Leistungsbilder der ÖBA

Grundsätzlich sind Ziviltechniker und Baumeister befugt, die Rolle der örtlichen Bauaufsicht zu übernehmen. Die Gewerbeordnung (GewO) befugt den Baumeister zur Durchführung der Bauaufsicht [186, §99, Abs 1, Z2], das Ziviltechnikergesetz den Ziviltechniker [187, §3, Abs 1, Z1]. Ein Sonderfall gilt für Ingenieurbüros. Diese sind gemäß GewO für die Ausarbeitung, Leitung und Überwachung von Projekten befugt, jedoch nicht für Fachgebiete, die dem Baumeister unterliegen [186, §134, Abs 3].

Von den jeweiligen Interessensvertretern werden Leistungsbilder beschrieben und veröffentlicht. Diese sind voneinander zu unterscheiden und dienen neben der Definition von Leistungen als Grundlage zur Kostenermittlung des Honorars.

Leistungsbild der Bundesinnung Bau - Baumeister

Das Leistungsbild der Baumeister wird im *Leitfaden zur Kostenabschätzung von Planungs- und Projektmanagementleistungen, Band 3 Örtliche Bauaufsicht* [20] beschrieben und von der Bundesinnung Bau veröffentlicht. Der Leitfaden beschreibt das Leistungsbild tabellarisch anhand der Spalten „Grundleistungen“, „Optionalen Leistungen“ und „Kommentar“ im Zuge der nachfolgenden Gliederung:

1. Bauüberwachung und Koordination
2. Termin- und Kostenverfolgung
3. Qualitätskontrolle
4. Rechnungsprüfung
5. Bearbeitung von Mehr- und Minderkostenforderungen

6. Übernahme und Abnahmen
7. Mängelfeststellung und -bearbeitung
8. Dokumentation
9. Sonstige Teilleistungen

Die optionalen Leistungen erwähnen dabei neben der Festhaltung von Mehrleistungen die Digitalisierung und decken Leistungsfelder in Bezug auf BIM ab.

Aufbauend auf die Leistungsgruppen kann ein Leistungsverzeichnis erstellt werden und eine Kostenabschätzung erfolgen. Die Kalkulation des Honorars erfolgt mit einem Stundensatz, einer Analyse des Leistungsumfanges und des Terminplans, der Analyse der Art und Komplexität der Leistung, des Bauwerks und des Umfeldes sowie der Abschätzung des Personalaufwands [20].

Leistungsbild der Bundeskammer für Ziviltechniker:innen

Das Leistungsbild der Ziviltechniker wird von der Bundeskammer für Ziviltechniker:innen durch die *Honorar Information Architektur* [21] beziehungsweise in der aufgehobenen *Honorarordnung für Architekten* (HOA) [184] beschrieben.

Die HIA beschreibt in „Modul 1 - Leistungskatalog“ die Leistungen der ÖBA unter der Leistungsgruppe „10 Objektplanung und Innenraumgestaltung“ anhand der Unterleistungsgruppen „10.70 Ausführungsphase, Örtliche Bauaufsicht“ bis „10.76 Projektdokumentation“.

Die HOA wurde nach Aufforderung der Bundeswettbewerbsbehörde aufgrund eines Konflikts mit dem Kartellrecht in Bezug auf die Honorarberechnung aufgehoben [21]. Sie kann jedoch in Bezug auf das Leistungsbild vertraglich vereinbart werden und beschreibt die Leistungen sowie die Mehrleistungen unter Abschnitt A in „§4, Örtliche Bauaufsicht“ und „§5, Mehrleistungen“ [184].

Die Honorarberechnung durch die HIA erfolgt anhand des „Modul 2 - Abschätzung des Zeitaufwandes“ und „Modul 3 - Stundensatzermittlung“. Für die Abschätzung des Zeitaufwandes wurden im Zuge der Erstellung der HIA anhand eines Forschungsprojekts die Aufwände im Bezug zur Bruttogeschoßfläche und Nutzung unterschiedlichster Bauprojekte analysiert und mit Grafiken veranschaulicht. Für die ÖBA werden die Grafiken Einfamilienhaus, Bürobau und Wohnbau angeführt. Die Stundensatzermittlung kann unter der Zuhilfenahme einer von der Bundeskammer zur Verfügung gestellten Berechnungstabelle erfolgen. Hierbei werden Bruttolohnkosten, Jahresanwesenheitsstunden, verrechenbare Stunden und Zuschläge eingegeben, um auf den Preis einer Mitarbeiterstunde zu kommen.

Weiters beschreiben die Leistungsmodelle und Vergütungsmodelle (LM.VM) [188] der TU Graz und Lechner die einzelnen Leistungsbilder. Die LM.VM sind gemäß den Projektrollen gegliedert, wie beispielsweise Projektleitung, Projektsteuerung, begleitende Kontrolle, BauKG oder GP, wobei die ÖBA unter dem Leistungsmodell Objektplanung-Architektur [22] als Leistungsphase (LPH) 8, „örtliche Bauaufsicht und Dokumentation“ zu finden ist. Ein Großteil des Leistungsbildes findet Erwähnung in der HIA oder dem Leitfaden der Bundesinnung Bau. Hervorzuheben ist die Anführung des Lean Construction Managements als „besondere Organisation der Bauabwicklung“. Zur Berechnung des Honorars ist das Vergütungsmodell Objektplanung-Architektur (VM.OA) [189] heranzuziehen. Dabei werden vier Berechnungswege angeführt. Die Berechnung über die Referenzkosten, über die Herstellkosten, durch das Abschätzen zeitbezogener Aufwände oder nach

objekttypischen Aufwandswerten. Anhand einer Bewertungsmatrix wird das Anforderungsprofil des Projekts bewertet und Bewertungspunkte errechnet. Die Bemessungsgrundlage in Verbindung mit den Bewertungspunkten ergeben die Summe des Honorars, welches entsprechend der LPH aufzuteilen ist. Für die örtliche Bauaufsicht werden in der Regel 37% des Honorars angewandt [22, 189].

5.1.2 Personelle Anforderungen

Der Kompetenzbereich einer ÖBA ist umfangreich und komplex so wie die personellen Anforderungen. Eine örtliche Bauaufsicht benötigt fachliches Know-How im technischen, bauablauftechnischen und bauwirtschaftlichen Sinne. Zusätzlich wird soziale Kompetenz vorausgesetzt. Die ÖBA soll in der Lage sein, bei technischen Diskussionen mit den unterschiedlichsten Beteiligten mitreden zu können und die Zusammenhänge zu verstehen [185, Kap. 1.4].

Im technischen Sinne gilt es Mängel, Schäden und Ausführungsfehler frühzeitig zu erkennen, um Folgeschäden zu unterbinden. Dazu wird vorausgesetzt, dass die ÖBA über Wissen zu aktuellen Normen, Richtlinien und Gesetzen verfügt. Um Abweichungen vom Terminplan frühzeitig erkennen und gegensteuern zu können, ist bauablauftechnisches Wissen erforderlich. Es gilt, Bauablaufstörungen und Missstände aufzudecken, um einen Beitrag zur organisierten und störungsfreien Bauausführung zu leisten. Die Hauptexpertise ist im Bereich der Bauwirtschaft gefragt. Ziel ist es, mit den knappen Ressourcen Zeit und Geld ein Bauprojekt effizient zu verwirklichen. Dazu ist Wissen zu Bauverträgen unumgänglich, vor allem zum jeweils gegenständlichen Bauvertrag. Fragen zur Vertragsabwicklung sind zu klären, Mehr- und Minderkostenforderungen, Rechnungen, Zahlungspläne sind zu erstellen und zu prüfen [185, Kap. 1.4].

Soziale und organisatorische Fähigkeiten werden vorausgesetzt. Eine ÖBA soll in der Lage sein, dem Gegenüber zuzuhören, seine Interessen zu kennen und zu verstehen sowie zwischen den Beteiligten zu vermitteln und kooperative Lösungswege zu finden. Es gilt, Vertrauen und Motivation im Projektteam aufzubauen, um eine kooperative Projektabwicklung zu ermöglichen [185, Kap. 1.4, 5.3].

5.2 Anwendungsfälle einer ÖBA und deren Änderung

Die derzeitigen Anwendungsfälle und Aufgabenbereiche sind die Grundlage zur weiteren Analyse des zukünftigen Rollenbildes. Das umfangreiche Leistungsbild einer ÖBA wird in Bezug auf die in Kapitel 3 geschaffene Kategorisierung betrachtet, um die Veränderung des Rollenbildes je Kategorie zu analysieren. Dazu wird jeweils die aktuelle Situation erläutert und darauf aufbauend die Änderungen aufgrund der Anwendung einer Softwarelösung beschrieben.

5.2.1 Projektorganisation

In Bezug auf die Projektorganisation sehen die Leistungsbilder und Normen grundlegend die Führung eines Baubuchs, die Unterfertigung der Bautagesberichte, die Besprechungsabwicklung und Protokollierung sowie die Überprüfung und Verteilung von Vorschriften, Plänen und Unterlagen vor [20, 21]. Die Digitalisierungspotentiale dieser Anwendungsfälle wurden in Abschnitt 3.1 unter den Schlagwörtern Dokumenten-, Plan- und Work-Flow Management sowie

dem Berichtswesen und Monitoring erläutert. Die Softwarelösungen ermöglichen eine grundlegende Digitalisierung und Vereinfachung der Prozesse. Durch die Implementierungen gelingt es, nachvollziehbare und vollständig dokumentierte Arbeitsprozesse abzuwickeln.

Hierbei ist festzuhalten, dass durch die Recherchen keine Änderung des Aufgabengebiets, sondern lediglich des Aufgabenabwicklungsprozesses erkennbar ist. Die ÖBA kann jedoch, analog dem Informationsmittelpunkt aus Abb. 5.1, durch die zunehmende Implementierung von Softwarelösungen zum organisatorischen Mittelpunkt und Verwalter von CDE-Plattformen und der Aufgabenverwaltung werden.

Das unter Abschnitt 3.1.8 beschriebene Aufgabenfeld in Bezug auf BIM in der Projektorganisation wird im Leitfaden der Bundesinnung Bau [20] als optionale Leistung erläutert. Durch die zunehmende Anwendung von BIM werden die Aufgaben der Organisation, Koordination und Kontrolle neben den Softwarelösungen in die BIM-Sphären rutschen. Die ÖBA wird im BPA genauso wie in der BIM-Kollaborationsplattform eine zentrale Rolle einnehmen. Dies ist unter anderem dem Leistungsbild von building SMART Austria [190] entnehmbar. Diese sehen die allgemeinen Leistungen der ÖBA im technischen Aufbau sowie der Umsetzung und Prüfung des BPA.

5.2.2 AVVA - Ausschreibung, Vergabe, Vertrag, Abrechnung

AVVA ist ein zentraler Bestandteil des Leistungsbildes der ÖBA. Sie erstellt Ausschreibungen, Vergabe- und Vertragsunterlagen. Sie ist beim Vergabeprozess beteiligt und überwacht die Einhaltung des Bauvertrags laufend. Des Weiteren überprüft sie das Aufmaß der ausführenden Firmen sowie die Zuordnung zu Leistungspositionen und übernimmt die Kontrolle und Freigabe von Rechnungen [20, 21].

Die Erstellung der Ausschreibung sowie die Korrektur und Freigabe der Abrechnung erfolgt bereits digital durch die Anwendung von AVA-Programmen. Hierbei sind über die ÖNORM A 2063-1 anzuwendende Schnittstellen definiert, welche in den Programmen implementiert sind. Digitalisierungspotentiale sind für den Versand und die Bekanntmachung der Ausschreibung genauso wie in der Abwicklung der Vergabe und Vertragsverwaltung erkennbar und werden in Abschnitt 3.2 beschrieben. Ausgenommen der Anwendung von BIM-Modellen und der diesbezüglichen Erweiterung des Leistungsbildes ist keine Änderung der Anwendungsfälle erkennbar. Das Leistungsbild bleibt ident, es wird jedoch in eine digitale Arbeitsumgebung verlagert. Der Leitfaden der Bundesinnung Bau [20] sieht unter dem Punkt Rechnungsprüfung die optionalen Leistungen für BIM vor. Hierbei steht die modellbasierte Aufmaßermittlung, Leistungsfeststellung und Abrechnungskontrolle im Fokus. Die LM.OA.BIM beschreibt die digitale Leistungsfeststellung und das Abrechnungsmodell als Leistungen der ÖBA.

5.2.3 Terminmanagement

Für das Terminmanagement sehen die Leistungsbilder die Erstellung und Überwachung der Einhaltung von Terminplänen für die Gesamtabwicklung des Projekts vor. Ein detaillierter Terminplan wird jedoch von den Ausführenden erstellt. Die ÖBA kann bei der Erstellung mitwirken und überprüft diesen laufend im Zuge eines SOLL-IST-Vergleichs [20, 21].

Zur Erstellung und Überwachung können die in Abschnitt 3.3 beschriebenen Digitalisierungspotentiale angewendet werden, wobei für die Erstellung von Terminplänen, vor allem Gantt-Diagrammen, die Anwendung von Softwarelösungen bereits verbreitet ist. Die grundlegende Aufgabenstellung bleibt beim Terminmanagement bestehen. Im Leistungsbild der Bundesinnung Bau kann das Lean Construction Management analog zum LM.OA erwähnt werden als „besondere Organisation der Bauabwicklung (LCM)“. Neue Anwendungsfälle entstehen lediglich durch die Anwendung von BIM. Hierbei steht die Mitwirkung bei der modellbasierten Terminüberwachung im Mittelpunkt. Der Leitfaden der Bundesinnung Bau [20] sieht dies unter optionalen Leistungen vor, geht jedoch nicht explizit auf die vierte Modellebene (4D-BIM) ein und erwähnt die Bauzeitsimulation nicht. Begründet darin, dass eine örtliche Bauaufsicht bereits in der Ausführungsvorbereitung tätig ist und am Grobterminplan sowie der Festlegung der Ausführungsdauer beteiligt ist, könnte eine Bauzeitsimulation durch die örtliche Bauaufsicht erforderlich werden. Es ergibt sich somit der Anwendungsfall einer Bauzeitsimulation durch die ÖBA unter Zuhilfenahme der Planer. Hierbei wird das Ziel verfolgt, durch die Anwendung einer KI-gestützten Bauzeitsimulation die Baustellenlogistik zu konzeptionieren, um darauf aufbauend die Ausführungsdauer festzulegen. Im LM.OA.BIM ist die Erstellung eines Bauleistungsmodells bereits angeführt.

5.2.4 Kostenmanagement

In Bezug auf das Kostenmanagement stehen die Aufgaben der Kostenfeststellung und Überwachung im Zuge eines SOLL-IST Vergleichs sowie die Prüfung von Mehr- und Minderkosten im Fokus der Leistungsbilder [20, 21]. Die ÖBA hat die Aufgabe, für Kostenwahrheit zu sorgen und die Ausführungskosten zu überblicken.

Durch die Zuhilfenahme der in Abschnitt 3.4 beschriebenen Digitalisierungspotentiale ist keine Änderung des Leistungsbildes ableitbar. Der Abwicklungsprozess kann durch die Anwendung von Softwarelösungen erleichtert werden, lediglich durch die Anwendung von 5D-BIM können neue Anwendungsfälle entstehen. Die Erstellung eines 5D-Modells ermöglicht die Verknüpfung zwischen Modell und Kosten. Vorstellbar ist, dass Planänderungen in der Phase der Ausführungsvorbereitung durch den Planer und die ÖBA monetär bewertet werden, wobei hier die Hauptaufgabe beim Planer liegen würde und die ÖBA lediglich mit ihrem wirtschaftlichen Know-How beiträgt. Derzeit ist die Mitwirkung bei der modellbasierten Kostenfeststellung laut BPA und das modellbasierte Nachtragsmanagement im Leitfaden der Bundesinnung Bau [20] angeführt. Im LM.OA.BIM [191] ist die digitale, modellbasierte Leistungs- und die Kostenfeststellung erwähnt. Eine explizite Erwähnung der 5D-BIM-Dimension fehlt jedoch.

5.2.5 Qualitätsmanagement

Das QM ist eine der Kernaufgaben und umfangreich in den Leistungsbildern definiert. Hierbei werden Qualitäts- und Maßkontrollen, die Dokumentation und Kontrolle der Ausführung durch Prüflisten und Prüfpläne sowie die Übernahme des Werks und das Mängelmanagement angeführt. Die ÖBA nimmt Leistungen ab und überprüft die Bauausführung laufend auf die Übereinstimmung mit Gesetzen, Vorschriften, Plänen und Leistungsverzeichnissen [20, 21, 184].

Die Anwendung der in Abschnitt 3.5 erwähnten Digitalisierungspotentiale kann die Arbeitsprozesse erleichtern. Neben den Vorteilen der schnelleren Abwicklung ist die Nachvollziehbarkeit

und zentrale Dokumentation durch die Implementierung von Softwarelösungen zu erwähnen. Im Bereich des Mängelmanagements sind Programme bereits verbreitet in Anwendung. Neue Anwendungsfälle sind dadurch jedoch nicht erkennbar, die Aufgabengebiete bleiben bestehen. BIM-Anwendungsfälle finden im Leitfaden der Bundesinnung Bau [20] sowie im LM.OA.BIM [191] Erwähnung. Darunter die Erstellung modellbasierter Überprüfungsprotokolle, das modellbasierte Abnahmemanagement und die modellbasierte Dokumentation sowie das modellbasierte Mängelmanagement [20, 191].

5.2.6 Ressourcenmanagement

Das Ressourcenmanagement als allgemeiner Begriff wird in den Leistungsbildern nicht erwähnt. Die HIA [21] beschreibt unter Punkt 3 - Projektsteuerung die Ressourcenplanung im gleichen Zug wie die Terminplanung. Das untergeordnete Personalmanagement im Sinne der Kontrolle von Arbeitsberechtigungen ist jedoch in allen Leistungsbildern enthalten. Diese Aufgabe kann durch die Implementierung der in Abschnitt 3.6.3 beschriebenen Softwarelösungen erleichtert werden. Das Leistungsbild bleibt jedoch unverändert, wobei zu erwähnen ist, dass eine ÖBA lediglich die vom AG direkt beauftragten Unternehmen zu prüfen hat, jedoch nicht die Subunternehmer eines Generalunternehmers. Die weiter unter Abschnitt 3.6 beschriebenen Begriffe des Material- und Gerätemanagements liegen nicht im explizierten Leistungsumfang einer ÖBA. Von der ÖBA Ressourcen im Allgemeinen effizient einzusetzen, um eine wirtschaftliche Bauprojektentwicklung bereits ab der Ausführungsvorbereitung zu ermöglichen. Im Leistungsbild ist dies unter anderem mit einer Kapazitätsplanung abgedeckt.

Im Bereich des 6D-BIM ist das Leistungsbild der ÖBA zu ergänzen. Im Termin-, Qualitäts- und Kostenmanagement wird die örtliche Bauaufsicht in die Prozesse der modellbasierten Planung, Erstellung und Überwachung mit eingebunden. Die gesellschaftliche Entwicklung, die Klimakrise und die aktuellen Forschungsprojekte lassen darauf schließen, dass das Ressourcenmanagement in Zukunft eine zentrale Rolle einnehmen wird, weshalb es nicht außer Acht zu lassen ist. Die Erwähnung eines neuen Anwendungsfalles bezüglich der Mitwirkung bei einem modellbasierten Ressourcenmanagement, vor allem in Bezug auf die Nachhaltigkeit und die lebenszyklusorientierte, materielle Zusammensetzung des Gebäudes im Zuge der sechsten BIM-Dimension ist erstrebenswert.

5.2.7 Besondere Technologien

Die besonderen Technologien aus dem Abschnitt 3.7 verändern das Leistungsbild der ÖBA nicht. Durch die Implementierung der erwähnten Soft- und Hardwarelösungen kann jedoch die Arbeitsweise verändert und erleichtert werden. Funktionen bezüglich der Vermessung, der digitalen Bewehrungsabnahme, der Automatisierung, der Mixed Realities und der 360 Grad Kamera sind dafür gedacht, die Arbeitsvorgänge zu unterstützen und die Personalaufwände zu verringern. Eine örtliche Bauaufsicht kann unter dessen Zuhilfenahme ihre Aufgaben umfangreicher und genauer abwickeln und dokumentieren.

5.3 Zukunftsrolle ÖBA

Die Zukunftsrolle der örtlichen Bauaufsicht in der digitalen Bauprojektentwicklung ist auf Basis der neuen Anwendungsfälle und der Implementierung von Softwarelösungen zu betrachten. Hierzu

ist eine Analyse bezüglich der Änderung des Leistungsbildes und der personellen Anforderungen erforderlich. Es gilt die erforderlichen Veränderungen zu definieren und eine Vorschau in die Zukunft zu wagen. Die anhand der geschaffenen Kategorisierung betrachteten Änderungen der Anwendungsfälle aus Abschnitt 5.2, zeigen die erwartbaren, zukünftigen Veränderungen. Hierbei ist jedoch erkennbar, dass die reine Implementierung von Softwarelösungen keinen Anlass zur Änderung des Leistungsbildes erzeugt. Die Kompetenzen der örtlichen Bauaufsicht bleiben genauso wie die Kernaufgaben zur Einhaltung der Kosten, Termine und Qualitäten im Rollenbild unverändert. Eine Veränderung ist jedoch im Zusammenhang mit BIM und auf personeller Ebene erkennbar.

5.3.1 BIM-ÖBA

BIM ist im Vormarsch und in den Leistungsbildern der ÖBA enthalten. Die Bundesinnung Bau [20] erwähnt die Leistungen als optionale Leistungen und die Leistungsmodelle [188] der TU Graz und Lechner erhielten eine BIM-Erweiterung. Die Bundeskammer der Ziviltchniker:innen, die Bundesinnung Bau und der Fachverband Ingenieurbüros veröffentlichten gemeinsam das *BIM Handbuch 2022* [192]. Darin werden die Grundlagen der Entwicklung und richtigen Modellierung, dem Einsatz von BIM-Software sowie dem Datenaustausch, der Zusammenarbeit und der Projektorganisation beschrieben. Hierin führen die Autoren den Begriff der „BIM-ÖBA“ ein und kommen zum Ergebnis, dass die Implementierung von BIM keine Auswirkungen auf das zentrale Rollenbild der ÖBA haben wird:

„In den seltensten Fällen wird es sich hier um eine völlig neue Rolle handeln, denn die klassische ÖBA wird wohl in Zukunft auch noch auf eine korrekte Umsetzung der BIM-Ziele auf der Baustelle achten müssen [192, S. 217].“

Die ÖBA überblickt als Vertreter des Bauherrn die BIM-Planung und Bauausführung und übernimmt in Abhängigkeit zum vereinbarten Leistungsbild Aufgaben im BIM-Prozess [192]. Es wird dadurch das Leistungsbild der ÖBA um BIM-spezifische Aufgaben erweitert und gestärkt. Aus diesem Grund sind die Leistungsbilder zu adaptieren und zu vereinheitlichen, um den Leistungsumfang vollständig aufzunehmen.

Bundesinnung Bau

Das Leistungsbild der Bundesinnung Bau [20] deckt bereits einen Großteil der Anwendungsfälle ab. Die Beschreibungen sind allgemein gehalten und erforderlichenfalls vertraglich genauer zu definieren. Die Analyse aus Abschnitt 5.2 zeigt jedoch erforderliche Erweiterungen auf.

Bei der Projektorganisation ist im Leistungsbild, unter „Punkt 1 - Bauüberwachung und Koordination“, der BPA und die hierzu erforderlichen Leistungen des technischen Aufbaus sowie der Umsetzung und Prüfung des Plans anzuführen. Des Weiteren ist der Bezug zu einer BIM-Kollaborationsplattform anzuführen. Die ÖBA nimmt hierbei, angelehnt an den Informationsmittelpunkt aus Abb. 5.1, eine zentrale Rolle ein. Zur Vereinheitlichung sollte das Leistungsbild an jenes der building SMART Austria [190] angeglichen werden.

Im Bereich der AVVA ist die modellbasierte Ausschreibung, Vergabe und Vertragsabwicklung in das Leistungsbild aufzunehmen. Die Definition könnte unter „Punkt 9 - sonstige Teilleistungen“ angeführt werden, unter welchem derzeit die Ausschreibungserstellung zu finden ist.

Beim Termin-, Kosten- und Ressourcenmanagement ist die explizite Erwähnung der BIM-Dimensionen anzustreben. Hierbei kann eine Verknüpfung zwischen der Definition der Dimensionen und dem Leistungsbild hergestellt werden. Im Fall des BIM-Terminmanagements beziehungsweise des 4D-BIM kann die Bauzeitsimulation in das Leistungsbild aufgenommen werden. Die ÖBA ist in der Ausführungsvorbereitung am Grobterminplan sowie der Festlegung der Ausführungsdauer mitbeteiligt und kann durch die Anwendung einer KI-gestützten Bauzeitsimulation ein Baustellenlogistikkonzept erstellen und die Ausführungsdauer festlegen. Im Bereich des Ressourcenmanagements ist 6D-BIM derzeit Bestandteil diverser Forschungsprojekte. Die Erwähnung bezüglich der Mitwirkung eines modellbasierten Ressourcenmanagements ist in Bezug auf die Nachhaltigkeit, den Klimawandel und die lebenszyklusorientierte, materielle Zusammensetzung des Gebäudes empfehlenswert.

Bundeskammer der Ziviltechniker:innen

In der HIA findet BIM keine Erwähnung. Das BIM-Leistungsbild wird in der BIM-Erweiterung der Leistungsmodelle der TU Graz angeführt, für die ÖBA im LM.OA.BIMM [191]. Hierbei ist unter anderem das Abrechnungsmodell, die digitale Leistungs- und Kostenfeststellung sowie die digitale Erfassung des Baufortschritts angeführt. Das Leistungsbild ist jedoch angelehnt an jenes der Bundesinnung Bau [20] sowie dem *BIM Handbuch 2022* [192] und dem Leistungsbild der buidling SMART Austria [190] zu erweitern und zu vereinheitlichen. Eine Spezifizierung der BIM-Leistungen, der BIM-Dimensionen und eine Erwähnung der in Abschnitt 5.2 beschriebenen Anwendungsfälle ist erstrebenswert.

5.3.2 Änderung des personellen Anforderungsprofils

Aufgrund der Erkenntnis, dass weniger das Leistungsbild und mehr die Abwicklungsart im Wandel steht, sind Veränderungen bezüglich des personellen Anforderungsprofils nicht außer Acht zu lassen. Neben den in Abschnitt 5.1.2 beschriebenen bautechnischen und sozialen Kompetenzen sind es digitalen Fähigkeiten, sogenannte „digital skills“, welche an Bedeutung gewinnen [193, S. 591-594]. Für die örtliche Bauaufsicht wird es in Zukunft notwendig sein, mit BIM-Projekten umgehen und digitale Tools anwenden zu können. Bei CDE-Plattformen ist eine organisatorische Verwaltung sowie ein geübter Umgang mit Applikationen am Tablet, am Smartphone oder anhand einer VR-Brille erforderlich.

Das personelle Anforderungsprofil wird um das IT-Grundverständnis und die Anwendungsfähigkeit sowie das grundlegende Verständnis für IT-Systeme und IT-Prozesse erweitert. Dies erfordert Kenntnisse im Umgang, der Verwaltung und der Verwertung von Daten sowie dem Schnittstellenmanagement [194, S. 34-37]. Zusätzlich zu den Mitarbeitern, welche den Umgang mit digitalen Tools beherrschen, wird es jene brauchen, welche den Soft Skill „digital leadership“ mitbringen und die digitale Führungsrolle übernehmen. Die Kompetenz beschreibt dabei den Umgang mit digitalen Tools sowie dem Erkennen von Stärken aufgrund von Digitalisierung und der unternehmerischen Umsetzung [193, S. 591-594]. Jüngere Personen sind meist geübter im Umgang mit neuen Technologien. Für die bestehende und ältere Belegschaft bedeutet die Implementierung von digitalen Anwendungen einen Wandel. Es ist Veränderungs- und Lernbereitschaft erforderlich, um die Dynamik für einen unternehmerischen Vorteil zu nutzen [194].

5.4 Zusammenfassung

Es wurden die Auswirkungen der digitalen Bauabwicklung auf das Rollenbild der ÖBA analysiert. Dazu wurden die Aufgabenbereiche sowie die bestehenden personellen Anforderungen und Leistungsbilder der ÖBA erläutert, wobei zwischen dem Leistungsbild für Baumeister und jenem für Ziviltechniker zu unterscheiden ist. Auf Basis der in Kapitel 3 geschaffenen Kategorisierung wurde das aktuelle Leistungsbild schrittweise beschrieben und Änderungen aufgrund der Anwendung von Softwarelösungen erläutert. Durch die daraus resultierenden neuen Anwendungsfälle konnte die Forschungsfrage 3 „Welche neuen Anwendungsfälle ergeben sich für die ÖBA durch Digitalisierung?“ beantwortet werden.

Es wurde festgestellt, dass abseits des Leistungsbildes eines BIM-Projekts keine neuen Anwendungsfälle entstehen, welche in das Leistungsbild aufzunehmen sind. Es ist der Arbeitsprozess, welcher im Wandel steht, wodurch eine Änderung der personellen Anforderungen impliziert wird. Unter dieser Erkenntnis wurden die beiden Leistungsbilder analysiert und die vierte Forschungsfrage „Wie ändert sich der zukünftige Aufgabenbereich der ÖBA in Bezug auf die Leistungsbilder durch Digitalisierung?“ beantwortet. Die erforderlichen Änderungen des *Leitfadens zur Kostenabschätzung von Planungs- und Projektmanagementleistungen, Band 3 Örtliche Bauaufsicht* [20] in Bezug auf BIM betreffen eine Verknüpfung zwischen dem Leistungsbild und den BIM-Dimensionen sowie der Erwähnung einer modellbasierten Ausschreibung. Bei der Bundeskammer für Ziviltechniker:innen findet BIM in einer Erweiterung des Leistungsmodells Objektplanung-Architektur [22], dem sogenannten LM.OA.BIM [191], Erwähnung. Die im Leistungsbild der ÖBA enthaltenen Leistungen sind jedoch angelehnt die Empfehlungen des Leitfadens der Bundesinnung Bau [20] zu überarbeiten und zu vereinheitlichen. Der Ausblick auf das zukünftige Rollenbild wurde durch die zusätzlich erforderlichen personellen Kompetenzen im Bereich der Digitalisierung ergänzt.

Kapitel 6

Fazit

In diesem Kapitel erfolgt der Abschluss der Forschungsarbeit, indem die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst und die zu Beginn erwähnten Forschungsfragen beantwortet werden. Darauf aufbauend wird ein Ausblick für den weiteren Forschungsbedarf erstellt.

6.1 Zusammenfassung

Die Methodik ist durch eine stufenweise Beantwortung der in der Einleitung erwähnten Forschungsfragen charakterisiert, mit dem Ziel, das Rollenbild einer ÖBA in der digitalen Bauabwicklung zu beschreiben, wobei die Veränderungen durch die Implementierung von Softwarelösungen betrachtet werden.

Um Digitalisierungspotentiale zu erkennen und zu analysieren ist es unerlässlich, die Begriffe der Digitalisierung zu kennen. Als Basis wurden dazu einleitend in Kapitel 2 die allgemeinen zur Anwendung kommenden und für die weitere Arbeit erforderlichen Begriffe der Digitalisierung beschrieben. Darunter das Building Information Modeling mit den Schnittstellen IFC und BCF sowie das Common Data Environment, die künstliche Intelligenz oder das Cloud-Computing.

Mit der Begriffserklärung als Rüstzeug wurden achtzig Softwarelösungen recherchiert, um darauf aufbauend sowie angelehnt an die *ÖNORM B 1801-1: Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 1: Objektterrichtung* [1] eine Kategorisierung des digitalen Bauprojektmanagements zu erstellen. In Kapitel 3 wurden sieben zu unterscheidende Kategorien definiert, in welche die jeweiligen Funktionsumfänge der Softwares unterteilt wurden. Die Merkmale und Grundlagen der einzelnen Kategorien wurden beschrieben und die jeweiligen Arbeitsbereiche und Prozesse der Funktionsumfänge hierarchisch untergeordnet gegliedert und erörtert. Neben der grundlegenden Kategorisierung wurden die dazugehörigen BIM-Funktionen als jeweilige, spezifische Aufgabenbereiche definiert und die unterschiedlichen BIM-Dimensionen beschrieben. Die Kategorien umfassen die Projektorganisation als Grundlage des Projektmanagements, das AVVA, das Termin-, Kosten- und Qualitätsmanagement als zentrales Dreieck des Projektmanagements sowie das Ressourcenmanagement und die hervorzuhebenden Digitalisierungspotentiale anhand besonderer Technologien.

Aufbauend auf die geschaffene Kategorisierung erfolgte die Einteilung der recherchierten Softwarelösungen und die Darstellung anhand zweier Übersichtsmatrizen in Kapitel 4. Hierbei wurden den Softwarelösungen Kategorien und Funktionen zugewiesen, die sie abdecken. Eine Software wurde einer Kategorie zugeordnet sobald eine der Funktionen im Produktumfang enthalten ist, wodurch oftmals unterstützende Softwarelösungen in Kategorien angeführt sind. Die Übersichten gliedern sich in zwei Teile. Der erste Teil umfasst die Produktübersicht, in welcher die untersuchten Softwarelösungen alphabetisch aufgelistet und grundlegenden beschrieben und den Kategorien

zugeordnet werden. Der zweite Teil ist die Funktionsübersicht, welche aufbauend auf die erste Produktübersicht, den detaillierten Funktionsumfang der jeweiligen Software zuordnet. Auf Basis der Zuweisungen gelang eine quantitative Auswertung der Softwarelösungen. Hierbei wurde anhand der beiden Übersichten zwischen den übergeordneten Kategorien und der detaillierten Funktionszuteilung unterschieden. Ausgewertet wurde die Verteilung und die Überschneidungen der Kategorien und Funktionen sowie die BIM-Fähigkeiten der Softwares. Es konnten damit die derzeit vom Markt abgedeckten Aufgabenbereiche herausgefunden sowie die Überschneidungen und Alleinstellungsmerkmale der Softwarelösungen bewertet werden.

Kapitel 5 behandelt die Auswirkungen der digitalen Bauabwicklung aufgrund der Implementierung der untersuchten Softwarelösungen auf das Rollenbild der örtlichen Bauaufsicht. Dazu wurden die Aufgabenbereiche sowie die bestehenden personellen Anforderungen und Leistungsbilder der ÖBA erläutert. Es ist dabei zwischen dem Leistungsbild für Baumeister und jenem für Ziviltechniker zu unterscheiden. Anhand der geschaffenen Kategorisierung wurde der Leistungsumfang einer ÖBA abschnittsweise beschrieben und Änderungen aufgrund der Anwendung von Softwarelösungen erläutert. Es konnte festgestellt werden, dass abseits der Planungs- und Arbeitsmethode mit BIM keine neuen Anwendungsfälle entstehen. Das Rollenbild der ÖBA benötigt daher keine Neudefinition, sondern die Aufgabenbereiche werden verlagert und digitalisiert beziehungsweise um BIM erweitert. Neben dem Rollenbild steht der Arbeitsprozess im Wandel, wodurch eine Änderung der personellen Anforderungen erforderlich wird. Aufgrund der Ergebnisse ist eine Adaptierung und Vereinheitlichung der Leistungsbilder in Bezug auf auf BIM empfehlenswert, indem eine Verknüpfung zwischen dem Leistungsbild und den BIM-Dimensionen geschaffen wird. Das BIM-Leistungsbild der Ziviltechniker sollte angelehnt dem *Leitfaden zur Kostenabschätzung von Planungs- und Projektmanagementleistungen, Band 3 Örtliche Bauaufsicht* [20] und dem *BIM Handbuch 2022* [192] überarbeitet werden.

6.2 Beantwortung der Forschungsfragen

Forschungsfrage 1:

Wie können digitale Lösungen in der Bauausführung kategorisiert werden?

Auf Basis einer detaillierten Produktrecherche von achtzig Softwares sowie angelehnt an die *ÖNORM ISO 21500: Leitlinien Projektmanagement* [24] und die *ÖNORM B 1801-1: Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 1: Objekterrichtung* [1] gelang die Schaffung von sieben Kategorien und die untergeordnete Unterteilung von Programmfunktionen und Aufgabenbereichen.

Die Kategorie **Projektorganisation** ist die Grundlage des Projektmanagements und dient der Schaffung von Ordnung durch eine zielgerichtete Steuerung der Beteiligten und deren Aufgaben. Der Projektorganisation wurden acht Funktionsbereiche untergeordnet. Das Dokumenten-, Plan-, Work-Flow- und Kommunikationsmanagement sowie das Berichtswesen, die Aufgabenverwaltung, die Arbeitssicherheit und die Projektorganisation mit BIM. Die Kategorie **AVVA** umfasst die Funktionsbereiche der Ausschreibung, der Vergabe, des Vertrags und der Abrechnung sowie das BIM-basierte AVVA. Das **Terminmanagement** als Kategorie ist eines der drei zentralen Elemente der Projektabwicklung und das Steuerungselement der zeitlichen Komponenten. Es umfasst die Funktionen der Bauzeitplanung und Überwachung, des Lean Construction Managements, der Taktplanung sowie der Bauzeitsimulation und 4D-Zeitplanung durch die Implementierung von BIM. Das **Kostenmanagement** als zweite zentrale Kategorie mit dem Ziel der Überwachung,

Steuerung und Einhaltung wurde in vier Funktionsbereiche unterteilt. Diese sind die Kostenkontrolle, -steuerung und Prognose, die Rechnungsverwaltung, das Claimmanagement sowie das 5D-BIM. Mit dem **Qualitätsmanagement** wurde das zentrale Dreieck der Projektabwicklung geschlossen. Es beschreibt die Sicherung, Kontrolle, Steuerung und Dokumentation von Qualitäten und umfasst die Bereiche des Prüfplans, des Mängelmanagements, der Dokumentation und der Anwendung von BIM. Die Kategorie **Ressourcenmanagement** umfasst das Ziel des effizienten Einsatzes von Ressourcen. Hierzu zählen die Bereiche des Geräte-, Material- und Personalmanagements. Neben den klar zuordenbaren Programmfunktionen sind **Besondere Technologien** als Kategorie hervorzuheben. Darunter fallen Bereiche der Datenauswertung, der Schalungstechnik, der Automatisierung und Robotic sowie der Vermessung und der Mixed Realities.

Forschungsfrage 2:

Welche Aufgabenbereiche des Bauprojektmanagements sind durch derzeit verfügbare Softwarelösungen abgedeckt?

Auf Basis der detaillierten Produktrecherche sowie der in Kapitel 3 definierten Kategorien gelang die **Einordnung von achtzig Softwarelösungen** in zwei Übersichten. Die Produktübersicht als erste Matrix umfasst die grundlegende Software- und Funktionsbeschreibung und Zuweisungen zu den jeweiligen Kategorien. Die Funktionsübersicht als zweite Matrix beinhaltet die Zuweisung der Funktionsumfänge zu den hierarchisch untergeordneten Funktionsbereichen und BIM-Fähigkeiten. Anhand der beiden Übersichten wurden quantitative Auswertungen der Kategorien und Funktionen vorgenommen. Hierbei wurden die jeweiligen Verteilungen, Überschneidungen und Funktionsumfänge der Softwarelösungen abschnittsweise analysiert und grafisch dargestellt. Dadurch wird ein Überblick über die derzeit vom Markt abgedeckten Aufgabenbereiche geschaffen.

Die **Auswertung** der Kategorien ergab, dass **der größte Teil der Softwarelösungen die Funktionen der Projektorganisation abdeckt**, gefolgt vom Qualitäts-, Ressourcen- und Terminmanagement. **Am wenigsten wurden Softwarelösungen mit Bezug zum AVVA vorgefunden.** Bei den **BIM-Fähigkeiten** war ersichtlich, dass **lediglich ein geringer Anteil**, jeweils zirka ein Viertel der analysierten Produkte, **BIM-fähig** sind. Am häufigsten wurden Teile des Terminmanagements vorgefunden, welche eine Bauzeitplanerstellung und -überwachung durch 4D-BIM ermöglichen.

Die Funktionsauswertung in den jeweiligen Kategorien ergab, dass **vor allem die Funktionen des Berichtswesens und Monitorings, der Dokumentation, des Personalmanagements sowie der Bauzeitüberwachung angeboten** wurden. Die meisten Softwarelösungen deckten jeweils mehr als eine Funktion und Kategorie ab, wodurch eine hohe Anzahl an Überschneidungen gegeben war. Aufgrund der Vielzahl an Überschneidungen zwischen den Kategorien ist eine übergeordnete Betrachtung zur Auswahl einer Software sinnvoll.

Forschungsfrage 3:

Welche neuen Anwendungsfälle ergeben sich für die ÖBA durch Digitalisierung?

Um neue Anwendungsfälle zu identifizieren, wurden die derzeit bestehenden Aufgabenbereiche und Leistungsbilder sowie die aktuellen, personellen Anforderungen beschrieben. **Zwei Leistungsbilder sind für die ÖBA relevant** und wurden angelehnt an die in Kapitel 3 geschaffenen

Kategorien beschrieben. Jenes für Baumeister und jenes für Ziviltechniker. Durch eine Verknüpfung zwischen den Leistungsbildern und der Kategorisierung konnten die Anwendungsfälle untersucht werden.

Es wurde festgestellt, dass **abseits der Planungs- und Arbeitsmethode BIM keine neuen Anwendungsfälle** entstehen. Der Grund hierfür liegt darin, dass die **Aufgabenstellungen durch die Implementierung von Softwarelösungen ident** bleiben. Es ist der **Arbeitsprozess**, welcher **im Wandel** steht, wodurch eine Änderung der personellen Anforderungen impliziert ist. In Bezug auf BIM sorgen die **BIM-Dimensionen sowie die modellbasierte Ausschreibung** für **neue Anwendungsfälle**.

Forschungsfrage 4

Wie ändert sich der zukünftige Aufgabenbereich der ÖBA in Bezug auf die Leistungsbilder durch Digitalisierung?

Unter der Erkenntnis, dass abseits von BIM keine neuen Anwendungsfälle entstehen, wurden die beiden Leistungsbilder analysiert. Dabei konnte **festgestellt** werden, **dass das Rollenbild einer ÖBA nicht neu definiert werden muss** und durch die Implementierung von Softwarelösungen **unverändert bleibt**. **Es sind Aufgabenbereiche in Bezug auf BIM und die Art der Arbeitsprozess, welche verändert werden**. Daher ist das **personelle Anforderungsprofil zu adaptieren**. Neben der bautechnischen, bauwirtschaftlichen und sozialen Kompetenz sind es IT-Kompetenzen, welche eine zukünftige Grundvoraussetzung darstellen.

Für die Anwendung von BIM sind die Aufgabenbereiche in den Leistungsbildern zu definieren. Das zentrale Rollenbild der ÖBA in Bezug auf die Vertretung des Bauherrn und der Wahrung der Qualität bleibt unverändert. Der **Aufgabenbereich wird durch BIM gestärkt und die ÖBA erhält im Sinne einer BIM-ÖBA neue Zuständigkeiten**. Die ÖBA überblickt zukünftig zusätzlich die BIM-Planung und BIM-Ausführung und übernimmt Aufgaben im BIM-Prozess. Die **erforderlichen Änderungen** des *Leitfaden zur Kostenabschätzung von Planungs- und Projektmanagementleistungen, Band 3 Örtliche Bauaufsicht* [20] **in Bezug auf BIM betreffen eine Verknüpfung zwischen dem Leistungsbild und den BIM-Dimensionen sowie der Erwähnung einer modellbasierten Ausschreibung**. BIM-Leistungen sind für Ziviltechniker im Leistungsmodell LM.OA.BIM [191] enthalten. Dies ist jedoch angelehnt an den Leitfaden der Bundesinnung Bau [20] sowie dem *BIM Handbuch 2022* [192] zu überarbeiten und zu vereinheitlichen.

6.3 Ausblick

Im Zuge der Bearbeitung der Forschungsfragen sowie aufgrund der gewonnen Erkenntnisse ergaben sich weitere Fragestellungen, welche mögliche Forschungsthemen eröffnen:

- Die Überarbeitung des Leistungsbildes für Ziviltechniker in Bezug auf BIM und die Vereinheitlichung mit der Bundesinnung Bau.
- Die Anwendung und Analyse von Softwarelösungen anhand baubetrieblicher Praxisbeispiele.
- Die Anwendung und Analyse der in Abschnitt 3.7 beschriebenen „Besonderen Technologien“ anhand baubetrieblicher Praxisbeispiele.

- Die Durchführung einer modellbasierten Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung im Zuge eines Praxisbeispiels.
- Die wissenschaftliche Begleitung einer örtlichen Bauaufsicht für ein gesamtes Projekt mit der Planungs- und Arbeitsmethode BIM.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abkürzungen

- AG** Auftraggeber
- AIA** Auftraggeberinformationsanforderungen
- AN** Auftragnehmer
- API** Application Programming Interface
- AR** Augmented Reality
- AVA** Ausschreibung, Vergabe, Abrechnung
- AVVA** Ausschreibung, Vergabe, Vertrag, Abrechnung
- BAEK** BIM-Allgemeiner-Elementkatalog
- BauKG** Baustellen Koordinator
- BCF** BIM Collaboration Format
- BEP** BIM-Execution-Plan
- BIM** Building Information Modeling
- BPA** BIM Projektabwicklungsplan
- BPEK** BIM-Projektelementkatalog
- BPEL** BIM-Projektelementliste
- BPMN 2.0** Business Process Model and Notation
- BUAK** Bauarbeiter-Urlaubs- und Abfertigungskasse
- BVergG** Bundesvergabegesetz
- CDE** Common Data Environment
- CRM** Customer Relationship Management
- ERP** Enterprise-Ressource-Planning
- GewO** Gewerbeordnung
- GP** Generalplaner
- GU** Generalunternehmer
- HIA** Honorar Information Architektur
- HOA** Honorarordnung Architektur
- laaS** Infrastructure as a service

- IFC** Industry Foundation Classes
- IKT** Informations- und Kommunikationstechnik
- IoP** Internet of People
- IoT** Internet of Things
- IPD** Integrale Projektabwicklung
- KI** Künstliche Intelligenz
- KPI** Key Performance Indicator
- LM.OA** Leistungsmodell Objektplanung - Architektur
- LM.VM** Leistungsmodell Vergütungsmodell
- MIT** Massachusetts Institut of Technology
- OCR** Optical Character Recognition
- OIB** Österreichisches Institut für Bautechnik
- PaaS** Platform as a service
- PCO** Potential Change Order
- PM** Projektmanagement
- QM** Qualitätsmanagement
- RFI** Request for Information
- RFID** Radio Frequency Identification
- RFQ** Request for Quotation
- SaaS** Software as a service
- SiGe** Sicherheit und Gesundheitsschutz
- TU** Totalunternehmer
- VIS** Visuelles Inertialsystem
- VM.OA** Vergütungsmodell Objektplanung - Architektur
- VR** Virtual Reality
- WKO** Wirtschaftskammer Österreich
- ZTG** Ziviltechnikergesetz
- ÖBA** Örtliche Bauaufsicht
- ÖBV** Österreichische Bautechnik Vereinigung

Abbildungsverzeichnis

3.1	Beispielhafte Abbildung einer Aktivitätenliste aus Planfred[29]	14
3.2	Farbliche Hervorhebung von Änderungen eines Grundrisses in Planradar [36]	16
3.3	Beispiel einer RFI Erstellung mittels Autodesk Construction Cloud [44]	21
3.4	Spot-R Sensor von triax [78]	26
3.5	BIMx Viewer von Graphisoft [88]	28
3.6	Ausschreibungsverteilung mit Cosuno [103]	31
3.7	Ausschreibungsverteilung der Stadt Wien [105]	32
3.8	Darstellungsformen der Terminplanung: l.o. Balkendiagramm [25, S.208], r.o. Tabellarisch [94, S.38], l.u. Liniendiagramm [25, S.210], r.u. Netzplan [25, S.216]	37
3.9	Taktzug[117, S.62]	40
3.10	Taktplan[117, S.63]	40
3.11	Rezept zu Betonarbeiten[120]	41
3.12	Beispiel einer Kostenkontrolle mit ABK [96]	43
3.13	Beispiel einer digitalisierten Rechnung (Invoice) mit Procore [32]	44
3.14	Veranschaulichung der BIM-Dimensionen [97]	46
3.15	QM-Inspektion mit LetsBuild [43]	47
3.16	Issue-Management mit Autodesk Construction Cloud [129]	48
3.17	Mängelmanagement mit docu tools [130]	50
3.18	BIM-Kollisionsprüfung mit Solibri [87]	51
3.19	Gerätemanagement mit 123fleet [67]	53
3.20	Die Marktplattform Soil Connect [144]	54
3.21	Die BIM-Dimensionen [149]	56
3.22	Auswertung von Krandaten mit CraneView von Versatile [151]	57
3.23	Funktionsweise von Kontakt [153]	57
3.24	Leica ScanStation P40 für 3D-Laserscan zur BIM-Modellierung einer Brücke [157]	58
3.25	Photogrammetrische Aufnahme eines Haufwerks mit jalasca [160]	59
3.26	Einmessen mittels Robotic Total Station von Trimble [162]	60
3.27	Anwendung von Gamma AR [170] von Urban und Bogner [168]	62
3.28	Vergleich zwischen 360°-Aufnahme und BIM-Modell mit StructionSite [173]	63
3.29	Roboterhund „Spot“ auf einer Baustelle [178]	64
3.30	Bohrroboter Hilti Jaibot [179]	64
3.31	3D-Drucker bei der Errichtung eines Bürogebäudes [181]	65
4.1	Anzahl der Softwareprodukte und der BIM-Fähigkeit je Kategorie	85
4.2	Anzahl der abgedeckten Kategorie je Software	86
4.3	Anzahl der abgedeckten BIM-Funktionen je Software	86
4.4	Verteilung der Softwarefunktionen in der Projektorganisation	87
4.5	Abgedeckte Kategorien je Software - Projektorganisation	87
4.6	Abgedeckte Funktionen je Software - Projektorganisation	87
4.7	Verteilung der Softwarefunktionen in der AVVA	88
4.8	Abgedeckte Kategorien je Software - AVVA	88

4.9	Abgedeckte Funktionen je Software - AVVA	88
4.10	Verteilung der Softwarefunktionen im Terminmanagement	89
4.11	Abgedeckte Kategorien je Software - Terminmanagement	89
4.12	Abgedeckte Funktionen je Software - Terminmanagement	89
4.13	Verteilung der Softwarefunktionen im Kostenmanagement	90
4.14	Abgedeckte Kategorien je Software - Kostenmanagement	90
4.15	Abgedeckte Funktionen je Software - Kostenmanagement	90
4.16	Verteilung der Softwarefunktionen im Qualitätsmanagement	91
4.17	Abgedeckte Kategorien je Software - Qualitätsmanagement	91
4.18	Abgedeckte Funktionen je Software - Qualitätsmanagement	91
4.19	Verteilung der Softwarefunktionen im Ressourcenmanagement	92
4.20	Abgedeckte Kategorien je Software - Ressourcenmanagement	92
4.21	Abgedeckte Funktionen je Software - Ressourcenmanagement	92
5.1	ÖBA in der Projektorganisation[185, Kap. 1.2.3]	96

Literatur

- [1] *ÖNORM B 1801-1: Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 1: Objekterrichtung*. Vertragsverwaltung, 2021.
- [2] A. Borrmann, M. König, C. Koch und J. Beetz. *Building Information Modeling*. 2. Aufl. Springer Fachmedien Wiesbaden, Dez. 2021. 868 S. ISBN: 978-3-658-33361-4. URL: https://www.ebook.de/de/product/41956172/building_information_modeling.html.
- [3] *ÖNORM EN ISO 19650: Organisation und Digitalisierung von Informationen zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerksinformationsmodellierung (BIM)*. Austrian Standards International, 2021.
- [4] *ÖNORM EN ISO 16739-1:2020 Industry Foundation Classes (IFC) für die gemeinsame Nutzung von Daten in der Bau- und Facility-Management-Branche – Teil 1: Datenschema*. Austrian Standards International, 2020.
- [5] *buildingSMART International*. buildingSMART International. URL: <https://www.buildingsmart.org/> (Zugriff am 05. 01. 2022).
- [6] M. Fiedler. *Lean Construction - Das Managementhandbuch*. 1. Aufl. Springer-Verlag GmbH, Jan. 2018. ISBN: 3662553368. URL: https://www.ebook.de/de/product/29856142/lean_construction_das_managementhandbuch.html.
- [7] *Dashboards and Data Analytics*. Autodesk Construction Cloud. URL: <https://construction.autodesk.com/tools/dashboards-and-data-analytics/> (Zugriff am 26. 10. 2020).
- [8] P. Chamoni. *Definition Dashboard*. Gabler Banklexikon, Springer. URL: <https://www.gabler-banklexikon.de/definition/dashboard-70726/version-337043> (Zugriff am 20. 06. 2022).
- [9] S. Meinhardt und F. Wortmann. *IoT – Best Practices*. 1. Aufl. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2021. ISBN: 978-3-658-32438-4.
- [10] B. D. Martino, K.-C. Li, L. T. Yang und A. Esposito. *Internet of Everything*. 1. Aufl. Springer, Singapore, 2018. ISBN: 978-981-10-5860-8.
- [11] A. Helfrich-Schkarbanenko, K. Rapedius und V. R. und Aron Sommer Aron. *Mathematische Aufgaben und Lösungen automatisch generieren*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, 2018. ISBN: 978-3-662-57777-6.
- [12] H. Ernst, J. Schmidt und G. Beneken. *Grundkurs Informatik*. 7. Aufl. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2020. ISBN: 978-3-658-30330-3.
- [13] K. Jamsa. *Cloud Computing*. 1. Aufl. Jones und Bartlett Publishers, Inc, 2012. ISBN: 978-1-4496-4739-1. URL: <https://learning.oreilly.com/library/view/cloud-computing/9781449647407/Chapter01.xhtml>.
- [14] *RFID-Technologie*. smart-TEC GmbH und Co. KG. URL: <https://www.smart-tec.com/de/auto-id-welt/rfid-technologie#:~:text=Aktive%20RFID-Transponder%20verf%C3%BCgen%20%C3%BCber,des%20RFID-Schreib-Leseger%C3%A4tes>. (Zugriff am 20. 06. 2022).

- [15] E. Schiessle und E. Mundt. *Was sind RFID Systeme? Definition, Aufbau und Anwendung*. Industry of Things - Vogel Communications Group GmbH und Co. KG, 2020. URL: <https://www.industry-of-things.de/was-sind-rfid-systeme-definition-aufbau-und-anwendung-a-687268/> (Zugriff am 20.06.2022).
- [16] *Digitalisierung in der Bauindustrie mit RFID/NFC und Auto-ID-Technologie*. smart-TEC GmbH und Co. KG. URL: <https://www.smart-tec.com/de/branchen/baubranche> (Zugriff am 23.01.2022).
- [17] R. Lackes und M. Siepermann. *Definition Künstliche Intelligenz (KI)*. Gabler Wirtschaftslexikon, Springer, 2018. URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/kuenstliche-intelligenz-ki-40285/version-263673> (Zugriff am 20.06.2022).
- [18] *DIN 69901-5: Projektmanagement – Projektmanagementsysteme Teil 5: Begriffe*. DIN Deutsches Institut für Normung e.V. 2009.
- [19] G. Goger, M. Huymajer und M. Piskernik. *Skript zur LVA Bauprozessabwicklung I und II*. 2017.
- [20] R. Stempkowski, E. Waldauer, C. Huber und R. Rosenberger. *Leitfaden zur Kostenabschätzung von Planungs- und Projektmanagementleistungen, Band 3 Örtliche Bauaufsicht*. Wirtschaftskammer Österreich Bundesinnung Bau. 2018.
- [21] *Honorar Information Architektur*. Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten. 2010.
- [22] H. Lechner. *Leistungsmodell Objektplanung – Architektur*. 2014. URL: https://www.arching.at/fileadmin/user_upload/redakteure/LM_VM_2014/lm_objektplanung.pdf (Zugriff am 12.12.2022).
- [23] G. Bauer und S. Lumetsberger. „Der gestörte Bauablauf“. In: 1. Aufl. Linde Verlag: Müller Katharina, Goger Gerald, 2016. Kap. 1.1. ISBN: 9783707319521.
- [24] ISO und 21500. *ÖNORM ISO 21500: Leitlinien Projektmanagement*. Austrian Standards International. 2012.
- [25] B. Kochendörfer, J. H. Liebchen und M. G. Viering. *Bau-Projekt-Management*. 6. Aufl. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2021. ISBN: 978-3-658-35311-7.
- [26] R. Carey. *What is a Common Data Environment*. ASITE. URL: <https://www.asite.com/blogs/what-is-a-common-data-environment> (Zugriff am 12.11.2021).
- [27] W. Riggert. *ECM – Enterprise Content Management*. 2. Aufl. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2019. ISBN: 978-3-658-25922-8.
- [28] *Jarel Baumanagement*. JARISCH Software. URL: <https://www.jarel.at/> (Zugriff am 06.11.2021).
- [29] PLANFRED GmbH. URL: <https://www.planfred.com/> (Zugriff am 06.11.2021).
- [30] *Conclude CDE*. Thinkproject Holding GmbH. URL: <https://thinkproject.com/de/produkte/conclude-cde/> (Zugriff am 06.11.2021).
- [31] Project Network AG. URL: <https://www.projectnetwork.com/> (Zugriff am 06.11.2021).
- [32] Procure Technologies, Inc. URL: <https://www.procure.com/en-gb/project-management> (Zugriff am 06.11.2021).
- [33] Unbekannt. *Digitaler Formularlauf*. Eplass project collaboration GmbH. URL: <https://www.eplass.de/produkte/eplass-formularmanagement.html> (Zugriff am 25.10.2021).
- [34] P. N. AG. *Factsheet Planmanagement*. SEIDLGASSE 21, 1030 WIEN, 2021.

- [35] PlanRadar GmbH. URL: <https://www.planradar.com/at/> (Zugriff am 06. 11. 2021).
- [36] *Planvergleich mit Planradar*. Planradar GmbH. URL: [URL:%20https://www.planradar.com/at/hilfreiche-planradar-funktionen/](https://www.planradar.com/at/hilfreiche-planradar-funktionen/) (Zugriff am 25. 10. 2021).
- [37] *Bluebeam a Nemetschek Company*. Bluebeam, Inc. URL: <https://www.bluebeam.com/de/> (Zugriff am 06. 11. 2021).
- [38] G. Schewe. *Definition Workflow*. Gabler Wirtschaftslexikon, Springer. URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/workflow-48807/version-272054> (Zugriff am 25. 10. 2021).
- [39] R. Lackes. *Definition Workflow Management*. Gabler Wirtschaftslexikon, Springer. URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/workflow-management-50208/version-273430> (Zugriff am 25. 10. 2021).
- [40] F. Leymann und D. Schumm. *Definition Business Process Model and Notation (BPMN)*. Gabler Wirtschaftslexikon, Springer. URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/business-process-model-and-notation-bpmn-52689/version-275807> (Zugriff am 25. 10. 2021).
- [41] *Aconex*. Oracle. URL: <https://www.oracle.com/industries/construction-engineering/aconex-project-controls/> (Zugriff am 10. 12. 2021).
- [42] *ninox*. Ninox Software GmbH. URL: <https://ninox.com/> (Zugriff am 05. 01. 2022).
- [43] *LetsBuild*. LetsBuild Holding SA. URL: <https://www.letsbuild.com/de/> (Zugriff am 03. 12. 2021).
- [44] Unbekannt. *Seamlessly manage and connect RFIs*. Autodesk Construction Cloud. URL: <https://construction.autodesk.com/tools/construction-rfi-tracking/> (Zugriff am 26. 10. 2021).
- [45] C. J. Diederichs und A. Malkwitz. *Bauwirtschaft und Baubetrieb*. Springer-Verlag GmbH, 2020. ISBN: 978-3-658-27915-8. URL: https://www.ebook.de/de/product/38466023/bauwirtschaft_und_baubetrieb.html.
- [46] B.-J. Madauss. *Projektmanagement*. 8. Aufl. Springer Vieweg, 2020. ISBN: 978-3-662-59383-7.
- [47] D. Essex. *RFI (request for information)*. TechTarget. URL: <https://www.techtarget.com/searcherp/definition/RFI-request-for-information> (Zugriff am 23. 05. 2022).
- [48] *FieldChat Integration*. Autodesk Construction Cloud. URL: <https://construction.autodesk.com/workflows/construction-software-integrations/fieldchat/> (Zugriff am 05. 06. 2022).
- [49] *Digu*. digital unlimited GmbH. URL: <https://www.digu.at/> (Zugriff am 05. 06. 2022).
- [50] *LCM Digital | Software für Lean Construction Management & Last Planner Software*. LCM Digital GmbH. URL: <https://lcmdigital.com/> (Zugriff am 09. 12. 2021).
- [51] *Poolarserver*. POOLARSERVER GmbH. URL: <https://poolarserver.com/> (Zugriff am 05. 06. 2022).
- [52] *Centralize project administration and user permissions*. Autodesk Construction Cloud. URL: <https://construction.autodesk.com/tools/construction-team-and-user-permissions/> (Zugriff am 05. 06. 2022).
- [53] Monday.com. URL: <https://monday.com/> (Zugriff am 06. 11. 2021).

- [54] C. Preece, H. Chong, H. Golizadeh und J. Rogers. „A review of customer relationship (CRM) implications: benefits and challenges in construction organizations“. In: *International Journal of Civil Engineering* 13.3 (2014).
- [55] C. Matt. „Customer-Relationship-Management-Systeme“. In: *PRAXIS / Magazin* 53 (Mai 2009), S. 79–81.
- [56] Unbekannt. *What is CRM*. Pipedrive. URL: <https://www.pipedrive.com/en/blog/what-is-crm> (Zugriff am 27.10.2021).
- [57] Doodle AG. URL: <https://doodle.com/de/> (Zugriff am 06.11.2021).
- [58] *Termino*. Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort. URL: <https://www.termino.gv.at/meet/de/impressum> (Zugriff am 29.01.2022).
- [59] J. Weber. *Definition Berichtswesen*. Gabler Wirtschaftslexikon, Springer. URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/berichtswesen-31540/version-255096> (Zugriff am 26.11.2021).
- [60] Capmo GmbH. URL: <https://www.capmo.com/de/> (Zugriff am 06.11.2021).
- [61] *VisiLean - Lean-BIM Integrated Digital Construction Management Solution*. VisiLean. URL: <https://visilean.com/> (Zugriff am 09.12.2021).
- [62] *Sitelife.io*. b.i.m.m GmbH. URL: <https://sitelife.io/de/> (Zugriff am 06.11.2021).
- [63] Sablono GmbH. URL: <https://www.sablono.com/de> (Zugriff am 06.11.2021).
- [64] *Doka Kontakt*. Doka Österreich GmbH. URL: <https://www.doka.com/at/solutions/services/doka-kontakt> (Zugriff am 06.11.2021).
- [65] N. Norm. *ÖNORM B2110: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen*. Österreichisches Normungsinstitut. 2013.
- [66] *Connect2Mobile*. Connect2Mobile GmbH. URL: <https://connect2mobile.de/> (Zugriff am 07.01.2022).
- [67] *123erfasst*. 123erfasst.de GmbH. URL: <https://www.123erfasst.de/> (Zugriff am 04.01.2022).
- [68] M. Stiftinger. „Der digitale Bautagesbericht“. Magisterarb. Technische Universität Wien | Fakultät für Bauingenieurwesen | Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement, 2019.
- [69] *BauProCheck*. ADS Gesellschaft für angewandte Datensysteme mbH. URL: <https://www.bauprocheck.de/> (Zugriff am 11.12.2021).
- [70] *Construction Meeting Records*. Autodesk Construction Cloud. URL: <https://construction.autodesk.com/tools/construction-meeting-records/> (Zugriff am 02.11.2021).
- [71] PROMAN Software GmbH. URL: <https://www.proman.at/> (Zugriff am 06.11.2021).
- [72] *Bundesgesetz über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit (ArbeitnehmerInnenschutzgesetz – ASchG)*. URL: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008910> (Zugriff am 06.06.2022).
- [73] N. Ritschl, E. Bara, M. Car und R. Steinmaurer. *Studienblätter zur Vorlesung von Sicherheit und Umweltschutz*. 2019.
- [74] Dalux Copenhagen. URL: <https://www.dalux.com/de/> (Zugriff am 06.11.2021).
- [75] Open Experience GmbH. URL: <https://openexperience.de/de/> (Zugriff am 06.11.2021).
- [76] *prysmex*. PRYSMEX. URL: <https://prysmex.com/home> (Zugriff am 06.11.2021).

- [77] Triax Technologies. URL: <https://www.triaxtec.com/construction/> (Zugriff am 02.11.2021).
- [78] *Bild eines SPOT-R*. Triax Technologies. URL: <https://www.triaxtec.com/wp-content/uploads/2020/03/construction-01.png> (Zugriff am 06.11.2021).
- [79] H. Sommer. *Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management*. 4. Aufl. Springer-Verlag GmbH, Apr. 2016. ISBN: 978-3-662-48923-9. URL: https://www.ebook.de/de/product/25501751/hans_sommer_projektmanagement_im_hochbau.html.
- [80] Banetz Wissen. *Der BIM-Projektentwicklungsplan*. Banetz Wissen. URL: <https://www.baunetzwissen.de/bim/fachwissen/projektentwicklung/der-bim-projektentwicklungsplan-5268267> (Zugriff am 27.11.2021).
- [81] B. Wissen. *BIM Manager*. Heinze GmbH. URL: <https://www.baunetzwissen.de/glossar/b/bim-manager-5314481> (Zugriff am 27.11.2021).
- [82] Banetz Wissen. *BIM Kollaborationsplattform*. Heinze GmbH. URL: <https://www.baunetzwissen.de/bim/fachwissen/software/bim-kollaborationsplattform-5289553> (Zugriff am 05.01.2022).
- [83] *BIMPedia Modellbasierte Kommunikation*. Plandata GmbH. URL: <https://www.bimpedia.eu/artikel/1007-modellbasierte-kommunikation> (Zugriff am 05.01.2022).
- [84] *Autodesk Bim Collaborate*. Autodesk Construction Cloud. URL: <https://construction.autodesk.com/products/autodesk-bim-collaborate/> (Zugriff am 05.01.2022).
- [85] *Visoplan*. Visoplan GmbH. URL: <https://www.visoplan.de/home> (Zugriff am 06.01.2022).
- [86] *BIM Collaboration*. Eplass project collaboration GmbH. URL: <https://www.eplass.de/produkte/eplass-bim-collaboration.html> (Zugriff am 05.01.2022).
- [87] *Solibri*. Solibri Dach GmbH. URL: <https://www.solibri.com/de/> (Zugriff am 05.01.2022).
- [88] *BIMx Viewer*. Graphisoft Deutschland GmbH. URL: <https://graphisoft.com/at/archicad/visualisieren/bimx> (Zugriff am 05.01.2022).
- [89] *BIMVision*. Datacomp IT Sp. z o.o. URL: <https://bimvision.eu/de/> (Zugriff am 06.01.2022).
- [90] *Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen (Bundesvergabegesetz 2018 – BVergG 2018)*. URL: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20010295> (Zugriff am 06.06.2022).
- [91] A. Kropik und D. Szkopecz. *Skript zur LVA Management und Abwicklung von Bauvorhaben*. 2020.
- [92] T. Werginz. „Analys der Beeinflussbarkeit entscheidungsrelevanter Kriterien von partnerschaftlichen und konventionellen Vertragsmodellen“. Magisterarb. Technische Universität Graz, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, 2017.
- [93] *Bauverfahren - Alternative Vertragsmodelle*. Österreichische Bautechnik Vereinigung. URL: <http://test.bautechnik.pro/DE/AK/Detail/75> (Zugriff am 31.01.2022).
- [94] G. Goger, H. Urban und B. Chylik. *Studienblätter zur Vorlesung von Bauprozessplanung*. 2020.
- [95] H. Christalon, G. Goger und W. Reismann. „AVVA radikal-digital“. In: *Schriftreihe der österreichischen Plattform 4.0* 14 (Feb. 2019).
- [96] *ABK*. ib-data GmbH. URL: <https://www.abk.at/> (Zugriff am 09.11.2021).

- [97] *RIB iTwo*. RIB Software SE. URL: <https://www.rib-software.com/> (Zugriff am 09.11.2021).
- [98] *ÖNORM A 2063-1 Austausch von Daten in elektronischer Form für die Phasen Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung (AVA) - Teil 1: Austausch von Leistungsbeschreibungs-, Ausschreibungs-, Angebots-, Auftrags- und Abrechnungsdaten*. Austrian Standards International. März 2021.
- [99] *Digiplan*. Digiplan. URL: <https://www.digi-plan.at/> (Zugriff am 09.11.2021).
- [100] Unbekannt. *Autodesk Takeoff*. Autodesk Construction Cloud. URL: <https://construction.autodesk.com/products/autodesk-takeoff/> (Zugriff am 09.11.2021).
- [101] *Vico Office*. Exigo A/S. URL: <https://vicooffice.dk/de/> (Zugriff am 09.11.2021).
- [102] *thinkproject Common Data Environment*. thinkproject. URL: <https://thinkproject.com/de/produkt-familie/common-data-environment-cde/> (Zugriff am 12.11.2021).
- [103] *Cosuno*. Cosuno Ventures GmbH. URL: <https://www.cosuno.de/> (Zugriff am 13.11.2021).
- [104] *Construction Bid Management*. Autodesk Construction Cloud. URL: <https://construction.autodesk.com/workflows/construction-bid-management/> (Zugriff am 26.11.2021).
- [105] *Vergabeportal der Stadt Wien*. Stadt Wien. URL: <https://www.wien.gv.at/Vergabeportal/List> (Zugriff am 26.11.2021).
- [106] *Construction Cost Management*. Autodesk Construction Cloud. URL: <https://construction.autodesk.com/workflows/construction-cost-management/> (Zugriff am 13.11.2021).
- [107] J. Raab. „Auswirkungen personenbezogener Vergabekriterien für öffentliche Bauaufträge und öffentliche baunahe Dienstleistungsaufträge auf den österreichischen Bauarbeits- und Bietermarkt“. Diss. Technische Universität Wien | Fakultät für Bauingenieurwesen | Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement, 2022.
- [108] *Cemar*. thinkproject. URL: <https://thinkproject.com/de/produkte/cemar/> (Zugriff am 13.11.2021).
- [109] F. Berner, B. Kochendörfer und R. Schach. *Grundlagen der Baubetriebslehre 3*. 2. Aufl. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2015. ISBN: 978-3-658-09037-1.
- [110] *Nevaris Success X*. Nemetschek. URL: <https://bausoftware.com/success-x/> (Zugriff am 09.11.2021).
- [111] *ÖNORM EN ISO 23386: Bauwerksinformationsmodellierung und andere digitale Prozesse im Bauwesen - Methodik zur Beschreibung, Erstellung und Pflege von Merkmalen in miteinander verbundenen Datenkatalogen*. Austrian Standards International/Austrian Standards International. 2020.
- [112] *ÖNORM A 2063-2 Austausch von Daten in elektronischer Form für die Phasen Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung (AVA) Teil 2: Berücksichtigung der Planungsmethode Building Information Modeling (BIM) Level 3*. Austrian Standards International. 2021.
- [113] A. Kropik, T. B. Oswald und J. Raab. *Studie zur Grundlagenerhebung über die derzeitige und künftige Nutzung der standardisierten Leistungsbeschreibung unter Berücksichtigung der Digitalisierung insbesondere BIM*. Techn. Ber. Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement, 2020.
- [114] *Microsoft Project*. Microsoft Corporation. URL: <https://www.microsoft.com/de-at/microsoft-365/project/project-management-software> (Zugriff am 03.12.2021).

- [115] *Powerproject*. Eleco Software GmbH. URL: <https://elecosoft.de/software/projektmanagement/powerproject/> (Zugriff am 03. 12. 2021).
- [116] B. Unbekannt. *Kritischer Weg*. f:data GmbH Weimar und Dresden. URL: <https://www.bauprofessor.de/kritischer-weg/> (Zugriff am 03. 12. 2021).
- [117] M. Prötsch. „Zukunftsfragen des Baubetriebs - Lean Construction“. Magisterarb. Technische Universität Wien | Fakultät für Bauingenieurwesen | Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement, 2019.
- [118] *ProPlanner by IPSUM Lean Scheduling & Planning Software*. de. IPSUM. URL: <https://www.ipsumapp.co/> (Zugriff am 09. 12. 2021).
- [119] *Lean Construction Software für Taktplanung & Last Planner System*. de-DE. WeLean GmbH. URL: <https://welean.de/> (Zugriff am 09. 12. 2021).
- [120] *Construction simulation and optimization software - powered by AI | ALICE Technologies*. en. ALICE Technologies Inc. URL: <https://www.alicetechnologies.com/home> (Zugriff am 09. 12. 2021).
- [121] A. Kropik. *Floienskript zur LVA Nachtragsmanagement*. 2020.
- [122] *TP CONTROL*. thinkprojekt. URL: <https://thinkproject.com/de/produkte/tp-control/> (Zugriff am 10. 12. 2021).
- [123] *Change Management*. Autodesk Construction Cloud. URL: <https://construction.autodesk.com/tools/change-order-tracking/> (Zugriff am 10. 12. 2021).
- [124] *BIM4You*. BRZ Deutschland GmbH. URL: <https://www.brz.eu/de/bim/bim-hochbau/> (Zugriff am 10. 12. 2021).
- [125] M. Behaneck. *4D- und 5D-BIM: Bauzeiten und kosten im Blick*. de-DE. Nov. 2020. URL: <https://www.architektur-online.com/kolumnen/4d-und-5d-bim-bauzeiten-und-kosten-im-blick> (Zugriff am 10. 12. 2021).
- [126] U. Plessl. „Qualitätssicherung auf Baustellen“. Magisterarb. Technische Universität Wien | Fakultät für Bauingenieurwesen | Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement, 2020.
- [127] *Ed Controls*. de. Dutchview information technology GmbH. URL: <https://edcontrols.de/warum-ed> (Zugriff am 11. 12. 2021).
- [128] *ÖNORM B 1300: Objektsicherheitsprüfungen für Wohngebäude — RegelmäßigePrüfroutinen im Rahmen von Sichtkontrollen und zerstörungsfreien Begutachtungen*. Austrian Standards International. 2018.
- [129] *Issue Management*. de. Autodesk Construction Cloud. URL: <https://construction.autodesk.com/tools/issues-software/> (Zugriff am 11. 12. 2021).
- [130] *Docu Tools*. DDS Digital Documentation Systems GmbH. URL: <https://www.docu-tools.com/> (Zugriff am 04. 01. 2022).
- [131] K. Müller. „Dokumentation auf der Baustelle“. In: *Report* (Sep. 2016), S. 62.
- [132] A. Kropik. „Die Dokumentation der Bauleistung“. In: *Artikel aus der Österreichischen Bauzeitung* ().
- [133] *Baumanagement Software BauMaster*. PASit software GmbH. URL: <https://bau-master.com/> (Zugriff am 05. 01. 2022).
- [134] *BIMPedia Qualitätsmanagement in BIM*. Plandata GmbH. URL: <https://www.bimpedia.eu/artikel/1352-qualitaetsmanagement-in-bim> (Zugriff am 05. 01. 2022).

- [135] *Baumanagement Software BIM 360*. Autodesk Inc. URL: <https://www.autodesk.de/bim-360/construction-management-software/> (Zugriff am 05. 01. 2022).
- [136] *BIMPedia Schnittstelle*. Plandata GmbH. URL: <https://www.bimpedia.eu/artikel/1373-schnittstelle> (Zugriff am 05. 01. 2022).
- [137] *ERP Software*. Business Software Führer | Lead Machine B.V. URL: <https://www.erp.de/erp-software/bau> (Zugriff am 07. 01. 2022).
- [138] H. König. *Maschinen im Baubetrieb*. 4. Aufl. Springer Fachmedien Wiesbaden, Sep. 2014. 420 S. ISBN: 978-3-658-03288-3. URL: https://www.ebook.de/de/product/22487647/horst_koenig_maschinen_im_baubetrieb.html.
- [139] G. Girmscheid. *Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse*. 4. Aufl. Springer Berlin Heidelberg, Aug. 2010. 308 S. ISBN: 978-3-642-13794-5. URL: https://www.ebook.de/de/product/11508890/gerhard_girmscheid_leistungsermittlungshandbuch_fuer_baumaschinen_und_bauprozesse.html.
- [140] *LBS logics*. LBS logics GmbH. URL: <https://www.lbs-logics.com/> (Zugriff am 07. 01. 2022).
- [141] *My Doka*. Deutsche Doka Schalungstechnik GmbH. URL: <https://www.doka.com/de/solutions/services/mydoka-customer-portal/myDoka> (Zugriff am 14. 01. 2022).
- [142] *My Hünnebeck*. Hünnebeck Austria GmbH. URL: <https://www.huennebeck.com/at/myh%C3%BCnnebeck> (Zugriff am 14. 01. 2022).
- [143] *Webshop von Haberkorn*. Haberkorn GmbH. URL: <https://www.haberkorn.com/> (Zugriff am 10. 06. 2022).
- [144] *Soil Connect*. Soil Connect Inc. URL: <https://www.soilconnect.com/> (Zugriff am 07. 01. 2022).
- [145] *Molteo*. Protonaut GmbH. URL: <https://molteo.de/> (Zugriff am 14. 01. 2022).
- [146] *Chime Site*. Chime Software Limited. URL: <https://www.chimesoftware.co.uk/> (Zugriff am 14. 01. 2022).
- [147] *HERO: Handwerkersoftware für Profis*. HERO Software GmbH. URL: <https://hero-software.de/> (Zugriff am 14. 01. 2022).
- [148] *IShap*. ISHAP Personaldokumentations GmbH. URL: <https://www.ishap.at/personaldokumentation/%C3%BCberblick> (Zugriff am 14. 01. 2022).
- [149] *BIM Dimensionen*. ACCA software S.p.A. URL: <https://biblus.accasoftware.com/de/die-dimensionen-des-bim-3d-4d-5d-6d-7d/> (Zugriff am 14. 01. 2022).
- [150] *Forschungsprojekte Integrale Bauplanung und Industriebau*. Integrale Bauplanung und Industriebau I, nstitut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement. URL: <https://www.industriebau.tuwien.ac.at/forschung/forschungsprojekte> (Zugriff am 14. 01. 2022).
- [151] *Craneview Versatile*. Versatile. URL: <https://www.versatile.ai/> (Zugriff am 15. 01. 2022).
- [152] N. Pfeiffer. *SMART koordiniert, ausgeführt und dokumentiert*. Doka Österreich GmbH. URL: https://www.doka.com/web/media/files/newsroom/press/Pressemitteilung_Doka_2021_03_26_CONTACT.zip (Zugriff am 15. 01. 2022).
- [153] *Doka Kontakt*. CONTACT GmbH. URL: <https://www.kontakt.com/de> (Zugriff am 15. 01. 2022).

- [154] *BIM To Field*. Hilti Austria Ges.m.b.H. URL: <https://www.hilti.at/content/hilti/E3/AT/de/engineering/software/softwarepakete-details/bim/bim-to-field.html#:~:text=Was%20bedeutet%20BIM-to-Field,muss%20einfach%20und%20pr%C3%A4zise%20funktionieren>. (Zugriff am 22.01.2022).
- [155] B. Metzler. *Visual Inertial System (VIS) Technology*. Leica Geosystems AG. URL: https://leica-geosystems.com/products/laser-scanners/scanners/leica-rtc360/visual_inertial_system_technology (Zugriff am 16.01.2022).
- [156] L. G. AG. „Leica RTC3603D-Reality-Capture-Lösung“. In: (2018).
- [157] H. Mischo, J. Seifried, K. Thiele, S. Schanzenbach und M. Grassl. „Vom 3-D-Laserscan zum BIM-Modell“. In: *Bautechnik* 7.96 (2019).
- [158] *UAV PHOTOGRAMMETRIE UND UAV LASER SCANNING (LIDAR SCANNING) IM VERGLEICH*. LOGXON GmbH und Co.KG. URL: <https://www.logxon.com/uav-photogrammetrie-uav-laser-scanning/> (Zugriff am 22.01.2022).
- [159] *Ganz schön vermessen: Mit Drohnen kann man rechnen*. STRABAG SE. URL: https://karriere.strabag.com/databases/internet/_public/content30.nsf/web30?Openagent&id=601EBBE41171CA15C125849C00242116&men1=7&men2=undefined&sid=730&h=undefined (Zugriff am 22.01.2022).
- [160] *Photogrammetrische Aufnahme eines Haufwerks mit jalasca*. jalasca GmbH. URL: <https://jalasca.de/projekte/vermessung-haufwerk/> (Zugriff am 22.01.2022).
- [161] T. Inc. *Mess- und Absteckgeräte. Robotic Total Station und Rapid Positioning System*. Trimble Inc., 2018. URL: http://go.trimble.com/rs/593-HFN-635/images/2018_Trimble%20Absteck-%20und%20Vermessungsloesungen.pdf (Zugriff am 22.01.2022).
- [162] *Anwendungsmitteld einer RTS von Trimble*. Trimble Inc. URL: <https://fieldtech.trimble.com/resources/blog-ftg/how-to-perform-layout-in-a-fraction-of-the-time-with-just-one-person> (Zugriff am 22.01.2022).
- [163] *Hilti PLT 300 Messgerät*. Hilti Austria Ges.m.b.H. URL: https://www.hilti.at/c/CLS_MEA_TOOL_INSERT_7127/CLS_CONSTRUCTION_TOTAL_STATIONS_7127/r4728599 (Zugriff am 22.01.2022).
- [164] *Inbuild. Die digitale Bewehrungsabnahme*. Inbuild GmbH. URL: <https://www.inbuild.de/> (Zugriff am 16.01.2022).
- [165] K. Klemt-Albert, J. Ostermann, M. Munderloh und S. Bahlau. „Digital gestützte Bewehrungsabnahme als Beitrag zur Qualitätssicherung auf Baustellen“. In: *Bautechnik* 3.95 (2018).
- [166] H. Urban. „Augmented Reality auf der Baustelle“. In: *Tagungsband Komplexe Baubetriebssysteme* (2021).
- [167] *Virtual Reality in Architektur und Bauwesen*. PENEDER HOLDING GMBH. URL: <https://www.peneder.com/de-at/blog/virtual-reality-in-architektur-und-bauwesen> (Zugriff am 22.01.2022).
- [168] C. Schranz, A. Gerger und H. Urban. „Augmented Reality im Bauwesen: Teil 1 - Anwendungs- und Anforderungsanalyse“. In: *Bauingenieur* 95.10 (2020).
- [169] *Doka Augmented Reality App*. Doka GmbH. URL: <https://www.doka.com/at/home/apps/augmented-reality-app> (Zugriff am 23.01.2022).
- [170] *Gamma AR*. GAMMA Technologies S.à rl. URL: <https://gamma-ar.com/?lang=de> (Zugriff am 23.01.2022).

- [171] H. Urban, T. Irschik, C. Schranz und C. Schönauer. „Augmented Reality im Bauwesen: Teil 1 - Baustellentaugliches Trackingsystem“. In: *Bauingenieur* 95.12 (2020).
- [172] Z. Mortice. *Bauwesen: Mit Augmented Reality können Sie durch Wände sehen*. Redshift by Autodesk. URL: <https://redshift.autodesk.de/augmented-reality-im-bauwesen/> (Zugriff am 23. 01. 2022).
- [173] *StructionSite*. StructionSite. URL: <https://structionsite.com/> (Zugriff am 16. 01. 2022).
- [174] *DISPERSE*. DISPERSE Inc. URL: <https://www.disperse.io/> (Zugriff am 16. 01. 2022).
- [175] *Was ist LiDar*. Blickfeld GmbH. URL: <https://www.blickfeld.com/de/blog/was-ist-lidar/> (Zugriff am 15. 01. 2022).
- [176] *Video zu Spot uaf Baustelle*. Ed. Züblin AG. URL: https://www.zueblin.de/databases/internet/_public/content30.nsf/web30?Openagent&id=81DF05D3379C358AC125869C002C7CE7 (Zugriff am 15. 01. 2022).
- [177] *A robot dog revolutionizes the construction industry*. Youtube von G. Klampfer GmbH. URL: https://www.youtube.com/watch?v=02u5n0dleGE&t=18s&ab_channel=G.KLAMPFERTV (Zugriff am 15. 01. 2022).
- [178] *Bild von Spot*. ArchDaily. URL: <https://www.archdaily.com/954784/how-does-spot-r-work-the-robot-that-compares-design-to-reality-at-the-construction-site> (Zugriff am 15. 01. 2022).
- [179] *Hilti Jaibot*. Hilti Deutschland AG. URL: <https://www.hilti.de/content/hilti/E3/DE/de/company/media-relations/media-releases/Jaibot.html> (Zugriff am 23. 01. 2022).
- [180] *Roboter für Malerarbeiten*. Okibo Ltd. URL: <https://okibo.com/> (Zugriff am 23. 01. 2022).
- [181] *STRABAG setzt mit PERI Österreichs erstes Gebäude aus dem 3D-Drucker um*. STRABAG SE. URL: https://www.strabag.com/databases/internet/_public/content.nsf/web/SE-PRESSE.COM-pressemitteilung-3d-betondruck (Zugriff am 23. 01. 2022).
- [182] *Automated Brick Laying Robot (ABLR)*. Construction Automation Limited. URL: <https://constructionautomation.co.uk/> (Zugriff am 23. 01. 2022).
- [183] J. Heinrich. *NFC-Technologie und PlanRadar: Optimal für Bau-, Immobilien- und Facility-Management-Projekte*. PlanRadar GmbH. URL: <https://www.planradar.com/at/nfc-technologie/> (Zugriff am 23. 01. 2022).
- [184] *Honorarordnung für Architekten*. Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten. 2004.
- [185] S. Ufertinger. *Handbuch Örtliche Bauaufsicht*. 1. Aufl. Linde Verlag, 2019. ISBN: 9783707340976.
- [186] *Gesamte Rechtsvorschrift für Gewerbeordnung 1994, Fassung vom 19.11.2022*. URL: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10007517> (Zugriff am 19. 11. 2022).
- [187] *Gesamte Rechtsvorschrift für Ziviltechnikergesetz 2019, Fassung vom 19.11.2022*. URL: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20010625> (Zugriff am 19. 11. 2022).
- [188] H. Lechner. *Übersicht der Leistungs- und Vergütungsmodelle der TU Graz*. URL: <https://www.tugraz.at/institute/bbw/publikationen/lmvm2014> (Zugriff am 12. 01. 2023).
- [189] H. Lechner. *Vergütungsmodell Objektplanung – Architektur*. 2014. URL: https://www.pmttools.eu/download/verlag/lmvm2014/vm/files/VM_Objektplanung.pdf (Zugriff am 12. 12. 2022).

- [190] C. C. Eichler. *BIM Leistungsbilder für Hoch- und Tiefbau*. buildingSMART Austria, 2019.
- [191] H. Lechner. *Leistungsmodell Objektplanung – Architektur BIM*. 2017. URL: https://www.pmtools.eu/download/verlag/lmvm2014/objektplanung_bim_2017.pdf (Zugriff am 12.12.2022).
- [192] M. Wallner, C. Hofstadler und M. Kummer. *BIM Handbuch 2022*. 1. Aufl. Bundeskammer der Ziviltechniker:innen, Bundesinnung Bau und Fachverband Ingenieurbüros, 2022. ISBN: 978-3-85125-882-0.
- [193] M. Bolpagni, R. Gavina und D. Ribeiro. *Industry 4.0 for the Built Environment*. 1. Aufl. Springer International Publishing, 2022. 672 S. ISBN: 978-3-030-82430-3. URL: https://www.ebook.de/de/product/42058348/industry_4_0_for_the_built_environment.html.
- [194] W. Bliem, A. Bröckl und G. Grün. *New Digital Skills*. Arbeitsmarktservice Österreich, 2019.