Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik

Master of Science FHNW in Virtual Design and Construction

Gestaltung von Kompetenzprofilen für den erfolgreichen Einsatz des VDC-Frameworks und der BIM-Methodik in einer Bauunternehmung

vorgelegt von
Thomas Beiner

am
24. Mai 2024

Version zur Publikation

Thesis Begleitung
Prof. Dr. Eder Martinez
Professor für digitales Bauen
Fachhochschule Nordwestschweiz

Thesis Experte
Dominic Singer
Head BIM Civil Engineering
Implenia AG

Praxispartnerin
Implenia Schweiz AG
Division Civil Engineering
Ingenieurbau Deutschschweiz

Abb. 1: Titelbild: Project manager and site manager talking at construction site (Implenia AG & Hager, 2022)

«Projekte scheitern nicht an der Technik, sondern am Menschen»

Tom DeMarco

Eigenständigkeitserklärung

«Ich erkläre hiermit,

dass ich die vorliegende Master-Thesis mit dem Titel «*Gestaltung von Kompetenzprofilen für den erfolgreichen Einsatz des VDC-Frameworks und der BIM-Methodik in einer Bauunternehmung*» selbst und selbständig verfasst habe,

dass ich sämtliche nicht von mir selbst stammenden Textstellen bzw. Bestandteile eines Werkes (Bilder, Grafiken, Codes, etc.) gemäss gängigen wissenschaftlichen Zitierregeln korrekt zitiert und die verwendeten Quellen gut sichtbar erwähnt habe;

dass ich in einem Verzeichnis alle verwendeten Hilfsmittel (KI-Assistenzsysteme wie Chatbots [z.B. ChatGPT], Übersetzungs- [z.B. Deepl] Paraphrasier- [z.B. Quillbot]) oder Programmierapplikationen [z.B. Github Copilot] deklariert und ihre Art der Verwendung offenlege und bei den entsprechenden Textstellen angegeben habe,

dass ich sämtliche immateriellen Rechte an von mir allfällig verwendeten Materialien wie Bilder oder Grafiken erworben habe oder dass diese Materialien von mir selbst erstellt wurden;

dass das Thema, die Arbeit oder Teile davon nicht bei einem Leistungsnachweis eines anderen Moduls verwendet wurden, sofern dies nicht ausdrücklich mit der Dozentin oder dem Dozenten im Voraus vereinbart wurde und in der Arbeit ausgewiesen wird;

dass ich mir bewusst bin, dass meine Arbeit auf Plagiate und auf Drittautorschaft menschlichen oder technischen Ursprungs (künstliche Intelligenz) überprüft werden kann;

dass ich mir bewusst bin, dass die Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik einen Verstoss gegen diese Eigenständigkeitserklärung bzw. die ihr zugrundeliegenden Studierendenpflichten der Studien- und Prüfungsordnung der Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik verfolgt und dass daraus disziplinarische (Verweis oder Ausschluss aus dem Studiengang) Folgen resultieren können.»

Lenzburg, 24. Mai 2024 _____

Ort, Datum Thomas Beiner

Abstract

Die zunehmende Digitalisierung im Bauwesen, die unter anderem durch Methoden und Rahmenwerke wie **Building Information Modeling (BIM)** oder **Virtual Design and Construction (VDC)** vorangetrieben wird, erfordert neue Kompetenzen und Fähigkeiten aller beteiligten Akteure. Diese sind erforderlich, um Bauprojekte erfolgreich umzusetzen. Klare Kompetenzprofile, die die spezifischen Anforderungen an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eines Bauunternehmens, das im **Infrastrukturbau** tätig ist, definieren, sind jedoch kaum vorhanden.

Diese Master-Thesis hat zum Ziel, **Kompetenzprofile** für den erfolgreichen Einsatz der BIM-Methodik und des VDC-Frameworks in einer Bauunternehmung zu entwickeln. Diese Profile sollen die erforderlichen Kompetenzen für die Projektabwicklung klar definieren und eine mögliche Grundlage für Aus- und Weiterbildungsmassnahmen bieten.

Um dieses Ziels zu erreichen wurde ein mehrstufiger Ansatz gewählt welcher theoretische und praktische Datenerhebungen umfasst. Eine umfassende Literaturrecherche zu BIM, VDC und den erforderlichen Kompetenzen sowie Beobachtungen und Interviews bilden die Basis, um relevante Daten zu erhalten. Darauf aufbauend wird eine **Low-Code Applikation** entwickelt, in der die projektspezifischen Anforderungen anhand von Anwendungsfällen analysiert und dem geplanten Projektteam gegenübergestellt werden. Durch iterative Anpassungen und externes Feedback wurde das Produkt kontinuierlich optimiert.

Die entwickelte **Low-Code Applikation** ermöglicht eine **kompetenzbasierte Bewertung** und stellt eine innovative Lösung dar, die die Effizienz und Qualität von Bauprojekten steigern kann. Die Arbeit bietet eine solide Grundlage für die zukünftige Entwicklung und Anwendung von kompetenzbasierter Projekt- sowie auch Personalbeurteilung in der Bauindustrie.

Es wird empfohlen, die entwickelten Kompetenzprofile und die Applikation weiterzuentwickeln und in der gesamten Organisation zu implementieren. Auf Basis der kompetenzbasierten Bewertung sollten zukünftig Aus- und Weiterbildungsprogramme initiiert werden.

Schlagworte:

- Virtual Design and Construction (VDC)
- Building Information Modeling (BIM)
- Kompetenzprofile
- kompetenzbasierte Bewertung
- Infrastrukturbau
- Bauunternehmung
- Low-Code Applikation

Vorwort

Die vorliegende Masterarbeit mit dem Titel «Gestaltung von Kompetenzprofilen für den erfolgreichen Einsatz des VDC-Frameworks und der BIM-Methodik in einer Bauunternehmung» entstand primär aus meinem persönlichen Interesse an der digitalen Transformation in der Bauwirtschaft und meiner Funktion als Leiter BIM Infrastrukturbau Deutschschweiz bei der Implenia Schweiz AG. Die zunehmende Digitalisierung stellt die Baubranche vor neue Herausforderungen und bietet gleichzeitig zahlreiche Möglichkeiten zur Steigerung der Effizienz und Qualität in Bauprojekten.

Während der rund zehnmonatigen Bearbeitungszeit konnte ich mein Wissen stetig ausbauen, stets mit dem Ziel, dass meine Erkenntnisse einen positiven Beitrag zur Digitalisierung der Baubranche leisten. Der Fokus lag dabei stehts auf praxisnahen und umsetzbaren Erkenntnissen, die nicht nur einen theoretischen Wert besitzen, sondern konkrete Lösungsansätze für die Bauindustrie beinhalten.

Mein besonderer Dank gilt meinem Thesis-Begleiter Prof. Dr. Eder Martinez für die wertvolle Unterstützung und das konstruktive Feedback. Ebenso möchte ich mich bei meinem Praxispartner, der Implenia Schweiz AG, und meinem Thesis-Experten, Dominic Singer, für die Möglichkeit der praxisnahen Umsetzung bedanken. Ohne ihre kontinuierliche Unterstützung und die zur Verfügung gestellten Ressourcen wäre diese Arbeit in dieser Form nicht möglich gewesen.

Ein grosser Dank gebührt auch allen Mitarbeitenden der Implenia Schweiz AG, die sich die Zeit genommen haben, einen wertvollen Beitrag zu dieser Arbeit zu leisten. Ihre Beiträge waren für die Qualität dieser Arbeit von unschätzbarem Wert. Ebenso möchte ich mich bei allen externen Partnern bedanken, die sich die Zeit für kurze, aber auch lange und intensive Gespräche genommen haben und mir eine gewisse Aussensicht ermöglicht haben.

Diese Arbeit soll nicht nur einen theoretischen Beitrag zur Wissenschaft leisten, sondern auch praktische Lösungen und Ansätze liefern, die in der Bauindustrie angewendet werden können. Ich wünsche mir, dass die Ergebnisse dieser Arbeit zur weiteren Professionalisierung und Effizienzsteigerung von Bauprojekten beitragen und einen positiven Einfluss auf die Weiterbildung und Entwicklung der Mitarbeitenden in der Branche haben.

Ich wünsche viel Freude beim Lesen dieser Arbeit und hoffe, dass sie wertvolle Einblicke und Anregungen bietet.

Lenzburg, im Frühling 2024

Inhalt

EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG ..... **I**

ABSTRACT ..... **II**

VORWORT ..... **III**

INHALT ..... **IV**

GLOSSAR **1**

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS **3**

1. EINLEITUNG **4**
1.1. EINFÜHRUNG UND PROBLEMSTELLUNG **4**
1.2. MOTIVATION UND ZIELSETZUNG **4**
1.3. VORGEHENSWEISE UND AUFBAU DER ARBEIT **5**
1.4. RAHMENBEDINGUNGEN **6**

2. THEORETISCHE DATENERHEBUNG **8**
2.1. VORGEHEN **8**
2.2. BIM UND VDC **8**
2.2.1. BIM – Building Information Modeling 8
2.2.2. VDC – Virtual Design and Construction 9
2.2.3. BIM oder VDC? 10
2.2.4. BIM-Anwendungsfälle 10
2.3. KOMPETENZEN **12**
2.3.1. Definition Kompetenz 12
2.3.2. Kompetenz im beruflichen Kontext 12
2.3.3. Handlungskompetenzen 13
2.3.4. Bewerten von Kompetenzen 13
2.4. STAND DER FORSCHUNG **15**
2.4.1. Methodik 15
2.4.2. Vorgehen 16
2.4.2.1. Datenerhebung 16
2.4.2.2. Datenauswertung 17
2.4.3. Ergebnisse 18
2.5. ZUSAMMENFASSUNG **23**

3. PRAKTISCHE DATENERHEBUNG **24**
3.1. VORGEHEN **24**
3.2. BEOBACHTUNGEN **24**
3.2.1. Theoretischer Hintergrund 24
3.2.2. Praktische Anwendung 25
3.3. INFORMELLE GESPRÄCHE / EPISODISCHES INTERVIEW **26**
3.3.1. Theoretischer Hintergrund 26
3.3.2. Praktische Anwendung 27
3.4. EXPERTENGESPRÄCHE **27**
3.4.1. Theoretischer Hintergrund 27
3.4.2. Praktische Anwendung 27
3.5. LEITFADEN- (HALBSTRUKTURIERTES) INTERVIEW **28**
3.5.1. Theoretischer Hintergrund 28
3.5.2. Praktische Anwendung 28

3.6. ZUSAMMENFASSUNG 29

4. METHODIK 30
4.1. ENTWICKLUNGSMETHODIK 30
4.1.1. Planungsphase 30
4.1.2. Designphase 34
4.1.3. Werkzeuge und Technologien 35
4.1.4. Datenmodellierung 35
4.2. TECHNISCHE UMSETZUNG 36
4.2.1. Benutzeroberfläche 36
4.2.2. Kernfunktionalität 38
4.3. ZUSAMMENFASSUNG 41

5. EVALUATION UND WEITERENTWICKLUNG 42
5.1. KONZEPTIONELLES TESTVERFAHREN 42
5.2. INHALTLICHES TESTVERFAHREN 42
5.3. PRODUKTVORSTELLUNG 43
5.4. UMSETZUNG VON OPTIMIERUNGSVORSCHLÄGEN 44
5.4.1. Trennung von Stabs- und Supportfunktionen 44

6. RESÜMEE UND AUSBLICK 45
6.1. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE 45
6.2. SCHLUSSFOLGERUNGEN 45
6.3. BEITRAG ZUR FORSCHUNG 46
6.4. LIMITATION UND EMPFEHLUNG 46
6.5. AUSBLICK 47
6.6. PERSÖNLICHE REFLEXION 48

7. VERZEICHNISSE 49
7.1. LITERATURVERZEICHNIS 49
7.2. ABBILDUNGSVERZEICHNIS 56
7.3. TABELLENVERZEICHNIS 57
7.4. FORMELVERZEICHNIS 57

Glossar

Begriff	Beschreibung
Asset	Gegenstand, Sache oder Einheit, die einen potenziellen oder tatsächlichen Wert für eine Organisation hat (ISO 19650-1, 2018)
Augmented Reality (AR)	Erweiterte Realität, eine Technologie, die computergenerierte Inhalte in die reale Welt integriert (Cambridge Dictionary, 2024a)
BIM Execution Plan (BEP)	Ein Plan, in dem erläutert wird, wie die Informationsmanagement-Aspekte der Informationsbestellung vom Lieferteam durchgeführt werden sollen (ISO 19650-2, 2018)
BIM+	Erweiterung des traditionellen BIM um zusätzliche Daten (Rischmoller et al., 2018)
BIM-Anwendungsfall	Beschreibt die Durchführung eines oder mehrerer spezifischen Prozesse durch verantwortliche Beteiligte nach definierten Anforderungen, zur Unterstützung der Erfüllung eines oder mehrerer Ziele unter Anwendung der BIM Methode. (Bauen digital Schweiz et al., 2022)
Building Information Modeling (BIM)	Nutzung einer gemeinsamen digitalen Darstellung eines Bauwerks, zur Erleichterung von Planungs-, Bau- und Betriebsprozessen, um eine zuverlässige Entscheidungsgrundlage zu schaffen. (ISO 19650-1, 2018)
Common Data Environment (CDE)	Vereinbarte Umgebung für Informationen für ein bestimmtes Projekt oder für ein Asset, um jeden Informationscontainer über einen verwalteten Prozess zu sammeln, zu verwalten und zu verbreiten. (Bauen digital Schweiz et al., 2022)
Corperate Design	Unternehmens-Erscheinungsbild, beinhaltet das gesamte, einheitliche Erscheinungsbild eines Unternehmens.
Exchange Information Requirements (EIR)	Dokument in der die Informationsanforderungen in Zusammenhang mit einer Informationsbestellung beschrieben werden. (ISO 19650-1, 2018)
Grauliteratur	Sammelbezeichnung für alle nicht verlagsgebundenen Veröffentlichungen. (Universitätsbibliothek der Humboldt-Universität zu Berlin, 2023)
Handlungskompetenz	Fähigkeit berufliche Aufgaben und Tätigkeiten eigeninitiativ, zielorientiert, fachgerecht und flexibel auszuführen. (SBFI, 2017)
Integrated Concurrent Engineering (ICE)	Eine Methode, die die gleichzeitige und integrierte Zusammenarbeit innerhalb eines Projektteams fördert. (Rischmoller et al., 2018)
Integrated Project Delivery (IPD)	Ein Projektabwicklungs-Modell, welches die integrierte, lebenszyklusorientierte Bestellung, Planung und Ausführung eines Bauwerks unter der gemeinsamen Verantwortung einer Projektgruppe mit den wichtigsten am Projekt beteiligten Unternehmungen beinhaltet. (Bauen digital Schweiz et al., 2022)
Internet of Things (IoT)	Ein Netzwerk von physischen Objekten, die mit Sensoren, Software und anderen Technologien ausgestattet sind, um Daten über das Internet auszutauschen. (Cambridge Dictionary, 2024b)
Kompetenzen	Die persönliche Fähigkeit einer Person bestimmte Probleme zu lösen oder konkrete Anforderungssituationen zu bewältigen. (Klieme et al., 2003)
Lean Construction	Übertragung der Lean Management-Philosophie auf das Bauwesen (German Lean Construction, 2019)
Lernziel-Taxonomie	Modell zur Beschreibung und Klassifizierung von Fähigkeiten. (Anderson & Krathwohl, 2001)

Metadaten	Informationen, die gegeben werden, um andere Informationen zu beschreiben oder Ihnen zu helfen, sie zu nutzen. (Cambridge Dictionary, 2024c)
Metrik	Leistungsindikatoren oder Kennzahlen welche Auskunft über einen bestimmten Prozess oder eine bestimmte Tätigkeit geben. (Cambridge Dictionary, 2024d)
National Building Specification (NBS)	Eine britische Organisation, die Standards und Spezifikationen für die Bauindustrie bereitstellt. (NBS Enterprises Ltd, 2024)
Organizational Information Requirements (OIR)	Informationsanforderungen in Bezug auf organisatorische Ziele. (Bauen digital Schweiz et al., 2022)
Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)	Ein Protokoll zur Strukturierung und Berichterstattung von systematischen Übersichtsarbeiten und Meta-Analysen. (Köhler, 2020)
Primärquelle	Ungefilterte Daten ohne Interpretation eines Autors (Dr.-Ing. Kache et al., 2015)
Project Production Management (PPM)	Anwendung von Theorien, Prinzipien und Methoden der Betriebswissenschaft, um die Projektabwicklung zu verbessern. (VDC Dictionary, 2020)
Projektallianz	Vereinbarung zwischen dem Bauherrn und einem Realisierungspartner oder mehreren Realisierungspartnern zum Zweck einer partnerschaftlichen Umsetzung eines Bauvorhabens nach vorgängig vereinbarten Grundprinzipien zur gemeinsamen, kooperativen Projektrealisierung. (prSIA 2065, 2023)
Schneeballsystem	Methode, um über Literaturverzeichnisse von bestehenden Literaturen weitere Literaturen zu identifizieren. (Universität Münster, 2024)
Sekundärquelle	Daten aus Primärquellen, welche interpretiert werden und noch ausgewählte Daten, Ergebnisse oder Schlussfolgerungen erhalten. (Dr.-Ing. Kache et al., 2015)
SPSS-Prinzip	Ein Prozess zur systematischen Erfassung und Analyse von Daten durch Sammeln, Prüfen, Sortieren und Subsumieren. (Helfferich, 2011)
Tertiärquelle	Aus Sekundärquellen zusammengefasste und teilweise stark aufbereitete Daten. (Dr.-Ing. Kache et al., 2015)
Virtual Design and Construction (VDC)	Ein Rahmenwerk welches die Verwendung integrierter multidisziplinärer Leistungsmodelle von Planungs- und Bauprojekten zur Unterstützung expliziter und öffentlicher Geschäftsziele verwendet. (Kunz & Fischer, 2012)
Virtuelle Realität (VR)	Eine computergenerierte Umgebung, die eine realistische Benutzererfahrung simuliert. (Cambridge Dictionary, 2024e)

Abkürzungsverzeichnis

A

AIR	*Asset Information Requirements*
AR	*erweiterte Realität*

B

BEP	*BIM Execution Plan*
BIM	*Building Information Modeling*
BIM MAM	*Building Information Modeling maturity assessment model*
BIM+	*um weitere Dimensionen (Zeit, Kosten) erweitertes digitales Bauwerksmodell*

C

CDE	*Common Data Environment*

E

EIR	*Exchange Information Requirements*

I

ICE	*Integrierte und gleichzeitige Zusammenarbeit*
IoT	*Internet der Dinge*
IPD	*Integrated Project Delivery*

N

NBS	*National Building Specification*

O

OIR	*Organizational Information Requirements*

P

PA	*Projektallianz*
PPM	*Projekt- Produktionsmanagement*
PRISMA	*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

S

SBB	*Schweizerische Bundesbahnen AG*
SBV	*Schweizerischen Baumeisterverband*
SIA	*Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein*
SPSS	*Sammeln, Prüfen, Sortieren und Subsumieren*

T

TKP	*technisch-kaufmännisches Personal*

U

UAS	*unbemannte Luftfahrzeuge*

V

VDC	*Virtual Design and Construction*
VDI	*Verein Deutscher Ingenieure e.V.*
VR	*virtuelle Realität*

1. Einleitung

Die Digitalisierung im Bauwesen schreitet in schnellen Zügen voran. Moderne Methoden und Rahmenwerke wie Building Information Modeling (BIM) und Virtual Design and Construction (VDC) spielen eine zentrale Rolle bei der Unterstützung und Förderung dieser Entwicklung. Diese Rahmenwerke und Methoden, die durch Technologien und digitale Bauwerksmodelle unterstützt werden, ermöglichen eine verbesserte Planung, Ausführung und Verwaltung von Bauprojekten. Die Umsetzung solcher methodischen Konzepte erfordert jedoch nicht nur technologische Anpassungen, sondern auch die Anpassung und Entwicklung neuer Kompetenzen und Fähigkeiten der beteiligten Akteure.

1.1. Einführung und Problemstellung

In der heutigen Bauindustrie gewinnt die Fähigkeit, digitale Werkzeuge effizient zu nutzen, immer mehr an Bedeutung. Traditionelle Arbeitsweisen werden zunehmend durch integrierte digitale Prozesse ersetzt, die mehr Effizienz und Zusammenarbeit ermöglichen. So hat die Bundesverwaltung 2018 Umsetzungsmassnahmen zur Erreichung ihrer Strategie Digitale Schweiz veröffentlicht. In der Publikation wurden auch bundesexterne Dritte aufgeführt, die einen Beitrag zur Erreichung der Strategieziele leisten. Unter der Federführung des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) und der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) soll der digitale Gebäudemodellstandard etabliert und bis 2025 für Infrastrukturprojekte der bundesnahen Betriebe verbindlich eingeführt werden. Mit der BIM-Methode erhoffen sich die Beteiligten eine Effizienzsteigerung von 5-10% in den Bereichen Kosten, Termine und Projektziele. (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2018)

Die Erfahrungen des Autors decken sich mit den Darstellungen in (Wernik, 2016). Viele Projekte scheitern nicht an der Technologie selbst, sondern an fehlenden oder unzureichenden menschlichen und organisatorischen Grundvoraussetzungen. Dies kann zu Verzögerungen, erhöhten Kosten und allgemeiner Frustration der Beteiligten führen.

Das zentrale Problem, das in dieser Arbeit behandelt wird, ist die Identifikation und Gestaltung von Kompetenzprofilen, um die notwendigen menschlichen Grundvoraussetzungen sicherzustellen. Unter Kompetenzprofilen wird die Zusammenstellung der notwendigen Kompetenzen verstanden, die für eine erfolgreiche Anwendung des VDC-Frameworks und der BIM-Methodik in Bauunternehmen erforderlich sind. Damit soll aufgezeigt werden, wie der Praxispartner seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter besser auf die Herausforderungen der digitalen Transformation vorbereiten kann.

1.2. Motivation und Zielsetzung

Wie zuvor beschrieben, soll der Einsatz der BIM-Methodik oder des VDC-Frameworks eine effektivere und effizientere Umsetzung von Bauprojekten ermöglichen. Diese modernen Methoden und Rahmenwerke erfordern von den Projektbeteiligten neue Kompetenzen und Fähigkeiten. Der Erwerb dieser Kompetenzen erfolgt häufig projektspezifisch, was zu einer stark individualisierten und sequenziellen Ausbildung führt.

Die Implenia Schweiz AG als Praxispartner dieser Arbeit verfolgt das Ziel, ihre Mitarbeitenden in die Lage zu versetzen, die BIM-Methodik selbständig anzuwenden. Dabei sollen keine spezialisierten Rollen gefördert, sondern die Organisation als Ganzes befähigt werden, BIM aktiv in ihren Projekten einzusetzen. Dies erfordert eine klare Definition der erforderlichen Kompetenzen, damit in einer späteren Phase entsprechende Schulungsmassnahmen umgesetzt werden können.

Die persönliche Motivation, diese Kompetenzen in einem Bauunternehmen zu untersuchen, entspringt dem Wunsch, die Möglichkeiten, die mit den modernen Methoden einhergehen, voll

auszuschöpfen und die Mitarbeitenden positiv auf weitere zukünftige Entwicklungen einzustimmen. Durch eine klare Definition der Anforderungen vor Projektbeginn können die Mitarbeitenden gezielt vorbereitet werden, sodass der technologische und methodische Überraschungsmoment ausbleibt.

Ziel dieser Master-Thesis ist es, Kompetenzprofile zu entwickeln, welche die Anforderungen und Tätigkeiten für Mitarbeitende der Implenia Schweiz AG auf wissenschaftlich anerkannten Grundlagen zusammenfassend darstellen. Dabei sollen sowohl fachliche, methodische als auch soziale und persönliche Kompetenzen erfasst werden, die für den erfolgreichen Einsatz der BIM-Methodik und des VDC-Frameworks notwendig sind. Die daraus folgende Forschungsfrage für die Arbeit lautet: Welche Kompetenzen sind für die Mitarbeitenden der Abteilung Civil D-CH der Implenia Schweiz AG erforderlich, um aktiv an BIM- und VDC-Projekten mitwirken zu können? Um diese Forschungsfrage zu beantworten, werden anhand dieser vier Teilfragestellungen abgeleitet:

- Wie können Kompetenzen für Rollen dargestellt werden?
- Welche Kompetenzen sind für die BIM-Methodik und das VDC-Framework relevant?
- Welche Rollen/Funktionen bestehen in einer Bauunternehmung?
- Welche Kompetenzlücken bestehen?

Zusätzlich zu den Teilfragestellungen werden Abgrenzungen vorgenommen, um das Forschungsgebiet zu limitieren. So sind Schulungsmassnahmen explizit nicht Teil dieser Master-Thesis. Dennoch sollen die resultierenden Kompetenzprofile als Grundlage für mögliche Aus- und Weiterbildungen von Mitarbeitenden genutzt werden können. Die Definition der Kompetenzprofile und die vorangehende Untersuchung beschränken sich zudem auf den Ingenieurtiefbau der Implenia Schweiz AG. Die erforderlichen Kompetenzen für Hochbauprojekte, die von der Division Buildings der Implenia AG abgewickelt werden, sowie für den Tunnelbau werden nicht untersucht. Zur Validierung der Ergebnisse können jedoch Fachpersonen aus diesen Bereichen beigezogen werden. Zudem soll der Fokus der Arbeit auf Mitarbeitende im Projektgeschäft beibehalten werden, was spezialisierte Rollen im BIM-Kontext (BIM-Spezialist, BIM-Spezialistin, BIM-Manager, BIM-Managerin etc.) nicht berücksichtigt. Ebenso werden Kompetenzen im Zusammenhang mit neu aufkommenden Projektabwicklungsmethoden wie Integrated Project Delivery (IPD) oder Projektallianzen (PA) von dieser Arbeit ausgeschlossen.

1.3. Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit

Die Vorgehensweise der Arbeit spiegelt sich in der Gliederung wider. Zunächst wurden die theoretischen Grundlagen zu den wichtigsten Begriffen im Kontext von Building Information Modeling (BIM), Virtual Design and Construction (VDC) und dem Kompetenzbegriff erarbeitet und der aktuelle Stand der Forschung dargestellt. Diese theoretischen Erkenntnisse wurden durch praktische Datenerhebungen, bestehend aus Beobachtungen und Interviews, validiert. Ziel ist es, praktische Einblicke in die Anforderungen und Herausforderungen bei der Umsetzung von BIM und VDC zu gewinnen.

Die theoretischen und praktischen Datenerhebungen bilden die Grundlage für die Entwicklung der Kompetenzprofile, die im Kapitel Methodik detailliert beschrieben werden. In diesem Kapitel wird erläutert, wie das Produkt geplant und anschliessend umgesetzt wurde. Das Ergebnis wurde in einem weiteren Schritt evaluiert und weiterentwickelt. Dazu wurden mehrere Testverfahren mit unterschiedlichen Interessensgruppen durchgeführt, um Verbesserungspotenziale zu identifizieren, zu diskutieren und schliesslich umzusetzen.

Das abschliessende Kapitel fasst die Ergebnisse der Arbeit zusammen, zieht Schlussfolgerungen aus dem entwickelten Konzept und gibt einen Ausblick auf weitere Schritte und Potenziale, die sich durch kompetenzbasierte Bewertungen ergeben können.

Durch das strukturierte Vorgehen wird ein Produkt entwickelt, welches auf dem Proposal, der theoretischen sowie praktischen Datenerhebung aufbaut und im Rahmen von Optimierungen bereits weiterentwickelt wurde. Die dokumentierten Limitationen schränken das Produkt ein und zeigen dessen Grenzen auf. In der Diskussion wird ein Ausblick gewagt, inwiefern sich das Produkt weiterentwickeln könnte. Dieses Vorgehen wird in der nachfolgenden Grafik (Abb. 2) schematisch dargelegt.

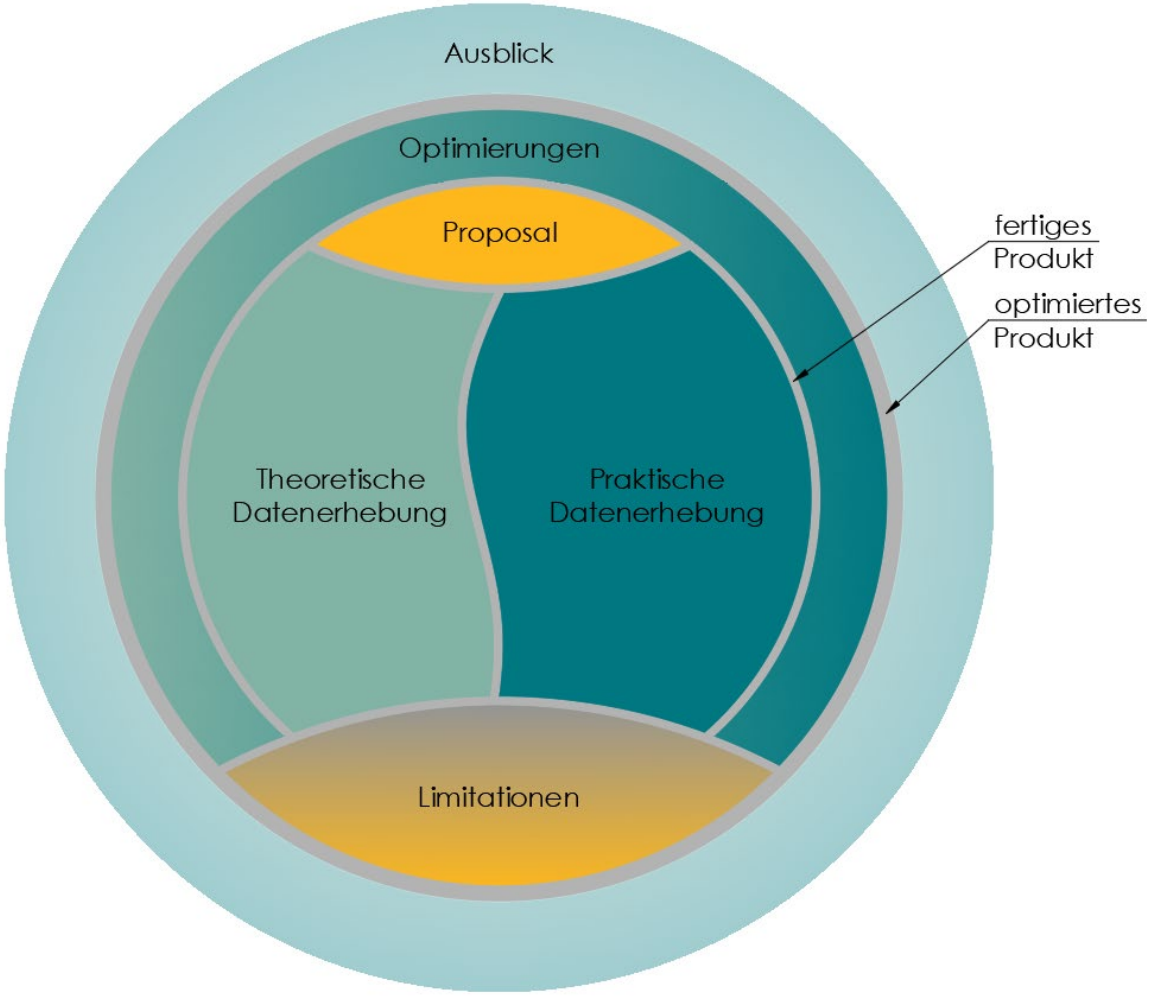

Abb. 2: Visuelle Darstellung der Produktentwicklung (eigene Darstellung in Autodesk AutoCAD)

1.4. Rahmenbedingungen

Die vorliegende Arbeit bildet den Abschluss des Masterstudiengangs MSc FHNW in Virtual Design and Construction. Die Arbeit besteht aus den Teilen Praxis, Theorie und Präsentation mit Kolloquium. Die Bewertung dieser Teile erfolgt individuell mit einer Gewichtung, welche vom Thesis-Typ abhängig ist. Die vorliegende Arbeit entspricht dem Typus A – Projekt und enthält eine «*Fragestellung und Entwurf mit effektiver Umsetzung, begleitet von einer schriftlichen, wissenschaftlichen Auseinandersetzung*» (Dainton et al., 2023).

Die Gewichtung der Bewertung kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden:

Typus	Projekt / Entwurf Praxisteil	Theorie / Reflexion Theorieteil	Präsentation / Kolloquium Mündlicher Teil	Summe
A	50%	25%	25%	100%

Tabelle 1: Typus der Arbeit mit entsprechender Gewichtung (Dainton et al., 2023)

Für den erfolgreichen Abschluss der Masterarbeit werden 30 ECTS-Punkte (European Credit Transfer System) angerechnet. Dies entspricht einem Leistungsanfall von 750 bis 900 Stunden. (Dainton et al., 2023; European Commission. Directorate General for Education and Culture., 2015)

Diese Arbeit wurde in Kooperation mit der Praxispartnerin Implenia AG bzw. Implenia Schweiz AG entwickelt, bei welcher der Autor sowie der Thesis-Experte in einem Arbeitsverhältnis stehen.

2. Theoretische Datenerhebung

Das Kapitel soll die theoretische Datengrundlage dieser Master-Thesis bilden, indem die für die Arbeit relevanten Themen auf theoretischer Ebene beschrieben werden.

2.1. Vorgehen

Die theoretische Datenerhebung basiert einerseits auf einer Literaturrecherche zu den für die Arbeit relevanten theoretischen Begriffserläuterungen und andererseits auf einer strukturierten Datenbanksuche, um den aktuellen Stand der Forschung darzulegen. Für die Begriffserläuterung wurde nebst der Suchmaschine von Google bzw. Google Scholar auch der Bibliothekskatalog von swisscovery durchsucht. Bei der Recherche über die Suchmaschine wurden die Ergebnisse zusätzlich durch die Eingabe von Operatoren gezielt eingegrenzt. So wurden nur bestimmte Datentypen wie PDF-Dateien von bestimmten Webseiten als Suchergebnis angezeigt. (Google, 2024a, 2024b; SLSP AG, 2024)

Bei den Suchergebnissen wurde jeweils versucht, die Primär- bzw. Sekundärquelle zu identifizieren und diese zu rezitieren oder als Datengrundlage zu verwenden. Als Primärquellen werden ungefilterte Daten ohne Interpretation eines Autors bezeichnet. Sekundärquellen interpretieren die Primärquelle und erhalten noch ausgewählte Daten, Ergebnisse oder Schlussfolgerungen. Tertiärquellen fassen Informationen aus Sekundärquellen zusammen und sind somit je nach Fall bereits stark aufbereitet. (Dr.-Ing. Kache et al., 2015)

2.2. BIM und VDC

Building Information Modeling (BIM) sowie Virtual Design and Construction (VDC) bilden zwei methodische Grundlagen für die Arbeit an und mit digitalen Bauwerksmodellen in der Baubranche ab. Die Bedeutung dieser zwei Begriffe soll im folgenden Kapitel dargelegt werden.

2.2.1. BIM – Building Information Modeling

Die Norm SN EN ISO 19650-1 definiert Building Information Modeling (BIM) als «*use of a shared digital representation of a built asset to facilitate design, construction and operation processes to form a reliable basis for decisions*.», wobei asset als ein «*item, thing or entity that has potential or actual value to an organization*» definiert ist. (SN EN ISO 19650-1:2018, 2020)

Übersetzt kann BIM als «*Nutzung einer gemeinsamen digitalen Darstellung eines Bauwerks, zur Erleichterung von Planungs-, Bau- und Betriebsprozessen, um eine zuverlässige Entscheidungsgrundlage zu schaffen*», definiert werden. (SN EN ISO 19650-1:2018, 2020) Dies entspricht inhaltlich derselben Definition wie sie im SIA-Merkblatt 2051 beschrieben ist, nämlich als *«Teil der BIM-Methode, welche die Erzeugung und die Verwaltung von digitalen Bauwerksmodellen (…) beinhaltet. Die digitalen Bauwerksmodelle (…) sind eine verlässliche Quelle für Entscheidungen während des gesamten Lebenszyklus, von der strategischen Planung bis zum Rückbau*.» (SIA 2051, 2017)

In (Hartmann, 2022) werden weiter Definitionen von BIM im deutsch- und englischsprachigen Raum aufgelistet. So ist BIM für den VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V. eine «*Methode zur Planung, zur Ausführung und zum Betrieb von Bauwerken mit einem partnerschaftlichen Ansatz auf Grundlage einer zentrischen Bereitstellung von Informationen zur gemeinschaftlichen Nutzung*.» (VDI 2552 Blatt 1, 2020). Für NBS, eine im Vereinigten Königreich ansässige Unternehmung, welche Informationen zu Bauspezifikationen bereitstellt, definiert BIM «*als ein Prozess zur Erstellung und Verwaltung von Informationen über ein Bauprojekt während seines gesamten Lebenszyklus. Im Rahmen dieses Prozesses wird eine koordinierte digitale Beschreibung aller Aspekte des Bauwerks entwickelt, wobei eine Reihe geeigneter Technologien zum Einsatz kommt. Es ist wahrscheinlich, dass diese digitale*

Beschreibung eine Kombination aus informationsreichen 3D-Modellen und zugehörigen strukturierten Daten wie Produkt-, Ausführungs- und Übergabeinformationen umfasst.» (Hamil, 2021)

2.2.2. VDC – Virtual Design and Construction

Virtual Design and Construction (VDC) wird von Kunz und Fischer als *«(…) the use of integrated multi-disciplinary performance models of design-construction projects to support explicit and public business objectives.*» (Kunz & Fischer, 2012) definiert, welches übersetzt als die Verwendung integrierter multidisziplinärer Leistungsmodelle von Planungs- und Bauprojekten zur Unterstützung expliziter und öffentlicher Geschäftsziele festgelegt werden kann (Kunz & Fischer, 2012).

VDC wird oft als einfaches Framework beschrieben welches aus den Hauptkomponenten Building Information Modeling (BIM+), Projekt- und Produktionsmanagement (PPM), integrierter und gleichzeitiger Zusammenarbeit (ICE), Projekt- und Kundenzielen und Metriken besteht. Diese werden nachfolgend kurz beschrieben.

BIM+

BIM+ erweitert das traditionelle Building Information Modeling durch die Integration zusätzlicher Daten wie Zeit für 4D-Modelle, Kosten für Kostenschätzungen oder Daten für Energieanalysen. (Rischmoller et al., 2018)

PPM

Project Production Management (PPM) betrachtet Projekte als temporäre Produktionssysteme und wendet die Operationstheorie zur Organisation und Steuerung von Arbeitsaktivitäten an. PPM bietet eine quantitative und prädiktive Theorie, die es ermöglicht, die Grenzen und das Design von Arbeitsaktivitäten zu bestimmen, um Kosten, Zeitpläne und Leistungsumfang zu optimieren. PPM und Lean Construction ergänzen sich, wobei PPM die physische Arbeitsorganisation betont. (Rischmoller et al., 2018)

Integriertes Concurrent Engineering (ICE)

Integrated Concurrent Engineering (ICE) bricht mit der traditionellen Praxis des isolierten Arbeitens und fördert stattdessen die enge Zusammenarbeit und Kommunikation innerhalb des Entwicklungsteams. Diese Methode verkürzt Feedbackschleifen, beschleunigt Entwurfsiterationen und reduziert unnötigen Aufwand. ICE nutzt BIM und Simulationen, um tiefgreifende Analysen und Diskussionen zu ermöglichen, die sonst nicht stattfinden würden. (Rischmoller et al., 2018)

Projekt- und Kundenziele

Kundenziele und Projektziele sollten immer aufeinander abgestimmt sein, insbesondere wenn es um Nachhaltigkeit und Lebenszykluskosten geht. VDC fordert, dass die Projektziele die Kundenziele unterstützen. Nur wenn ein hochintegriertes Projekt nutzbar, baubar, betreibbar und nachhaltig ist, kann es erfolgreich sein. VDC ist dabei ein Schlüsselelement. Es hilft, die spezifischen, klar definierten Ziele des Auftraggebenden zu erreichen. (Rischmoller et al., 2018)

Metriken

Leistungsindikatoren sind entscheidend, um zu überwachen, wie gut ein Projekt seine Ziele erreicht. Diese Metriken umfassen Aspekte der Nutzung, des Betriebs, der Nachhaltigkeit, der Sicherheit, der Qualität, des Zeitplans und der Kosten, welche messbar sind. Andere Kennzahlen wie die Teilnahme an Besprechungen, die Anzahl der vorgeschlagenen Innovationen und der Umfang der BIM-Nutzung basieren auf Bewertungen. (Rischmoller et al., 2018)

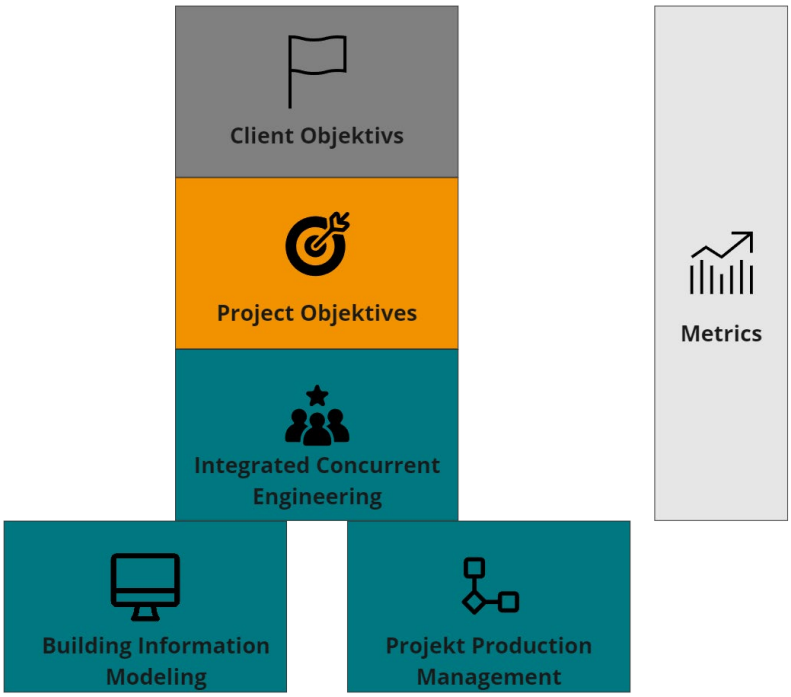

Abb. 3: VDC-Framework (eigene Darstellung aus Miro, angelehnt an (Rischmoller et al., 2018))

2.2.3. BIM oder VDC?

Die vorliegende Analyse zeigt, dass Building Information Modeling (BIM) als Technologie primär auf die Informationsmodellierung und die Optimierung von Planungs- und Bauprozessen ausgerichtet ist. Im Gegensatz dazu stellt Virtual Design and Construction (VDC) einen Rahmen dar, der ein Projekt primär aus einer Managementperspektive betrachtet, innerhalb derer BIM als integraler Bestandteil fungiert.

Da die Definitionen von BIM und VDC vielschichtige Konzepte umfassen, ist eine strikte Abgrenzung zwischen den beiden, wie ursprünglich angenommen, nicht immer eindeutig möglich. Der Übergang von BIM als technologische Umsetzung zur BIM-Methodik, die häufig synonym zu VDC verwendet wird (vgl SIA 2051), stellt sich häufig als fliessend dar.

Da der Fokus dieser Arbeit auf den Kompetenzen liegt, die für eine erfolgreiche Anwendung der BIM-Methodik und des VDC-Frameworks erforderlich sind, wird in diesem Zusammenhang keine spezifische Unterscheidung zwischen den beiden Ansätzen getroffen. Dies insbesondere auch auf den Standpunkt beziehend, dass für BIM sowie VDC die Zieldefinition eine wichtige Rolle spielt, welche im Rahmen der Projektentwicklung auf sogenannte Anwendungsfälle heruntergebrochen wird.

2.2.4. BIM-Anwendungsfälle

Ein BIM-Anwendungsfall bezieht sich auf die Modellanforderungen, Prozesse und Projektbeteiligte, welche erforderlich sind, um ein BIM-Ziel zu erreichen. Mögliche Ziele können Aspekte zur Kostenkontrolle, Qualität oder Kommunikation betreffen und werden im Rahmen der Projektinitialisierung entwickelt und definiert. So kann als BIM-Ziel eine hohe Terminsicherheit definiert werden, von welcher anschliessend der Anwendungsfall der modellbasierten Terminplanung abgeleitet wird. (Borrmann et al., 2021)

Im BIM-Abwicklungsmodell beschreibt Bauen digital Schweiz einen BIM-Anwendungsfall als eine spezifische Definition und Anwendung von Prozessen und Informationsanforderungen in der Planung, Realisierung und Bewirtschaftung von Bauwerken unter der Verwendung von BIM. Die Anwendungsfälle seien entscheidend für die Festlegung des spezifischen Informationsbedarfs der zu liefernden Objekte im Rahmen der Projekt- und Asset-Management-Ebene, welche von Auftraggeberseite in den Asset Information Requirements (AIR), den Organizational Information Requirements (OIR) und den Exchange Information Requirements (EIR) detailliert beschrieben werden. Auftragnehmerseitig können Anwendungsfälle und Informationsanforderungen über den BIM Execution Plan (BEP) koordiniert werden. (Bauen digital Schweiz / buildingSMART Switzerland, 2022)

Die auf Organisationsebene definierten Anwendungsfälle werden teilweise veröffentlicht und können eingesehen werden. So werden die Anwendungsfälle des Tiefbauamtes des Kantons Zürich auf ihrer Webseite publiziert, um zu definieren welche Informationen erforderlich sind, um ein bestimmtes Ergebnis zu erzielen. (Kanton Zürich, 2024)

Es finden Bestrebungen statt, solche Anwendungsfälle zu standardisieren. So stellt BuildingSMART [1] ein Portal zur Verfügung, den bSI Use Case Management Service, auf welchem diese Anwendungsfälle geteilt werden können. (buildingSMART, 2024)

Weitere Anwendungsfälle werden in Literaturen beschrieben, von Verbänden und Institutionen veröffentlicht oder werden im Rahmen eines Projektes von der bestellenden Organisation zur Verfügung gestellt und sind dementsprechend nicht öffentlich zugänglich. In der folgenden Visualisierung sind, die im Rahmen dieser Arbeit identifizierten Anwendungsfälle dargestellt.

Abb. 4: Übersicht der identifizierten Anwendungsfälle (eigene Darstellung aus draw.io)

[1] buildingSMART International ist eine Organisation, die sich auf die digitale Transformation und die Verbesserung der Zusammenarbeit und der digitalen Arbeitsabläufe in der Bauindustrie konzentriert. Sie bietet Lösungen und Standards für die effiziente Kommunikation und Zusammenarbeit in allen Phasen des Projekt- und Anlagenlebenszyklus. (buildingSMART, 2019)

2.3. Kompetenzen

Das Konzept der Kompetenz ist von zentraler Bedeutung in den Bereichen Bildung, Berufsbildung und Forschung, aber die Anzahl der Definitionen und Anwendungen ist vielfältig. Ziel dieses Kapitels ist es, eine übersichtliche Darstellung der verschiedenen Definitionen von Kompetenz zu geben und ihre Relevanz in Relation zu dieser Arbeit zu beleuchten.

2.3.1. Definition Kompetenz

In der Literatur werden eine Vielzahl von unterschiedlichen Kompetenzbegriffen verwendet. Die Begriffsdefinitionen reichen von angeborenen Persönlichkeitsmerkmalen (Begabungen) bis hin zu spezialisierten Fertigkeiten. (Klieme et al., 2003)

Für den Begriff Kompetenz wird die Definition von Weinert verwendet: *«Kompetenzen sind die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.»* (Weinert, 2014)

Vereinfacht beschreibt Weinert die persönliche Fähigkeit einer Person bestimmte Probleme zu lösen oder konkrete Anforderungssituationen zu bewältigen. Für die individuelle Ausprägung dieser Kompetenz beschreibt Weinert sieben Facetten: Fähigkeit, Wissen, Verstehen, Können, Handeln, Erfahrung, Motivation. (Klieme et al., 2003)

2.3.2. Kompetenz im beruflichen Kontext

Im beruflichen oder schulischen Kontext werden Kompetenzen in Kompetenzklassifizierungen oder -dimensionen formuliert. Diese Formulierung ist von der oben genannten Kompetenzformulierung abzugrenzen. Auch in diesem Kontext gibt es keine klare Definition und Abgrenzung dieser Kompetenzklassifizierungen. In (Prenzel et al., 2007) wird von den drei «Sach-, Selbst-/Human- und Sozialkompetenzen» gesprochen, (Tippelt et al., 2003) beschreiben insgesamt fünf Fach-, methodische und instrumentelle Kompetenzen, personale, soziale und kommunikative Kompetenzen sowie inhaltliches Basiswissen, während in (Baumann & Benzing, 2023) und anderen von den vier Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenzen die Rede ist. Im Rahmen dieser Arbeit wird die Definition nach (Kopf et al., 2010) verwendet welche in der nachfolgenden Tabelle dargestellt wird:

Kompetenz	Definition
Fachkompetenz	Fachkompetenz umfasst Fachkenntnisse, -methoden und deren Anwendung, die zur Bewältigung fachspezifischer Aufgaben erforderlich sind. Die Übereinstimmung der Fachkompetenz mit dem Stand der Forschung ist von wesentlicher Bedeutung.
Methodenkompetenz	Im Gegensatz zur Fachkompetenz bezieht sich die allgemeine Methodenkompetenz auf fachunabhängige Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten. Mit diesen ist es möglich, neue und komplexe Aufgaben und Probleme selbstständig und flexibel zu bewältigen. Sie sind Voraussetzung für die Auswahl, Planung und Umsetzung sinnvoller Lösungsstrategien. Methodenkompetenz umfasst Fähigkeiten wie Problemlösung, Transfer, abstraktes und vernetztes Denken sowie Analyse. Auch der sichere Umgang mit Computern und Fremdsprachenkenntnisse fallen unter den Begriff Methodenkompetenz.
Sozialkompetenz	Sozialkompetenzen sind Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten in Bezug auf Kommunikation, Kooperation und Konflikt in intra- und interkulturellen Kontexten. Sie befähigen den Menschen, im Umgang mit seinen Mitmenschen situationsgerecht zu handeln und individuelle und gemeinsame Ziele zu erreichen.

Selbstkompetenz	Unter Selbstkompetenz wird die Fähigkeit und Bereitschaft zusammengefasst, sich selbst zu entwickeln und die eigene Begabung, Motivation und Leistungsbereitschaft zu entfalten sowie spezifische Einstellungen und eine individuelle Persönlichkeit zu entwickeln.

Tabelle 2: Kompetenzklassifizierungen nach (Kopf et al., 2010)

2.3.3. Handlungskompetenzen

Für den Begriff «Handlungskompetenz» gibt es keine klare Definition. In (Reetz, 2010) wird die berufliche Handlungskompetenz als *«das Potenzial, das den Menschen befähigt, berufliche Situationen denkend und handelnd zu bewältigen»* definiert. In (Bader & Müller, 2002) wird diese als *«die Fähigkeit und Bereitschaft, Aufgabenstellungen selbstständig, fachlich richtig und methodengeleitet zu bearbeiten und das Ergebnis zu beurteilen»* beschrieben.

Da eine gänzliche Betrachtung der verschiedenen Modelle für die vorliegende Arbeit als nicht relevant betrachtet wird, wird auf die Diplomarbeit von (Raser, 2013) mit dem Titel «*Die Entfaltung der beruflichen Handlungskompetenz durch Persönlichkeitsbildung im Rahmen ganzheitlicher Berufsbildung*» verwiesen, in welcher die verschiedenen Modelle dargelegt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wird auf die Definition verwiesen, welche für die berufliche Grundbildung in der Schweiz verwendet wird: «*Handlungskompetent ist, wer berufliche Aufgaben und Tätigkeiten eigeninitiativ, zielorientiert, fachgerecht und flexibel ausführt.»* (SBFI, 2017)

Im Handlungskompetenz-Modell wird diese Definition noch weiter präzisiert: *«Handlungskompetent ist, wer eine berufliche Handlungssituation erfolgreich meistert. Dazu bedarf es einer situationsgerechten Mobilisierung und Kombination von Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz.»* (Zbinden-Bühler et al., 2018)

Die Handlungskompetenzen, welche vermehrt in der Berufsbildung verwendet werden, charakterisieren sich durch das Zusammenspiel von Kompetenzklassifizierungen zu einer Einheit welche stets als Ganzes vermittelt und geprüft wird. (Zbinden-Bühler et al., 2018)

Abb. 5: Charakterisierung einer Handlungskompetenz (eigene Darstellung aus draw.io)

2.3.4. Bewerten von Kompetenzen

Die Lernziel-Taxonomie von Bloom (Bloom, 1956) dient als etabliertes Modell zur Beschreibung und Klassifizierung von Fähigkeiten. Die Taxonomie gliedert sich in sechs Stufen zunehmender Komplexität auf. Jede Stufe baut auf der davor gehenden auf und wird durch bestimmte Verben charakterisiert. (Anderson & Krathwohl, 2001) haben die sechs Stufen der Bloom'schen Taxonomie weiterentwickelt, indem sie diese in zwei Dimensionen unterteilten: die kognitive Prozessdimension und die Dimension der Qualität des Wissens. Entgegen Bloom stuften Anderson und Krathwohl nicht die Beurteilung als den anspruchsvollen Prozess ein, sondern die Erzeugung von neuem Wissen. (Universität Zürich, 2018)

Abb. 6: Gegenüberstellung Taxonomie nach Bloom (grün) und Anderson & Krathwohl (grau), eigene Darstellung angelehnt an (Universität Zürich, 2018)

Prozess / Kategorie	Kognitiver Prozess	Kompetenzerwerb
1. Erinnern / Wissen relevante Kenntnisse aus dem Langzeitgedächtnis abrufen	1.1 Erkennen	erinnern und verstehen
	1.2 Erinnern	
2. Verstehen / Verständnis die Bedeutung von Anweisungen erfassen einschliesslich mündlicher, schriftlicher und grafischer Kommunikation	2.1 Interpretieren	
	2.2 Erläutern	
	2.3 Klassifizieren	
	2.4 Zusammenfassen	
	2.5 Ableiten	
	2.6 Vergleichen	
	2.7 Erklären	
3. Anwenden / Anwendung ein Verfahren in einer bestimmten Situation durchführen oder anwenden	3.1 Ausführen	anwenden
	3.2 Implementieren	
4. Analysieren / Analyse Material in seine Bestandteile zerlegen und bestimmen, wie sich die Teile zueinander und zu einer Gesamtstruktur verhalten	4.1 Differenzieren	analysieren und bewerten
	4.2 Organisieren	
	4.3 Zuordnen	
5. Bewertung / Synthese: Urteile auf der Grundlage von Kriterien und Normen fällen	5.1 Überprüfen	
	5.2 Bewerten	
6. Erschaffen / Beurteilen Elemente zu einem kohärenten oder funktionalen Ganzen zusammenfügen; Elemente zu einem neuen Muster oder einer neuen Struktur umgestalten	6.1 Generieren	erweitern und erschaffen
	6.2 Planen	
	6.3 Entwickeln	

Tabelle 3: Taxonomiestufen nach (Bloom, 1956) und (Anderson & Krathwohl, 2001)

2.4. Stand der Forschung

Um einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung zu erlangen wurde eine systematische Literaturrecherche durchgeführt. Dafür wurde nach Literatur recherchiert, welche in der Beantwortung der Hauptfragestellung der vorliegenden Arbeit unterstützen können.

2.4.1. Methodik

Vom Ablauf gliedert sich die systematische Literaturrecherche nach (Heil, 2021) in sieben Arbeitsschritte die nachfolgend tabellarisch aufgelistet und kurz erläutert werden:

	Beschreibung	Inhalt
1	Forschungsfrage und Rechercheziel definieren	Forschungsfrage klar formulieren, Ziel und Prinzip der Recherche benennen
2	Ein- und Ausschlusskriterien	Ein- und Ausschlusskriterien definieren
3	Datenbanken	Suchmaschine und/oder Datenbank festlegen
4	Suchkomponenten definieren	Suchbegriffe anhand der Forschungsfrage ableiten
5	Suchstrings festlegen	Suchstring entwickeln mit Suchkomponenten, Synonymen und Operatoren
6	Durchführung der Recherche	Eingabe der Suchstrings in der festgelegten Datenbank(en)
7	Dokumentation	Dokumentation der Ergebnisse

Tabelle 4: Ablauf einer systematischen Literaturrecherche (Heil, 2021)

Die dokumentierten Ergebnisse werden in einem weiteren Schritt bewertet. Dies geschieht in Anlehnung an das System PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Das System hat ihren Ursprung in der Medizin und wird inzwischen vermehrt auch in anderen Fachgebieten verwendet. In einem Schritt werden die Datensätze auf Grundlage der vorgängig definierten Suchstrings in Recherchedatenbanken identifiziert. Diesem Datenpool können weitere Datensätze, wie zum Beispiel eine Suche nach dem Schneeballsystem oder Grauliteratur, hinzugefügt werden. In einem zweiten Schritt wird der Datensatz auf Duplikate überprüft und bereinigt. Die sich nun im Datensatz befindlichen Quellen werden hinsichtlich des Titels, der Schlagwörter und des Abstracts geprüft, um nicht passende Datensätze auszusortieren. Die übrig gebliebenen Datensätze werden genauer untersucht. (Köhler, 2020)

Wissenschaftliche Texte orientieren sich weitgehend an einem standardisierten Aufbau:

- Titel
- Titelzusatz
- Abstract
- Schlagwörter
- Einleitung
- Hauptteil
- Schlussfolgerungen
- Quellen

Um die Ergebnisse effizient durchzuarbeiten, werden die Datensätze in einer spezifischen Reihenfolge durchgelesen.

1. Titel und Titelzusatz
2. Abstract
3. Einleitung
4. Schlussfolgerungen
5. Hauptteil

Wobei der Prozess nach jedem Schritt abgebrochen wird, falls sich das Dokument als nicht geeignet herausstellt. Alle sich als ungeeignet herausgestellten Quellen werden mit entsprechender Begründung aussortiert und die geeigneten werden in der Quellenverwaltung aufgenommen. (Köhler, 2020)

2.4.2. Vorgehen

Ziel dieses Kapitels ist es, einen transparenten Einblick in die praktischen Schritte der Datensammlung und -verarbeitung zu geben, die für die Erstellung von Kompetenzprofilen erforderlich sind.

2.4.2.1. Datenerhebung

Arbeitsschritt 1 – Forschungsfrage und Rechercheziel definieren

Die Forschungsfrage dieser Arbeit lautet wie folgt: «*Welche Kompetenzen sind für die Mitarbeitenden der Abteilung Civil D-CH der Implenia Schweiz AG erforderlich, um aktiv an BIM- und VDC-Projekten mitwirken zu können?*» Diese wurde im Rahmen des Proposals erarbeitet und festgelegt. (Beiner, 2023)

Arbeitsschritt 2 – Ein- und Ausschlusskriterien

Die Masterarbeit fokussiert sich auf die Erstellung von Kompetenzprofilen für spezifische Rollen und Funktionen innerhalb der Abteilung Civil D-CH der Implenia Schweiz AG. Dabei konzentriert sich die Untersuchung ausschliesslich auf Kompetenzen, die für Infrastrukturprojekte relevant sind, während Hochbau- und Tunnelbauprojekte nicht behandelt werden. Obwohl Kompetenzprofile für BIM-Spezialistenrollen und Spezialistinnenrollen wie BIM-Manangende, BIM-Koordinierende oder BIM-Modellierende nicht Gegenstand der Untersuchung sind, können deren Profile zur Validierung der Erkenntnisse verwendet werden. Die Ergebnisse der Arbeit bieten eine Basis für die Entwicklung von Schulungsprogrammen in Bauunternehmen, jedoch wird in dieser Thesis kein Schulungskonzept entwickelt. Ebenfalls ausgeschlossen von der Betrachtung sind Kompetenzen für neue Projektabwicklungsformen wie IPD/IPA oder Projektallianzen. (Beiner, 2023)

Arbeitsschritt 3 – Datenbanken

Für die Literaturrecherche wurde die Datenbank von ScienceDirect® verwendet. ScienceDirect® ist ein vom Elsevier-Verlag bereitgestellter Dienst und verzeichnet aktuell (Frühjahr 2024) über 2’900 peer-reviewed Journals und über 21'000 Artikel oder Buchkapitel (Elsevier, 2024).

Arbeitsschritt 4 – Suchkomponenten definieren

Die Suchkomponenten wurden anhand der Fragestellung und der Ausschlusskriterien definiert:

- Building Information Modeling
- Virtual Design and Construction
- Ausbildung
- Fähigkeiten
- Kompetenzen
- Bauunternehmung
- Training
- Ingenieurbau
- Baustelle

Arbeitsschritt 5 – Suchstrings festlegen

Auf Grundlage der Suchkomponenten wurden folgende Suchstrings in englischer Sprache definiert. Dabei wurden die boolschen Operatoren «AND» und «OR» verwendet, um die Suche Themenspezifisch einzugrenzen:

- BIM OR VDC AND Construction Site
- BIM OR VDC AND Skills
- BIM OR VDC AND Civil
- BIM OR VDC AND Education
- BIM OR VDC AND Training

Arbeitsschritt 6 – Durchführung der Recherche

Die im Arbeitsschritt 5 definierten Suchstrings wurden in der Datenbanksuche von ScienceDirect® eingetragen. Die Suchergebnisse beliefen sich jeweils im Rahmen von 50-100 Ergebnissen.

Arbeitsschritt 7 – Dokumentation

Alle Ergebnisse der Datenbanksuche wurden exportiert und in Tabellenform dokumentiert. Dabei wurden folgende Datenpunkte übertragen:

- Dokumentenart (Buch, Artikel in Journal)
- Jahr der Publikation
- Titel der Publikation
- DOI und URL
- Abstract
- Tags

2.4.2.2. Datenauswertung

Für die Datenauswertung wurde, die im vorherigen Kapitel beschriebene Tabelle mit allen Datensätzen verwendet und weiterverarbeitet. Der Gesamtprozess dieser Datenanalyse ist in der folgenden Grafik visuell aufgearbeitet und nachfolgend schriftlich beschrieben.

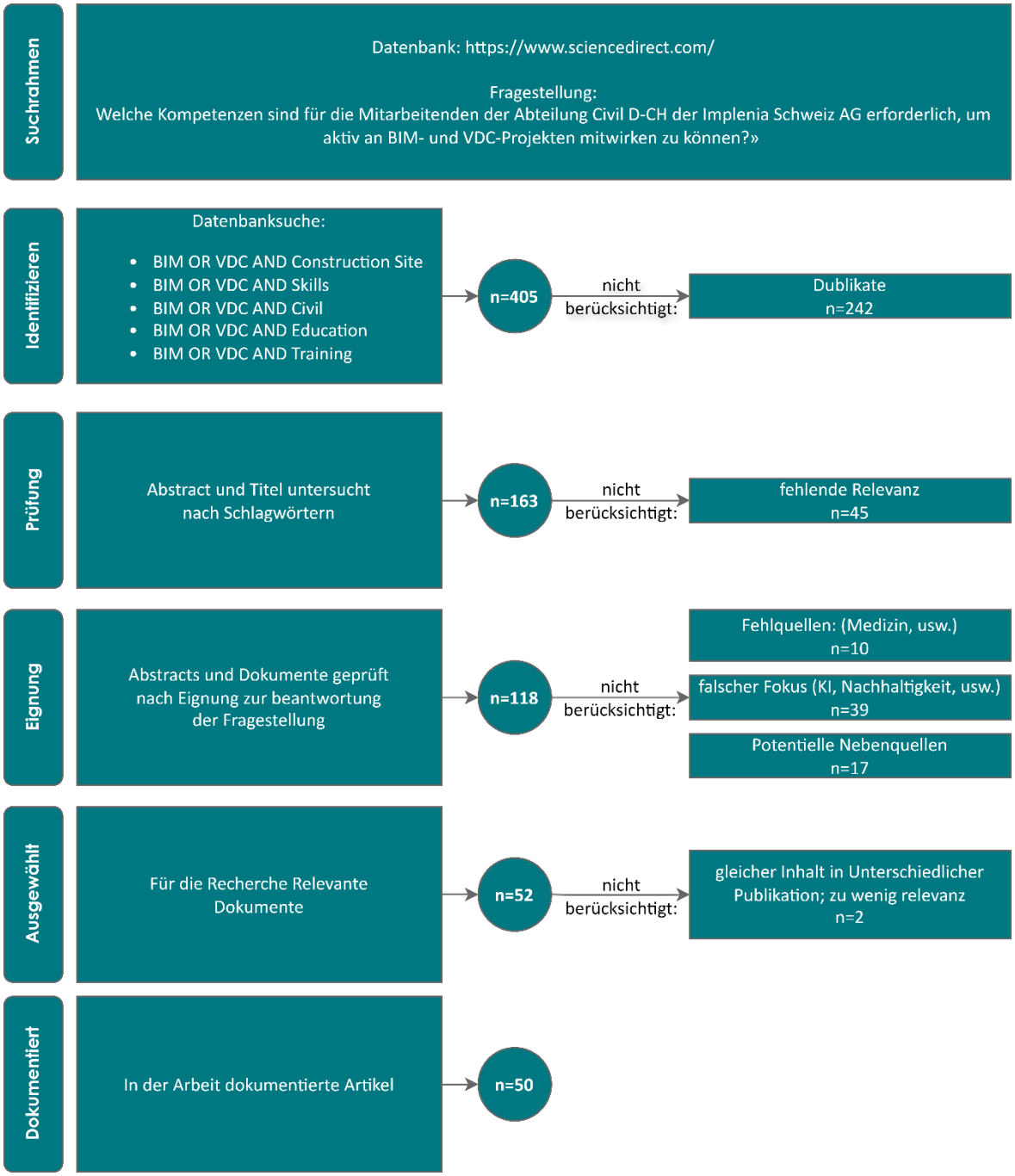

Abb. 7: Visualisierung der Datenbanksuche (eigene Darstellung aus draw.io)

In einem ersten Schritt wurden die identifizierten Datensätze nach Duplikaten untersucht und bereinigt. Dies reduzierte den Gesamtdatensatz von 405 Einträgen um 242 Einträge auf 163.

In einem zweiten Schritt fand eine Prüfung der Datensätze statt, in welcher die Titel, Abstracts und die Tags hinsichtlich der vorgängig definierten Suchkomponenten untersucht wurden. Dabei reduzierte sich der Datenbestand um 45 Einträge aufgrund fehlender Relevanz.

Im dritten Schritt wurden die Datensätze hinsichtlich ihrer Eignung untersucht. Dabei wurden die Dokumente in der im vorherigen Kapitel beschriebenen Reihenfolge studiert und ausgewertet. Zehn Datensätze wurden als Fehlquellen identifiziert, weitere 39 Quellen fokussierten sich auf ein nicht relevantes Thema wie künstliche Intelligenz oder Nachhaltigkeit. Zusätzlich wurden 17 Datensätze als potenzielle Nebenquellen identifiziert, welche nicht direkt mit dem untersuchten Thema zusammenhängen aber für die Arbeit möglicherweise relevant sind.

Am Ende wurden 52 Dokumente als für die Recherche relevant ausgewählt und in die Literaturliste übertragen. Bei der Arbeit mit den ausgewählten Daten fielen noch zwei Dokumente aus dem Ergebniskatalog. Eine Publikation erwies sich trotz entsprechender Indizien als nicht relevant und bei der zweiten handelte es sich um eine zweite Publikation unter ähnlichem Titel mit demselben Inhalt.

2.4.3. Ergebnisse

Das Ergebniskapitel gliedert sich in drei Abschnitte. Im ersten Abschnitt werden die ausgewählten Datensätze hinsichtlich ihrer Datenqualität untersucht. Im zweiten Abschnitt werden die Ergebnisse der 50 Datensätze allgemein analysiert, bevor im letzten Abschnitt speziell auf eine Auswahl der Daten eingegangen wird.

Datenqualität

Um einen Überblick über die Qualität der Ergebnisse zu erhalten, wurde eine Analyse der Metadaten der Dokumente vorgenommen. Die Ergebnisse umfassen insgesamt 52 Einträge, welche zwischen 2009 und 2024 veröffentlicht wurden. 40 davon wurden im Rahmen eines Journals veröffentlicht, wobei Automation in Construction das meistveröffentlichte Werk darstellt. Auf eine Zitieranalyse, um die Einflussgrössen der Autoren zu analysieren wurde im Rahmen dieser Arbeit verzichtet.

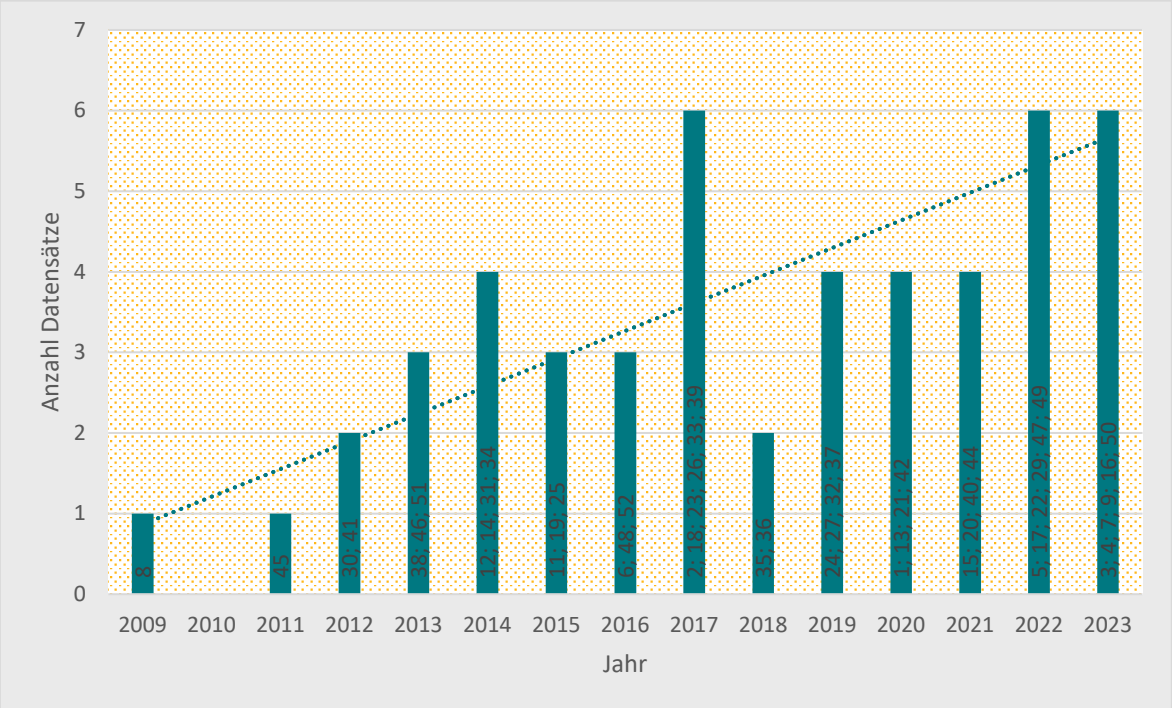

Abb. 8: Zeitliche Analyse der Publikationen (eigene Darstellung aus Microsoft Excel)

Die zeitliche Analyse zeigt, dass der Median des Veröffentlichungsjahres im Jahr 2019 liegt, so dass von einer guten Aktualität der Daten ausgegangen werden kann.

Im Rahmen der Datenanalyse wurden die Inhalte bezüglich ihrer geographischen Verortung hin untersucht. Es wurde also nicht spezifisch die Region oder das Land des Autors aufgenommen, sondern nur die Datensätze, in denen die untersuchte Region namentlich erwähnt wurde.

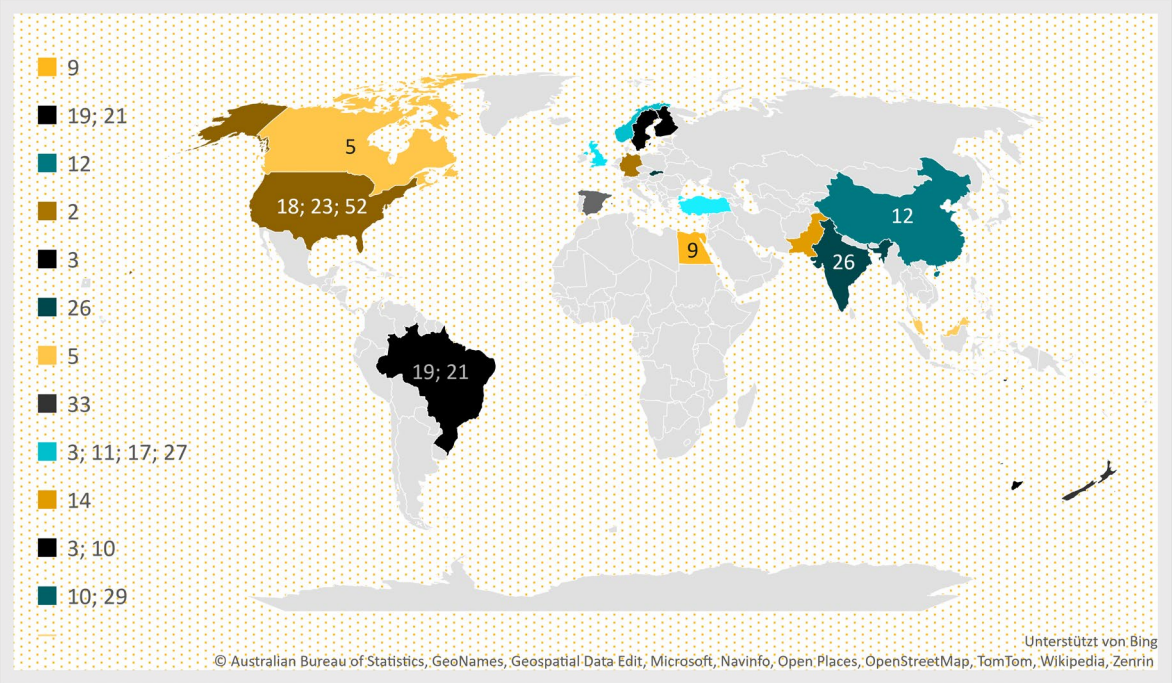

Abb. 9: Geografische Verteilung der untersuchten Publikationen (eigene Darstellung aus Microsoft Excel)

Vergleicht man die erhobenen Daten mit Quellen zur weltweiten BIM-Maturität, welche einen Indikator für den Reifegrad in der BIM-Entwicklung darstellt, wie z.B. denen von United BIM (United BIM, 2022), kann von einer guten bis sehr guten Übereinstimmung gesprochen werden, was für eine gute geografische Abdeckung der Publikationen spricht.

Datenanalyse

Alle 50 Einträge wurden im Rahmen dieser Arbeit untersucht. Wichtige Textpassagen wurden während der Analysephase markiert und zentrale Aussagen systematisch notiert. Basierend auf dieser Datengrundlage konnten thematische Gruppierungen vorgenommen werden, um die Publikationen zu kategorisieren. Die Kategorien und Publikationen sind in Tabelle 5 zusammengefasst und bilden die Grundlage für den weiteren Prozess dieser Arbeit.

Folgende zehn Gruppierungen werden aufgrund der Forschungsfrage wie aber auch des relevanten Inhalts definiert:

1. Implementierung und Management
2. Bildung und / oder Training
3. Hürden und Limitationen
4. Fähigkeiten und / oder Kompetenzen
5. BIM-Rollen
6. Technologie
7. Standards
8. Infrastrukturbau
9. Anwendungsfälle
10. Bauunternehmung

Die thematische Analyse des vorhandenen Dokumentenbestandes zeigt, dass 80% der untersuchten Publikationen, das entspricht insgesamt 40 Arbeiten, sich mit der Implementierung und dem Management von Building Information Modeling (BIM) und Virtual Design and Construction (VDC) befassen. In dieser Kategorie behandeln neun Publikationen, also 22.5% der Werke, speziell die

Anwendung dieser Methoden im Bereich der Bauausführung. Zwei Werke, also ein marginaler Anteil von 5%, behandeln diese Methoden im Kontext des Infrastrukturbaus.

In Bezug auf Bildung und Training in Verbindung mit BIM wurden 19 Werke identifiziert. Von diesen Publikationen fokussieren acht (42%) Bildungs- und Trainingsansätze in Bauunternehmen, während lediglich eine Publikation (5.2%) die Ausbildung im Bereich des Infrastrukturbaus berücksichtigt.

Die Kategorie der Fähigkeiten und Kompetenzen im Kontext von Bauunternehmen wird in acht Publikationen (16% des Literaturpools) behandelt. Davon fokussieren sich zwei Publikationen (4%) auf Fähigkeiten und Kompetenzen im Bereich des Infrastrukturbaus.

Anwendungsfälle von BIM und VDC werden in elf Publikationen (22%) diskutiert, wobei vier Studien (8%) sich auf Bauunternehmen beziehen, von denen zwei die Eigenschaften des Infrastrukturbaus hervorheben.

Von den 22 Datensätzen, die sich mit Fähigkeiten und Kompetenzen befassen, beziehen sich 9 explizit auf BIM-Rollen wie BIM-Manager oder BIM-Koordinator.

Datenauswahl

Das Paper von Costin et al. aus dem Jahr 2018 bietet eine umfassende Analyse zum Einsatz von BIM im Infrastrukturbau. Es zeigt klar auf, welche Vorteile und Herausforderungen die neue Methodik mit sich bringt und wie sie von anderen Fachdisziplinen im Infrastrukturbau erfolgreich eingesetzt werden kann. Die identifizierten Vorteile betreffen insbesondere die verbesserte Zusammenarbeit, das Datenmanagement sowie optimierte Bauprozesse. Die Ergebnisse dieser Analyse zeigen die Relevanz und unterstreichen die Bedeutung von BIM im Infrastrukturbau. Die Herausforderungen, die die Autoren beschreiben, sind die mangelnden Standards für den Datenaustausch sowie die notwendige Vernetzung von Industrie und Wissenschaft, um das volle Potential der Methodik auszuschöpfen. Als aufkommende Technologien werden unter anderem das Internet der Dinge (IoT), virtuelle und erweiterte Realitäten (VR und AR), standardisierte neutrale Austauschformate sowie unbemannte Luftfahrzeuge (UAS) genannt. (Costin et al., 2018)

Der Artikel von (Russell et al., 2014) welcher in Practice Periodical on Structural Design and Construction veröffentlicht wurde, betont die Bedeutung von BIM und VDC in der Bildung und Karriereentwicklung in der Baubranche, insbesondere aus der Perspektive der Bauingenieur- und Baumanagementausbildung. Es sei von grosser Wichtigkeit, BIM-Kenntnisse in den Lehrplan von Bauingenieurstudiengängen zu integrieren, um die Studierenden bestmöglich auf ihre zukünftige Karriere vorzubereiten. Die Universität von Nebraska-Lincoln hat in ihrem Kursprogramm für Baumanagement und Ingenieurwesen zwei Stufen (Grundlagen und Fortgeschritten) aufgenommen. Diese Massnahme würde nicht nur die Persönlichkeit fördern, sondern auch der gesamten Bauindustrie zu mehr Effizienz und besserer Produktivität verhelfen. Denn in einem BIM-Projekt koordinieren die Projektingenieure den Kooperationsprozess zwischen den planenden und ausführenden Gewerken. Die Autoren erläutern, dass die Produktivität gesteigert und die Kosten gesenkt werden können, indem technologische Aspekte wie die Verknüpfung von Modellen mit Vermessungsgeräten und Maschinensteuerungen genutzt werden. Dies ist besonders relevant, da Erdarbeiten einen grossen Kosteneinfluss auf horizontale (Infrastruktur-) Baustellen haben. (Russell et al., 2014)

Der Journal-Beitrag von (Chen et al., 2024) befasst sich mit der Entwicklung eines modellbasierten Reifegradbewertungssystems «*Building Information Modeling maturity assessment model*» (BIM MAM) für die Betriebs- und Wartungsphase von Bauprojekten, das speziell auf die Nutzung von Building Information Modeling (BIM) ausgerichtet ist. In der Dokumentation verweisen die Autoren auf weitere Reifegradbeurteilungen welche jedoch keine Stufen (Level) kennen. Das

Bewertungssystem BIM MAM umfasst eine Siebenstufige Bewertungsskala von 0 – nicht vorhanden bis hin zu 7 – Perfekt. Das Hauptziel des Modells ist es, den Reifegrad der BIM-Anwendung objektiv zu bewerten und die Integration von menschlichen Verhaltensfaktoren, wie Fairness, in die Bewertungsergebnisse zu berücksichtigen. (Chen et al., 2024)

Die Analyse von (Uhm et al., 2017) umfasst eine detaillierte Aufarbeitung von insgesamt 242 Stelleninseraten betreffend BIM-Arbeitsstellen. Die Untersuchung umfasste die Vereinigten Staaten von Amerika, das Vereinigte Königreich sowie China. Ziel der Studie war es, die aktuellen BIM-Rollen zu definieren und die hierfür erforderlichen Kompetenzen zu identifizieren. Insgesamt wurden 35 Berufe wie BIM/VDC-Managende, Revit-Spezialistinnen und -Spezalisten sowie BIM-Leitende usw. identifiziert, welche in die folgenden acht Berufsbezeichnungen zusammengefasst wurden:

- BIM-Projektleitende
- Direktorin / Direktor
- BIM-Manangende
- BIM-Koordinierende
- BIM-Planende
- BIM-HLKSE-Koordinerende
- BIM-Technikerinnen und -Techniker
- Leitende Architektinnen und Architekten

Die Stellen wurden anhand der in den Stellenausschreibungen benannten Kompetenzen bewertet und in die vier Kategorien Fähigkeiten, Wissen, Arbeitstätigkeit und organisatorischer Kontext eingeteilt. Alle Kategorien wurden mit fünf oder sechs Fähigkeiten zusammengefasst, welche nachfolgend in Originalsprache zitiert werden:

skills required

- writing skill
- technology design skill
- quality control analysis skill
- time-management skill
- peronnel resources management skill

knowledge required

- computer/electronic knowledge
- building/construction knowledge
- mechanical knowledge
- English
- Foreign language
- Law/government knowledge

Generated work activity

- making decisions/solving problems
- scheduling work and activities
- organizing, planning, and prioritizing work
- coordinating the work and activities of others
- training and teaching others
- performing administrative activities

organizational context

- control over units or departments
- to determine the workflow or order of tasks
- to develop new products, services, and procedures
- to have an opportunity for independence and freedom in completing the job
- to provide high-quality products or services

Die Autoren weisen darauf hin, dass leitende Positionen wie Direktorin oder Direktor sowie leitende Architektinnen und Architekten im Gegensatz zum BIM-Projektleitenden nicht mit dem Präfix «BIM» benannt werden. Es wird suggeriert, dass diese trotz ihrer wichtigen Rolle in einem BIM-Projekt, die Management-Aufgaben im Fokus stehen. Weiter dokumentieren sie die spezifischen Unterschiede zwischen Personen welche BIM-Projekte managen und solche die sie koordinieren. So werden von BIM-Managenden Ausbildungskompetenzen und Kenntnisse über Gesetze und Richtlinien verlangt, während vom BIM-Koordinierenden Fähigkeiten zur Durchführung administrativer Tätigkeiten oder zur Organisation, Planung und Priorisierung der eigenen Aufgaben verlangt werden. Die Autoren sind sich bewusst, dass ihre Studie eine Momentaufnahme darstellt und dass sich die BIM-Berufe und -Kompetenzen derzeit im Wandel befinden. (Uhm et al., 2017)

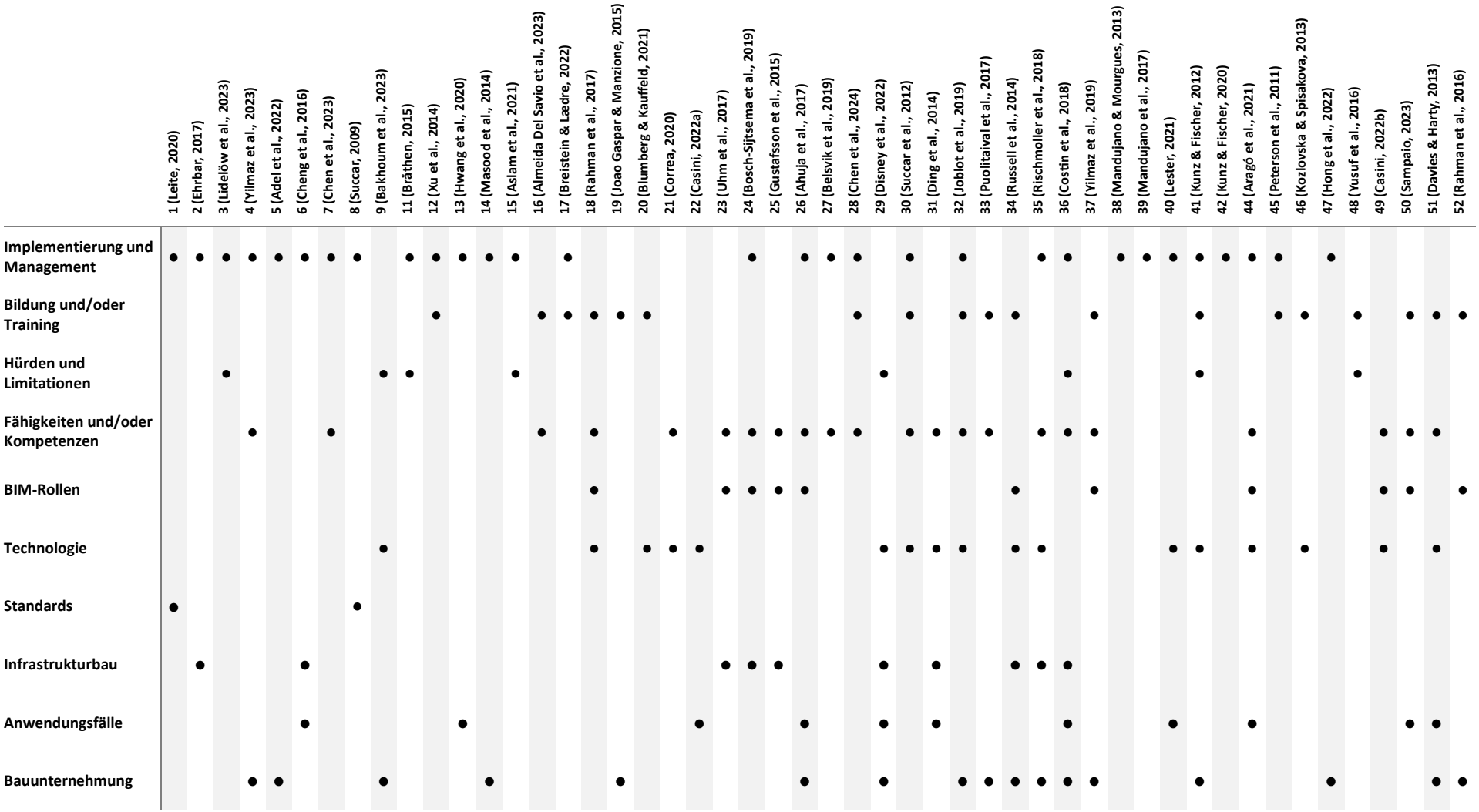

Tabelle 5: Thematische Inhalte der Literatur, Darstellung in Anlehnung an (Martinez & Pfister, 2023)

2.5. Zusammenfassung

Die theoretische Auseinandersetzung mit den für diese Master-Thesis relevanten Themen umfasste eine Definition der Begriffe Building Information Modeling (BIM) und Virtual Design and Construction (VDC), in der die Unterschiede, aber auch die Gemeinsamkeiten dieser Begriffe herausgearbeitet wurden. Über die BIM-Anwendungsfälle, die eine Ableitung der Ziele von BIM- bzw. VDC-Projekten darstellen, wurde der Übergang zu den theoretischen Grundlagen zum Kompetenzbegriff gefasst.

Die Grundlage der Handlungskompetenzen und die wissenschaftlich fundierte Anwendung der Kompetenzmessung bilden gemeinsam das theoretische Grundgerüst für die weitere Bearbeitung der vorliegenden Arbeit.

Eine umfassende Datenerhebung zum aktuellen Stand der Forschung ergab, dass die Anzahl relevanter Literatur zum untersuchten Thema sehr gering ist. Dennoch konnten auf dieser Basis drei Literaturen identifiziert werden, die sich inhaltlich mit dem Thema auseinandersetzen.

Den theoretischen Grundlagen folgt im nächsten Kapitel die praktische Datenerhebung.

3. Praktische Datenerhebung

3.1. Vorgehen

Um nebst dem in wissenschaftlichen Arbeiten und Büchern dargelegten Wissen zurückzugreifen wurden Gespräche unterschiedlicher Art mit Fachpersonen durchgeführt. Diese ergaben sich bei unverbindlichen Treffen, Besuchen von Fachanlässen oder bei gezielt verabredeten Terminen.

Die systematische Methode zur Informationsgewinnung bei den Personen, die durch Fragen oder Stimuli in einer asymmetrischen Kommunikationssituation zu Antworten motiviert werden, wird als ein Interview definiert. Als wissenschaftliches Interview werden Gespräche bezeichnet bei denen der gesamte Prozess von der Fragesammlung, der Durchführung bis hin zur Auswertung nachvollziehbar dokumentiert wird. (*Empirische Bildungsforschung. 2*, 2011)

Da nicht alle durchgeführten Gespräche diesen Anspruch der vollständigen Dokumentation erfüllen, werden die angewendeten Konzepte in Anlehnung an die Interviewform theoretisch beschrieben und deren Resultate präsentiert.

3.2. Beobachtungen

Im folgenden Kapitel werden die theoretischen Hintergründe von Beobachtungen erläutert. Die praktische Datenerhebung erfolgte im Rahmen von 14 unterschiedlichen Beobachtungsterminen, welche im Rahmen der praktischen Anwendung beschrieben werden.

3.2.1. Theoretischer Hintergrund

Beobachtungen werden im engeren Sinne als das Sammeln von Erfahrungen in einem nichtkommunikativen Prozess unter Hilfe sämtlicher Wahrnehmungsmöglichkeiten definiert (Laatz, 1993). Als Merksatz kann die Definition von Graumann herangezogen werden: «*Die absichtliche, aufmerksamselektive Art des Wahrnehmens, die ganz bestimmte Aspekte auf Kosten der Bestimmtheit von anderen beachtet, nennen wir Beobachtung. Gegenüber dem üblichen Wahrnehmen ist das beobachtende Verhalten planvoller, selektiver, von einer Suchhaltung bestimmt und von vorneherein auf die Möglichkeit der Auswertung des Beobachteten im Sinne der übergreifenden Absicht gerichtet».* (Graumann, 1966)

Es wird zwischen unterschiedlichen Beobachtungsformen unterschieden. Dabei spielt die Rolle des Beobachtenden eine zentrale Rolle. So kann er vollständig im Verborgenen sein wie bei einer verdeckten Videobeobachtung oder Teil des Geschehens wie bei einer vollständigen Eingebundenheit.

Grad der Teilnahme	Beschreibung
Nicht-Teilnahme	Der oder die Forschende ist nicht am Ort des Geschehens, zum Beispiel in einem anderen Raum.
Vollständiger Beobachtender / Vollständige Beobachtende	Der oder die Forschende ist am Ort des Geschehens, interagiert aber nicht mit den Teilnehmenden
Beobachter als Teilnehmer/in	Wenige Interaktionen mit der Möglichkeit kurze Interviews zu führen.
Moderate oder periphere Beteiligung	Ausgeglichenes Verhältnis zwischen Beobachten und Teilnehmen. Die Teilnahme an zu beobachtenden Aktivitäten ist ausgeschlossen.
Aktiver Teilnehmer / Aktive Teilnehmerin	Der oder die Forschende handelt als aktives Mitglied der beobachtenden Gruppe oder Tätigkeit.

Tabelle 6: Unterschiedlicher Grad der Beteiligung des Beobachtenden (*Empirische Bildungsforschung. 2*, 2011)

Weiter kann der Grad an Standardisierung von freien Beobachtungen hin zu standardisierten Beobachtungen steigen. Bei freien Beobachtungen werden vorgängig keine Beobachtungsvorschriften angelegt und ist ideal für Situationen, in denen wenig über den Untersuchungsgegenstand bekannt ist. Halbstrukturierte Beobachtungen eignen sich für Situationen, bei welchen der Fokus der Untersuchung bereits vorgängig festgelegt wurde. Hierfür können vorgängig bereits Beobachtungskategorien festgelegt werden. Bei standardisierten Beobachtungen ist die Art der Protokollierung und der Beobachtungsgegenstand bereits vorgängig fest definiert. (*Empirische Bildungsforschung. 2*, 2011)

In (Greve et al., 1997) werden nebst der Beobachtungsform und dem Grad an Standardisierung weitere Klassifikationsmöglichkeiten definiert:

- Technisch vermittelte / unvermittelte Beobachtung
  Bei der technisch vermittelten Beobachtung ist ein Hilfsmittel als Informationsträger zwischen beobachtetem Sachverhalt und Beobachter «zwischengeschaltet». Über die genaue Abgrenzung des Hilfsmittels gibt es keine klare Definition, sodass bereits eine Sehhilfe als solches Hilfsmittel betrachtet werden kann.
- Labor- oder Feldbeobachtung
  Die Abgrenzung erfolgt über den Ort oder die Umgebung in welchem beobachtet wird.
- Klassifikation nach Grad der Reduktion
  Der Grad der Reduktion beschreibt den Umfang der Verarbeitung einer Beobachtung bzw. deren Vollständigkeit. So ist eine Tonaufnahme beispielsweise vollständiger als eine reine Mitschrift, da diese paraverbalen Äusserungen (ähms, räuspern, etc.) miterfasst.

Die unterschiedlichen Aspekte einer Beobachtung lassen sich in vier wesentliche Punkte zusammenfassen:

Punkt	Beschreibung	Typ
1	Die Absicht, Annahmen zu überprüfen	Alltägliche Beobachtung
2	Die systematische Selektion bestimmter Aspekte	Alltägliche Beobachtung
3	Die beabsichtige Auswertung der erhobenen Daten	Wissenschaftliche Beobachtung
4	Die Kriterien der Replizierbarkeit und Objektivität	Wissenschaftliche Beobachtung

Tabelle 7: Wesentliche Punkte in der Unterscheidung von wissenschaftlichen Beobachtungen und einfachen Wahrnehmungen (Greve et al., 1997)

Die Erfüllung der ersten beiden Punkte grenzt eine alltägliche Beobachtung gegenüber einer einfachen Wahrnehmung ab. Mit der Durchführung des dritten und vierten Punktes werden die Kriterien einer wissenschaftlichen Beobachtung erfüllt. (Greve et al., 1997)

3.2.2. Praktische Anwendung

Die im Rahmen dieser vorliegenden Arbeit durchgeführten Beobachtungen lassen sich gemäss den im Kapitel 3.2.1 Theoretischer Hintergrund beschriebenen Definitionen in die Kategorie der alltäglichen Beobachtungen gliedern. Auch wenn gemäss Tabelle 7 gewisse Aspekte der wissenschaftlichen Beobachtungen erfüllt sind, so ist das Kriterium der Replizierbarkeit nicht erfüllt.

Die Beobachtungen wurden im Rahmen von diversen Baustellenbegehungen und dem täglichen Interagieren des Autors mit dem technisch-kaufmännischen Personal (TKP) gemacht.

Datum	Ort	Fokus der Beobachtung
06.09.2023	Baustelle [redacted]	Affinität mit dem Umgang einer digitalen Projektplattform (CDE) mit Fokus auf die Planverwaltung.
12.09.2023	Baustelle [redacted]	Einsatz eines digitalen Planhauses, Kommunikation über CDE-Plattform sowie Einsatz des Vermessungsgerätes mit einfacher Punktabsteckung.
21.09.2023	Baustelle [redacted]	Kommunikation über digitale Medien und digitale Planverwaltung.
21.09.2023	Baustelle [redacted]	Nutzung eines digitalen Geländemodells für die Absteckung von Objekten.
17.10.2023	Baustelle [redacted]	Datentransfer mit der Vermessungsabteilung über eine CDE-Plattform
23.11.2023	Baustelle [redacted]	Tägliche Arbeit mit digitalen Arbeitsmitteln wie Tablets, digitale Planhäusern und CDE-Plattformen
01.12.2023	Baustelle [redacted]	Theoretische Grundlagen einer CDE-Plattform, Anforderungen, Wünsche und Erwartungen
01.12.2023	Baustelle [redacted]	Theoretische Grundlagen einer CDE-Plattform, Anforderungen, Wünsche und Erwartungen
31.01.2024	Technisch-Kaufmännische Personal	Einrichten einer CDE-Plattform und erste Schritte.
12.02.2024	Technisch-Kaufmännische Personal	Feedback über die digitale Arbeitsweise
15.02.2024	Baustelle [redacted]	Beobachtung des Baustellenpersonals mit dem Umgang der digitalen Arbeitsweise.
22.02.2024	Baustelle [redacted]	Beobachtung des Baustellenpersonals mit dem Umgang der digitalen Arbeitsweise.
13.03.2024	Baustelle [redacted]	Beobachtung des Baustellenpersonals mit dem Umgang der digitalen Arbeitsweise.
18.03.2024	Baustelle [redacted]	Beobachtung des Baustellenpersonals des Baumeisters mit dem Umgang der digitalen Arbeitsweise.

Tabelle 8: Übersicht der durch den Autor durchgeführten Beobachtungen

3.3. Informelle Gespräche / episodisches Interview

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Vielzahl von informellen Gesprächen geführt. Auch wenn sie sich im Ablauf an ein episodisches Interview anlehnen, erfüllt es nicht alle erforderlichen Aspekte.

3.3.1. Theoretischer Hintergrund

Um subjektives Wissen über einen bestimmten Bereich zu erfragen, wird in der Forschung oft auf ein Interview mit offenen Fragen zurückgegriffen. Sollen Erfahrungen beschrieben werden über ein bestimmtes Ereignis im Leben, so werden diese häufig über Erzählungen wie in einem narrativen Interview erfragt. Mit dem episodischen Interview werden diese zwei methodischen Interviewformen kombiniert. (Flick, 2011)

Beim episodischen Interview werden einerseits Fragen gestellt, die auf klare Antworten abzielen, andererseits werden Erzählungen von Situationen erfragt, in denen die Befragten bestimmte Erfahrungen gemacht haben. Dazu enthält es eine Reihe von Erzählaufforderungen. Ein zentraler

Ansatzpunkt dieser Interviewform besteht darin, regelmässig dazu aufzufordern, Situationen zu erzählen. (Flick, 2011; Schwarz, 2024)

3.3.2. Praktische Anwendung

Wie einleitend beschrieben wurden vermehrt informelle Gespräche geführt, welche den Charakter eines episodischen Interviews hatten. Da die Gespräche teilweise ungeplant stattfanden, wurde die Dokumentation dieser auf Basis von Erinnerungsprotokollen erstellt.

Datum	Gesprächspartner/in	Inhalt / wesentliche Erkenntnisse
18.10.2023	[redacted]	Betrachtungen am Modell; welche Anforderungen an das System werden gestellt, um Informationen zu visualisieren und extrahieren zu können.
18.01.2024	[redacted]	BIM2Field in einer Bauunternehmung; Wie geht das Baupersonal mit neuen Hilfsmitteln um. Wo entstehen Potenziale und Herausforderungen
19.01.2024	[redacted]	Beratung von Bestellenden; welche Anforderungen hat eine Bauherrschaft an BIM und VDC im Kontext mit einer Bauunternehmung
26.02.2024	[redacted]	Inputs aus der Wirtschaftsinformatik: wie können Softwarehersteller die Trends der Branche antizipieren? Wie werden Kundenbedürfnisse frühzeitig erkannt?

Tabelle 9: Übersicht der informellen Gespräche

3.4. Expertengespräche

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden drei Expertengespräche geführt. Im folgenden Kapitel wird der theoretische Hintergrund der Expertengespräche erläutert sowie die praktische Anwendung dieser Gespräche präsentiert.

3.4.1. Theoretischer Hintergrund

Expertengespräche gelten als eine besondere Form von problemzentrierten Interviews. Der Fokus liegt bei Expertengesprächen nicht bei der Person selbst, sondern stellvertretend für eine gewisse Gruppe, welche er in seiner Funktion als Experte repräsentiert. (Baumgarth et al., 2009)

3.4.2. Praktische Anwendung

Mit den Expertengesprächen sollen die aktuellen Bedürfnisse am Markt abgeschätzt werden können. Die Gespräche wurden vorgängig terminiert und vorbereitet.

Datum	Gesprächspartner/in	Inhalt / wesentliche Erkenntnisse
24.10.2023	[redacted] InfraSuisse	Rolle des Verbandes, Problemstellung des Verbandes, Anschluss an SBV
20.11.2023	[redacted] Baumeisterverband	Ausbildungsstruktur des Verbandes, Vorstellung des Masterplans 2030, Prozess der Kompetenzermittlung.
09.01.2024	[redacted]	Kompetenzdefinition für neuen Berufsabschluss, Allgemeines Vorgehen für die Ermittlung von Kompetenzen.

Tabelle 10: Übersicht der geführten Expertengespräche

3.5. Leitfaden- (halbstrukturiertes) Interview

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde ein leitfadengestütztes (halbstrukturiertes) Interview durchgeführt. Die theoretischen Grundlagen dazu werden im folgenden Kapitel erläutert, bevor im nächsten Kapitel die praktische Anwendung beschrieben wird.

3.5.1. Theoretischer Hintergrund

Das Leitfadeninterview gehört zu den strukturierteren Methoden innerhalb der offenen qualitativen Befragungstechniken. Diese Struktur wird durch einen Leitfaden vorgegeben, der die Themen und Fragen des Interviews bestimmt. Damit pendelt das Leitfadeninterview zwischen der notwendigen Offenheit in der Gesprächssituation und der Strukturiertheit, die für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse oft erforderlich ist. (Averbeck-Lietz & Meyen, 2015)

Als praktischer Weg zum Leitfaden gilt das SPSS-Prinzip. Dieser besteht aus den vier Schritten Sammeln, Prüfen, Sortieren und Subsumieren. In einem ersten Schritt, der mit **S** für Fragen sammeln gekennzeichnet ist, werden möglichst viele Fragen gesammelt, die mit dem Forschungsgegenstand zu tun haben. Dabei werden Bedenken hinsichtlich der Formulierung und der inhaltlichen Relevanz der Fragen zunächst zurückgestellt. Der Fokus liegt darauf, alle Fragen zu sammeln, die zur Klärung des eigenen Interesses beitragen können. Im Schritt **P** für Prüfen wird die gesammelte Frageliste unter Berücksichtigung des Vorwissens und der Notwendigkeit eines offenen Ansatzes kritisch geprüft. Es soll vermieden werden, die ursprüngliche Liste direkt als Leitfaden zu verwenden, auch wenn die Fragen bereits offen formuliert sind. Stattdessen wird die Liste stark gekürzt und strukturiert. Es wird erwartet, dass der Umfang der Fragen stark reduziert wird, so dass nur die zweckmässigen Fragen übrigbleiben. Im dritten Schritt **S**, werden die verbleibenden Fragen und Stichworte systematisch sortiert. Wenn die Fragen Erzählungen mit einer zeitlichen Dimension erfordern, wie Lebensgeschichten oder Handlungsabläufe, ist eine Sortierung nach der zeitlichen Abfolge sinnvoll. Hierbei werden Fragen, die sich auf vergangene Ereignisse beziehen, zusammengefasst, ebenso wie Fragen, die sich auf die Gegenwart beziehen. Alternativ kann auch nach inhaltlichen Aspekten sortiert werden. In der Regel entstehen ein bis vier Themenbereiche. Im finalen Schritt **S** der Leitfadenkonstruktion werden die Themengruppen mit einer zentralen Erzählaufforderung versehen. Die Aufforderung sollte einfach und klar formuliert sein, um die subsumierten Einzelaspekte effektiv abzudecken. Das Ziel ist es, einen stimulierenden Impuls zu finden der die Bereitschaft zu kommunizieren anregt. Es wird überprüft, ob die gewählte Formulierung geeignet ist, um spontan relevante Aspekte einer Erzählung hervorzurufen. Die Erzählaufforderung wird in die erste Spalte eines strukturierten Dokuments eingetragen. Die mit diesem Bündel verbundenen Aspekte werden entweder als Stichworte in die zweite Spalte eingetragen oder als konkrete Fragen in die dritte Spalte formuliert. Die Stichworte in der zweiten Spalte dienen als Gedächtnisstützen für eventuelle Nachfragen und als Kontrollliste, um zu überprüfen, ob ein Aspekt bereits eigenständig angesprochen wurde. (Helfferich, 2011)

3.5.2. Praktische Anwendung

Es wurde ein leitfadengestütztes (halbstrukturiertes) Interview mit der Leiterin der BIM-Abteilung des Tiefbauamtes vom Kanton Zürich durchgeführt. [redacted] hat im Rahmen ihrer Tätigkeiten eine BIM-Academy aufgebaut bei welcher die Mitarbeitenden des Tiefbauamtes spezifisch für den Einsatz der BIM-Methodik geschult werden.

Zur Vorbereitung wurde ein Leitfaden für die Durchführung der Interviews erstellt. Dabei wurde sich an das oben beschriebene SPSS-Prinzip gehalten (vgl. Anhang C).

	Leitfrage / Erzählaufforderung	Check – wurde das erwähnt?	Konkrete Fragen – bitte an passender Stelle in dieser Formulierung (auch am Ende möglich)	Aufrechterhaltungs- und Steuerungsfragen	Notizen
	(wenn Einstellungs- und Bewertungsfragen gestellt werden, dann in einem gesonderten Block (möglichst am Ende des Interviews). Generell sollten Fragen, die eine längere Darstellung generieren, am Anfang gestellt werden; Fragen, die zwar offen gestellt sind, aber keine längere Aussage stimulieren, kommen ans Ende.				
	Bündel 1: Einleitung				
1	Kannst du mir die Vision und die strategischen Ziele der BIM Academy beschreiben?	_ Ursprüngliche überlegeungen _ Pilotprojekte	_ Wie ist es entstanden	_ Wie haben sich diese Pilotprojekte entwickelt?	
2	Was war deine Rolle beim Aufbau der BIM Academy	_ Eigene Rolle _ persönliche Motivation	_ Kam der Input von dir?		
	Bündel 2: Kernfragen				
3	Welche spezifischen Positionen werden geschult und wie wurden diese definiert?	_ Wer wurde geschult? _ Wie wurde vorgegangen?	_ Wer hat das entschieden? _ Wie wurde dies entschieden?	_ War das eine Teamleistung?	
4	Welche Kompetenzen erwartet Ihr von euren Mitarbeitern nach erfolgreichem Abschluss der Ausbildung?	_ Nennung der Kompetenzen _ Software	_ Wie sieht es mit Softskills aus? _ Lernen Sie spezifische Programme kennen? _ Wurden Minimalkompetenzen definiert?		
5	Welche Partner waren an der Konzeption und Umsetzung der BIM Academy beteiligt und wie wurde deren Input integriert?	_OST	_ Auf Basis von Projekterfahrungen? _ Auf Basis von Fachwissen / Fachpersonen? _ Auf Basis von Workshops? _ Welche Rolle hatte die OST?	_ Können Sie dazu noch etwas mehr erzählen? _Und dann? Wie ging das weiter? _Wie war das so mit…?	
6	Wie ist die Erfahrung / dein Eindruck nach den ersten Abschlüssen?	_ Resultate	_ Messt Ihr euren Erfolg auf eine Art?		
7	Gibt es eine Follow-up-Unterstützung oder Weiterbildung für Absolventen der BIM Academy, um ihr Wissen auf dem neuesten Stand zu halten oder zu erweitern?	_Updates _Weitere Kurse => Welche	_ Sollen sie weiterführende Kurse besuchen?		
	Bündel 3: Abschluss Ausblick				
8	Seht ihr bereits erste Erfolge? Ist ein "Change" im Gange?	_ Veränderung			
9	Was hat dich im Rahmen der Ausbildung am Meisten überrascht? (Positiv oder Negativ)				
10	Kannst du von einem persönlichen Erfolgserlebnis berichten?				

Tabelle 11: Interviewleitfaden vgl. Anhang B (eigene Darstellung aus Microsoft Excel)

Das Interview wurde digital (über Microsoft Teams) geführt und wurde audiovisuell aufgezeichnet. Die durchgeführte Transkription wurde als Datengrundlage verwendet und nicht weiterverarbeitet.

3.6. Zusammenfassung

Die praktische Datenerhebung fand methodisch sehr divers statt. Aus diesem Grund wurden die einzelnen Methodiken teilweise nicht konsequent angewendet. Aufgrund der eingesetzten Methodiken konnte aber ein umfangreiches Abbild der aktuellen Entwicklung der Baubranche allgemein aber auch der des Praxispartners ermöglicht werden. Diese Grundlage ermöglicht zusammen mit der theoretischen Datenerhebung ein solides Fundament für die Ausarbeitung des Produktes, welche im nächsten Kapitel beschrieben wird.

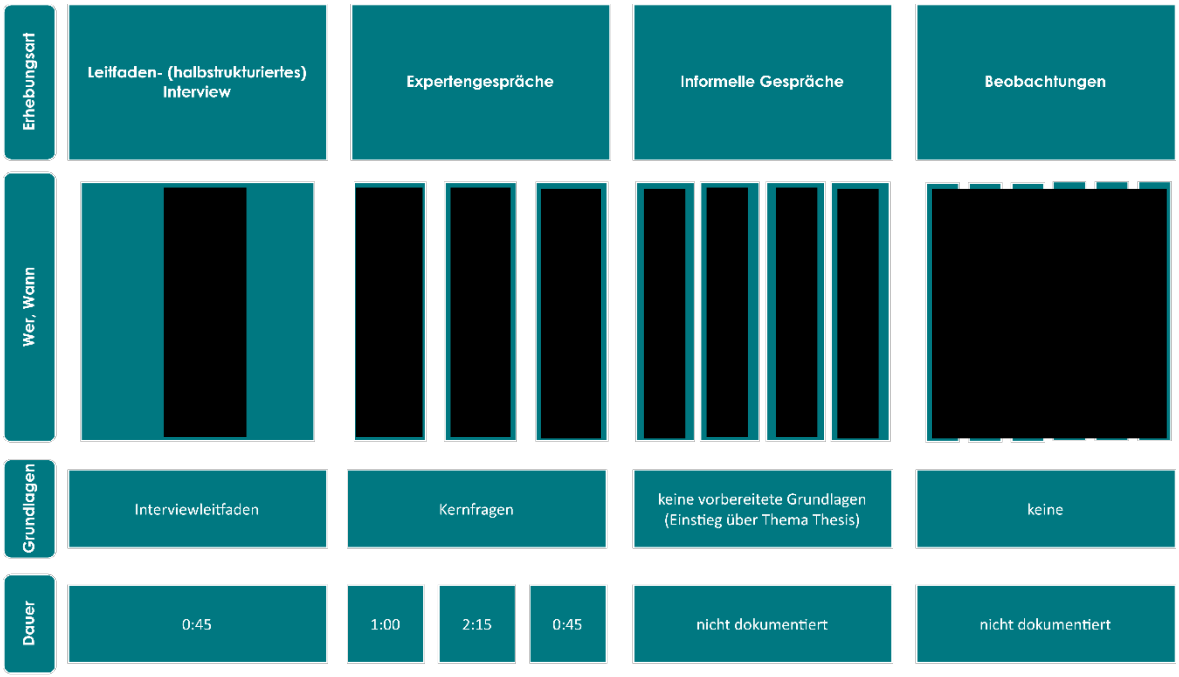

Abb. 10: Visuelle Darstellung der praktischen Datenerhebung (eigene Darstellung aus draw.io)

4. Methodik

In diesem Kapitel wird der Entwicklungsprozess des Produktes der vorliegenden Arbeit, basierend auf den theoretischen und praktischen Datenerhebungen der vorangegangenen Kapitel, dargestellt. Dabei werden alle Projektphasen von der ersten Planung und Konzeption bis hin zur technischen Umsetzung beschrieben.

4.1. Entwicklungsmethodik

Die Entwicklungsphase besteht aus vier Teilphasen. Die Planungsphase beschreibt den Prozess, in dem die Anforderungen an das Produkt gesammelt werden. Die Designphase beschreibt die visuelle Gestaltung des Produkts, wie z.B. das Layout oder mögliche Interaktionen. Im Abschnitt Werkzeuge und Technologien werden die für die Umsetzung notwendigen Produkte beschrieben, die im abschliessenden Kapitel für die Datenmodellierung benötigt werden.

4.1.1. Planungsphase

Aufgrund der in Kapitel 2.2.3 beschriebenen unspezifischen Definition der Grundbegriffe ist eine Ableitung von Kompetenzen auf Basis dieser nicht zielführend. Eine Definition der erforderlichen Kompetenzen auf Basis von Anwendungsfällen wie sie in Kapitel 2.2.4 beschrieben wurden erweist sich aufgrund ihrer detaillierteren Beschreibung als klareres Konzept. Trotz der Vielzahl unterschiedlicher Anwendungsfälle enthalten diese in der Regel eine klare Definition der Tätigkeiten bzw. der erwarteten Ergebnisse. Auf dieser Basis können Handlungskompetenzen wie sie in Kapitel 2.3.3 beschrieben wurden definiert werden. Eine Entwicklung von Kompetenzen ist aufgrund der Anzahl im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich. Aus diesem Grund wurden die Anwendungsfälle strukturiert erfasst und analysiert um diese anschliessend zu reduzieren sowie nach ihrem Themenschwerpunkt zu clustern. Aus der Kombination aus Quelle und Cluster wurde anschliessend eine Gruppe von Anwendungsfällen ausgewählt, welche stellvertretend für die anderen im Rahmen dieser Arbeit weiterbearbeitet werden. Das Vorgehen orientiert sich an der in Kapitel 2.4.2 beschriebenen Vorgehensweise und wurde entsprechend für die Datengrundlage adaptiert. Eine graphische Aufarbeitung des Vorgehens ist auf der Folgeseite in Abb. 11 dargestellt. Diese Grundlage bildet die Basis für die Anforderungen der Auftraggeberseite.

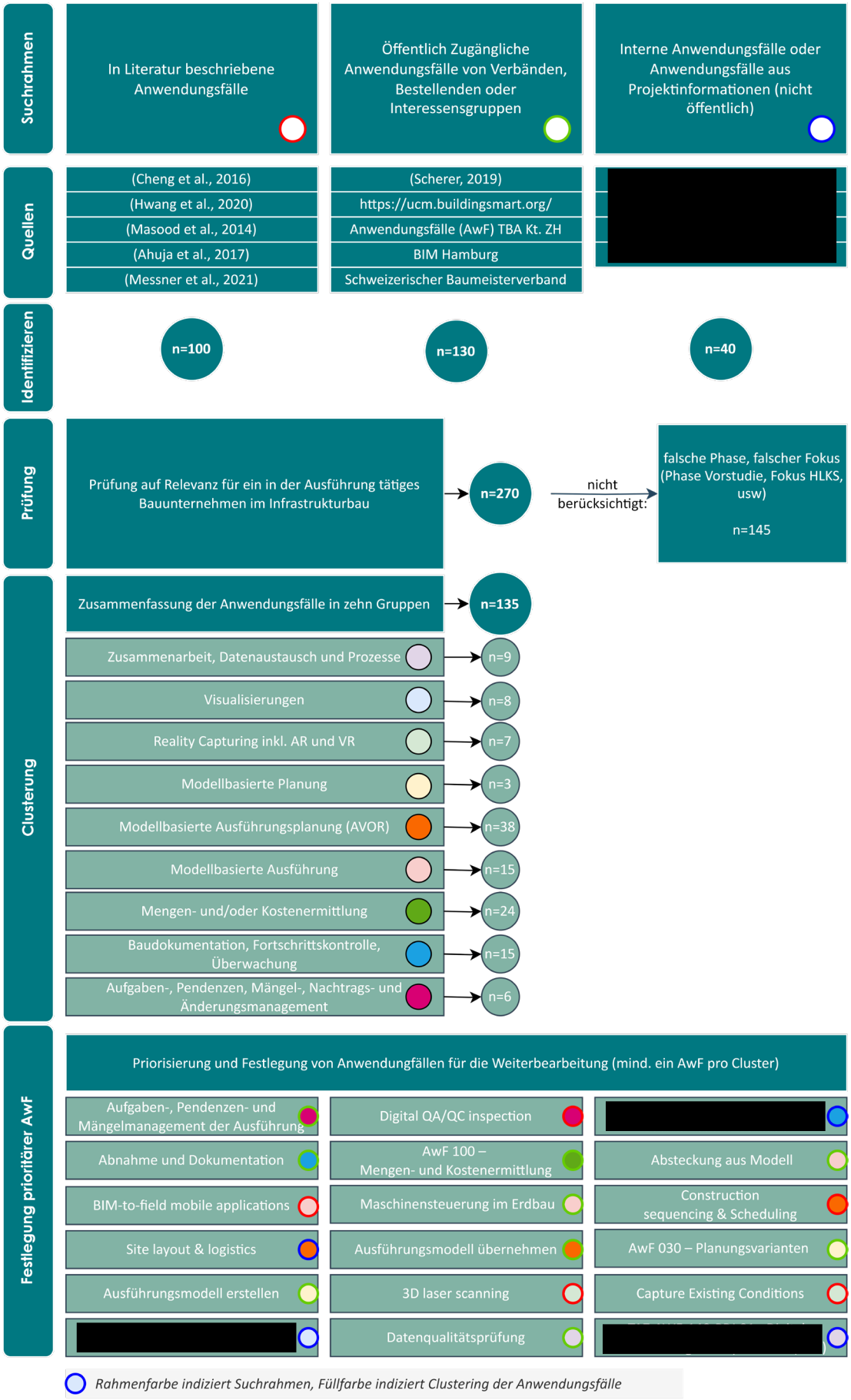

Abb. 11: Prozessbeschreibung Anwendungsfälle (eigene Darstellung aus draw.io)

Handlungskompetenzen eignen sich aufgrund ihrer handlungs- bzw. tätigkeitsorientierten Beschreibung in idealer Weise dazu, die in einem Anwendungsfall beschriebenen Ziele auf entsprechende Kategorien herunterzubrechen. Im Bereich der beruflichen Aus- und Weiterbildung werden einzelne Handlungskompetenzen zu Handlungskompetenzbereichen zusammengefasst (SBFI, 2017). Die in einem solchen Bildungsplan definierten Handlungskompetenzen sollen von den adressierten Personen vollständig erfüllt werden. Im Gegensatz dazu stehen Handlungskompetenzen, die anhand von Anwendungsfällen definiert werden. Diese können und sollen nicht von einer Person, sondern von mehreren Personen oder Rollen abgedeckt werden. Um diesen Zielkonflikt zu lösen, bedarf es einer gewissen Anpassung der vom SBFI vorgeschlagenen Definition.

Eine Möglichkeit bestünde darin, die für den jeweiligen Anwendungsfall erforderlichen Handlungskompetenzen zu definieren und tabellarisch zu erfassen. Auch wenn auf diese Weise eine gewisse Gruppierung der einzelnen Handlungskompetenzen vorgenommen werden könnte, bliebe am Ende eine Vielzahl unterschiedlicher Definitionen. Ein solches Vorgehen würde auch eine strukturierte Bewertung einzelner Personen hinsichtlich erfüllter und nicht erfüllter Handlungskompetenzen erschweren.

Für die Bewertung dieser Handlungskompetenzen gibt es verschiedene Systeme wie die in Kapitel 2.3.4 beschriebenen Taxonomiestufen nach Bloom, die Pyramide nach Miller oder das Dreyfus-Modell. Die Taxonomie nach Bloom eignet sich besonders gut zur Beschreibung von Handlungskompetenzen, da sie ein breites Spektrum kognitiver Fähigkeiten abdeckt und in sechs Stufen differenziert: Wissen, Verstehen, Anwenden, Analysieren, Synthetisieren und Bewerten. Diese Stufen ermöglichen eine detaillierte Strukturierung der Lernziele und -ergebnisse über die reine Wissensvermittlung hinaus bis hin zur kritischen Reflexion und kreativen Problemlösung. Im Vergleich dazu konzentrieren sich das Dreyfus-Modell und die Miller-Pyramide stärker auf die praktische Anwendung und Erfahrung, während die Bloom-Taxonomie eine tiefere Strukturierung theoretischer und praktischer Kompetenzen ermöglicht. (HWR Berlin, 2015; Von Heymann, 2017)

Die Taxonomiestufen bieten ein Gefäss zur Bewertung von Handlungskompetenzen, die durch einen Anwendungsfall angeleitet werden. Um die 18 priorisierten Anwendungsfälle in einem Gesamtkonzept zu bewerten, das auf die weiteren 117 identifizierten Anwendungsfälle anwendbar ist, bedarf es einer sinnvollen Gruppierung der Handlungskompetenzen. Eine solche Gruppierung kann im Rahmen eines Handlungskompetenzbereichs erfolgen. Wird ein solcher Handlungskompetenzbereich sehr eng gefasst, kann dieser dazu genutzt werden die Handlungskompetenzen in den jeweiligen Taxonomiestufen zusammenzufassen.

	Handlungskompetenzbereich	**Handlungskompetenzen (HK) und Taxonomiestufen (K)**					
Konzept SBFI	Handlungskompetenzbereich (weit gefasst)	HK A K3	HK B K4	HK C K2	HK D K3	HK E K1	
Adaptiertes Konzept	Handlungskompetenzbereich (eng gefasst)	HK A K1	HK A’ K2	HK A’’ K3	HK A’’’ K4	HK A’’’’ K5	HK A’’’’’ K6

Tabelle 12: Handlungskompetenzbereich nach SBFI und adaptiertes Konzept

Betrachtet man das in Tabelle 12 dargestellte Konzept des SBFI, so wird deutlich, dass die einzelnen Handlungskompetenzen (HK A bis HK E) unterschiedlichen Taxonomiestufen (K) zugeordnet sind. Die einzelnen Handlungskompetenzen werden in einem weiten Handlungskompetenzbereich zusammengefasst. Das adaptierte Konzept sieht dagegen einen eng gefassten Bereich von Handlungskompetenzen vor, der dann in den Taxonomiestufen (K1 bis K6) abgeleitete Handlungskompetenzen

(HK A bis HK A'''') definiert. Das abgeleitete Konzept bietet den Vorteil einer sinnvollen Gruppierung von Handlungskompetenzbereichen, um die Anforderungen aus den Anwendungsfällen übersichtlich zu strukturieren. Darüber hinaus ermöglicht dieses System die Bewertung von Personen in unterschiedlichen Rollen bzw. Funktionen, die gleichzeitig in Relation zu anderen Rollen gesetzt werden könnten.

Das bisherige Konzept sieht eine Bewertung der Anwendungsfälle und der Mitarbeitenden vor. Mit diesem können die Anforderungen der Mitarbeitenden an einen Anwendungsfall beschrieben werden, damit dieser erfolgreich umgesetzt werden kann. Bei der Betrachtung eines Projektes stehen jedoch mehrere Anwendungsfälle und mehrere Mitarbeitende und Rollen im Fokus. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, müssen die Anwendungsfälle im Projektkontext und die Mitarbeitenden im Projektteamkontext betrachtet werden. Das Ergebnis muss also auf das Projekt ausgerichtet sein und nicht auf einzelne Mitarbeitende oder Anwendungsfälle.

Die Mitarbeitenden können als Personen oder als Rollen dargestellt werden. So besteht ein Projektteam aus gewerblichen Mitarbeitenden (Strassenbauer/in, Grundbauer/in, Bauvorarbeiter/in oder Baupolier/in usw.) und technisch-kaufmännischen Mitarbeitenden (Bauführer/in, Baumeister/in usw.). Einer rollenspezifischen Bewertung steht eine Beobachtung (vgl. Kapitel 3.2.2), gegenüber, die bei einem Baustellenbesuch gemacht wurde. Dabei konnte beobachtet werden, wie ein Polier, der nach gängiger Praxis für das Einmessen der Leitungen zuständig ist, diese Aufgabe an einen Vorarbeiter delegierte. Auf Nachfrage gab der Polier an, dass er sich nicht mit dem digitalen Einmessen beschäftigen wolle, aber einen motivierten und lernbereiten Vorarbeiter habe, der affiner für solche Tätigkeiten sei. Bei einer rollenbasierten Bewertung der Handlungskompetenzen würde der oben genannte Polier beim nächsten Projekt einen Vorarbeiter oder eine Vorarbeiterin zugeteilt bekommen, welche die Tätigkeit nicht übernehmen könnten. Bei einer personenbezogenen Bewertung der Handlungskompetenz kann dieser Umstand bei der Personaldisposition berücksichtigt werden, indem dem Polier ein fähiger Vorarbeiter oder eine Vorarbeiterin zugewiesen wird. Eine rollenspezifische Definition der Handlungskompetenzen kann jedoch vorgenommen werden, um die dem Berufsbild zugeordneten Kompetenzen zu bewerten und zu vergleichen.

Das entwickelte Konzept wird grafisch in der nächsten Abbildung (Abb. 12) dargestellt.

Abb. 12: Entwickeltes Konzept (eigene Darstellung aus draw.io)

Ein zentraler Bestandteil des Produkts ist die Datenbasis der Handlungskompetenzbereiche einschliesslich der in den jeweiligen Taxonomiestufen definierten Handlungskompetenzen. Diese werden tabellarisch erfasst, wie nachfolgend beispielhaft für den ersten Handlungskompetenzbereich dargestellt:

ID	Handlungskompetenzbereich	Taxonomiestufe	Handlungskompetenz
IMP-HK01	digitale Bauwerksmodelle verarbeiten	K1 - Wissen	Mitarbeitende können Ansichtsprogramme (Viewer) für digitale Bauwerksmodelle benennen und ausführen, sowie einfache Modellinhalte beschreiben
		K2 - Verstehen	Mitarbeitende verstehen die Grundlegenden Struktur von digitalen Bauwerksmodellen und können diese erläutern
		K3 - Anwenden	Mitarbeitende können vordefinierte Prüfregeln in digitalen Bauwerksmodellen ausführen
		K4 - Analyse	Mitarbeitende können digitale Bauwerksmodelle mit eigens erstellten Prüfregeln oder Analysen selbstständig untersuchen
		K5 - Synthese / Verknüpfen	Mitarbeitende können verschiedene digitale Bauwerksmodelle nach eigenen Kriterien neu zusammenstellen
		K6 - Beurteilen	Mitarbeitende nehmen zu erhaltenen digitalen Bauwerksmodellen fachlich und inhaltlich Stellung.

Tabelle 13: Auszug aus der Datengrundlage Handlungskompetenzen

Dieses Vorgehen wurde für insgesamt acht Handlungskompetenzbereiche durchgeführt, welche im Anhang F ersichtlich sind.

4.1.2. Designphase

Das Konzept sieht einen Abgleich der vorhandenen mit den erforderlichen Handlungskompetenzen dar. Um dies im Produkt visuell darzustellen, werden die drei Hauptansichten Anwendungsfall, Projekt und Mitarbeitende in einem ersten Schritt skizziert.

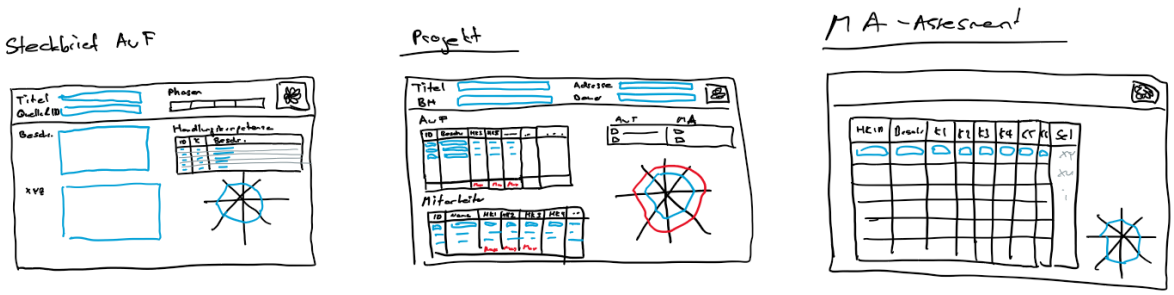

Abb. 13: Visualisierung des Konzeptes (eigene Darstellung aus Microsoft OneNote)

Der Steckbrief des Anwendungsfalls soll folgende Inhalte darstellen können:

- Titel des Anwendungsfall
- Interne Identifikation
- Externe Identifikation
- Beschreibung
- Betroffene Phasen
- Erforderliche Handlungskompetenzen
- Visuelle Darstellung der erforderlichen Handlungskompetenzen

In der Projektübersicht sollen folgende Inhalte dargestellt werden:

- Titel des Projektes
- Interne Identifikation (Projekt-ID)
- Auftraggeber
- Adresse des Projektes
- Tabellarische Auflistung der Anwendungsfälle inkl. der Maximalwerte
- Tabellarische Auflistung der Mitarbeitendenkompetenzen inkl. der Maximalwerte
- Visuelle Gegenüberstellung der Tabellen

Im Mitarbeitenden-Assessment werden folgende Inhalte als erforderlich betrachtet:

- Mitarbeitende (Name, Funktion, Abteilung)
- Handlungskompetenzen 1-8
- Visuelle Darstellung der effektiven Handlungskompetenzen

Die drei Hauptansichten können durch Unteransichten wie Bearbeitungsmodi oder Ähnliches ergänzt werden. Eine mögliche Exportfunktion soll die Daten für Dritte verfügbar machen.

4.1.3. Werkzeuge und Technologien

Für die Produktumsetzung sollen nach Möglichkeit Produkte aus dem Lizenzpool der Implenia AG verwendet werden. Es wird konkret nach einer Möglichkeit gesucht, eine Applikation mit geringem technischem Hintergrund entwickeln zu können. Alle Daten sollen primär auf Systemen gespeichert werden, die vom Praxispartner verwaltet werden. Im Vordergrund stehen dabei Produkte von Microsoft, insbesondere die Power-Plattformen, welche Low-Code-Applikationen ermöglichen.

Drei Anwendungen sind als potenzielle Datenspeicher geeignet: Microsoft Excel, Microsoft Lists und Microsoft Dataverse. Microsoft Excel bietet zwar eine hohe Flexibilität, ist aber nicht ideal für den Datenaustausch und die Datenspeicherung. Microsoft Dataverse ist auf grosse Datenmengen ausgerichtet und kann sehr gut in die bestehende Datenumgebung integriert werden. Allerdings sind derzeit keine Lizenzen für die Nutzung des Dienstes verfügbar, was eine Skalierung des Produktes kostenintensiv machen würde. Microsoft Lists bietet eine ähnlich gute Integration in die bestehende Datenumgebung wie Microsoft Dataverse, ist flexibler in der Zusammenarbeit als Microsoft Excel, hat aber einige Einschränkungen in Bezug auf Tabellenkalkulationen. Als Datenspeicher wird unter Berücksichtigung der Vor- und Nachteile Microsoft Lists verwendet. (Microsoft, 2024a, 2024b, 2024c)

Beschränkt man sich bei der visuellen Darstellung der Daten, wie in Kapitel 4.1.2 beschrieben, auf Microsoft Produkte, so stehen Microsoft Power Apps oder Microsoft Power BI zur Auswahl. Microsoft Power BI bietet eine mächtige Visualisierungsplattform, die Daten visuell ansprechend visualisiert. Eine Verarbeitung der Daten ist auf der Plattform jedoch nicht vorgesehen. Microsoft Power Apps bietet den Vorteil, dass neben der visuellen Darstellung auch eine Bearbeitung oder Neuanlage von Datensätzen möglich ist. Auch wenn der Funktionsumfang der Visualisierung in Power Apps nicht so umfangreich ist, so sind die zusätzlichen Funktionalitäten in Bezug auf die Interaktion ausschlaggebend für die Wahl. (Microsoft, 2024d, 2024e)

Neben den beiden ausgewählten Plattformen Microsoft Power Apps und Microsoft Lists sind keine weiteren Anwendungen vorgesehen. Ziel ist es, mit diesen beiden Anwendungen eine funktionale und optisch ansprechende Darstellung des Produktes zu ermöglichen.

4.1.4. Datenmodellierung

Wie in Kapitel 4.1.3 beschrieben, werden Microsoft Lists als Datenspeicher verwendet. Da sich das Produkt in die drei Teilbereiche Anwendungsfälle, Mitarbeitende und Projekt gliedert, werden

hierfür drei Microsoft Lists erstellt. Zusätzlich werden die Handlungskompetenzen in zwei Microsoft Lists eingetragen. In der ersten werden die Handlungskompetenzen analog dem in Tabelle 12 beschriebenen Konzept gesammelt und in der zweiten werden diese in Listenform mit der entsprechenden Kombination aus Handlungskompetenz und Taxonomiestufe aufgelistet. Für interne Bezeichnungen wird das Präfix IMP für Implenia und HK für Handlungskompetenzen verwendet. Diese Struktur erlaubt es, die Datenstruktur an die sich ändernden Handlungskompetenzen anzupassen.

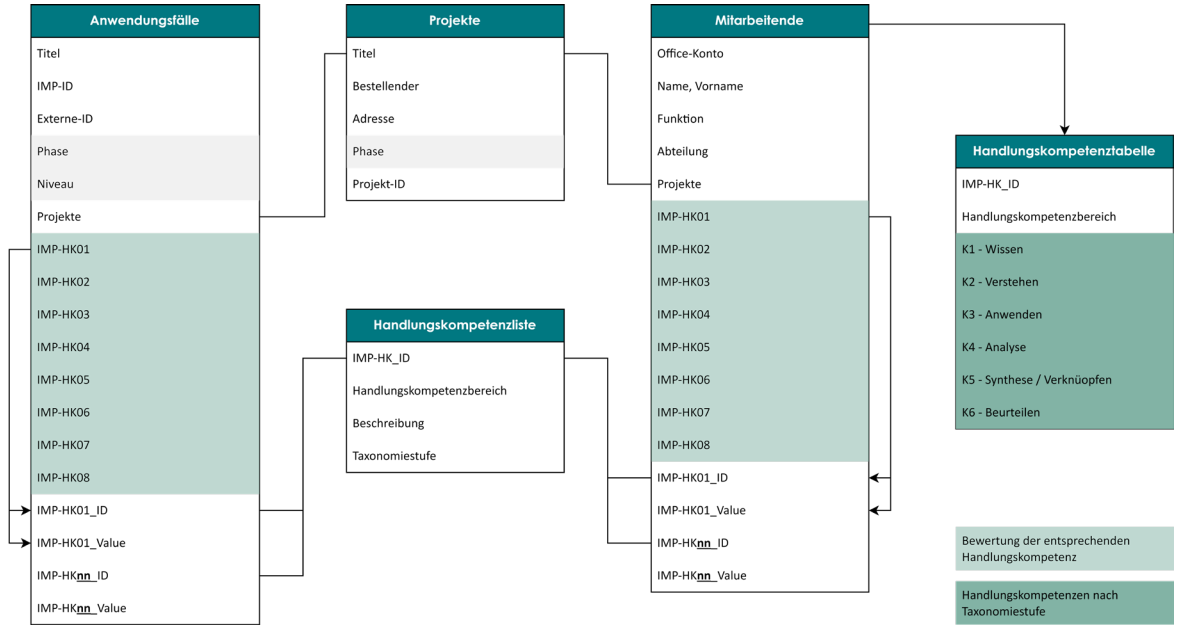

Abb. 14: Konzeptionelle Übersicht der Datenstruktur (eigene Darstellung aus draw.io)

In den Microsoft Lists für die Anwendungsfälle sowie für die Mitarbeitenden wird für jede Handlungskompetenz aus einer Auswahl die entsprechende Taxonomiestufe ausgewählt. Daraus wird die eindeutige Kennung aus Handlungskompetenz und Taxonomiestufe sowie die Taxonomiestufe als reiner Zahlenwert berechnet. Diese dienen einer tabellarischen Auflistung der entsprechenden Kompetenzen und einer visuellen Darstellung der Kompetenzen im Vergleich zu anderen. Zusätzlich sind die beiden Listen mit der Projektliste verknüpft, so dass den Anwendungsfällen bzw. den Mitarbeitenden Projekte zugeordnet werden können. Mitarbeitende, die über ein entsprechendes Konto bei der Implenia AG verfügen, können direkt über die Liste zugeordnet werden. Für Mitarbeitende ohne Konto müssen die Informationen Name, Vorname, Funktion und Abteilung manuell oder über entsprechende Auswahllisten zugeordnet werden.

4.2. Technische Umsetzung

Die technische Umsetzung erfolgte vollständig auf einer Microsoft Power App. Für die visuelle Umsetzung wurde eine Canvas App verwendet, die auf die Daten in den Microsoft Lists zugreifen und diese bearbeiten kann (Microsoft, 2024f). In den folgenden Abschnitten wird der Prozess zur Erstellung der Benutzeroberfläche beschrieben und die für die Kernfunktionalitäten notwendigen Formeln und Funktionen erläutert.

4.2.1. Benutzeroberfläche

Die Benutzeroberfläche liegt vollständig auf einer Microsoft Power Apps. Die Nutzenden sollen nicht direkt auf die entsprechenden Microsoft Lists zugreifen, sondern alle Interaktionen über die Microsoft Power Apps selbst vornehmen. Die Benutzeroberfläche sieht einen Start- bzw. Willkommensbereich vor, über den die Nutzenden direkt in die drei Unterkapitel Projekte, Anwendungsfälle und

Mitarbeitende navigieren können. Die Darstellung orientiert sich am Corperate Design des Praxispartners und ist dementsprechend in den Farben Schwarz, Weiss und Orange gehalten (Implenia AG, 2024).

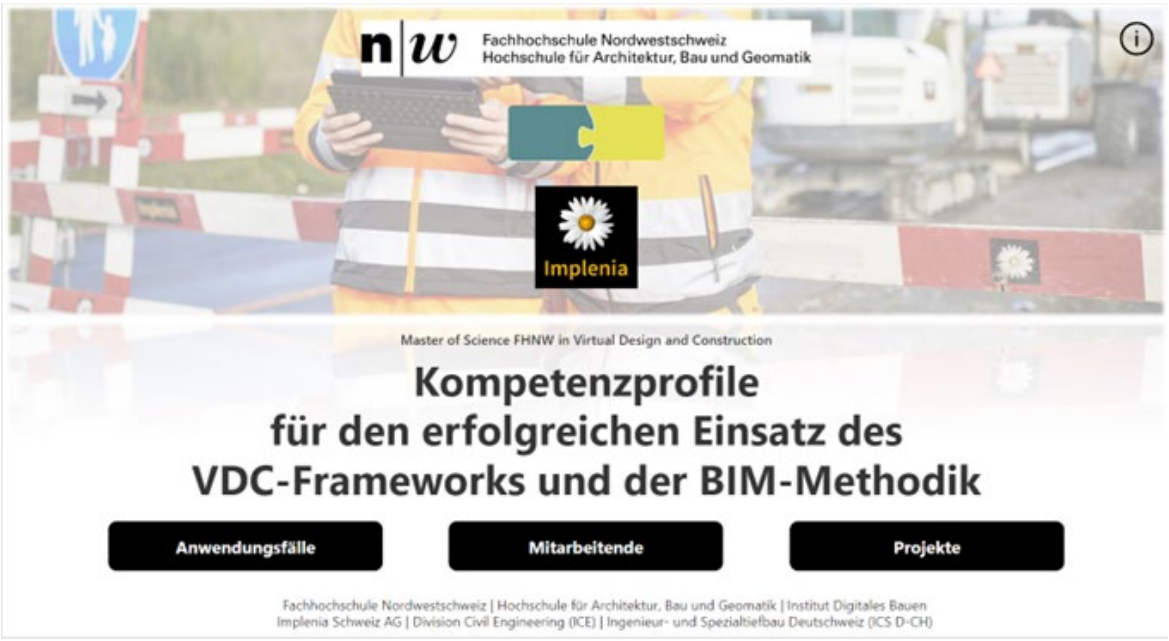

Abb. 15: Startbildschirm der Microsoft Power App (eigene Darstellung)

Die Darstellung erfolgt im 16:9 Querformat, was eine einfache Bedienung am Computer oder am Tablet ermöglichen soll. Eine Nutzung über Mobiltelefone ist möglich, eine angepasste Version für diese Geräte wird im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht erarbeitet.

Die Navigation soll intuitiv über Buttons mit Textinhalten oder Piktogrammen erfolgen. Ein Header (Kopfzeile) sowie ein Footer (Fusszeile) über alle Bildschirme hinweg sollen ein harmonisches Erscheinungsbild sowie eine Fokussierung auf die Inhalte ermöglichen. In der Kopfzeile befinden sich jeweils auch die Hauptnavigationen, über die der Nutzer zum Startbildschirm zurückkehren kann.

Abb. 16: Beispielhafte Darstellung des Headers und Footers in der Microsoft Power Apps (eigene Darstellung)

4.2.2. Kernfunktionalität

Die Kernfunktionalität der Microsoft Power App ist die Erfassung und Bearbeitung von Mitarbeiterkompetenzen, die Erfassung und Bewertung von Anwendungsfällen sowie deren Zuordnung zu Projekten, um eine Bewertung der benötigten und vorhandenen Kompetenzen zu ermöglichen.

Zu diesem Zweck wird eine Struktur von sogenannten Bildschirmen vorbereitet. Diese stellen die für den Benutzer zugänglichen Ansichten zur Verfügung. Die Nummerierung folgt der Logik der Einteilung in Kategorien und Hierarchien. Vom Startbildschirm gelangen die Nutzenden in die drei Themenbereiche Mitarbeitende (10_MA-Liste), Anwendungsfälle (20_Anwendungsfälle_bearbeiten) und Projekte (30_Projekte). Von dort aus gelangen diese in die entsprechenden Unterseiten, wo sie Daten erfassen, ändern oder im Detail einsehen können. Das Herzstück der Anwendung ist die Projektauswertung (33_Projektauswertung), in der die Daten aus den Anwendungsfällen und Projekten ausgewertet und visualisiert werden.

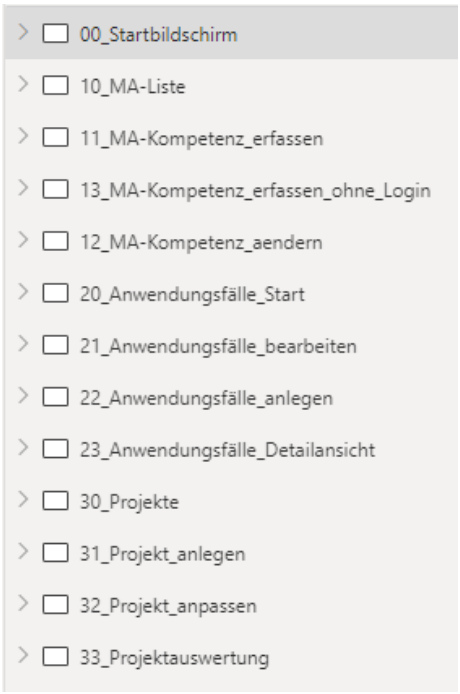

Abb. 17: Strukturansicht aus Microsoft Power App (eigene Darstellung aus Microsoft Power App)

Zur Darstellung der Daten wird in der Microsoft Power App auf die Funktionalität von Galerien oder Formularen zurückgegriffen. Diese werden mit entsprechenden Filtern versehen, so dass die ausgewählten Daten oder die den Suchergebnissen entsprechenden Daten angezeigt werden.

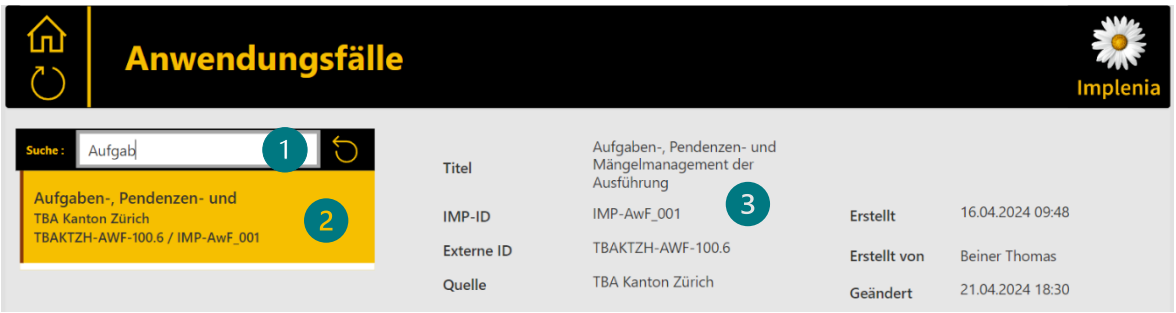

Abb. 18: Auszug aus Bildschirm 20_Anwendungsfälle_Start (eigene Darstellung aus Microsoft Power App)

In der Suchleiste (1) kann nach den entsprechenden Daten des Anwendungsfalles gesucht werden, wie in Abb. 18 beispielhaft dargestellt. Die Ergebnisse (2) werden nach den Suchkriterien gefiltert, so dass nur noch ein Eintrag sichtbar ist. Durch Auswahl des Datensatzes werden die weiteren Daten im Formular (3) visualisiert. Die Filterung erfolgt über eine entsprechende Formel nach dem Schema Filter(Quelle; Wahrheitsprüfung) und entspricht für das obige Beispiel folgender Funktion:

```
Filter('MT - Anwendungsfälle';Suchfeld_AwF.Text in ExterneID & Title & IMP_x002d_ID & Quelle
```

Formel 1: Filterung der Daten nach der Suchfeldeingabe

Die Quelle ist die verknüpfte Microsoft List, in der die Daten zu den Anwendungsfällen gespeichert sind und die Wahrheitsprüfung prüft, ob der im Suchfeld (Suchfeld_AwF-Text) eingegebene Text in den Spalten ExterneID, Titel, IMP-ID oder Quelle gefunden wird.

Um die einzelnen Handlungskompetenzen der Mitarbeitenden tabellarisch auflisten zu können, ist eine eindeutige Identifikation des Handlungskompetenzbereichs mit der tatsächlichen Handlungskompetenz notwendig. Aus diesem Grund musste neben der tabellarischen und visuell übersichtlichen Darstellung der Handlungskompetenzen eine separate Microsoft List erstellt werden, um die Daten eindeutig identifizieren zu können (vgl. Abb. 14). In der Microsoft List wird aus der zugeordneten Taxonomiestufe eines Handlungskompetenzbereichs eine eindeutige Identifikation desselben erstellt. Nach dieser Identifikation kann entsprechend gefiltert werden, so dass die Kompetenzen des ausgewählten Mitarbeitenden tabellarisch dargestellt werden können.

```
Filter('MT - HK Liste'; Gal_MA.Selected.IMP_x002d_HK01_ID in Title Or
Gal_MA.Selected.IMP_x002d_HK02_ID in Title Or Gal_MA.Selected.IMP_x002d_HK03_ID in Title
Or Gal_MA.Selected.IMP_x002d_HK04_ID in Title Or Gal_MA.Selected.IMP_x002d_HK05_ID in Title
Or Gal_MA.Selected.IMP_x002d_HK06_ID in Title Or Gal_MA.Selected.IMP_x002d_HK07_ID in Title
Or Gal_MA.Selected.IMP_x002d_HK08_ID in Title)
```

Formel 2: Filterung der Handlungskompetenzen von Mitarbeitenden

Abb. 19: Übersicht der Handlungskompetenzen des Mitarbeitenden (eigene Darstellung aus Microsoft Power App)

Die Selektion des Mitarbeiters (1) erfolgt mit der konzeptionell identischen Filterformel wie in Formel 1 beschrieben. Die tabellarische Auflistung der Handlungskompetenzen (2) in den einzelnen Kompetenzbereichen erfolgt mit der Formel 2, die die Liste der Handlungskompetenzen nach den entsprechenden acht eindeutigen Identifikationen der Handlungskompetenzen durchsucht. Sowohl für Mitarbeitende als auch für Handlungskompetenzen können dem ausgewählten Objekt Projekte aus der Projektliste (3) zugeordnet werden.

Mit dieser Zuordnung kann in der Projektauswertung nach den entsprechenden Datensätzen gefiltert werden, um eine Übersicht darzustellen. Dabei werden alle dem Projekt zugeordneten Personen und Handlungskompetenzen dargestellt. Dies erfolgt über eine entsprechende Filterfunktion analog der bereits in Formel 1 beschriebenen Funktion. Zusätzlich werden die Maximalwerte der Handlungskompetenzen berechnet. Diese dienen dazu, die für das Projekt benötigten Kompetenzen aus der Summe der Anwendungsfälle sowie die aus der Summe der Mitarbeitenden vorhandenen Kompetenzen darzustellen. Da es sich bei dem Wert der Handlungskompetenz um einen berechneten Wert aus einer Microsoft List handelt, wird dieser nicht als Zahlenwert erkannt. Daher ist für die Berechnung eine Sortierung der Zelle mit anschliessender Auswertung notwendig.

```
First(SortByColumns(
AddColumns(Filter('MT - Handlungskompetenzen MA';Label_Projekttitel.Text in Projekte.Value)
;SortColumn;Value(IMP_x002d_HK01_Value))
;"SortColumn";SortOrder.Descending)).IMP_x002d_HK01_Value
```

Formel 3: Auswertung des Maximalwertes einer Spalte bei berechneten Werten (Lehmann, 2024)

Microsoft Power Apps delegiert Datenabfragen soweit möglich direkt an die Datenquelle, in diesem Fall an Microsoft Lists. Einige Formeln können aufgrund ihrer Struktur nicht delegiert werden, wie die in Formel 1, Formel 2 oder Formel 3 beschriebenen Abfragen. In diesem Fall ruft die Microsoft Power App 500 Datensätze aus der Datenquelle ab und führt die Abfrage direkt in der Anwendung aus. Dieser Wert kann auf maximal 2000 Datensätze erhöht werden, was jedoch zu Leistungsproblemen führen kann. (Microsoft, 2024g)

Neben der rein zahlenmässigen Auswertung werden die Ergebnisse durch Spinnendiagramme visuell hervorgehoben. Diese basieren auf einer von Jorge Lopez zur Verfügung gestellten Vorlage. Durch das Stapeln mehrerer solcher Spider-Diagramme können die Kompetenzen des Mitarbeiters in Relation zum Projektteam dargestellt und die Differenz zwischen den vorhandenen und den benötigten Kompetenzen visuell dargestellt werden. (Lopez, 2023)

```
(First(SortByColumns(
 AddColumns(Filter('MT - Handlungskompetenzen MA';Label_Projekttitel.Text in Projekte.Value)
;SortColumn;Value(IMP_x002d_HK03_Value));"SortColumn"
;SortOrder.Descending)).IMP_x002d_HK03_Value)- (First(SortByColumns(
AddColumns(Filter(MT_Anwendungsfaelle;Label_Projekttitel.Text in Projekte.Value)
;SortColumn;Value(IMP_x002d_HK03_Value));"SortColumn"
;SortOrder.Descending)).IMP_x002d_HK03_Value)
```

Formel 4: Berechnung der Differenz zwischen vorhandenen und erforderlichen Kompetenzen (auf Grundlage von (Lehmann, 2024))

Um diesen Differenzwert hervorzuheben, wird eine rote Füllfarbe für negative Werte und eine grüne Füllfarbe für positive Werte verwendet. Dies wird durch eine entsprechende Wenn-Formel für die Hintergrundfüllung erreicht, die den Inhalt des Textwertes analysiert:

```
If(Value(Label_HK03_Diff.Text)<Value("0");Color.Red;Color.Green)
```

Formel 5: Wenn-Formel für Hintergrundfüllung in Abhängigkeit des Zahlenwertes

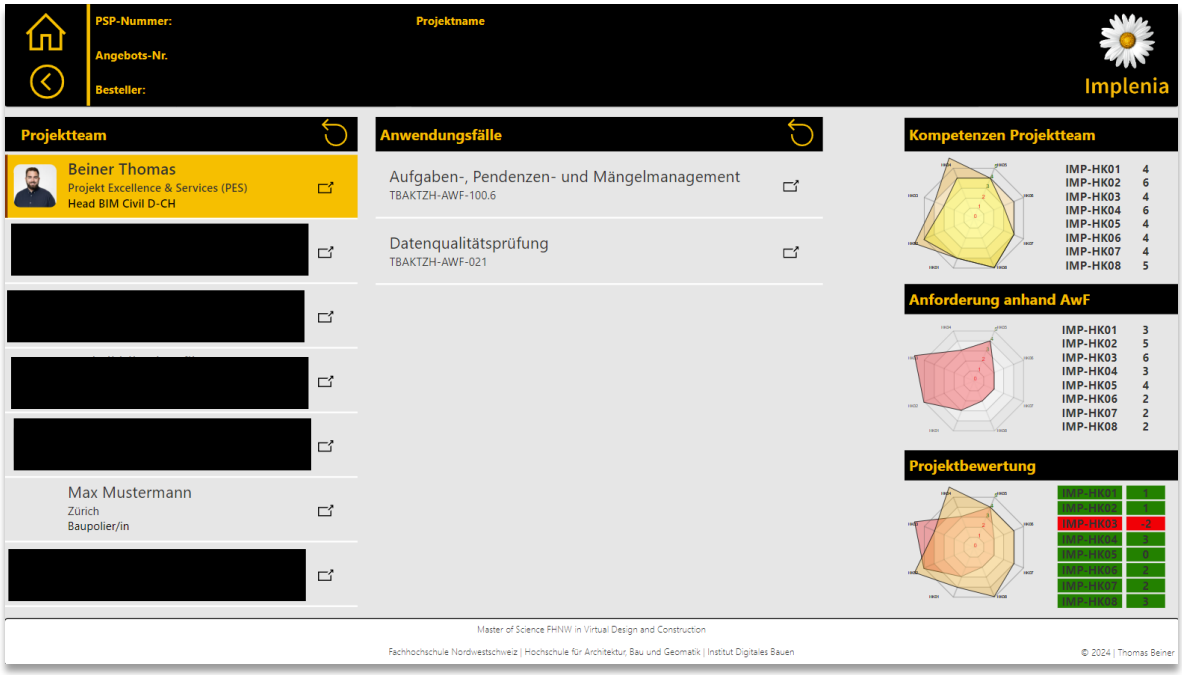

Abb. 20: Projektauswertung in der Microsoft Power App (eigene Darstellung)

Im Rahmen der Dokumentation der Projektbewertung wurde versucht, einen PDF-Export zu generieren. Dieser konnte nicht erfolgreich umgesetzt werden, da beim Export einige visuelle Elemente

nicht exportiert werden konnten. Da sich die PDF-Exportfunktion derzeit bei Microsoft in der Testphase befindet, wurde dieser Funktionalität keine höhere Priorität eingeräumt und als potenzielle Erweiterung abgelegt.

4.3. Zusammenfassung

Dieses Kapitel beschreibt die Entscheidungsfindung sowie die technische Umsetzung der Power App, die das Ergebnis dieser Master-Thesis darstellt. Das Produkt bietet dem Praxispartner die Möglichkeit, eine auf Anwendungsfälle basierende Projektevaluierung zu erstellen und diese mit dem geplanten Projektteam abzugleichen. Dabei können alle notwendigen Schritte in der Microsoft Power App durchgeführt werden, was die Benutzerfreundlichkeit stark erhöht. Der gesamte Prozess kann vollständig durch die Kalkulation durchgeführt werden, wenn eine umfassende Datenbasis zur Verfügung steht. Fehlen Daten zu Anwendungsfällen, können diese über die BIM-Stabsfunktion erfasst und ausgewertet werden. Gleiches gilt für fehlende Angaben zu den Kompetenzen der Mitarbeitenden. Wobei bei dieser Kompetenzerfassung der Lead bei vorgesetzten Personen wie Teamleitern liegt, die durch die Stabs- und Supportfunktionen unterstützt werden. Werden im Rahmen der Projektauswertung Lücken identifiziert, können diese durch eine Erweiterung des Projektteams um Stabs- und Supportfunktionen oder durch entsprechende Ausbildung geschlossen werden. Diese Informationen können dem Auftraggeber zur Verfügung gestellt werden, so dass dieser eine Bestätigung der vorhandenen Kompetenzen als Anlage zum Angebot erhält.

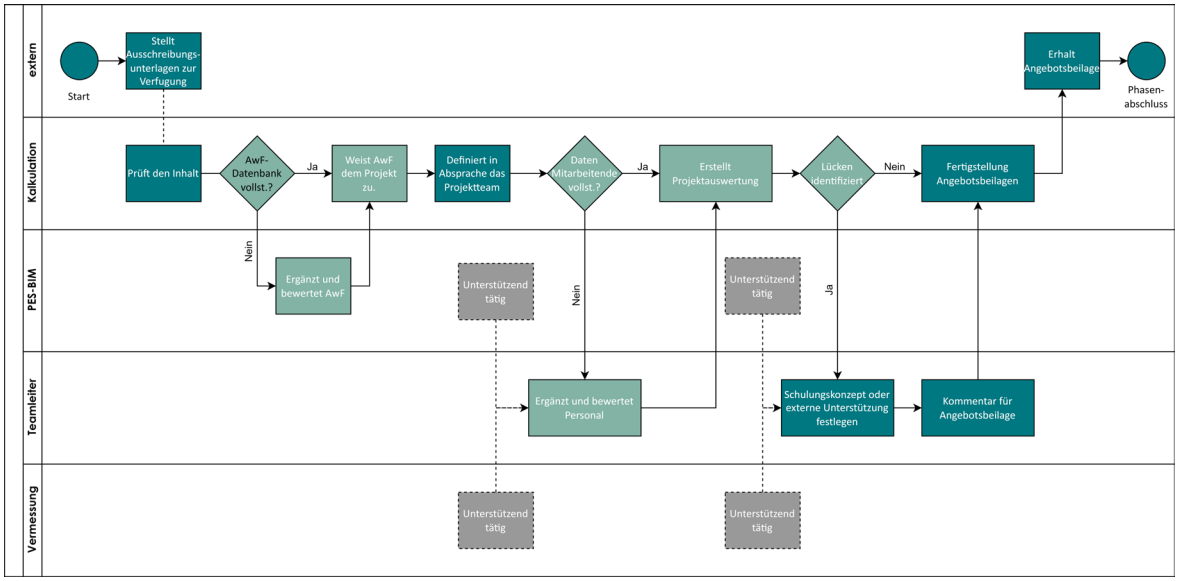

Abb. 21: Prozess im Rahmen der Angebotsbearbeitung (eigene Darstellung aus draw.io). Siehe auch Anhang E

5. Evaluation und Weiterentwicklung

In diesem Kapitel wird die entwickelte Lösung in einem dreistufigen Verfahren evaluiert. Der erste Test fand auf konzeptioneller Ebene statt, als eine Grundidee vorhanden war. Der zweite Test fand im Rahmen einer Veranstaltung des Praxispartners statt, bei der das Ergebnis zu etwa 50 Prozent ausgearbeitet war. Der letzte und intensivste Test fand im Rahmen eines Meetings mit ausgewählten Personen des Praxispartners statt bei welchem die Applikation bereits fertiggestellt war.

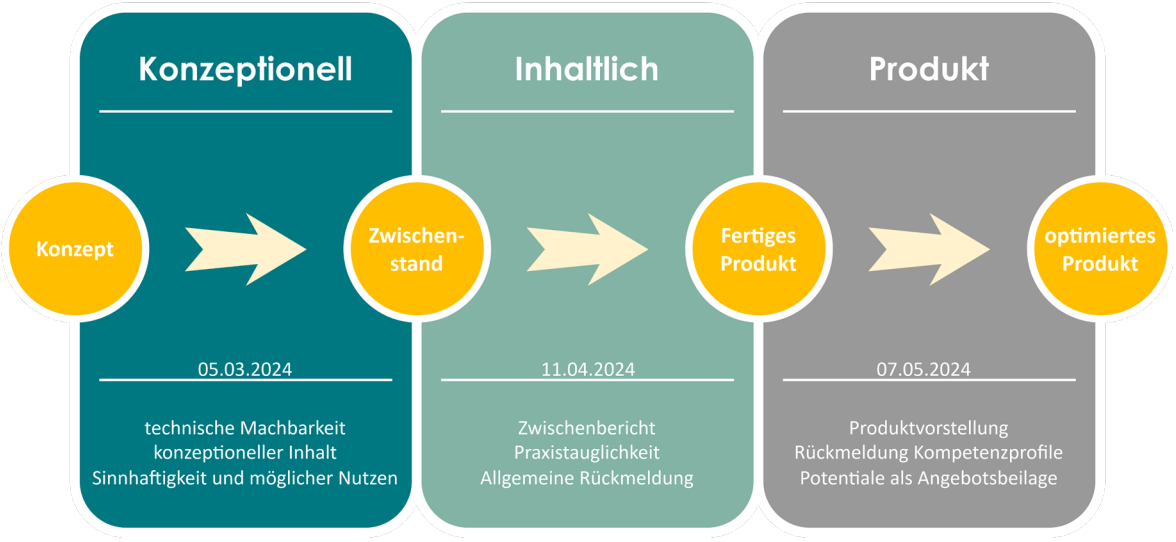

Abb. 22: Übersicht der Testverfahren (eigene Darstellung aus draw.io)

5.1. Konzeptionelles Testverfahren

Im konzeptionellen Testverfahren wurde die in Abb. 12 beschriebene Grundidee auf ihre inhaltliche und technische Umsetzbarkeit überprüft. Dazu wurde zunächst dem Leiter BIM/VDC Baumeister der Implenia Schweiz AG die Grundidee der Bewertung von Anwendungsfällen und Mitarbeitenden vorgestellt und Feedback eingeholt. Dabei kamen insbesondere die Rollen von Stabs- und Unterstützungsfunktionen wie BIM-Spezialisten oder GeomatikerInnen zur Diskussion. Diese bilden jeweils einen Teil des Projektteams, sind aber nur temporär unterstützend tätig, was die Kompetenzabbildung erschwert. Es wurde diskutiert, ob es sinnvoll ist, spezifische Rollen separat, gar nicht oder mit einer Abbildung des effektiven Projekteinsatzes (z.B. in Prozent) erfasst werden sollen. Dieser Input wurde im Rahmen der Optimierungsphase umgesetzt.

Für die technische Umsetzung wurde im Rahmen eines durch den Praxispartner zur Verfügung gestellten Power Apps Coachings die technische Machbarkeit der Lösung besprochen. Auch hier wurde die Grundidee vorgestellt und die geplante Datenstruktur diskutiert. Die technische Machbarkeit der Grundidee wurde attestiert, wobei gewisse Einschränkungen hinsichtlich des gewünschten Spider Diagramms angemerkt wurden. Die Möglichkeit der Verwendung von Microsoft Power BI wurde diskutiert, aber aufgrund der gewünschten Interaktion mit den Daten und der damit verbundenen Notwendigkeit von Microsoft Power Apps verworfen.

5.2. Inhaltliches Testverfahren

Der inhaltliche Test wurde im Rahmen einer internen Veranstaltung durchgeführt. Dabei wurden das Grundkonzept der Handlungskompetenzbereiche und Taxonomiestufen, das visuelle Konzept des Lösungsvorschlags und der aktuelle Stand der Anwendung einem Team der Division Buildings vorgestellt. Die theoretischen Grundlagen wurden anhand des aktuellen Standes der schriftlichen

Dokumentation präsentiert und anschliessend wurde in die Applikation gewechselt, in der die Ansichten für die Mitarbeitenden und die Anwendungsfälle bereits fertiggestellt waren. Die Ansicht für die Projektbewertung war zu diesem Zeitpunkt noch nicht fertiggestellt und die Grundidee wurde mündlich erläutert.

Die Gruppe nannte folgende Punkte, die berücksichtigt oder verbessert werden könnten:

- Wie sieht es mit den Datenschutzrichtlinien aus? Welche Daten werden gespeichert und ist dies zulässig?
- Wie sieht die Mitarbeiterbeurteilung aus? Wird eine Fremdbeurteilung durch die vorgesetzte Person, eine Selbstbeurteilung durch den Mitarbeitenden oder eine gemeinsame Beurteilung der Kompetenzen vorgenommen?
- Ist eine Feingliederung der Kompetenzen möglich? Kann ein Kompetenzbereich weiter unterteilt werden?
- Können Stabs- und Unterstützungsfunktionen separat beurteilt werden?
- Welche Konsequenzen ergeben sich aus den durch das Produkt aufgedeckten Lücken?

Aus diesen Anmerkungen entwickelte sich eine Diskussion in der Gruppe, in der einzelne Punkte vertieft diskutiert und analysiert wurden. So wurde diskutiert, dass die Mitarbeitenden bei der Selbsteinschätzung dazu neigen, ihre Kompetenzen zu überschätzen. In diesem Zusammenhang wurde auch auf die Ergebnisse von (Bücking & Nelle, 2023) verwiesen, die ein Pilotprojekt zur Erfassung von Lean-Kompetenzen vorgestellt hatten. Es wurde festgehalten, dass eine Kompetenzerfassung eher durch die vorgesetzte Person und gegebenenfalls im Beisein der Mitarbeitenden erfolgen sollte. Gewisse Kompetenzbereiche könnten aber auch durch interne Fachpersonen auf spezifischen Grundlagen erfasst werden. So könnte z.B. die interne Vermessungsabteilung für die Beurteilung der spezifischen Handlungskompetenzen zuständig sein. Dazu wäre allenfalls eine feinere Unterteilung der Handlungskompetenzen notwendig.

5.3. Produktvorstellung

Für die Produktvorstellung wurden ausgewählte Personen aus dem operativen Geschäft sowie aus Stabsstellen zu einer Veranstaltung eingeladen. Ziel war es, einerseits ein fachliches Feedback zu den Produktinhalten zu erhalten, andererseits aber auch die Akzeptanz des Produktes durch das operative Geschäft zu überprüfen. Dazu wurde als Einstieg eine einführende Präsentation (siehe Anhang K) vorbereitet, bevor die eigentliche Produktpräsentation live auf Microsoft Power App durchgeführt wurde.

Bereits während des Einführungsvortrages kam es zu einer Diskussion über das Potential der kompetenzbasierten Mitarbeiterbeurteilung. Der anwesende Marktleiter zeigte Interesse an einer umfassenden Bewertung von Mitarbeiterdaten. Im Rahmen der Live-Demonstration der Microsoft Power Apps kam die Diskussion diesbezüglich erneut auf, insbesondere in Bezug auf die visuelle Darstellung der Kompetenzen und der klaren Bewertungskriterien. Es wurde diskutiert, ob sich eine solche Plattform auch für weitere Themenbereiche wie Lean, Nachhaltigkeitskriterien oder auch für Projektreferenzen (Projektvolumen, Projektstart etc.) eignen würde. Von Seiten HR wurde die kompetenzbasierte Bewertung der Mitarbeitenden sehr positiv aufgenommen, da damit gezielt nach fehlenden Kompetenzen im Team rekrutiert werden kann. Von Seiten der Stabsstellen wurde die hohe Anzahl unterschiedlicher Anwendungsfälle angesprochen und ob es sinnvoll wäre, diese zusammenzufassen. Der Vorschlag wurde in einer kurzen Diskussion abgewogen und wieder verworfen, da der Erfassung und Darstellung der vom Auftraggebenden definierten Anwendungsfälle ein höherer Nutzen gegenüber der Datenreduktion zugesprochen wurde.

Nach der allgemeinen Diskussion wurden den Teilnehmenden spezifische Fragen gestellt, wobei die Frage nach möglichen Potentialen und Risiken eine weitere Diskussion auslöste. Die Skalierbarkeit der Lösung wurde als Potential, aber auch als Risiko gesehen, da die grosse Menge an Personendaten eine umfassende Beschränkung des Datenzugriffs erfordert. Zudem wurde angemerkt, dass das Produkt nur so gut sei, wie die Daten, die darin aktuell gehalten werden. In diesem Zusammenhang wurde vom Verfasser angemerkt, dass die Frage des Datenschutzes nicht abschliessend geklärt sei und eine mögliche Lösung darin bestehen könnte, die Mitarbeiterdaten projektbezogen zu erfassen und nach Abschluss des Projektes zu löschen. Der Vorschlag wurde wohlwollend kommentiert, auch wenn dies zu einem gewissen Mehraufwand für die Projektverantwortlichen führen könnte.

Positiv wurde hervorgehoben, dass die Kompetenzen des Projektteams dargestellt werden und die Kompetenzen der einzelnen Mitarbeitenden nur intern ersichtlich sind. Die Frage nach einem PDF-Export musste verneint werden, da dies derzeit nicht erfolgreich umgesetzt werden konnte. Die Erstellung eines Screenshots bis zur erfolgreichen Implementierung der Funktion wurde als gangbare Lösung attestiert. Weitere Verbesserungsvorschläge oder Wünsche wurden nicht geäussert.

5.4. Umsetzung von Optimierungsvorschlägen

Im Rahmen der Testverfahren wurden verschiedenste Anmerkungen und Optimierungsvorschläge vorgebracht. Nachfolgend wird ein technisch umgesetzter Vorschlag beschrieben.

5.4.1. Trennung von Stabs- und Supportfunktionen

Durch die Trennung der Stabs- und Supportfunktionen von den operativ tätigen Mitarbeitenden kann eine bessere Auswertung der effektiven Projektkompetenzen dargestellt werden. Über einen Schieberegler in der Microsoft Power App werden die Mitarbeitenden als solche gekennzeichnet. Dieser wird in der Projektauswertung wieder verwendet, um die Filterfunktion zu aktivieren oder zu deaktivieren. Diese Filterfunktion (vgl. Abb. 23 und Abb. 24) blendet dann die Mitarbeitenden der Stabs- und Supportfunktionen aus und visualisiert mithilfe der Formel 6, nur die entsprechenden Maximalwerte der Handlungskompetenzbereiche ohne deren Werte. So kann die Projektleitung feststellen, für welche Kompetenzbereiche sie externe Unterstützung benötigt und ob diese durch interne Supportfunktionen abgedeckt werden können.

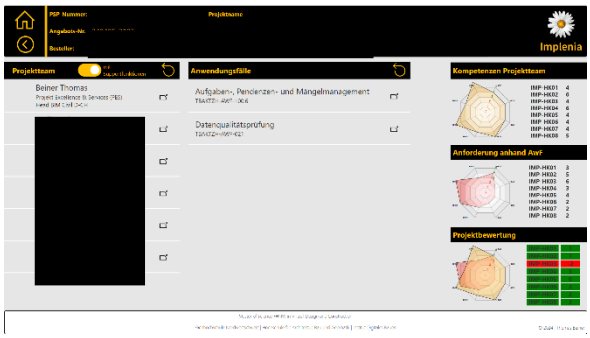

Abb. 23: Projektauswertung mit Supportfunktionen (eigene Darstellung aus Microsoft Power App)

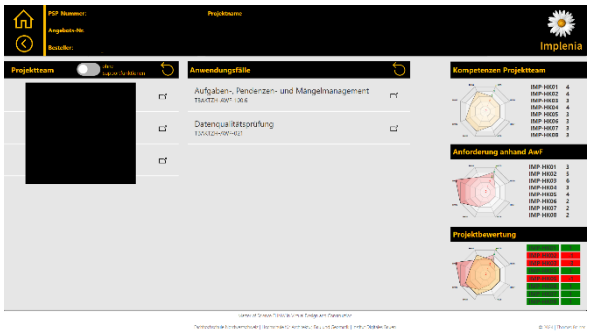

Abb. 24: Projektauswertung ohne Supportfunktionen (eigene Darstellung aus Microsoft Power App)

```
If(Toggle1.Value = true;First(SortByColumns( AddColumns(Filter('MT - Handlungskompetenzen MA'
;Label_Projekttitel.Text in Projekte.Value);SortColumn;Value(IMP_x002d_HK01_Value));"SortColumn"
;SortOrder.Descending)).IMP_x002d_HK01_Value
;First(SortByColumns( AddColumns(Filter('MT - Handlungskompetenzen MA'
;Label_Projekttitel.Text in Projekte.Value && "false" in Stabstelle_x002f_Supportfunktion);SortColumn
;Value(IMP_x002d_HK01_Value));"SortColumn";SortOrder.Descending)).IMP_x002d_HK01_Value)
```

Formel 6: Filter auf Basis des Schiebereglers um Maximalwerte mit oder ohne Supportfunktionen darzustellen

6. Resümee und Ausblick

Das abschliessende Kapitel dieser Master-Thesis fasst die wichtigsten Ergebnisse zusammen und zieht Schlussfolgerungen aus den durchgeführten Datenerhebungen und Entwicklungen. Das Kapitel gibt einen Überblick über die erreichten Ziele und stellt den Beitrag der Arbeit in den Kontext von Bauprojekten, die mit der BIM-Methodik oder dem VDC-Framework abgewickelt werden. Darüber hinaus werden die Grenzen des Lösungsansatzes diskutiert und Empfehlungen für die weitere Entwicklung gegeben. Abschliessend werden einige Anmerkungen formuliert und ein Ausblick auf mögliche Weiterentwicklungen der Microsoft Power App gegeben.

6.1. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Masterarbeit untersucht die Gestaltung von Kompetenzprofilen für den erfolgreichen Einsatz der BIM-Methodik sowie des VDC-Rahmenwerks in einer Bauunternehmung. Ziel war es, eine Definition für die erforderlichen Kompetenzen zu erstellen, die zu einem Mehrwert für die Bauprojekte des Praxispartners resultieren.

Dazu umfasste die theoretische Datenerhebung eine gründliche Analyse der relevanten Literatur zu BIM und VDC sowie deren Anwendungsfälle und die Definition von Kompetenzarten und deren Bewertung. In der praktischen Datenerhebung wurden verschiedene Analyseformen von Beobachtungen bis hin zu Interviews eingesetzt, um wesentliche Aspekte für die Produktentwicklung zu identifizieren. Der anschliessende Entwicklungsprozess der Microsoft Power App, die eine Bewertung der kundenseitigen Anwendungsfälle den vorhandenen Mitarbeiterkompetenzen gegenüberstellt, wurde transparent dokumentiert. Dies, um die Nachvollziehbarkeit für die Leserinnen und Leser zu gewährleisten.

Die Microsoft Power App wurde durch eine kontinuierliche Iteration und Anpassung aufgrund von externem Feedback stetig weiterentwickelt. Dadurch konnte ein Produkt entwickelt werden, das den Bedürfnissen der Nutzerinnen und Nutzer entspricht und somit einen Mehrwert für den Praxispartner bietet. Das entwickelte Lösungskonzept hat das Potential, um eine Grundlage für zukünftige Entwicklungen im Bereich der kompetenzbasierten Personalbeurteilung in Bauprojekten zu bilden.

6.2. Schlussfolgerungen

Der Stand der Forschung zeigt, dass die Integration der BIM-Methodik oder des VDC-Rahmenwerks erhebliche Vorteile für Bauprojekte bietet. Die Bewertung der erforderlichen Kompetenzen anhand von Anwendungsfällen ermöglicht eine genaue, auf die Anforderungen des Auftraggebenden ausgerichtete Bewertung des Projekts und der eingesetzten Mitarbeitenden. Dies kann zu einer verbesserten Projektleistung und -effizienz des Praxispartners führen.

Die Sicherstellung des interaktiven Ansatzes durch kontinuierliches externes Feedback hat sich als entscheidender Faktor für die hohe Akzeptanz der Anwendung erwiesen. Ein besonderer Mehrwert für den Praxispartner ist die einfache und intuitive Bedienbarkeit der Anwendung, die ab einer entsprechenden Datenbankgrösse ohne Unterstützung von spezialisierten Fachpersonen erfolgen kann. Eine Weiterführung des Feedback- und Verbesserungsprozesses sollte mindestens im Rahmen der ersten Nutzungen im Projektumfeld umgesetzt werden, um die Akzeptanz konstant zu halten beziehungsweise weiter zu erhöhen.

Die Verwendung einer codearmen (Low-code) Entwicklungsplattform wie Microsoft Power Apps ermöglicht die Erstellung von Anwendungen mit minimalem Programmieraufwand. Mit visuellen Entwicklungswerkzeugen, vorgefertigten Bausteinen und einfachen Datenverbindungen zu bestehenden Systemen konnte das Produkt im Rahmen dieser Arbeit entwickelt und implementiert werden.

Tiefe Programmierkenntnisse des Autors waren nicht erforderlich, was sich als besonders vorteilhaft erwies. Darüber hinaus ermöglicht die Flexibilität der Plattform eine kontinuierliche Anpassung und Verbesserung der Anwendung, um den wachsenden Anforderungen an das Produkt gerecht zu werden.

Die entwickelte Microsoft Power App stellt eine innovative und praxisnahe Lösung für relevante Herausforderungen in der Bauindustrie dar und kann zur Steigerung der Effizienz und Qualität von Bauprojekten beitragen. Das entwickelte Lösungskonzept stellt jedoch eine gewisse Abweichung von den ursprünglich definierten Zielen dieser Arbeit dar.

Die angestrebte Entwicklung von Kompetenzprofilen für die Mitarbeitenden wurde nicht auf das Individuum oder eine Rolle heruntergebrochen, sondern auf der Ebene des Projektteams auf Basis der Projektanforderungen definiert. Diese Abweichung erfolgte vor dem Hintergrund der fehlenden Standardisierung bereits bestehender Rollendefinitionen im Unternehmen und der Beobachtungen des Autors. Weitere Teilfragestellungen bezüglich der sachgerechten Darstellung von Kompetenzen und der Definition relevanter Kompetenzen konnten adäquat umgesetzt werden. Auf eine detaillierte Beschreibung und Definition bestehender Rollen wurde verzichtet. Für Mitarbeitende, welche über einen entsprechenden Account beim Praxispartner verfügen, können die Rollendefinitionen direkt aus der bestehenden Datenbank entnommen werden und müssen nicht spezifisch erfasst werden. Für die übrigen Mitarbeitenden, welche nicht über ein solches Konto verfügen, orientieren sich die Rollendefinitionen an den Berufsbezeichnungen des Schweizerischen Baumeisterverbandes. Die im Produkt identifizierten Kompetenzlücken beziehen sich jeweils auf die Anforderungen, die von den Bestellenden im Rahmen der Anwendungsfälle gestellt werden und beziehen sich jeweils auf das Projektteam und nicht auf eine spezifische Person oder Rolle. Die entwickelten Handlungskompetenzbereiche sowie die definierten Handlungskompetenzen pro Taxonomiestufe können dabei als Grundlage für den Aufbau einer rollenbasierten Kompetenzdefinition verwendet werden. Darauf aufbauend kann die Microsoft Power App genutzt werden, um mögliche Kompetenzlücken zu identifizieren.

6.3. Beitrag zur Forschung

Im Rahmen der theoretischen Datenerhebung konnte festgestellt werden, dass es eine Vielzahl von Konzepten gibt, die sich mit der Messung von Kompetenzen im Rahmen von BIM- oder VDC-Projekten beschäftigen. Jedoch konnte in keiner der untersuchten Literatur effektiv dargestellt werden, welche Handlungskompetenzen tatsächlich erforderlich sind. Allgemeine Kompetenzen sowie Rollenbeschreibungen für spezielle Funktionen wurden in den letzten Jahren vermehrt untersucht und beschrieben. Die vorliegende Arbeit leistet demnach einen Beitrag zur Forschung im Bereich BIM und VDC, indem sie eine praktische, projektorientierte Anwendung dieser Konzepte entwickelt und evaluiert. Das Ergebnis zeigt, dass eine kompetenzbasierte Anforderungsformulierung auf Basis von Anwendungsfällen das Potenzial hat, die Effizienz und Qualität von Bauprojekten zu verbessern. Die Arbeit legt eine solide Grundlage für zukünftige Forschung, die weitere Aspekte der kompetenzbasierten Bewertung und deren Auswirkungen auf Bauprojekte untersuchen könnte. Insbesondere weitere Fachthemen wie Lean Construction oder die Bewertung von technischen Fähigkeiten im Rahmen von Bauprojekten bieten interessante Forschungsperspektiven.

6.4. Limitation und Empfehlung

Trotz der positiven Ergebnisse weist das Resultat einige Einschränkungen auf. Technische Einschränkungen hinsichtlich der verarbeitbaren Datenmengen und Fragen des Datenschutzes stellen Herausforderungen dar, die weiter untersucht und entwickelt werden müssen. Durch Optimierungen in der Datenstruktur können Einschränkungen im Bereich der Datenmenge aufgehoben werden.

Eine Abklärung bei der Datenschutzbeauftragten der Implenia AG ergab, dass die Applikation im Rahmen der aktuellen Nutzung zulässig ist, sofern die Mitarbeitenden über deren Nutzung informiert werden und die Daten bei einem allfälligen Austritt gelöscht werden. Positiv wurde hervorgehoben, dass Externe keine Rückschlüsse auf die effektive Kompetenz einer einzelnen Person ziehen können. Für eine allfällige Erweiterung der Kompetenzauswertungen, beispielsweise in Bezug auf Personalentwicklung, werden weitere datenschutzrechtliche Abklärungen in Aussicht gestellt.

Zukünftige Weiterentwicklungen bzw. die Ausweitung der Anwendung auf weitere Fachbereiche und Einheiten erfordern Optimierungen hinsichtlich der Datenmodellierung, insbesondere aber hinsichtlich der Zugriffsberechtigungen auf Projekt- und Personaldaten.

Das Konzept der kompetenzbasierten Beurteilung von Mitarbeitenden oder Projektteams kann auch auf andere Branchen und Unternehmen ausgeweitet werden. Es könnte im Rahmen von Teamevaluation für spezifische Projekte oder zur Beurteilung von Mitarbeitenden eingesetzt werden. Eine umfassende Analyse, ob die Definition der erforderlichen Kompetenzen im gleichen oder ähnlichen Rahmen wie in der vorliegenden Arbeit umgesetzt werden kann oder ob diesbezüglich Anpassungen erforderlich sind, wird vorausgesetzt. Darüber hinaus stehen die Erfassung von Kompetenzen über Handlungskompetenzen und die Bewertung über Taxonomiestufen für weitere Branchen oder Tätigkeiten zur Diskussion. Es wäre zu prüfen, ob andere Kompetenzarten wie Kernkompetenzen und andere Bewertungsraster sinnvoller wären.

Die Menge der untersuchten Anwendungsfälle zeigt, dass der Versuch einer Vereinheitlichung derzeit nicht erfolgreich ist. Zudem variieren der Detaillierungsgrad und die Granularität der Anwendungsfälle sehr stark, so dass diese teilweise nicht sinnvoll gruppiert oder zusammengefasst werden können. Eine Definition und Standardisierung eines Grundbedarfs an Anwendungsfällen könnten der zunehmenden Individualisierung der Branche entgegenwirken und ein gemeinsames Verständnis fördern.

6.5. Ausblick

Die entwickelte Microsoft Power App zeigt, dass eine kompetenzbasierte Bewertung von Projektanforderungen und Projektteams einen Mehrwert für den Praxispartner darstellen kann. In einem weiteren Schritt soll die entwickelte Applikation im Rahmen eines Ausschreibungsprojektes eingesetzt werden, um die Benutzerfreundlichkeit sowie ein Feedback von Seiten der Auftraggebenden zu erhalten. Auch wenn die Applikation im vorliegenden Umfang eine Kompetenzdefinition auf Projektebene bewertet, können die erarbeiteten Grundlagen ebenso für eine rollenbasierte Bewertung von Kompetenzen verwendet werden. In einem weiteren Schritt sollen für die gängigsten Rollen beim Praxispartner idealtypische Kompetenzprofile definiert werden. Diese können dann einerseits zur Identifikation von Kompetenzlücken, andererseits aber auch zur Rekrutierung neuer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter genutzt werden.

Im Rahmen der Projektevaluation werden die identifizierten Lücken auf Projektebene aufgezeigt und vor Projektbeginn durch individuelle Schulungen geschlossen. Ein standardisierter Ansatz, in dem die zu schulenden Tätigkeiten pro erweiterter Taxonomiestufe definiert sind, kann der Individualisierung der Schulungen entgegenwirken.

Im Rahmen der Bearbeitung der vorliegenden Master-Thesis intensivierte sich der Austausch zwischen dem Autor und dem Schweizerischen Baumeisterverband (SBV). So wurde der Autor in die Fachgruppe aufgenommen, die sich mit der Entwicklung eines neuen Berufsbildes für einen vierjährigen Lehrberuf mit eidgenössischem Fähigkeitszeugnis befasst. Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen 2024 veröffentlicht werden.

6.6. Persönliche Reflexion

Das Verfassen dieser Master-Thesis war eine herausfordernde, aber auch sehr lehrreiche Erfahrung. Von Anfang an war ich motiviert, einen Beitrag zur Transformation der Baubranche zu leisten und eine konkrete Lösung zu erarbeiten, die sowohl für meinen beruflichen Kontext als auch für den Praxispartner einen effektiven Mehrwert bietet. Diese Motivation hat wesentlich zum erfolgreichen Abschluss dieser Arbeit beigetragen.

Die im Rahmen der Arbeit durchgeführten Beobachtungen haben entscheidend dazu beigetragen, die Arbeit praxisnah und anwendungsorientiert zu gestalten. Die dabei erlernten Konzepte haben bereits zu positiven Beiträgen in meinem beruflichen Alltag geführt, in dem Situationen aktiver und bewusster wahrgenommen und analysiert werden.

Eine besondere Herausforderung stellten die sehr unterschiedlichen Definitionen der Anwendungsfälle dar. Die Tatsache, dass jede bestellende Organisation ihre eigenen Definitionen für Anwendungsfälle erstellt, hat die Identifikation der erforderlichen Handlungskompetenzen erheblich erschwert. Darüber hinaus gibt es deutliche Unterschiede im Detaillierungsgrad und Umfang der Anwendungsfälle, was die Bewertung der einzelnen Datensätze zusätzlich erschwerte.

Der im Antrag beschriebene Prozess zur Erstellung der Masterarbeit konnte weitgehend eingehalten werden. Obwohl die Produktivität zu Beginn nicht ausreichend war, konnte dies über die Weihnachtsferien kompensiert werden, so dass der geplante Fertigstellungstermin nie in Gefahr war. Rückblickend hätte der Austausch mit dem Thesis-Experten sowie dem Thesis-Betreuer intensiviert werden können. Da jedoch kaum Schwierigkeiten bei der Entwicklung der Arbeit auftraten, waren solche Termine selten notwendig.

Rückblickend war diese Arbeit nicht nur im akademischen Kontext wertvoll, sondern auch eine bereichernde berufliche Erfahrung. Die in der Arbeit angewandten Konzepte, wie Beobachtungen und praktische Tätigkeiten, wie die Entwicklung der Microsoft Power App, werde ich auch in meiner weiteren beruflichen Laufbahn anwenden.

7. Verzeichnisse

7.1. Literaturverzeichnis

Adel, M., Cheng, Z., Lei, Z., 2022. Integration of Building Information Modeling (BIM) and Virtual Design and Construction (VDC) with Stick-Built Construction to Implement Digital Construction: A Canadian General Contractor's Perspective. Buildings 12, 1337. https://doi.org/10.3390/buildings12091337

Ahuja, R., Sawhney, A., Arif, M., 2017. Prioritizing BIM Capabilities of an Organization: An Interpretive Structural Modeling Analysis. Procedia Eng. 196, 2–10. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.166

Almeida Del Savio, A., Zuloeta Carrasco, L.D., Canahualpa Nakamatsu, E., Galantini Velarde, K.P., Martinez-Alonso, W., Fischer, M., 2023. Applying Project-Based Learning (PBL) for Teaching Virtual Design Construction (VDC). Int. J. Eng. Pedagogy IJEP 13, 64–85. https://doi.org/10.3991/ijep.v13i2.35877

Anderson, L.W., Krathwohl, D.R. (Eds.), 2001. A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, Complete ed. ed. Longman, New York.

Aragó, A.B., Hernando, J.R., Saez, F.J.L., Bertran, J.C., 2021. Quantity surveying and BIM 5D. Its implementation and analysis based on a case study approach in Spain. J. Build. Eng. 44, 103234. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103234

Aslam, M., Gao, Z., Smith, G., 2021. Integrated implementation of Virtual Design and Construction (VDC) and lean project delivery system (LPDS). J. Build. Eng. 39, 102252. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102252

Averbeck-Lietz, S., Meyen, M., 2015. Handbuch nicht standardisierte Methoden in der Kommunikationswissenschaft. Springer VS, Wiesbaden.

Bader, R., Müller, M., 2002. Leitziel der Berufsbildung: Handlungskompetenz. Anregungen zur Ausdifferenzierung des Begriffs. Berufsbild. Sch. Z. Bundesverb. Lehrerinnen Lehr. Berufsbild. Schulen BLBS, Die berufsbildende Schule. Zeitschrift des Bundesverbandes der Lehrerinnen und Lehrer an Berufsbildenden Schulen (BLBS).

Bakhoum, E.S., Younis, A.A., Aboulata, H.K., Bekhit, A.R., 2023. Impact assessment of implementing virtual reality in the Egyptian construction industry. Ain Shams Eng. J. 14, 102184. https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102184

Bauen digital Schweiz / buildingSMART Switzerland (Ed.), 2022. BIM-Abwicklungsmodell Verständigung.

Bauen digital Schweiz, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Schweizerische Bundesbahnen, CRB Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung, 2022. Nationales Glossar zur Digitalisierung in der Bau- und Immobilienwirtschaft.

Baumann, Ch., Benzing, T., 2023. Output-Orientierung und Kompetenzformulierung im Bologna-Prozess.

Baumgarth, C., Eisend, M., Evanschitzky, H., 2009. Empirische Mastertechniken, Gabler Verlag, in: Baumgarth, C., Eisend, M., Evanschitzky, H. (Eds.), Empirische Mastertechniken. Gabler Verlag, Wiesbaden, pp. 3–26. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-8278-0_1

Beiner, T., 2023. Proposal Master-Thesis.

Belsvik, M.R., Lædre, O., Hjelseth, E., 2019. Metrics in VDC Projects. Presented at the 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), Dublin, Ireland, pp. 1129–1140. https://doi.org/10.24928/2019/0167

Bloom, B.S., 1913-1999, 1956. Taxonomy of educational objectives : the classification of educational goals. Handbook 1, Cognitive domain ; by a committee of college and university examiners ; Benjamin S. Bloom, editor [and others], [1st ed.]. ed. Longman Group, London.

Blumberg, V.S.L., Kauffeld, S., 2021. Kompetenzen und Wege der Kompetenzentwicklung in der Industrie 4.0. Gr. Interakt. Organ. Z. Für Angew. Organ. GIO 52, 203–225. https://doi.org/10.1007/s11612-021-00579-5

Borrmann, A., König, M., Koch, C., Beetz, J. (Eds.), 2021. Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis, VDI-Buch. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-33361-4

Bosch-Sijtsema, P.M., Gluch, P., Sezer, A.A., 2019. Professional development of the BIM actor role. Autom. Constr. 97, 44–51. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.10.024

Bråthen, K., 2015. Collaboration with BIM - Learning from the Front Runners in the Norwegian Industry. Procedia Econ. Finance 21, 439–445. https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00197-5

Breistein, H., Lædre, O., 2022. Implementing VDC. Presented at the 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), Edmonton, Canada, pp. 937–948. https://doi.org/10.24928/2022/0204

Bücking, L., Nelle, S., 2023. ERKENNTNISSE AUS EINEM PILOTPROJEKT ZUR ERFASSUNG VON LEAN KOMPETENZEN.

buildingSMART, 2024. Use Case Management | Use Case Management [WWW Document]. Use Case Manag. URL https://ucm.buildingsmart.org/use-case-management (accessed 4.14.24).

buildingSMART, 2019. What We Do - buildingSMART International [WWW Document]. What We - Build. Int. URL https://www.buildingsmart.org/about/what-we-do/ (accessed 4.14.24).

Cambridge Dictionary, 2024a. augmented reality [WWW Document]. URL https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/augmented-reality (accessed 5.16.24).

Cambridge Dictionary, 2024b. the internet of things [WWW Document]. URL https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/internet-of-things (accessed 5.16.24).

Cambridge Dictionary, 2024c. metadata [WWW Document]. URL https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/metadata (accessed 5.16.24).

Cambridge Dictionary, 2024d. metrics [WWW Document]. URL https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/metrics (accessed 5.16.24).

Cambridge Dictionary, 2024e. virtual reality [WWW Document]. URL https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/virtual-reality (accessed 5.16.24).

Casini, M., 2022a. Chapter 9 - Advanced site management tools and methods, Woodhead Publishing, in: Casini, M. (Ed.), Construction 4.0, Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. Woodhead Publishing, pp. 471–521. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821797-9.00007-6

Casini, M., 2022b. Chapter 4 - Building information modeling, Woodhead Publishing, in: Casini, M. (Ed.), Construction 4.0, Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. Woodhead Publishing, pp. 189–219. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821797-9.00002-7

Chen, Z.-S., Wang, Z.-R., Deveci, M., Ding, W., Pedrycz, W., Skibniewski, M.J., 2024. Optimization-based probabilistic decision support for assessing building information modelling (BIM) maturity considering multiple objectives. Inf. Fusion 102, 102026. https://doi.org/10.1016/j.inffus.2023.102026

Chen, Z.-S., Zhou, M.-D., Chin, K.-S., Darko, A., Wang, X.-J., Pedrycz, W., 2023. Optimized decision support for BIM maturity assessment. Autom. Constr. 149, 104808. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104808

Cheng, J.C.P., Lu, Q., Deng, Y., 2016. Analytical review and evaluation of civil information modeling. Autom. Constr. 67, 31–47. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.02.006

Correa, S.L.M., 2020. Virtual Design and Construction Application During the Bidding Stage of Infrastructure Projects. Presented at the 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), Berkeley, California, USA, pp. 889–900. https://doi.org/10.24928/2020/0103

Costin, A., Adibfar, A., Hu, H., Chen, S.S., 2018. Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure – Literature review, applications, challenges, and recommendations. Autom. Constr. 94, 257–281. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.07.001

Dainton, N., Huber, M., Scholtes, L., 2023. Wegleitung Master-Thesis Studiengang Master of Science FHNW in Virtual Design and Construction (MSc FHNW VDC) Durchführung ab HS2023.

Davies, R., Harty, C., 2013. Implementing 'Site BIM': A case study of ICT innovation on a large hospital project. Autom. Constr. 30, 15–24. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.11.024

Ding, L., Zhou, Y., Akinci, B., 2014. Building Information Modeling (BIM) application framework: The process of expanding from 3D to computable nD. Autom. Constr. 46, 82–93. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.04.009

Disney, O., Roupé, M., Johansson, M., Ris, J., Höglin, P., 2022. TOTAL BIM IN PRACTICE: A DYNAMIC SINGLE SOURCE OF INFORMATION ON THE CONSTRUCTION SITE.

Dr.-Ing. Kache, M., Römer, M., Müller, M., Günther, S., 2015. Leitfaden Literaturrecherche, Technische Universität Dresden.

Ehrbar, H., 2017. BIM im Infrastrukturbau der Deutschen Bahn: Voraussetzungen für eine erfolgreiche Einführung. Bautechnik 94, 237–247. https://doi.org/10.1002/bate.201700012

Elsevier, 2024. ScienceDirect [WWW Document]. Esevier - Produkte - Sci. URL https://www.elsevier.com/products/sciencedirect

Empirische Bildungsforschung. 2: Strukturen und Methoden, 1. Aufl. ed, 2011. . S.l.

European Commission. Directorate General for Education and Culture., 2015. ECTS Leitfaden 2015. Publications Office, LU.

Flick, U., 2011. Das Episodische Interview, VS Verlag für Sozialwissenschaften, in: Oelerich, G., Otto, H.-U. (Eds.), Empirische Forschung und Soziale Arbeit. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, pp. 273–280. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92708-4_17

German Lean Construction, 2019. Lean Construction - Begriffe und Methoden, 1st ed. German Lean Construction - GLCI e. V.

Google, 2024a. Google-Suchanfragen optimieren [WWW Document]. Google-Suchanfragen Optimieren. URL https://support.google.com/websearch/answer/2466433?hl=de (accessed 4.12.24).

Google, 2024b. About Google Scholar [WWW Document]. URL https://scholar.google.de/intl/de/scholar/about.html (accessed 4.12.24).

Graumann, C., 1966. Grundzüge der Verhaltensbeobachtung, Manz, in: Meyer, E. (Ed.), Fernsehen in Der Lehrerbildung. Manz, München, pp. 86–107.

Greve, W., Wentura, D., Gräser, H., Schmitz, U., 1997. Wissenschaftliche Beobachtung: eine Einführung, 2. Aufl. ed. Beltz, Weinheim.

Gustafsson, M., Gluch, P., Gunnemark, S., Heinke, K., Engström, D., 2015. The Role of VDC Professionals in the Construction Industry. Procedia Econ. Finance 21, 478–485. https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00202-6

Hamil, S., 2021. What is BIM? [WWW Document]. NBS. URL https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim (accessed 4.12.24).

Hartmann, U., 2022. Building Information Modeling – Grundlagen, Standards, Praxis: Digitales Denken im Ganzen, 1st ed. Wiley. https://doi.org/10.1002/9783433609576

Heil, D.E.A., 2021. Methode der Systematischen Literaturrecherche.

Helfferich, C., 2011. Die Qualität qualitativer Daten: Manual für die Durchführung qualitativer Interviews, 4. Auflage. ed, Lehrbuch. VS, Verl. für Sozialwiss, Wiesbaden.

Hong, Y., Hammad, A.W.A., Nezhad, A.A., 2022. Optimising the implementation of BIM: A 2-stage stochastic programming approach. Autom. Constr. 136, 104170. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104170

Hwang, B.-G., Ngo, J., Her, P.W.Y., 2020. Integrated Digital Delivery: Implementation status and project performance in the Singapore construction industry. J. Clean. Prod. 262, 121396. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121396

HWR Berlin, 2015. Das Dreyfus-Modell: Die Stufen der Kompetenzbildung. E-Learn. Zent. URL https://blog.hwr-berlin.de/elerner/das-dreyfus-modell-die-stufen-der-kompetenzbildung/ (accessed 4.28.24).

Implenia AG, 2024. BRAND PORTAL VON IMPLENIA [WWW Document]. BRAND PORTAL VON IMPLENIA. URL https://implenia.frontify.com/hub/4 (accessed 4.22.24).

Implenia AG, Hager, D., 2022. Baustelle-Gruenau-0681.jpg [WWW Document]. Implenia Pict. URL https://implenia.picturepark.com/contents/rootChannel/537fd26523454805a8c2149e9a477abb/metadata

ISO 19650-1, 2018. ISO 19650-1 - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles.

ISO 19650-2, 2018. ISO 19650-2 - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets.

Joao Gaspar, Manzione, L., 2015. Case studies using new methodology for company-oriented BIM training, Unpublished. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3519.1765

Joblot, L., Paviot, T., Deneux, D., Lamouri, S., 2019. Building Information Maturity Model specific to the renovation sector. Autom. Constr. 101, 140–159. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.01.019

Kanton Zürich, 2024. Building Information Modeling im Tiefbau [WWW Document]. Kanton Zür. URL https://www.zh.ch/de/planen-bauen/tiefbau/strassenanlagen/bim-im-tiefbau.html (accessed 4.14.24).

Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E., Vollmer, H.J., 2003. Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise, [object Object] 224 pages. https://doi.org/10.25656/01:20901

Köhler, C., 2020. Basiswerkzeuge zur Erstellung wissenschaftlicher Arbeiten: Starthilfen und Tools zur praktischen Umsetzung. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-31238-1

Kopf, M., Leipold, J., Seidl, T., 2010. Kompetenzen in Lehrveranstaltungen und Prüfungen: Handreichung für Lehrende, Mainzer Beiträge zur Hochschulentwicklung. Zentrum für Qualitätssicherung und -entwicklung (ZQ), Mainz.

Kozlovska, M., Spisakova, M., 2013. Virtual Design and Management of Construction Projects in Educational Process. Procedia - Soc. Behav. Sci. 106, 3320–3328. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.384

Kunz, J., Fischer, M., 2020. Virtual design and construction. Constr. Manag. Econ. 38, 355–363. https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1714068

Kunz, J., Fischer, M., 2012. WP097: Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions (CIFE Working Paper No. 097), CIFE Working Paper. STANFORD UNIVERSITY, Stanford.

Laatz, W., 1993. Empirische Methoden: ein Lehrbuch für Sozialwissenschaftler. Deutsch, Thun.

Lehmann, M., 2024. Implenia Power Apps Coaching.

Leite, F.L., 2020. BIM for design coordination: a virtual design and construction guide for designers, general contractors, and MEP subcontractors, First edition. ed. Wiley, Hoboken, New Jersey.

Lester, A., 2021. 53 - Virtual Design and Construction (VDC), Butterworth-Heinemann, in: Lester, A. (Ed.), Project Management, Planning and Control (Eighth Edition). Butterworth-Heinemann, pp. 525–533. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824339-8.00053-5

Lidelöw, S., Engström, S., Samuelson, O., 2023. The promise of BIM? Searching for realized benefits in the Nordic architecture, engineering, construction, and operation industries. J. Build. Eng. 76, 107067. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107067

Lopez, J., 2023. Radar Chart [WWW Document]. Radar Chart - Firstcodeguide. URL https://www.firstcodeguide.com/button-test.html (accessed 4.25.24).

Mandujano, M.G., Mourgues, C., 2013. ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF VDC FROM A LEAN PERSPECTIVE: LITERATURE REVIEW.

Mandujano, M.G., Mourgues, C., Alarcón, L.F., Kunz, J., 2017. Modeling Virtual Design and Construction Implementation Strategies Considering Lean Management Impacts: Modeling VDC implementation with lean. Comput.-Aided Civ. Infrastruct. Eng. 32, 930–951. https://doi.org/10.1111/mice.12253

Martinez, E., Pfister, L., 2023. Benefits and limitations of using low-code development to support digitalization in the construction industry. Autom. Constr. 152, 104909. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104909

Masood, R., Kharal, M.K.N., Nasir, A.R., 2014. Is BIM Adoption Advantageous for Construction Industry of Pakistan? Procedia Eng. 77, 229–238. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.07.021

Microsoft, 2024a. Excel-Hilfe und -Learning [WWW Document]. URL https://support.microsoft.com/de-de/excel (accessed 4.28.24).

Microsoft, 2024b. Microsoft Lists help & learning [WWW Document]. URL https://www.microsoft.com/en-us/videoplayer/embed/RE4G6Mt?pid=ocpVideo1&jsapi=true&postJsllMsg=true&maskLevel=20&reporting=true&market=en-us (accessed 4.28.24).

Microsoft, 2024c. Dataverse documentation - Power Apps [WWW Document]. URL https://learn.microsoft.com/en-us/power-apps/maker/data-platform/ (accessed 4.28.24).

Microsoft, 2024d. Power BI-Dokumentation - Power BI [WWW Document]. URL https://learn.microsoft.com/de-de/power-bi/ (accessed 4.28.24).

Microsoft, 2024e. Official Microsoft Power Apps documentation - Power Apps [WWW Document]. URL https://learn.microsoft.com/en-us/power-apps/ (accessed 4.28.24).

Microsoft, 2024f. Was sind Canvas-Apps? [WWW Document]. Was Sind Canvas-Apps. URL https://learn.microsoft.com/de-de/power-apps/maker/canvas-apps/getting-started

Microsoft, 2024g. Abfragebeschränkungen: Delegierungs- und Abfragebeschränkungen [WWW Document]. Abfragebeschränkungen Deleg.- Abfragebeschränkungen. URL https://learn.microsoft.com/de-de/power-apps/maker/canvas-apps/delegation-overview (accessed 4.25.24).

NBS Enterprises Ltd, 2024. About NBS [WWW Document]. NBS. URL https://www.thenbs.com/about-nbs (accessed 5.16.24).

Peterson, F., Hartmann, T., Fruchter, R., Fischer, M., 2011. Teaching construction project management with BIM support: Experience and lessons learned. Autom. Constr. 20, 115–125. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.009

Prenzel, M., Gogolin, I., Krüger, H.-H. (Eds.), 2007. Kompetenzdiagnostik, Zeitschrift für Erziehungswissenschaft Sonderheft. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.

Puolitaival, T., Booth, T., Ghaffarianhoseini, A., Park, K., 2017. BIM Education -Case New Zealand. Presented at the AUBEA 2017: Australasian Universities Building Education Association Conference 2017, pp. 210–200. https://doi.org/10.29007/lcf3

Rahman, R.A., Alsafouri, S., Tang, P., Ayer, S.K., 2016. Comparing Building Information Modeling Skills of Project Managers and BIM Managers Based on Social Media Analysis. Procedia Eng. 145, 812–819. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.106

Rahman, R.A., Ayer, S.K., Tang, P., Eicher, M., 2017. Building Information Modelling Skills in Construction Related Disciplines: A Social Network and Job Advertisement-Based Comparative Analysis. Eng. Proj. Organ. J. 7. https://doi.org/10.25219/epoj.2017.00103

Raser, M., 2013. Die Entfaltung der beruflichen Handlungskompetenz durch Persönlichkeitsbildung im Rahmen ganzheitlicher Berufsbildung (Magisters der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften). Karl-Franzens-Universität Graz, Graz.

Reetz, L., 2010. Untersuchungen zur Praxis der Erfassung beruflicher Handlungskompetenz bei den Abschlussprüfungen im dualen System der deutschen Berufsausbildung. Kompetenzermittlung Für Berufsbild. Verfahr. Probl. Perspekt. Im Natl. Eur. Int. Raum Dieter Münk Hrsg Andreas Schelten Hrsg S. 101-117.

Rischmoller, L., Reed, D., Khanzode, A., Fischer, M., 2018. Integration Enabled by Virtual Design & Construction as a Lean Implementation Strategy. Presented at the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Chennai, India, pp. 240–249. https://doi.org/10.24928/2018/0521

Russell, D., Cho, Y.K., Cylwik, E., 2014. Learning Opportunities and Career Implications of Experience with BIM/VDC. Pract. Period. Struct. Des. Constr. 19, 111–121. https://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000191

Sampaio, A.Z., 2023. BIM training course improving skills of Construction industry professionals. Procedia Comput. Sci. 219, 2035–2042. https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.505

SBFI, S. für B., Forschung und Innovation, 2017. 2.3 Handlungskompetenz-orientierung [WWW Document]. 23 Handl.-Orientier. URL https://www.sbfi.admin.ch/sbfi/de/home/bildung/bwb/berufliche-grundbildung/handbuch-prozess-der-berufsentwicklung/2-aspekte-der-berufsentwicklung/2-3-handlungskompetenzorientierung.html (accessed 4.6.24).

Schwarz, J., 2024. Auswahl der Erhebungsmethode [WWW Document]. Empir. Methods - HSLU. URL https://www.empirical-methods.hslu.ch/forschungsprozess/qualitative-forschung/auswahl-der-erhebungsmethode/

Schweizerische Eidgenossenschaft (Ed.), 2018. Aktionsplan Digitale Schweiz.

prSIA 2065, 2023. prSIA2065_Vernehmlassungsentwurf[1].pdf.

SIA 2051, 2017. SIA 2051 - Building Information Modelling (BIM) - Grundlagen zur Anwendung der BIM-Methode.

SLSP AG, 2024. swisscovery [WWW Document]. swisscovery. URL https://swisscovery.slsp.ch (accessed 4.12.24).

SN EN ISO 19650-1:2018, 2020. SN EN ISO 19650-1:2018 - Organisation von Daten zu Bauwerken - Informationsmanagement mit BIM - Teil 1: Konzepte und Grundsätze (ISO 19650-1:2018).

Succar, B., 2009. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Autom. Constr. 18, 357–375. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003

Succar, B., Sher, W., Williams, A., 2012. Measuring BIM performance: Five metrics. Archit. Eng. Des. Manag. 8, 120–142. https://doi.org/10.1080/17452007.2012.659506

Tippelt, R., Mandl, H., Straka, G., 2003. Entwicklung und Erfassung von Kompetenz in der Wissensgesellschaft — Bildungs- und wissenstheoretische Perspektiven, VS Verlag für Sozialwissenschaften, in: Gogolin, I., Tippelt, R. (Eds.), Innovation durch Bildung. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, pp. 349–369. https://doi.org/10.1007/978-3-322-80938-4_25

Uhm, M., Lee, G., Jeon, B., 2017. An analysis of BIM jobs and competencies based on the use of terms in the industry. Autom. Constr. 81, 67–98. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.06.002

United BIM, 2022. Leading Countries With BIM Adoption - United-BIM. URL https://www.united-bim.com/leading-countries-with-bim-adoption/ (accessed 4.14.24).

Universität Münster, 2024. ULB-LOTSE: Schneeballsystem [WWW Document]. URL https://www.ulb.uni-muenster.de/lotse/literatursuche/suchstrategien/schneeballsystem.html (accessed 5.16.24).

Universität Zürich, 2018. Teaching Tools [WWW Document]. Lernziel-Taxon. URL https://teachingtools.uzh.ch/de/tools/lernziel-taxonomien (accessed 4.6.24).

Universitätsbibliothek der Humboldt-Universität zu Berlin, 2023. Graue Literatur [WWW Document]. Univ. HU Berl. URL https://www.ub.hu-berlin.de/de/bibliotheksglossar/graue-literatur (accessed 5.16.24).

VDC Dictionary, 2020. Project Production Management (PPM) » VDC Dictionary. URL https://www.vdcdictionary.com/project-production-management-ppm/ (accessed 5.16.24).

VDI 2552 Blatt 1, 2020. Building Information Modeling - Grundlagen.

Von Heymann, W., 2017. Miller-Pyramide aktualisiert: Gedanken zur Ergebnisverbesserung in der Weiterbildung Manuelle Medizin. Man. Med. 55, 339–344. https://doi.org/10.1007/s00337-017-0331-z

Weinert, F.E. (Ed.), 2014. Leistungsmessungen in Schulen, 3., aktualisierte Aufl. ed, Pädagogik. Beltz, Weinheim Basel.

Wernik, S., 2016. BIM. Ein problematischer Trendbegriff. DBZ - Dtsch. Bauz.

Xu, H., Feng, J., Li, S., 2014. Users-orientated evaluation of building information model in the Chinese construction industry. Autom. Constr. 39, 32–46. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.12.004

Yilmaz, G., Akcamete, A., Demirors, O., 2023. BIM-CAREM: Assessing the BIM capabilities of design, construction and facilities management processes in the construction industry. Comput. Ind. 147, 103861. https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.103861

Yilmaz, G., Akcamete, A., Demirors, O., 2019. A reference model for BIM capability assessments. Autom. Constr. 101, 245–263. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.10.022

Yusuf, B.Y., Ali, K.N., Embi, M.R., 2016. Building Information Modeling as a Process of Systemic Changes for Collaborative Education in Higher Institution. Procedia - Soc. Behav. Sci. 219, 820–827. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.072

Zbinden-Bühler, A., Schuler, M., Petrini, B., 2018. HANDLUNGSKOMPETENZ UND HANDLUNGSKOMPETENZ-ORIENTIERUNG IM KONTEXT DER BERUFLICHEN GRUNDBILDUNG.

7.2. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Titelbild: Project manager and site manager talking at construction site (Implenia AG & Hager, 2022) 2
Abb. 2: Visuelle Darstellung der Produktentwicklung (eigene Darstellung in Autodesk AutoCAD) ... 6
Abb. 3: VDC-Framework (eigene Darstellung aus Miro, angelehnt an (Rischmoller et al., 2018)) .. 10
Abb. 4: Übersicht der identifizierten Anwendungsfälle (eigene Darstellung aus draw.io) 11
Abb. 5: Charakterisierung einer Handlungskompetenz (eigene Darstellung aus draw.io) 13
Abb. 6: Gegenüberstellung Taxonomie nach Bloom (grün) und Anderson & Krathwohl (grau), eigene Darstellung angelehnt an (Universität Zürich, 2018) 14
Abb. 7: Visualisierung der Datenbanksuche (eigene Darstellung aus draw.io) 17
Abb. 8: Zeitliche Analyse der Publikationen (eigene Darstellung aus Microsoft Excel) 18
Abb. 9: Geografische Verteilung der untersuchten Publikationen (eigene Darstellung aus Microsoft Excel) 19
Abb. 10: Visuelle Darstellung der praktischen Datenerhebung (eigene Darstellung aus draw.io) ... 29
Abb. 11: Prozessbeschreibung Anwendungsfälle (eigene Darstellung aus draw.io) 31
Abb. 12: Entwickeltes Konzept (eigene Darstellung aus draw.io) 33
Abb. 13: Visualisierung des Konzeptes (eigene Darstellung aus Microsoft OneNote) 34
Abb. 14: Konzeptionelle Übersicht der Datenstruktur (eigene Darstellung aus draw.io) 36
Abb. 15: Startbildschirm der Microsoft Power App (eigene Darstellung) 37
Abb. 16: Beispielhafte Darstellung des Headers und Footers in der Microsoft Power Apps (eigene Darstellung) 37
Abb. 17: Strukturansicht aus Microsoft Power App (eigene Darstellung aus Microsoft Power App) 38
Abb. 18: Auszug aus Bildschirm 20_Anwendungsfälle_Start (eigene Darstellung aus Microsoft Power App) 38
Abb. 19: Übersicht der Handlungskompetenzen des Mitarbeitenden (eigene Darstellung aus Microsoft Power App) 39
Abb. 20: Projektauswertung in der Microsoft Power App (eigene Darstellung) 40
Abb. 21: Prozess im Rahmen der Angebotsbearbeitung (eigene Darstellung aus draw.io). Siehe auch Anhang E 41
Abb. 22: Übersicht der Testverfahren (eigene Darstellung aus draw.io) 42
Abb. 23: Projektauswertung mit Supportfunktionen (eigene Darstellung aus Microsoft Power App) 44
Abb. 24: Projektauswertung ohne Supportfunktionen (eigene Darstellung aus Microsoft Power App) 44

7.3. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Typus der Arbeit mit entsprechender Gewichtung (Dainton et al., 2023)..... 6
Tabelle 2: Kompetenzklassifizierungen nach (Kopf et al., 2010) 13
Tabelle 3: Taxonomiestufen nach (Bloom, 1956) und (Anderson & Krathwohl, 2001) 14
Tabelle 4: Ablauf einer systematischen Literaturrecherche (Heil, 2021) 15
Tabelle 5: Thematische Inhalte der Literatur, Darstellung in Anlehnung an (Martinez & Pfister, 2023) 22
Tabelle 6: Unterschiedlicher Grad der Beteiligung des Beobachtenden (*Empirische Bildungsforschung. 2*, 2011) 24
Tabelle 7: Wesentliche Punkte in der Unterscheidung von wissenschaftlichen Beobachtungen und einfachen Wahrnehmungen (Greve et al., 1997)..... 25
Tabelle 8: Übersicht der durch den Autor durchgeführten Beobachtungen..... 26
Tabelle 9: Übersicht der informellen Gespräche..... 27
Tabelle 10: Übersicht der geführten Expertengespräche..... 27
Tabelle 11: Interviewleitfaden vgl. Anhang B (eigene Darstellung aus Microsoft Excel)..... 29
Tabelle 12: Handlungskompetenzbereich nach SBFI und adaptiertes Konzept 32
Tabelle 13: Auszug aus der Datengrundlage Handlungskompetenzen 34

7.4. Formelverzeichnis

Formel 1: Filterung der Daten nach der Suchfeldeingabe..... 38
Formel 2: Filterung der Handlungskompetenzen von Mitarbeitenden..... 39
Formel 3: Auswertung des Maximalwertes einer Spalte bei berechneten Werten (Lehmann, 2024) 39
Formel 4: Berechnung der Differenz zwischen vorhandenen und erforderlichen Kompetenzen (auf Grundlage von (Lehmann, 2024)) 40
Formel 5: Wenn-Formel für Hintergrundfüllung in Abhängigkeit des Zahlenwertes..... 40
Formel 6: Filter auf Basis des Schiebereglers um Maximalwerte mit oder ohne Supportfunktionen darzustellen..... 44

Anhang A Präsentation Produkt