



Master of Science FHNW in Virtual Design and Construction

Relevante Faktoren bei der Umsetzung der BIM-Methode in einer öffentlichen Organisation unter Berücksichtigung des Umfeldes

vorgelegt von
Ivo Stalder

am
24. Mai 2024

Thesis Begleitung

Prof. Dr. Eder Martinez

Professor für digitales Bauen
Fachhochschule Nordwestschweiz

Thesis Experte

Daniele Viero

Leiter BIM-Entwicklung
Gruner AG

Praxispartnerin

Gruner AG

*„Eine zunehmende Spezialisierung bringt aber fast
zwangsläufig eine geringe Kommunikationsfähigkeit
zwischen den Expertengruppen mit sich.“*

Helmut Krcmar

Eigenständigkeitserklärung

"Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Master-Thesis mit dem Titel «Relevante Faktoren bei der Umsetzung der BIM-Methode in einer öffentlichen Organisation unter Berücksichtigung des Umfeldes» 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."

St. Gallen, 24. Mai 2024

Ort, Datum

_____ Ivo Stalder

Abstract

Die Einführung der BIM-Methode in öffentlichen Organisationen stellt eine komplexe Herausforderung dar, die sowohl organisatorische als auch technologische Anpassungen erfordert. Diese Arbeit untersucht die relevanten Faktoren für die Umsetzung der BIM-Methode im Tiefbauamt des Kantons St. Gallen, insbesondere im Bereich der Kunstbauten Infrastruktur.

Die zentrale Fragestellung dieser Arbeit ist, welche Bestandteile notwendig sind, um die BIM-Methode erfolgreich umsetzen zu können.

Die Arbeitsmethodik umfasst qualitative Interviews mit Schlüsselakteuren und eine umfassende Analyse der bestehenden Prozesse und Systeme. Visualisierungstechniken und Prozessanalysen werden eingesetzt, um die Kommunikation und das Verständnis zwischen den Beteiligten zu fördern.

Die Betrachtungen zeigen, dass eine schrittweise Einführung der BIM-Methode sowie die Förderung des Verständnisses unter den Akteuren entscheidend für die Akzeptanz und den Erfolg sind. Pilotprojekte spielen dabei eine wesentliche Rolle, um praktische Erfahrungen sammeln zu können und die Methodenumsetzung kontinuierlich zu optimieren.

Die Ergebnisse beleuchten einen Ansatz für die Herangehensweise an die BIM-Methode, welcher von Organisationen für dessen Umsetzung herangezogen werden kann. In der Arbeit werden dafür konkrete Werkzeuge vorgeschlagen. Neben technologischen Anpassungen sind auch arbeitstechnische Veränderungen für den Umsetzungserfolg von Relevanz.

Diese projektähnlich umgesetzte Arbeit soll einen Beitrag zum digitalen Planen und Bauen leisten und anhand der gewonnenen Erkenntnisse Empfehlungen für die Umsetzung der BIM-Methode in öffentlichen Organisationen bieten.

Schlagworte

BIM, öffentliche Organisation, Infrastrukturbau, Kunstbauten, Prozessmodellierung, Datenmodellierung, Visualisierung

Vorwort

Ein stetiges Interesse an der Digitalisierung im Bauwesen hat mich zum Schritt in das Studium des Master of Science in Virtual Design and Construction (VDC) bewogen. Hintergrund dafür ist das erkannte Potenzial, das in der Welt des digitalen Planens, Bauens und Bewirtschaftens vorhanden zu sein scheint, aber auch die vorhandenen Hürden, die es bei der Umsetzung zu überwinden gilt. Der Entscheid für die Untersuchung der BIM-Methode im Kontext einer öffentlichen Organisation ist vielschichtig sowie naheliegend und wird im Verlauf der Arbeit ausgewiesen.

Einen herzlichen Dank möchte ich an den Thesis-Begleiter Prof. Dr. Eder Martinez und den Thesis-Experten Daniele Viero richten, die mich fachlich und methodisch über die Bearbeitungszeit entlang der Meilensteine begleiteten und sich in regelmässigen Besprechungen die Zeit genommen haben, mich mit ihrer Expertise zu unterstützen. Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei Prof. Lukas Schildknecht für die sachliche Besprechung der in der Arbeit erstellten Datenmodelle.

Weiteren Dank möchte ich gegenüber der Firma Gruner AG sowie der direkten Führungslinie anbringen, die mich seit mehr als acht Jahren auf meinem professionellen und im Rahmen der Ausbildung auch dem akademischen Weg begleitet und unterstützt haben. In der vorliegenden Arbeit agierte die Gruner AG als Praxispartnerin, was sich in Form von Wissenstransfer widerspiegelt.

Selbstverständlich gilt auch ein herzlicher Dank dem gesamten Tiefbauamt des Kantons St. Gallen und den Akteuren der Organisationssektion der Strassen- und Kunstbauten, die mich zur Durchführung der Betrachtungen eingeladen und direkt unterstützt haben, sowie den TBA angehörigen Teilnehmenden der Interviewstudie. Die Zusammenarbeit wurde als stets konstruktiv und wertschätzend empfunden.

Den letzten Dank möchte ich gegenüber meiner Familie äussern, die mir den Weg über lange Frist ebnete, sowie im Speziellen meiner Partnerin Sybille. Eure Unterstützung ermöglicht erst die parallel laufenden Unterfangen der Ausbildung zusammen mit der Arbeit sowie dem Hausumbau.

Während der Bearbeitung gab es viele sachliche wie auch persönliche Herausforderungen zu meistern, die meinen Horizont erweiterten und die Flexibilität forderten. Insbesondere die Erkenntnis, dass die Umsetzung der BIM-Methode nur in gemeinsamer Initiative durch die Akteure der Infrastrukturbranche erfolgreich stattfinden kann, war ein persönlicher Lernmoment.

Ausblickend möchte ich vorschlagen, dass zur Förderung der Digitalisierung und mitgemeint der BIM-Methodenumsetzung Interessen einzelner Akteure zurückgestellt werden und im Sinne einer progressiven Wertschöpfung partnerschaftlich agiert wird.

Ich hoffe, dass die Leserinnen und Leser dieser Arbeit einen Mehrwert aus den gewonnenen Erkenntnissen ziehen können und dazu angeregt werden, die erarbeiteten visuellen Resultate in die Berufspraxis miteinzubeziehen.

St. Gallen, im Frühling 2024

Inhalt

EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	I
ABSTRACT	II
VORWORT	III
INHALT	IV
ABKÜRZUNGEN & GLOSSAR	VI
1. EINLEITUNG	1
1.1. AUSGANGSLAGE UND MOTIVATION	1
1.2. ZIEL DIESER ARBEIT	1
1.3. SYSTEMGRENZE / ABGRENZUNG	2
1.4. TYPUS / HINTERGRUND / HERANGEHENSWEISE	2
2. METHODIK	5
2.1. DATENERHEBUNG	6
2.1.1. State of the Art Recherche	7
2.1.2. Literaturrecherche	14
2.1.3. Extern moderierte Workshops BUD	15
2.1.4. Start- und Zielworkshop TBA SG - K	17
2.1.5. Qualitative Interviewstudie TBA SG - K.....	18
2.2. PROZESSVISUALISIERUNG	20
2.3. KONZEPTUELLE DATENMODELLIERUNG.....	20
2.4. VALIDIERUNG	21
3. THEORETISCHE GRUNDLAGEN	22
3.1. GRUNDLAGENLITERATUR ZUR BIM-METHODE	22
3.1.1. Visuelle Ansätze	22
3.2. INFORMATIONSMANAGEMENT.....	23
3.2.1. Prozessmodellierung	25
3.2.2. Konzeptuelle Datenmodellierung	26
4. LÖSUNGSKONZEPT / RESULTATE	29
4.1. DEFINITION DER BIM-METHODENASPEKTE.....	31
4.2. PROZESSVISUALISIERUNG	32
4.3. DATENVISUALISIERUNG	34
4.3.1. Bauwerksinformationen.....	34
4.3.2. Anwendungsfallinformationen	40
4.4. GESAMTVISUALISIERUNG	43
5. DISKUSSION	44
5.1. REFLEXION.....	44
5.2. AUSBLICK	46
5.3. LIMITATIONEN	47
6. FAZIT	50
6.1. ZUSAMMENFASSUNG	50
6.2. SCHLUSSFOLGERUNG	50
7. VERZEICHNISSE	52

7.1.	LITERATURVERZEICHNIS	52
7.2.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	56
7.3.	TABELLENVERZEICHNIS	57
7.4.	HILFSMITTELVERZEICHNIS	57
8.	ANHANG.....	59

Abkürzungen & Glossar

Abkürzungen	
TBA SG - K	Tiefbauamt des Kantons St. Gallen, Sektion Kunstbauten
TBA SG - S	Tiefbauamt des Kantons St. Gallen, Sektion Strassenbau
TBA SG - S+K	Tiefbauamt des Kantons St. Gallen, Strassen + Kunstbauten
TBA SG - G	Tiefbauamt des Kantons St. Gallen, Geomatik
TBA SG - KI	Tiefbauamt des Kantons St. Gallen, Kantonsingenieurbüro
TBA SG	Tiefbauamt des Kantons St. Gallen (alle Organisationseinheiten)
BUD - SG	Bau- und Umweltdepartement des Kantons St. Gallen, als Gesamtorganisation genannt
HBA - SG	Hochbauamt des Kantons St. Gallen
AwF (engl.: Use-Case)	Anwendungsfall: Spezifisches Szenario oder Situation, in dem eine bestimmte Methodik oder Technologie eingesetzt wird, um ein Problem zu lösen oder eine Aufgabe zu erfüllen.
BIM	Building Information Modelling: Nutzung einer gemeinsamen digitalen Darstellung eines baulichen Vermögensgegenstand (Asset) zur Erleichterung von Planungs-, Bau- und Betriebsprozessen als zuverlässige Entscheidungsgrundlage (SN EN ISO 19650-1, 2018)
BIM-Methode / VDC (engl.: Virtual Design and Construction)	Wird in der vorliegenden Arbeit gemäss der Definition im SIA Merkblatt 2051 (SIA 2051, 2017) gleichgesetzt: Digitales Planen, Bauen und Betreiben, welches die Verwendung von digitalen Bauwerksmodellen in Kombination mit geeigneten Organisationsformen und Prozessen beinhaltet.
bS	buildingSMART, internationale Organisation, die Standards für das Building Information Modeling entwickelt und fördert.
DBM	Digitales Bauwerksmodell
IFC	Industry Foundation Classes: Das Datenmodell Industry Foundation Classes (IFC) ist eine computerinterpretierbare Darstellung von Bau- und Gebäudemanagement-Informationen für die Dokumentation und den Austausch von Bauwerksdaten. Ziel ist es, einen (anbieter)neutralen Mechanismus bereitzustellen, der in der Lage ist, Bauwerke und ähnliche Einrichtungen in der gebauten Umwelt während ihres gesamten Lebenszyklus zu beschreiben (ISO 16739, 2013).
RBBS	Räumliches Basisbezugssystem, grundlegendes System zur einheitlichen räumlichen Referenzierung in Bauprojekten, um sicherzustellen, dass alle Projektbeteiligten dieselben geographischen und geometrischen Referenzen verwenden.
BEP	BIM Execution Plan (deutsch: BIM-Abwicklungsplan)
EIR	Exchange Information Requirements (deutsch: Austausch-Informationsanforderungen)
OIR	Organizational Information Requirements (deutsch: Organisations-Informationsanforderungen)

AIR	Asset Information Requirements (deutsch: Anlagen- Informationsanforderungen)
PIR	Project Information Requirements (deutsch: Projekt- Informationsanforderungen)
CAD	Computer-Aided Design (deutsch: Computerunterstütztes Entwerfen)
bzw.	beziehungsweise
bspw.	beispielsweise
etc.	et cetera, wird im Sinne von „und so weiter“ zur Abkürzung einer Aufzählung verwendet.
gem.	gemäss
vgl.	vergleiche
Glossar	
Kunstabauten	Bauwerke des Tief-/ Infrastrukturbaus wie Brücken, Stützmauern, Unterführungen, Überführungen, Bachdurchlässe und Lärmschutzwände.
Attribut	Merkmal

1. Einleitung

1.1. Ausgangslage und Motivation

Building Information Modelling (oder die BIM-Methode) scheint in der Schweizer Bauwirtschaft im Allgemeinen, gegenwärtig aber auch mehr und mehr im Infrastrukturbau Fuss zu fassen. Die Entwicklungen von standardisierenden Organisationen, allen voran diejenigen von buildingSMART mit dem Datenaustausch-Standard IFC 4.3, tragen dazu bei, dass auch öffentliche Bauherrschaften Bauwerksinformationen von Infrastrukturbauwerken im offen dokumentierten und ISO-zertifizierten (buildingSMART International, 2024) Datenformat IFC 4.3 bestellen können, welches gegenüber den älteren IFC-Versionen auch infrastrukturenspezifische Aspekte berücksichtigt.

Eine Hürde im Umgang mit der BIM-Methode sind hohe technische Anforderungen an die anwendenden Akteure. Weitgehende digitale Fertigkeiten sowie ein grundlegendes Verständnis bezüglich strukturierter Daten / Informationen sind Voraussetzung, dass die BIM-Methode im gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks einen Mehrwert generieren kann. Unabhängig des Vorbefassungsgrades nutzender Akteure soll ein gemeinsames Grundverständnis im Kontext der BIM-Methode erlangt werden können. Mit den Untersuchungen in einer öffentlich beschaffenden Organisation erfolgt aus Sicht des Studierenden ein Perspektivenwechsel, der so nur im akademischen Kontext stattfinden kann.

Der Thesis Titel, «Relevante Faktoren bei der Umsetzung der BIM-Methode in einer öffentlichen Organisation unter Berücksichtigung des Umfeldes» verfolgt den Anspruch, infolge der inhaltlichen Befassung ein gemeinsames Grundverständnis mit den involvierten Akteuren zu erlangen und damit eine erste Hürde bei der Umsetzung der BIM-Methode zu überwinden. Die Motivation beruht darauf, dass alle an der Arbeit beteiligten Akteure profitieren und neues Wissen aufbauen können.

1.2. Ziel dieser Arbeit

Primär soll das Verständnis bezüglich vorhandener Rahmenbedingungen und Bedürfnisse einer öffentlich beschaffenden Organisation verbessert werden. Unter Beachtung der im Rahmen der Arbeit zu erhebenden Erkenntnisse sollen die massgebenden Hürden, bspw. bei interdisziplinärer Zusammenarbeit, Fachbereichsübergreifend, Fachwissen, Lebenszyklusbetrachtung von Bauwerken, dem Umfeld, etc., identifiziert werden. Mit dem Fokus auf den Prozessen sowie damit einhergehenden Informationen soll der Einsatz der BIM-Methode für eine öffentliche Organisation im Fachbereich Kunstbauten untersucht und relevante Faktoren für die Umsetzung der BIM-Methode abgeleitet werden. Die BIM-Methodik kennt viele Anwendungsfälle und in der Arbeit soll aufgezeigt werden, dass schon die Umsetzung eines kleinen Teils der vorhandenen Möglichkeiten einen Mehrwert generieren kann. Im Fokus steht, dass die Komplexität bei der Implementierung so niedrig als möglich gehalten wird, damit möglichst breite Akzeptanz erlangt werden kann. Eine grosse Akzeptanz wiederum soll die BIM-Methodennutzung fördern.

Das Endprodukt soll dazu beitragen, das Verständnis gegenüber Prozess- und Datenbelangen zu erhöhen. Kommunikation zwischen den in der Arbeit involvierten und fachbereichsübergreifenden Akteuren soll beispielsweise in visueller Weise stattfinden können und dadurch vereinfacht werden.

Weiter sollen in der Sektion Kunstbauten des Tiefbauamts des Kantons St. Gallen (TBA SG - K) die derzeitigen Bedürfnisse für die Einführung der BIM-Methode erkannt sowie resultierende Erkenntnisse über organisationspezifische Chancen bei der Umsetzung der BIM-Methode für das TBA SG - K gewonnen werden.

Zusammengefasst umfassen die aufgeführten Ziele die Fragenbeantwortung der im Themenvorschlag (Stalder, 2023a) genannten Haupt- und Teilfragestellungen.

1.3. Systemgrenze / Abgrenzung

In der vorliegenden Master-Thesis liegt der Fokus auf den vorhergehend aufgeführten technischen sowie organisatorischen Aspekten.

Thematische Abgrenzungen finden sich in den Bereichen der Vertragsformen und der rechtlichen Rahmenbedingungen, der Zusammenarbeit / alternativen Projektabwicklungsmodellen, der modellbasierten Ausschreibung und Bewilligung, der vertieften Betrachtungen der Softwarelandschaft und Softwarenutzung sowie der vertieften Betrachtung des Anwendungsstandes der BIM-Methode im Ausland.

Die Betrachtungen, Lösungserarbeitung und Resultatgenerierung erfolgen primär für das TBA SG - K, obwohl die übrigen dem TBA SG zugehörigen Organisationsbestandteile flankierend mitbetrachtet und kontextbezogene Informationen aus dem BUD berücksichtigt werden.

Innerhalb der Systemgrenze sind die Tätigkeiten der Sektion TBA SG - K, die sich im Bereich des Infrastrukturbaus befinden. Die Kunstbauten umfassen dabei den allgemeinen Tiefbau sowie den Ingenieurbau.

1.4. Typus / Hintergrund / Herangehensweise

Typus

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich gemäss Wegleitung (Dainton et al., 2023) um den Typus A, was im Themenvorschlag (Stalder, 2023a) vor Beginn der Arbeit definiert wurde. Der Typus A definiert arbeitstechnisch ein projektähnliches Vorgehen, nämlich «Fragestellung und Entwurf, mit effektiver Umsetzung, begleitet von einer schriftlichen, wissenschaftlichen Auseinandersetzung».

Hintergrund

Das Gros der öffentlichen Organisationen im Bereich des Schweizer Infrastrukturbaus nimmt zurzeit bei der Umsetzung der BIM-Methode eine zuwartende Haltung ein oder befindet sich in einem initialisierenden Stadium (TBA SG, Leiter Kunstbauten, 2023; TBA SG, Projektleiter Kunstbauten, 2023). Der Sektor des Infrastrukturbaus agiert daher im Vergleich zu anderen Fachdomänen der Baubranche zeitlich leicht zurückversetzt, obwohl Ziele für die zeitnahe Umsetzung sämtlicher Infrastrukturprojekte in der BIM-Methodik gesetzt wurden (Bundesverwaltung CH, 2021). Dieser Umstand hängt nicht zuletzt mit dem bereits in der Einleitung im Kapitel 1.1 umschriebenen Stand der Standardisierung der Infrastrukturspezifischen Informationsmodelle (IFC 4.3) zusammen. IFC 4.3 wurde erst kürzlich, im Januar 2024, ISO zertifiziert (buildingSMART International, 2024), wodurch in der Folge die Hersteller von Autorensoftware die Im- und Exportimplementierung ihrer Software von buildingSMART (bS) zertifizieren lassen können.

Dass die BIM-Methode im Infrastrukturbau noch nicht flächendeckend angewendet wird, hängt jedoch auch massgebend mit der Komplexität zusammen, die durch Anwendung der Methodik zusätzlich in die Projekte miteinfliesst (TBA SG, Projektleiter Kunstbauten und Stv. Leiter Kunstbauten, 2023). Zusätzlich zu den ohnehin komplexen projektspezifischen Sachverhalten fliesst mit der Einführung der BIM-Methode eine weitere Anforderungsebene in die Projekte mit ein, die von den projektbeteiligten Akteuren zusätzliches Wissen abverlangt.

Zur Beantwortung der Fragestellungen gemäss Kapitel 1.2 ist nach Ansicht des Verfassers der vorliegenden Arbeit eine praktische Herangehensweise mit realen Akteuren / realen Bauwerken und damit einhergehend auch den praktischen Problemstellungen zielführend.

Die in der Arbeit primär betrachtete Organisationssektion ist die Abteilung Kunstbauten vom Tiefbauamt des Kantons St. Gallen, wobei bei der Resultatentwicklung auch Akteure der Abteilung Strassenbau involviert werden. Gegenüber der übrigen Branchenakteuren ist der derzeitige Umsetzungsstand der Initialisierung ideal für die Fragenbeantwortung, wobei von den vorreitenden Akteuren wie bspw. der SBB, dem ASTRA sowie vereinzelt Kantonen Erfolgsfaktoren adaptiert und übernommen werden können. Negative Erfahrungen von Herangehensweisen derselben Akteure, also die Misserfolgskriterien, können bewusst mitbetrachtet und ausgespart werden.

In der vorliegenden Arbeit waren folgende Argumente für die Wahl der betrachteten Organisation des Kanton St. Gallen, ausschlaggebend:

Tabelle 1: Wahlargumente für die betrachtete Organisation

Argument	Begründung
Stand BUD - SG	- Das BUD hat sich als Gesamtorganisation entschieden, die Thematik des digitalen Planens und Bauens in einheitlicher Weise anzugehen. In extern moderierten Workshops wurde eine Grundlagenstudie mit dem Namen «BIM / VDC in der kantonalen Verwaltung St. Gallen» erarbeitet (Righetti Partner Group AG & TBA Kanton St.Gallen, 2023).
Stand HBA	- Das Hochbauamt des Kantons St. Gallen hat bereits Erfahrungen mit der Anwendung der BIM-Methodik gesammelt und eine interne BIM-Richtlinie mit dem Titel «BIM Richtlinie HBA» erarbeitet (Beerle, 2022). Unter den Ämtern des BUD hat das HBA damit eine Vorreiterrolle eingenommen. Im Sinne von Erfahrungstransfer können Erkenntnisse vom HBA durch das TBA adaptiert werden.
Stand TBA SG - S + K	- Im Tiefbauamt war bis anhin eine zuwartende Haltung vorherrschend, wobei schon seit einiger Zeit Aufgleisungsbestrebungen im Gange sind. Mit der Studie des BUDs und der zeitlichen Zielverortung werden zurzeit Grundlagen für die Pilotierung von BIM-Projekten vorbereitet.
Stand TBA SG - K	- Der Verfasser der Arbeit hat bereits Erfahrung in der planbasierten Projektabwicklung von Kunstbauten mit dem TBA – K. - Die bestehenden Projektabwicklungsprozesse und Arbeitsweisen sind dem Verfasser der vorliegenden Arbeit bekannt.
Akteure	- Der Verfasser der Arbeit konnte mit einem Teil der in die Arbeit involvierten Akteure bereits planbasiert Projekte planen und deren Realisierung begleiten. - Seitens der Akteure ist der Wille vorhanden, die BIM-Methode in der Organisation anzugehen.
Kunstbauten	- Im Bereich der Kunstbauteninfrastruktur liegt die professionelle Spezialisierungsrichtung des Verfassenden der vorliegenden Arbeit. - Die Objekteigenschaften von Kunstbauten ähneln denjenigen von Hochbauten. Spezialisierte Software im Bereich des Ingenieurbaus sind oftmals auf Anforderungen aus dem Hochbau ausgerichtet und vereinfachen den softwareseitigen Einstieg. - Mit Ausnahmen ist die geografische Ausdehnung von Kunstbauten gering. Infolge lokaler Projektperimeter sind Datenmengen überschaubar. Der Fokus kann in der Initialphase auf Objekteigenschaften (geometrisch und alphanumerisch) und Prozesse gesetzt werden. - Die in der BIM-Methode vorgesehene Bauteilorientierung bei der Modellierung von Objekten weist parallelen zu den gegenwärtig genutzten Datenbanksystemen des TBA SG - K auf. Daraus resultierende Synergien können im Rahmen der Arbeit mitbetrachtet werden.

Im Arbeitsprozess vor und nach der Interviewstudie sind seitens TBA SG die Rollen Sektionsleitung Kunstbauten und jeweils Projektleitende Strassenbau und Kunstbauten involviert.

Die erarbeiteten Lösungsansätze sind auf die Bedürfnisse des TBA SG - K zugeschnitten, wobei Adaptierungen durch andere Sektionen / Ämter möglich sein sollen. Allseitig akzeptierte Lösungsbestandteile können zudem in die Umsetzung von Pilotprojekten einfließen.

2. Methodik

Die Methodik dieser Master-Thesis basiert auf einer Kombination aus theoretischen Grundlagen sowie empirischen Validierungsansätzen. Anhand von Theorien und Erkenntnissen zu relevanten Faktoren bei der Umsetzung der BIM-Methode werden Bestandteile für die Lösungsentwicklung abgeleitet.

Mit dem Fokus auf der Information und der Informationslogistik sowie den vorausgesetzten Prozessen, soll der Einsatz der BIM-Methode für das TBA SG - K untersucht und relevante Faktoren für die Umsetzung der BIM-Methode abgeleitet werden.

Die vorliegende Arbeit verfolgt den Anspruch, die Ist-Situation möglichst umfassend zu erfassen und zu verstehen. Die gewählte Abfolge entspricht dem «goldenen Kreis» (Sinek, 2009), also die Beantwortung der W-Fragen «Warum, Wie und Was?».

Der Datenerhebungsphase wird entsprechend viel Gewicht beigemessen. Mit einer qualitativen Interviewstudie, Durchführung und Teilnahme an Workshops, der Prozessanalyse sowie einer mit Fachgesprächen begleiteten State of the Art Recherche soll der gegenwärtige Stand der Dinge im Kontext der BIM-Methode im betrachteten Umfeld verstanden werden.

Mit visuellen Methoden werden komplexe Inhalte wie Bauwerksdaten oder Anwendungsfallprozesse verständlich und spezifisch zugeschnitten für das TBA SG - K dargelegt. So weit wie möglich wird eine Abstrahierung der mit der BIM-Methode einhergehenden Komplexität angestrebt.

Die konkreten Lösungen und Visualisierungen verfolgen nicht den Anspruch auf inhaltlich gänzliche Vollständigkeit. Der Fokus liegt auf der Erfassung der Ist-Situation und der Verbesserung des gemeinsamen Verständnisses durch in verschiedenen Formaten geführter Gespräche, gemeinsame Ziel- und Anwendungsfalldefinitionen und gemeinsamer Durchgänge von Lösungsansätzen. Infolge der Befassung mit der BIM-Methode im Zusammenhang mit der betrachteten Organisation über einen längeren Zeitraum, soll das gemeinsame Verständnis angeglichen und Kommunikationsfähigkeit im Bereich des Spezialisierungsfeldes der BIM-Methode erhöht werden.

Die Validierung der Resultate erfolgt ab der frühen Erarbeitungsphase fortlaufend im Schaffungsprozess. Die Bekennung der involvierten Akteure zu den erarbeiteten Teillösungen erfolgt in validierenden Gesprächen, parallel zur Erarbeitung.

Sollten Resultate aus der vorliegenden Arbeit in der Praxis, beispielsweise im Rahmen eines Pilotprojektes unter Verwendung der BIM-Methode, Anwendung finden, können darin enthaltene Inhalte jederzeit nach Bedarf justiert / korrigiert werden. Die Resultaterarbeitung erfolgt zum Erarbeitungszeitpunkt nach bestem Wissen und Gewissen und soll als unvollständige und doch mehrwertgenerierende Grundlage für zukünftige Projekte genutzt werden können.

2.1. Datenerhebung

Die untenstehende Grafik vermittelt einen Gesamtüberblick über die qualitative Datenerhebung, die Analyse sowie die identifizierten Schwerpunktthemen / relevanten Faktoren für die verschiedenen Datenquellarten, die im Rahmen der Arbeit genutzt wurden.

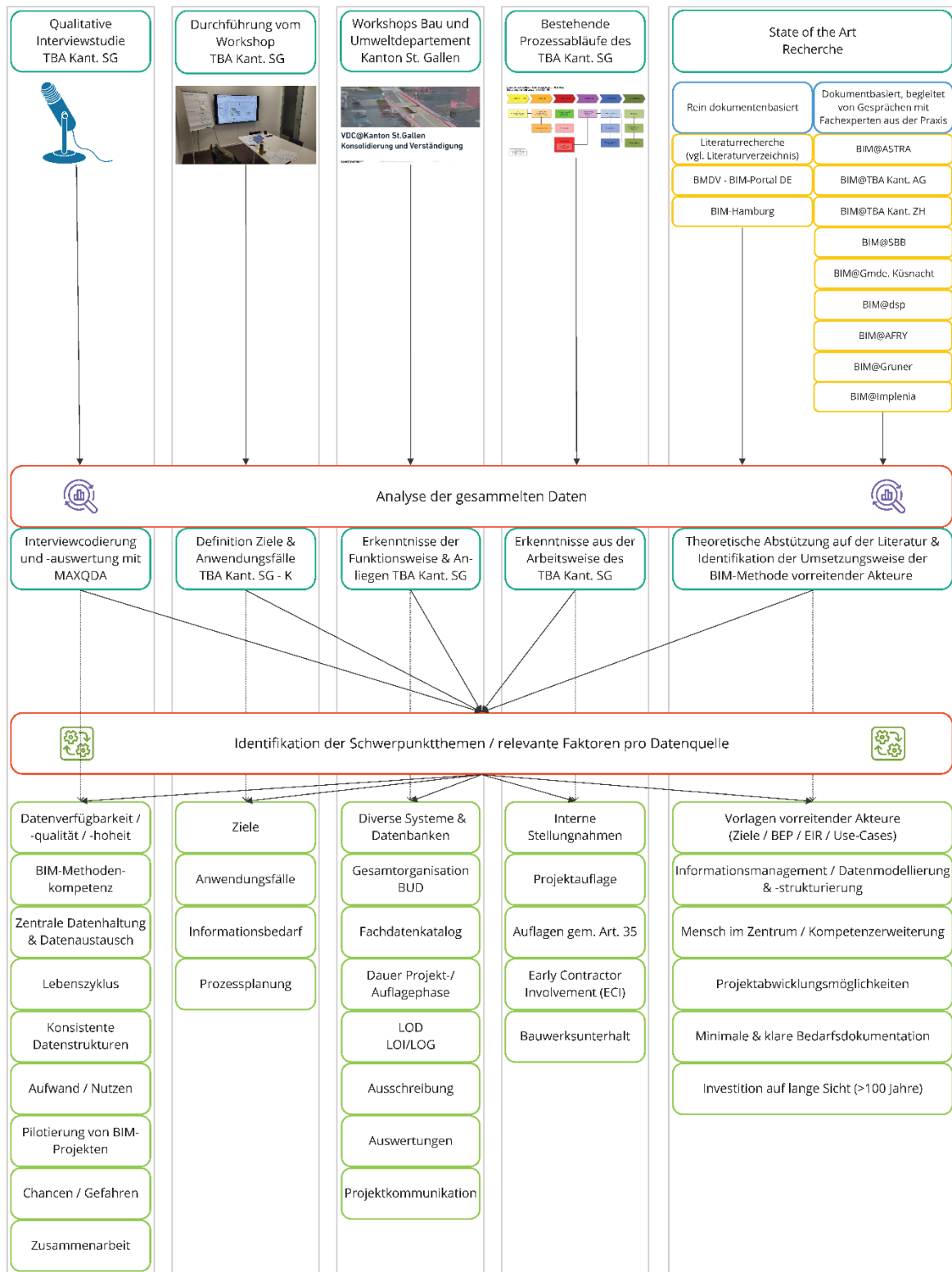


Abbildung 1: Übersicht Datenerhebung, eigene Grafik, die Originalübersicht findet sich in Anhang 1

Um die Relevanz und Anwendbarkeit der theoretischen Erkenntnisse zu überprüfen, wurden im Rahmen der qualitativen Datenerhebung in verschiedenen Formaten Gespräche mit Experten verschiedener Fachrichtungen aus der Praxis durchgeführt, wobei grundsätzlich alle aus dem Bereich des Infrastrukturbaus stammen.

Die Datenerhebung kann unterschieden werden nach innerhalb und ausserhalb der betrachteten Gesamtorganisation, dem BUD. Die Systemgrenze wird dabei entlang dem BUD inkl. sämtlicher hierarchisch untergeordneten Stellen des Kantons St. Gallen gezogen.

Das methodische Vorgehen dafür wurde im Themenvorschlag (Stalder, 2023a) skizziert. An diesem Vorschlag wurde im Rahmen der Arbeit festgehalten.

Die Methodik der Datenerhebung umfasst eine Kombination qualitativer Ansätze. Sie soll einerseits einen Überblick des aktuellen thematischen Standes in der Branche aufzeigen und einen Gesamtüberblick vermitteln, der auch die Unterschiede zwischen den verschiedenen Akteuren in der Branche aufzeigt. Andererseits wird damit eine kantonsinterne Übersicht der Gesamtorganisation angestrebt, die sowohl den Stand im untersuchten Bereich, dem TBA SG - K widerspiegelt, als auch die für die Akteure relevanten Schwerpunkte aufzeigen soll.

Sämtliche Datenquellen wurden gemäss Abbildung 1 analysiert und subjektive Schwerpunktthemen / relevante Faktoren pro Quelle identifiziert.

2.1.1. State of the Art Recherche

Die State of the Art Recherche erfolgte grundsätzlich gestützt auf Dokumenten, die von verschiedenen Organisationen im Bereich des Infrastrukturbaus zugänglich gemacht wurden. Bei den untersuchten Organisationen handelt es sich um Auftraggebende sowie Auftragnehmende, konkret beschaffende Stellen sowie planende und bauausführende Unternehmungen.

In der State of the Art Recherche wird zwischen dem rein auf Dokumenten / Literatur abgestützten Rechercheteil, sowie demjenigen, der zusätzlich von informellen Fachgesprächen mit Akteuren aus dem Infrastrukturbau mit direktem Bezug zur BIM-Methodik begleitet war, unterschieden. Das primäre Ziel des von Fachgesprächen begleiteten Rechercheteils war die Schaffung eines Überblicks bezüglich Organisationen, Personen, Stand der Dinge sowie Pro und Kontra / Erfahrungsberichte bei der Umsetzung der BIM-Methode. Sekundär wurde das Ziel verfolgt, ein allgemein vorherrschendes Stimmungsbild zu erhalten und ehrliche Personenmeinungen zu derzeitigen Umsetzungsweisen einzuholen. In der Folge finden sich die wichtigsten Erkenntnisse aus dem Rechercheteil der State of the Art Recherche, unterteilt nach Akteuren, dokumentiert:

BIM@TBA Kanton Aargau

Im Strategiepapier (TBA Kanton Aargau, 2022) werden die Grundsätze, Vorgehensweise bei der Einführung sowie Metriken zur Erfolgskontrolle umrissen. Weiter wird die Roadmap der Standardisierungsphase (2022 – 2027) in die verschiedenen Tätigkeitsgebiete aufgegliedert.

In der Dokumentation der Infra Suisse Tagung 2022 (Infra Suisse, 2022) werden vom damals amtierenden Kantonsingenieur die Rolle der Digitalisierung und disruptiver Innovationen im Bauwesen hervorgehoben, insbesondere die Einführung der BIM-Methode als Chance, Prozesse neu zu gestalten und die Zusammenarbeit zu verbessern. Vorgestellt werden gegenüber dem klassischen SIA-Phasen Modell (SIA, 2014) auch vier zusätzliche Kooperationsmodelle, die zurzeit Schrittweise getestet und umgesetzt werden und mit denen die frühere Einbindung der Bauunternehmungen in die Projekte ermöglicht werden soll.

Zusätzlich zur dokumentengestützten State of the Art Recherche wurde im Falle des BIM@TBA Kanton Aargau ein Fachgespräch mit der Leiterin Geoinformatik / BIM / Datenmanagement der Abteilung Tiefbau durchgeführt, wodurch zusätzliche Informationen erhoben werden konnten.

Der Entscheid für die Inangriffnahme und Umsetzung der BIM-Methode wurde von der Geschäftsleitung des Tiefbauamtes gefällt. Mit dem Entscheid wurden auch die nötigen personellen und finanziellen Ressourcen gesprochen, was eine umfassende Herangehensweise erlaubt.

Neben den Versuchen mit alternativen Kooperationsmodellen wird seitens ATB der Fokus auf den Informationsgehalt der DBM gelegt. Zu diesem Zweck wurde ab dem Frühjahr 2021 ein Elementkatalog entwickelt (TBA Kanton Aargau, 2023).

Das Ziel in Belangen des Informationsmanagements besteht bei der Nutzung von DBM darin, bestehende manuelle Vorgänge der Datenintegration ab 2D Plänen für DBM in die Betriebsdatenbanken zu automatisieren. Die Nutzung von festgelegten Konventionen im Bereich der Datenhandhabung sollen dies ermöglichen. Auch die mehrwertgenerierende Nutzung der DBM im Projektverlauf von Projektierung bis und mit Inbetriebnahme von Bauwerken wird verfolgt.

BIM@TBA Kanton Zürich

Die amtseigene Website (TBA Kanton Zürich, 2024) orientiert in Belangen von Schwerpunktthemen der BIM-Methodik und hebt den Fokus auf den Kulturwandel in der Baubranche, der mit der digitalen Transformation mit einhergehen soll.

Das TBA Kanton Zürich publiziert auf der Website die bereits erarbeiteten BIM-bezogenen Dokumente und aktualisiert diese laufend, was im Sinne der Transparenz und des Wissenstransfers zwischen den verschiedenen Akteuren in der Branche geschieht. Schon im Jahr 2020 wurde im Rahmen einer Amtstagung die Herangehensweise an die BIM-Methodik sowie erwartete Ergebnisse vorgestellt (TBA Kanton Zürich, 2020), wobei zu diesem Zeitpunkt seitens dem TBA schon ein Strategie- / Umsetzungskonzept erarbeitet war, auf das Bezug genommen wurde. Über die praktische Umsetzung der BIM-Methode wurde im Jahr darauf in der Fachzeitschrift Espazium am Beispiel des Pilotprojektes Seestrasse Meilen berichtet (Picarel, 2021).

Zusätzlich zur dokumentengestützten State of the Art Recherche wurde im Falle des BIM@TBA Kanton Zürich ein Fachgespräch mit der Fachexpertin Erhaltungsmanagement & BIM der Abteilung Tiefbau durchgeführt, wodurch zusätzliche Informationen erhoben werden konnten. Die Initiative zur Umsetzung der ersten Schritte der BIM-Methode entstand bottom-up, war also keine Vorgabe der Geschäftsleitung, wobei die Führungslinie entsprechende Tätigkeiten unterstützte.

Zurzeit liegt der Fokus bei der Umsetzung der BIM-Methode auf internen Schulungsbemühungen. Die Schulungen sind je nach Anforderungen des anwendenden Personals unterschiedlich konzipiert und es wird Wert auf die visuelle Vermittlung sowie Bezugnahme zu amtseigenen Projekten gelegt.

Initial soll amtsintern die disziplinenübergreifende Zusammenarbeit gefördert und die Fachbereiche Bau sowie Informationstechnologie nähergebracht werden.

Die Ziele in Belangen der Zusammenarbeit sind die verbesserte Kommunikation mithilfe des Kulturwandels, der mit der Digitalisierung einhergehen soll und den Menschen als wichtigsten Faktor ins Zentrum zu stellen (TBA Kanton Zürich, 2024).

In Belangen des Informationsmanagements verfolgt das TBA Kanton Zürich dieselben Ziele wie das TBA Kanton Aargau. Die Erarbeitung der methodischen Grundlagen erfolgt in interkantonaler Zusammenarbeit der beiden Ämter.

BIM@ASTRA

Auf Bundesebene setzt die «Strategie Digitale Schweiz» (Bundesverwaltung CH, 2023) die Leitlinien für die digitale Transformation der Schweiz, welche für die Bundesverwaltung verbindlich ist. Dieser untergeordnet befindet sich der Aktionsplan (Schweizerische Bundeskanzlei, 2023), worin konkrete Massnahmen vorgeschlagen werden. Im Bereich des Infrastrukturbaus wird die Massnahme «BIM - Vereinfachung der Prozesse im Bauwesen durch bessere Dateninteroperabilität» beschrieben. Diese wiederum verweist auf die BIM-Teilstrategie (Bundesamt für Strassen ASTRA, 2021), in der die Handlungsfelder zeitlich verortet werden.

Neben diversen Publikationen von offenen Ausschreibungen zu Pilotprojekten begleitet von der BIM-Methode auf der Publikationsplattform SIMAP wurde eine Dokumentation bezüglich des Zusammenspiels zwischen IFC und RBBS veröffentlicht (Bundesamt für Strassen ASTRA, 2022). Neben der Pilotierung von Projekten werden auch technische Elemente der offenen Umsetzung der BIM-Methode angegangen und dokumentiert. Am Beispiel der obengenannten Dokumentation soll der Export einer Projektachse (bspw. Strassenachse) aus dem proprietären Bewirtschaftungssystem des ASTRA am Projektstart nach IFC übersetzt und am Projektende rückübersetzt werden können.

Als Beschaffungsstelle auf Bundesebene ist das ASTRA eine der grössten Einkäuferinnen der Schweizer Infrastrukturbranche und entsprechend oft zitiert. In der Fachzeitschrift Espazium wurden mehrere Artikel zu mehreren Projekten publiziert (Dietsche, 2023a, 2023b, 2023c; Laloli, 2023). Anhand der vorgestellten Projekte der Querverbindung QV8 des Schorentunnels in St. Gallen, der Galerie Engi am Simplonpass, des Schöneichtunnels in Zürich-Schwamendingen sowie der Pannenstreifenumnutzung Bern – Wankdorf wird ein Überblick zum aktuellen Stand bei der Umsetzung der BIM-Methode vermittelt.

Zusätzlich zur dokumentengestützten State of the Art Recherche wurde im Falle des Bundesamtes für Strassen ein zweiteiliges Fachgespräch mit dem Gesamtprogrammleiter BIM@ASTRA durchgeführt, wodurch zusätzliche Informationen erhoben werden konnten. Im Amt sollen mittelfristig Kompetenzen im Bereich der BIM-Methode aufgebaut werden. Zurzeit wird durch die Gesamtprogrammleitung wenig Einfluss auf die Pilotprojekte genommen. In Ausschreibungen wird lediglich eine Informationsaustauschanforderung (EIR) in Form einer Tabelle und zugehörige Ergänzungen als Beilage mitabgegeben. Die Anforderungen werden schlank spezifiziert und es werden lediglich die Lieferobjekte definiert. Anwendungsfälle werden nicht direkt eingefordert, da das ASTRA der Ansicht ist, dass sich die Vertragspartner diesbezüglich selbst organisieren.

Ein längerfristiges Ziel im Bereich des Informationsmanagement ist die zentrale Speicherung von Projekt- sowie Bewirtschaftungsdaten in digitalen Bauwerksmodellen, wobei der Zugriff auf diese via Vergabe von Berechtigungen für die verschiedenen Akteure über eine Programmierschnittstelle (API) gewährleistet werden soll.

BIM@SBB

Die SBB unterstützt als bundesnaher Betrieb mit dem Programm BIM@SBB die Strategie digitale Schweiz (Schweizerische Bundeskanzlei, 2023) und übernimmt dabei eine Vorreiterrolle.

Schon im Jahr 2019 wurden das Programm BIM@SBB in der Fachzeitschrift Espazium (Stüssi, 2019) im Zusammenhang mit dem Pioniercharakter erwähnt und die enthaltenen Teilschritte erklärt.

Die SBB-Website (SBB, 2024a) gibt heute einen guten Überblick über die Umsetzungsweise bei BIM@SBB sowie die dabei verfolgten Ziele. Die BIM-Implementierung SBB-Infrastruktur wird dort zeitlich verortet (BIM@SBB, 2023) und folgt einem sechs Punkte Plan (BIM@SBB, 2021), welcher die SBB zusammen mit Verbands- und Vereinsvertreter entwickelt hat.

BIM@SBB verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz und ordnet die BIM-Methodik dem Datenqualitätsmanagement (Schmidt, 2022) unter. Konkret bedeutet dies, dass Bauwerksinformationen neben der Nutzung innerhalb von Projekten die genutzten Systeme zu bedienen haben (bspw. DfA, SAP, ZMON). Dazu werden SBB-interne Datenqualitätsprüfungen an den BIM-Modellen vorgesehen, wobei die Bauwerksinformationen während der Projekte mehreren Qualitätschecks unterzogen werden. Die Bauwerksdaten sind in den DBM entlang der Vorgaben im Fachdatenkatalog (SBB, 2024b) zu bewirtschaften.

Zusätzlich zur dokumentengestützten State of the Art Recherche wurde im Falle der SBB jeweils ein Fachgespräch mit zwei Personen aus dem Programm BIM@SBB durchgeführt, wodurch zusätzliche Informationen erhoben werden konnten.

Im Rahmen von Pilotprojekten werden zurzeit eigens seitens BIM@SBB entwickelte Anwendungsfälle getestet. Die SBB engagiert sich im Bereich der Standardisierung und publiziert ihre Anwendungsfälle in der Anwendungsfallbibliothek von buildingSMART International (bSI, 2024). Zudem bemüht sich die SBB, die planenden und ausführenden Unternehmungen über den aktuellen Stand der Entwicklung zu informieren. Dazu organisiert die SBB in den verschiedenen Sprachregionen der Schweiz «Roadshows» (BIM@SBB, 2024), die im Sinne der Gleichberechtigung über die Publikationsplattform SIMAP (Verein simap.ch, 2024) vorangekündigt werden.

BIM@Gemeinde Küsnacht

Über den offiziellen Weg, also den Bezug von Unterlagen offener Ausschreibungen, konnten die aktuell durch die Gemeinde Küsnacht in Projekten verwendeten Dokumente bezogen und das technische Vorgehen nachvollzogen werden, welches im durchgeführten Fachgespräch vorgestellt wurde. Die BIM bezogene Dokumentation (Gemeindeverwaltung Küsnacht, Abteilung Tiefbau, 2019) umfasst das Handbuch „Infra-Digital-Küsnacht“ sowie spezifizierend den Elementplan, Typennamenkonventionen sowie Modellierungsgrundlagen.

Zusätzlich zur dokumentengestützten State of the Art Recherche wurde im Falle der Gemeinde Küsnacht ein Fachgespräch mit einer Projektleiterin Tiefbau abgehalten, die direkt in BIM-Projekte involviert ist. Im Gespräch wurde hervorgehoben, dass zurzeit Bemühungen im Bereich veränderter Leistungszuordnungen gegenüber der SIA-Phasen (SIA, 2014) stattfinden. Im Rahmen der Projektierung werden dabei durch die Projektverfassenden im Vorprojekt nahezu ausschreibungsreife Projekte erarbeitet. In der Folge sollen diese als Totalunternehmeraufträge ausgeschrieben und vergeben werden. Die Projektverfassenden des Vorprojektes verbleiben im Projekt und übernehmen ab diesem Zeitpunkt bauherrenunterstützende Funktion. Bei diesem Vorgehen steht das Ziel im Vordergrund, dass frühzeitig im Projekt Bedarfsgerechte Modelle erstellt werden, die für BIM-to-Field optimiert sind und dies in integrierter Weise zwischen planenden und ausführenden Akteuren geschieht. Mit dem Vorgehen sollen Erfahrungen in Projekten gesammelt werden. Vorgeschlagen wurde eine übergeordnete Herangehensweise an die BIM-Methode, bei der nach initialer Zieldefinition die Anwendungsfälle definiert, dafür nötige Bedarfsdokumente erstellt und dies in Pilotprojekten getestet wird.

BIM@Gruner

Als Arbeitnehmer der Gruner AG und in die BIM-Entwicklung involvierte Person kann der Verfasser der vorliegenden Arbeit ein klares Bild des aktuellen Standes zeichnen. Mit dem Leiter BIM-Entwicklung im Infrastrukturbau haben im Rahmen der Arbeit in regelmässigen Abständen Austauschgespräche stattgefunden, da dieser zugleich die Rolle des Thesis Experten abdeckt.

Im Fokus steht die Standardisierung einer Grundlage, durch welche die Bereiche Technologie und Fachlichkeit abgedeckt werden. Dies mit dem Hintergrund, dass im Fachbereich Kunstbauten des

Infrastrukturbaus für die Projektabwicklung unter Verwendung der BIM-Methode keine Vorlagen aus dem Fachbereich Hochbau herangezogen werden können. Die Eigenheiten der verschiedenen Fachbereiche verunmöglichen dies und erfordern zum einen die Erarbeitung einer Standardisierung von Grundlagen auf Firmenebene, zum andern weitergehend auch auf Ebene der Fachbereiche.

Die Erarbeitung der Konventionen erfolgt koordiniert durch den Leiter BIM-Entwicklung im Infrastrukturbau, was auch den Fachbereich Energie inkludiert (vgl. Abbildung 2). Top-Down werden seitens Gruner Standards für die vorgesehene Softwarelandschaft in Arbeitsgruppen erarbeitet und zur Verfügung gestellt. Dieses Vorgehen schliesst jedoch die Verwendung anderer oder zusätzliche Software nicht aus. Bottom-Up werden von den einzelnen Business-Units über dessen Botschafter Anliegen und Bedürfnisse sowie auch Lösungen aus Projekten in den Standardisierungsprozess mitaufgenommen.

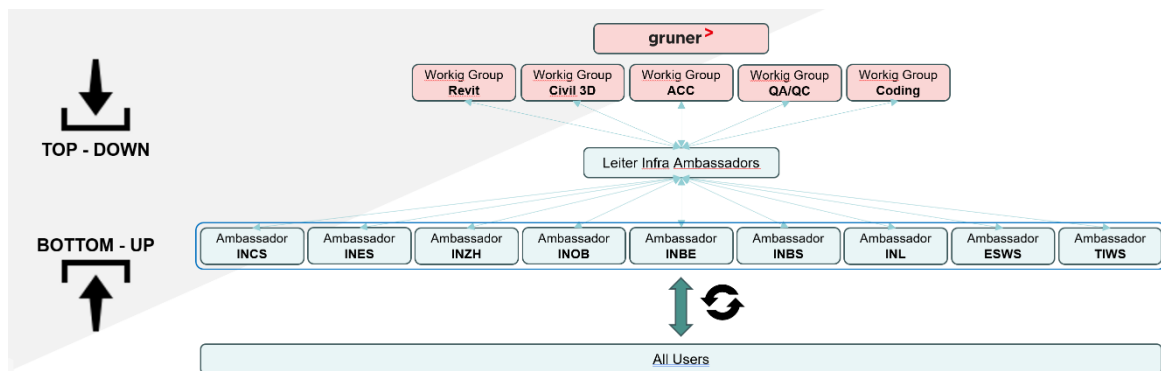


Abbildung 2: Interne Aufstellung bei der Erarbeitung der internen Standards, Quelle: Gruner AG

Auf diese Weise kann beliebig auf Kundenbedürfnisse eingegangen werden, indem Bauwerksinformationen zwischen Unternehmens- und Kundenstandards übersetzt werden können. Wichtige Voraussetzung dabei ist, dass die fachlich relevanten Informationen in der richtigen Projektphase in standardisierter Weise im DBM bewirtschaftet werden. Die standardisierte Konventionennutzung ermöglicht die aufwandarme Durchführung von Modellauswertungen, was die Effizienz bei der Projektabwicklung steigert.

Die Gruner AG kommuniziert ihr Dienstleistungsangebot im Bereich der BIM-Leistungen über die offiziellen Kanäle (Gruner AG, 2024). Dabei werden interne sowie externe Schulungsbemühungen im speziellen hervorgehoben.

BIM@DSP

Der Fachgesprächspartner ist ehemaliger Kommilitone des Verfassers der vorliegenden Arbeit im Bauingenieur-Studium und verfügt ebenfalls über mehrjährige Erfahrung bei der Projektabwicklung von Infrastrukturprojekten im Bereich der Kunstbauten unter Anwendung der BIM-Methode. Prädestiniert für fachlich relevante Antworten, welche die Fachlichkeit des Kunstbauten-Infrastrukturbau mit den untergeordneten des konstruktiven Ingenieurbaus und des allgemeinen Tiefbaus abdecken, bringt er auch die benötigte Fachlichkeit für die Umsetzung der BIM-Methode mit sich, die technische sowie methodische Komponenten umfasst.

Der dokumentgestützte Teil fällt bei BIM@DSP schlank aus, im Fachgespräch wurde Bezug auf den aktuellen Stand der parametrischen Modellierung von Brücken genommen, was im Rahmen eines Vortrages (Karagiannis, 2023) die technische Umsetzungsmöglichkeit der parametrischen Modellbildung inklusive statischer Nachweise anhand von zwei Beispielen aufzeigt. Die Modellierungsweise entspricht dem derzeit mit einer kombinierten Anwendung mehrerer

Spezialistensoftware aus dem Bereich der Bauwerksmodellierung, sowie auch aus dem Bereich des visuellen und codebasierten Programmierens.

Neben der technisch notwendigen Standardisierung bezüglich Konventionen, Formaten und Attributen, welche innerhalb des Unternehmens im Bereich der BIM-Methodik umgesetzt wird, wurden subjektive Aussagen bezüglich der Empfindung derzeitigen Nutzens der Umsetzungsweise der BIM-Methode im Schweizer Infrastrukturbau sowie Erfahrungsberichte aus Projekten für die vorliegende Arbeit als relevant betrachtet. Einige davon werden in der Folge paraphrasiert wiedergegeben:

- Die Spezifikation der BIM-Methode in Organisationen oder Projekten bedingt eine hohe Fachlichkeit in dem entsprechenden Tätigkeitsbereich sowie Projekterfahrung / Kenntnis bezüglich der gängigen Abläufe und Prozesse.
- Ein hoher Spezifizierungsgrad in Belangen der BIM-Methode bringt zusätzliche Komplexität in ohnehin schon anspruchsvolle Projekte hinein und kann dem Projektnutzen entgegenwirken.
- Auf der Baustelle und an der planerischen Materie ändert sich nichts Wesentliches, die Herangehensweise erfolgt lediglich digitaler. Mindestens ein Grossteil von Projektakteuren muss in der Lage sein, die verwendeten Werkzeuge anzuwenden und somit im Projekt mitwirken zu können.
- Wichtig ist, dass die richtige Information, in der richtigen Qualität, zur richtigen Zeit am richtigen Ort ist. Nicht weniger, aber auch nicht mehr.

BIM@AFRY

Einen BIM-bezogenen Gesamtüberblick gibt AFRY auf Ihrer Website (AFRY, 2024), mit welcher der Building Information Modelling (BIM) / Virtual Design and Construction (VDC) Ansatz umschrieben wird, was zusammengefasst die BIM-Methode meint.

Im Artikel «Wir müssen lernen Brezeln zu backen» der Spezialausgabe «BIM» der Fachzeitschrift von Ernst & Sohn (Max, 2023) konstatiert der Autor «Kommunikation schlägt Dokumentation», wobei auf Nachfrage erläutert wird: «„Papier ist geduldig“ heisst es ja so schön. Das bedeutet, dass Dinge, nur weil sie irgendwo stehen, nicht immer auch gleich von allen umgesetzt werden. Dazu kommt, dass es eine recht einsame Beschäftigung ist, sich durch alle Dokumente alleine durchkämpfen zu müssen. Das führt nicht gerade zu einer Motivation zum „richtig“ Arbeiten und am Ende macht es doch jede/r wie er/sie es für richtig hält.»

Zugleich wird im Artikel auch der BIM-Standard von AFRY vorgestellt, den AFRY offen zum Herunterladen anbietet (AFRY, 2023). Das Standardisierungsdokument wirkt aufgrund seines Umfangs gegenüber der obigen Aussage gegensätzlich.

Unterstützend zur dokumentengestützten State of the Art Recherche wurde im Falle von AFRY ein Fachgespräch mit einem ehemaligen «Head of BIM» von AFRY abgehalten.

Als Hürde bei der Umsetzung der BIM-Methode werden die verschiedenen Wissensniveaus der projektinvolvierten Akteure angesehen. Als grosse Hürde, wenn in Projekten Branchenfremde Akteure mit Beratungsfunktion im Bereich der BIM-Methode beigezogen werden, die Praxiswissen im Bereich der BIM-Methodenumsetzung nachweisen können, jedoch im Bereich der Fachlichkeit, bspw. des Infrastrukturbaus, nicht bewandt sind. Die einzelnen Fachbereiche der Baubranche unterscheiden sich stark in der Art und Weise, wie Projekte abgewickelt werden.

Im Sinne der Selbstorganisation werden die Definition von Zielen vorgeschlagen, die infolge Umsetzung der BIM-Methode im Projekt erreicht werden sollen. Im Rahmen der Projekte wird dann die Zielerreichung gemessen und gesteuert.

BIM@Implenia

Als Bauunternehmung investiert die Implenia stark in den Kompetenzaufbau im Bereich der BIM-Methode und entsprechend ausgebildetes Personal. Auf der Website (Implenia, 2024) werden die Firmenkompetenzen generisch umrahmt, wobei dies dem aktuellen internen Entwicklungsstand kaum gerecht wird und den Bereich des Infrastrukturbaus nicht mitabbildet.

Unterstützend zur dokumentengestützten State of the Art Recherche wurde im Falle von Implenia ein Fachgespräch mit dem Leiter BIM/ VDC Baumeister Deutschschweiz sowie in regelmässigen Abständen Gespräche mit dem Head BIM Civil D-CH abgehalten. Zweiterer ist Kommilitone des Verfassers der vorliegenden Arbeit im Studiengang MSc VDC.

Als Bauunternehmung verfolgt die Implenia das Ziel, dass die DBM zu Kalkulationszwecken verwendet und damit Unternehmerangebote effizienter gerechnet werden können. Auch auf der Baustelle wird eine Effizienzsteigerung durch die Verwendung von durchgängigen Bauwerksdaten erwartet. Die dreidimensionale Bauwerksrepräsentation kann dabei einem verbesserten Verständnis dienen, wobei Bauteilinformationen auch direkt auf der Baustelle, beispielsweise für effizientere Materialbestellungen, genutzt werden können.

Die Implenia ist Teil der Branchenorganisationen buildingSMART und Bauen digital Schweiz und versucht aktiv bei der nationalen Entwicklung einer standardisierten Anwendung der BIM-Methode mitzuwirken.

Das BIM-Portal – eine Plattform rund um BIM

Im deutschsprachigen Raum sind Standardisierungsbestrebungen auf nationaler Ebene betrachtet in Deutschland gegenüber der Schweiz etwas fortgeschritten. Nicht zuletzt hängt dies mit dem politischen Engagement in diesen Belangen zusammen. Das Bundesministeriums für Digitales und Verkehr hat dazu BIM Deutschland (BMDV, 2024a) ins Leben gerufen. BIM Deutschland ist die zentrale öffentliche Anlaufstelle des Bundes für Informationen und Aktivitäten rund um die BIM-Methode. Die erarbeiteten Inhalte zur Digitalisierung des Bauwesens werden für den öffentlichen Bausektor entwickelt und der gesamten Wertschöpfungskette Planen, Bauen und Betreiben zur Verfügung gestellt.

Mit dem BIM-Portal (BMDV, 2024b) werden den Baufachleuten Dokumentvorlagen und Objektvorlagen inkl. Merkmale sowie zugehöriger regelbasierte Prüfwerkzeuge zur Verfügung gestellt. Auftraggeberseitig kann mithilfe dieser Werkzeuge in intuitiver und visueller Weise Informationsgehalt und Informationstiefe für die Bestellung eines DBM zusammengestellt werden. Zusammen mit der Bestelldokumentation kann eine maschineninterpretierbare regelbasierte Prüfdatei vom Portal heruntergeladen werden, gegen die bestellten DBM nach deren Erstellung automatisiert auf ihre informationsseitige Vollständigkeit geprüft werden können.

Nach Abschluss der ersten Phase (BMDV, 2023) werden Standardisierungsbemühungen der zweiten Programmphase von BIM Deutschland fortgeführt. Das Informationsangebot zu Methodik und Praxisanwendungen von BIM soll überarbeitet und ausgebaut werden. Die Inhalte sollen mehr auf Zielgruppen wie etwa Ingenieure, Architekten, Projektplaner oder Verwaltungen zugeschnitten werden. In Planung sind auch spezielle Informationsangebote für Bundesländer. Daraus wird ersichtlich, dass auch in Deutschland trotz Standardisierung der Bedarf an organisationsspezifischen Anforderungen gegeben ist.

Die zur Verfügung gestellten Inhalte des im BIM-Portal werden gemäss dem BMDV-Beirat (BMDV, 2024a) gegenwärtig nur für neue Projekte auf Bundesebene zur Verwendung vorgeschrieben. Dabei spielen vordergründig die Struktur der Branche eine Rolle. Der BMDV-Beirat schreibt dazu: «Es gibt sehr viele Unternehmen und viele von ihnen sind klein bis mittelgross – für sie ist die Digitalisierung ein Kraftakt. Das BIM-Portal wird ihnen Werkzeuge an die Hand geben und die Unternehmen bei der digitalen Transformation unterstützen. Es wird auch für eine Vereinheitlichung und Harmonisierung der Datenmodelle und Austauschformate sorgen – denn nur strukturierte Daten lassen sich effizient und vernetzt verarbeiten».

2.1.2. Literaturrecherche

Die Literaturrecherche wird in der Abbildung 1 unter dem Datenerhebungsmethodik-Teil der State of the Art Recherche aufgeführt. Erkenntnisse der Grundlagenliteratur der BIM-Methodik, der praxisbezogenen Literatur sowie Fachliteratur im Bereich der Datenerhebungsmethoden (Workshop, Interview, Literatur) und des Prozess- und Informationsmanagements flossen im Arbeitsprozess in die Fachgespräche der State of the Art Recherche, in den Start- und Zielworkshop, in die Interviewstudie sowie in die Resultate der Arbeit mit ein.

Literatur wurde in verschiedenen Datenbanken gesucht (vorwiegend Swiscovery, Scopus, ResearchGate und Google Scholar) und mit diversen Suchstrings vom Grossen zum Kleinen vorgegangen. Der Schwerpunkt lag zunächst bei der Grundlagensuche der BIM-Methode und von Building Information Modelling im Allgemeinen.

Nach dem die grundlegende Literatur zur BIM-Methode beschaffen war, wurde mit verschiedenen Suchstrings versucht, spezifischere für das Thema relevante Literatur zu finden. Durch allgemeine Begriffe wurde zuerst eine grosse Treffermenge erzielt, die dann nach und nach verfeinert und verkleinert wurde.

Anhand des folgenden Beispiels wird exemplarisch ein Suchstring aufgezeigt, mit dem die Treffermenge für den Begriff des Informationsmanagement auf den Themenbereich BIM eingegrenzt wird:

```
(«Informationsmanagement» AND («BIM» OR «Building Information Modeling»)) OR («Datenmanagement» AND («BIM» OR «Building Information Modeling»)) NOT («Informatik» OR «IT»)
```

Die Priorisierung der Operatoren AND vor OR vor NOT folgt den standardisierten Regeln der Booleschen Logik.

Gesucht wurde Literatur zum digitalen Planen und Bauen, BIM-Methodik, Building Information Modeling (BIM), Virtual Design and Construction (VDC) Spezialisierungen wie Informationsmanagement, Datenmodellierung, UML, Datenvisualisierung, Prozessvisualisierung, Business Process Model and Notation (BPMN 2.0), alternative Prozessvisualisierungen sowie Methodenliteratur zur Workshop- und Interviewdurchführung.

Die Suche wurde mit Filtern wie bspw. Themengebiet, Erscheinungsjahr oder Peer-reviewed eingegrenzt. Nach der Sichtung der so erhaltenen Resultate wurde in einem ersten Schritt die Relevanz anhand der Literaturüberschriften beurteilt und mögliche relevante Literatur ausgewählt. In einem zweiten Schritt wurde entlang von Abstracts und Zusammenfassungen der Dokumente entschieden, ob diese im weiteren Verlauf der Arbeit berücksichtigt werden.

Ausgehend von berücksichtigten Büchern und Papers wurden die dafür verwendeten Quellen durchsucht, um weitere Arbeiten aus relevanten Bereichen zu finden. So konnte die themenrelevante Treffermenge nach und nach vergrössert und weitere Arbeiten gefunden werden.

2.1.3. Extern moderierte Workshops BUD

Parallel zum Auftakt der Arbeit wurde in der Gesamtorganisation, dem Bau- und Umweltdepartement des Kantons St. Gallen eine BIM / VDC Studie, begleitet von moderierten Workshops, durch eine externe Beratungsfirma im Bereich der BIM-Methodik durchgeführt. An drei von diesen Veranstaltungen (Willi, 2023) konnte der Verfasser der vorliegenden Arbeit teilnehmen und sich ein erstes Bild bezüglich bestehender Prozesse, verwendeter Systeme sowie bestehendem Auftrag verschaffen.

Prozesse TBA SG - S+K

Im Rahmen der extern moderierten Workshops wurde die Relevanz von bestehenden Prozessen, nicht zuletzt aufgrund gesetzlicher Rahmenbedingungen, vorwiegend aber aufgrund bestehender Dokumentationen und deren Aufbau entlang der etablierten SIA-Phasen (SIA, 2014) hervorgehoben. Das TBA SG dokumentiert die internen Prozesse in SAP Signavio (SAP, 2024).

Die TBA-S+K internen Prozesse wurden als Arbeitsgrundlage zur Nutzung im Rahmen der vorliegenden Arbeit zur Verfügung gestellt, die in einem ersten Schritt nach deren Relevanz für die vorliegende Arbeit sortiert wurden.

Als übergeordneter Prozess wird die «TBA Prozesslandkarte Projektleiterhandbuch» visualisiert, vgl. nachfolgende Abbildung 3:

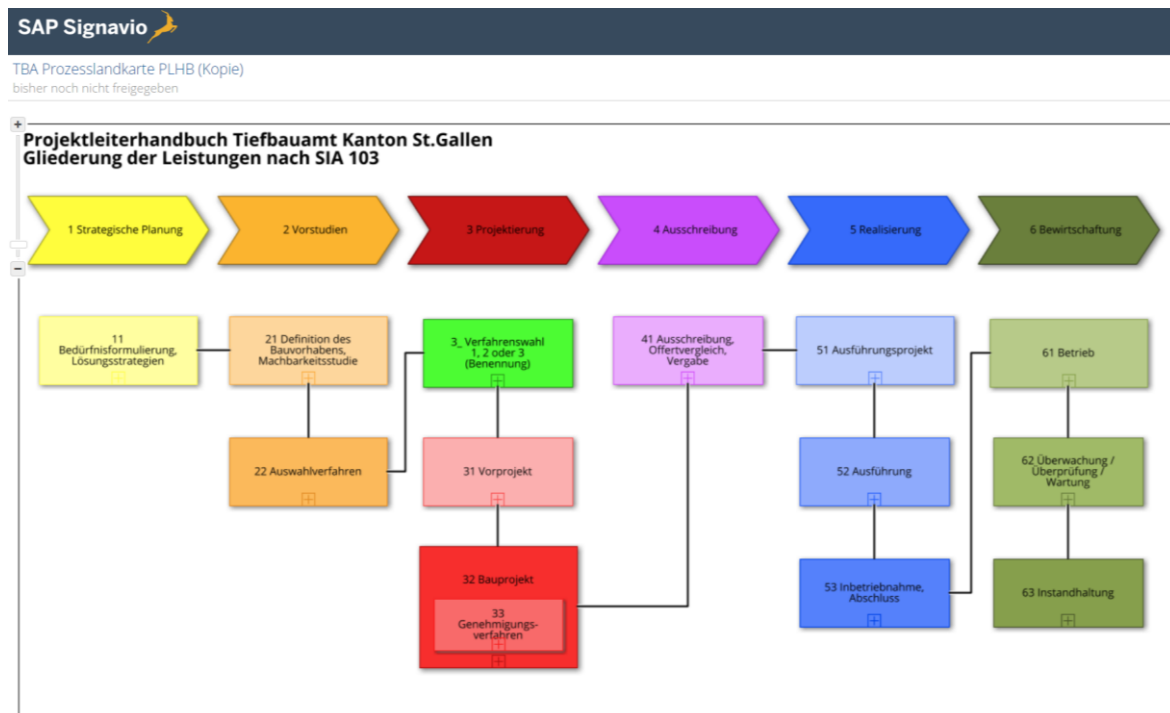


Abbildung 3: Übergeordneter TBA-Prozess in Anlehnung an die SIA-Phasen, Quelle: TBA SG

Den Übergeordneten Prozessen sind 48 ausklappbare Teilprozesse untergeordnet.

In diesen Subprozessen wird den internen sowie den gesetzlichen Rahmenbedingungen Rechnung getragen. Sie dienen als Anleitung für die projektleitenden Akteure des TBA SG. Ein untergeordneter Prozess wird die in Abbildung 4 am Beispiel für ein Bauprojekt ohne Auflage visualisiert:

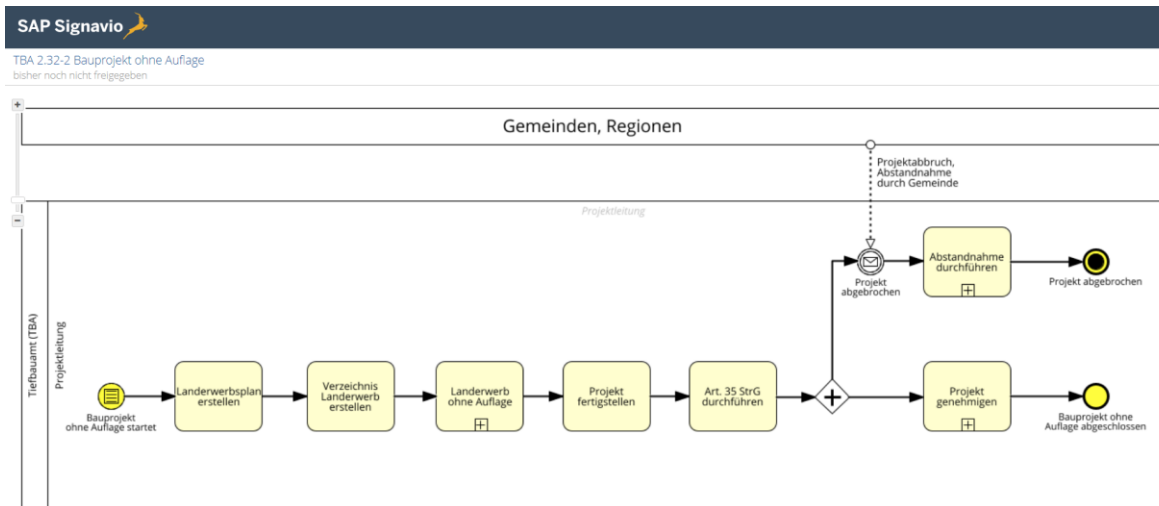


Abbildung 4: Untergeordneter TBA-Prozess als Beispiel, Quelle: TBA SG

Die Teilprozesse wurden im Rahmen der Arbeit mithilfe einer Priorisierung entlang der Relevanz bezüglich der BIM-Methodenumsetzung tabellengestützt ausgewertet und entsprechend ihrer Relevanz in der Arbeit integriert.

Softwaresysteme

Weiter wurde im Rahmen der extern moderierten Workshops ein Überblick über die derzeit verwendeten Systeme geschaffen. Neben den für administrative Zwecke genutzten Softwares werden Fachdatenbanksysteme zur Speicherung von Objektdaten im Bereich der Bewirtschaftung, also dem sog. Asset Management / Erhaltungsmanagement verwendet. Die wichtigsten beiden im Bereich des TBA SG S+K sind das Erhaltungsmanagementsystem infKuba für Kunstbauten (Unit Solutions, 2024) und das Strasseninformationssystem LOGO (geologix AG, 2024), wobei das LOGO dem TBA SG S+K lediglich als Datenbezugsort dient und vom Strasseninspektorat unterhalten wird. In beiden Fällen handelt es sich um proprietäre Systeme, die Daten in systeminternen Informationsmodellen speichern.

In der weitergehenden Recherche wurde eine Publikation in einer Fachzeitschrift gefunden, die im Falle der Software infKuba auf herstellerseitige Forschungsbemühungen im Bereich der Nutzung von DBM innerhalb des Systems hinweist (Hajdin, 2023). Die Bauteilorientierung, Semantik und Ontologien sollen dabei im bestehenden System unverändert bleiben. Im Rahmen der Forschung wurden vorwiegend Betrachtungen im Bereich der Geometriezuweisung von Bauteilen aus DBM im IFC-Format zu den bereits existierenden und korrespondierenden Informationscontainer innerhalb der Datenbank angestellt.

Zusätzlich wurden im Rahmen der Workshops, durchgeführt mit Akteuren der Fachbereiche S+K, mögliche Umsetzungsweisen der BIM-Methodik im TBA SG diskutiert. Die BIM-Studie «Studie: BIM / VDC in der kantonalen Verwaltung St. Gallen» (Righetti Partner Group AG & TBA Kanton St.Gallen, 2023) wurde nach Abschluss der Workshopreihe publiziert. Die Studienergebnisse umfassen unter anderem Ziele und Handlungsempfehlungen für das gesamte BUD sowie eine Roadmap mit zeitlich verorteten Meilensteinen pro Fachbereich, wobei das Tiefbauamt als Ganzes betrachtet wird und keine weitere Unterteilung in Sektionen erfolgt.

Im gesamten BUD SG nimmt das HBA SG bei der Umsetzung der BIM-Methode eine Vorreiterrolle ein. Seitens des Hochbauamtes wurde bereits 2022 eine BIM-Richtlinie publiziert (Beerle, 2022), die in Hochbauprojekten Anwendung findet und sich auch in den Projektvorlagen des HBA wiederfindet.

Die externen Beratenden empfehlen daher in den Handlungsempfehlungen für das TBA SG auf die bisherig erarbeiteten Grundlagen des HBA zu stützen, damit das Vorgehen in der Gesamtorganisation in koordinierter und auf sich aufbauender Weise erfolgen kann. Konkret werden beispielsweise die Anwendungsfälle zur Vereinheitlichung vorgeschlagen. In der Studie wird die «Konsolidierung der Anwendungsfälle von HBA und TBA, so dass diese vereinheitlicht werden können» vorgeschlagen. Im Bericht empfohlen wird eine gemeinsame Projektplattform, also eine CDE: «Gemeinsam mit dem HBA und TBA wird die Beschaffung einer Projektplattform für die Ablage von Dokumenten und Modellen initiiert». Die BIM-Studie formuliert weiter ein Meilenstein-Ziel, «ein Tiefbauamt internes Pilotprojekt im Bereich der Sektion Kunstbauten zu starten» sowie in Anlehnung an das HBA «Prüfprozesse» sowie «eine BEP (BIM Execution Plan) Vorlage für TBA-Projekte» zu erarbeiten. Im Rahmen der Workshops ist die Sektion Kunstbauten aus denselben Gründen als optimale Organisationseinheit zur Durchführung eines Pilotprojektes herausgestochen, die auch zur Durchführung der vorliegenden Arbeit in der entsprechenden Sektion bewegten. Stichpunkte sind unter anderem die Sektionsgrösse, die personelle Konstellation in der Sektion, Bauwerks- und Bauteiltypen sowie die geografisch geringe Ausdehnung von Bauwerken.

2.1.4. Start- und Zielworkshop TBA SG - K

Mit der in der Arbeit primär betrachteten Organisationseinheit, der Sektion TBA SG - K, wurden als Auftakt in die Projektarbeit ein Start- und Ziel Workshop durchgeführt.

Die Workshoporganisation erfolgte entlang der «Interaktionsordnung» (Nolte, 2023), unterteilt in die Sach-, Sozial-, Zeit-, sowie Raumdimension. Die Dokumentation des Start- und Zielworkshops findet sich inkl. Vor- und Nachbereitung sowie Einladung in Anhang 2.

Mit einer einleitenden Präsentation (Stalder, 2023b) wurde gegenüber der Teilnehmenden Rahmen und Ziele des Zielworkshops umrissen (Sachdimension) sowie die Methodik bekanntgegeben (Sozial-, Zeit-, sowie Raumdimension). In einer Diskussion wurden bereits vorhandene Anforderungsdokumente anderer öffentlichen Organisationen wie beispielsweise die EIR des TBA Kanton Zürich (TBA Kanton Zürich, 2023) besprochen und eine mögliche Vorgehensweise bei der Umsetzung der BIM-Methode im TBA SG - K skizziert.

Gestützt auf Fachliteratur wurde für die Umsetzung der BIM-Methode die Definition der Kategorien BIM-Ziele und BIM-Anwendungen vorgeschlagen (Baldwin, 2019; Borrmann et al., 2021).

Gemeinsam wurde entschieden, Ziele auf verschiedenen Ebenen zu definieren, die zwingend auf den strategischen Zielen des Bau- und Umweltdepartementes aufbauen (BUD SG, 2022). Die Zieldefinition von BIM-spezifischen Zielen lässt sich sehr gut denjenigen vom BUD unterordnen, da diese offen und progressiv formuliert sind. Untergeordnet zu den BUD-Zielen wurden allgemeine Infrastrukturziele besprochen. Im Wesentlichen wurden jedoch virtuelle BIM-Ziele definiert, die im Rahmen der Durchführung eines Pilotprojektes verfolgt würden.

Weiter wurde definiert, dass im Rahmen eines Pilotprojektes nur ein nötiges Minimum an Anwendungsfällen formuliert wird, damit die Komplexität aus den Anforderungen der BIM-Methodik gering gehalten werden können. Solche möglichen / minimalen Anwendungsfälle der BIM-Methodik sollten in die Prozesslandschaft TBA SG - S+K integriert werden können, da die bestehenden Prozesse zum jetzigen Zeitpunkt als Projektvoraussetzung gegeben sind. Die BIM-Methode kennt viele Anwendungsfälle und es wird als legitim betrachtet, dass nur ein kleiner Teil davon umgesetzt wird. Alleine durch die Befassung mit den nötigsten Aspekten der BIM-Methode kann ein grosser Mehrwert generiert werden. Nur schon die modellbasierte Modellkoordination dient beispielsweise der Fehlerminimierung und hilft somit, Kosten in der Realisierungsphase einzusparen.

Nicht alle der beschriebenen Prozesse aus dem Projektleiterhandbuch des TBA SG - S+K gemäss Kapitel 2.1.3 betreffen die Umsetzung der BIM-Methode. Im Rahmen einer ersten Prozesspriorisierung wurden die Prozesse in Tabellenform strukturiert und nach Relevanz sortiert (Stalder, 2023b), wobei die Erkenntnis erlangt wurde, dass relevante Teilprozesse im Grundsatz die SIA-Phasen (SIA, 2014) widerspiegeln. Ausnahme bilden die TBA SG - S+K spezifisch und in den SIA-Phasen nicht abgebildeten Prozesse der internen Stellungnahme, die öffentliche Mitwirkung, die Projekteinsicht sowie in der Projektgenehmigungsphase der Artikel 35 des Strassengesetzes (Kanton St. Gallen, 1989). Diese kantonsspezifischen Projektbedingungen gilt es bei der Ausarbeitung der Anwendungsfallddefinition und -planung zu beachten. Mit den im Workshop für die Projektarbeit fiktiv definierten Zielen und Anwendungsfällen konnte in die Interviewstudie gestartet werden. Die erlangten Workshop-Ergebnisse finden sich in der Workshop-Nachbereitung in Anhang 2.

2.1.5. Qualitative Interviewstudie TBA SG - K

Das Vorgehen entlang von Forschungsdesign, Datenerhebung und Datenauswertung (Leuenberger, 2023; Schulze, 2023) erfolgte aufbauend auf die Forschungsfrage, die im Themenvorschlag der Arbeit (Stalder, 2023a) definiert wurde. Zur systematischen Beantwortung der Forschungsfrage wird der Forschungsgegenstand aus der Forschungsfrage abgeleitet (Helfferich, 2011). Dem Forschungsgegenstand, den relevanten Faktoren bei der Umsetzung der BIM-Methode in einer öffentlichen Organisation unter Berücksichtigung des Umfeldes, wird in Form einer qualitativen Interviewstudie, vorwiegend geführt mit Akteuren aus der Organisationssektion des TBA SG - K, begegnet. Das qualitative Vorgehen wurde ausgewählt, da es nicht darum geht, wie häufig bestimmte Merkmale vorkommen. Vielmehr geht es um den inhaltlichen Sinn der getroffenen Aussagen von Interviewten Personen. Nach Witt (Witt, 2001) wurde für die qualitative Interviewstudie ein lineares Vorgehen gewählt, also Verfahrens-, Personen-, Datenerhebungs- und Datenauswertungsauswahl im Voraus zu den Interviews bestimmt und über den gesamten Prozess unverändert belassen. Bewusst wurde eine fixe Fallauswahl (Mey & Mruck, 2020) vorgenommen, wobei es sich um eine Mischung aus Minimierungs- und Maximierungsstrategie handelte. Zum einen sind Akteure verteilt über die Sektionen / Abteilungen ausgewählt worden, da sie alle einen gewissen Einfluss auf die Umsetzung der BIM-Methode im Tiefbauamt ausüben. Der Fokus der Arbeit liegt jedoch bei der Betrachtung des TBA SG - K, weshalb die fünf der acht interviewten Personen aus dieser Sektion stammen und hierarchisch durchmischt sind. Die übrigen drei Akteure sind Personen mit Schnittstelle zum TBA SG - K.

Tabelle 2: Übersicht der Fälle mit Bezug zur Funktion im TBA SG sowie der Erfahrung

Organisation	Fall	Erfahrung [- / +]
TBA SG - K	Leiter Kunstbauten	+
TBA SG - K	Projektleiter und Stv. Leiter Kunstbauten	++
TBA SG - K	Projektleiter Kunstbauten	-
TBA SG - K	Projektleiter Kunstbauten	+
TBA SG - K	Projektleiter Kunstbauten	-
TBA SG - KI	Leiter Kantonsingenieurbüro	++
TBA SG - S	Projektleiter Strassenbau	-
TBA SG - G	Leiter + Projektleiter Vermessung	-

Strukturiert und vorbereitet wurden die Interviews entlang des Leitfadens, der sich in Anhang 3 wiederfindet. Beim Interviewtypus handelt es sich um qualitative Leitfaden-Interviews, die eine

Mischform zwischen narrativem und strukturiertem Interview darstellt, genannt teilnarrativ (Helfferich, 2011). Dabei werden parallel zur Leitfadenstruktur auch erzählgenerierende Frageformulierungen gewählt. Der Interview-Leitfaden, allgemeine Grundlagen zur BIM-Methode sowie auf dem Start- und Zielworkshop TBA SG - K (vgl. 2.1.4) basierende Informationen zu Zielen und Anwendungsfällen, wurden eine Woche vor der Interviewdurchführung an die Teilnehmenden der Interviewstudie verteilt (vgl. Anhang 4).

Die Interviewdurchführung erfolgte mit allen Beteiligten virtuell via Microsoft-Teams und unter vorgängiger Einholung einer Einverständniserklärung zur Teilnahme an der studentischen Arbeit (Stalder, 2023c). Die Interviews wurden dabei aufgezeichnet und transkribiert (BUD / TBA Kanton St. Gallen, 2023; töggl, 2024).

Ausgewertet wurden die Interviews in anonymisierter Weise. Die Kategorisierung und Reduktion der Datenmenge erfolgte mittels Codierung von relevanten Textstellen (Flick, 2007) mithilfe von MAXQDA (MAXQDA, 2024). Die methodisch schrittweise Vorgehensweise der Datenvorbereitung, Entwicklung des Kategoriensystems, die Basiscodierung, Weiterentwicklung des Kategoriensystems und Feincodierung, Analyse der codierten Daten bis zur Dokumentation der Interviewanalyse, wurde in Anlehnung an «Fokussierte Interviewanalyse mit MAXQDA» (Kuckartz & Rädiker, 2020) durchgeführt.

Im iterativen Datenauswertungsprozess konnten mit der Feincodierung die definitiven Kategorien in Form von Codes bestimmt werden, die sich in der folgenden Tabelle 3 wiederfinden. Die ermittelten Codes dienen dem Prozess als zwischengelagertes Arbeitsmittel. Auf Grundlage dieser konnten im Nachgang die Schwerpunktthemen aus der qualitativen Datenerhebung abgeleitet werden (vgl. Abbildung 1).

Tabelle 3: Codesystem aus MAXQDA, Codeliste inkl. Einzel- und der informellen Summenhäufigkeit

Liste der Codes	Häufigkeit
<i>Codesystem</i>	307
Informationsmanagement	25
Aufwand-Nutzen	16
Herangehensweise	28
Gefahren	28
Gesamtorganisation	17
Fachbereichsübergreifend	15
Zusammenarbeit	38
Offenheit gegenüber BIM	10
Ziele	7
Fokus	14
Wünsche	14
BIM-Kompetenz	30
Lebenszyklus	40
Vermessung und BIM	10
Was ist die BIM-Methode	15

Die Kategorien wurden in der Auswertung nicht nach deren automatisiert ermittelten Häufigkeit, sondern nach deren subjektiven Relevanz der entsprechenden Aussagen gewählt und vergeben,

wobei die objektive Aussagehäufigkeit auch Einfluss auf die subjektive Relevanz haben kann, und aus diesem Grund beiläufig mitberücksichtigt wurde.

2.2. Prozessvisualisierung

Mithilfe von visualisierten Prozessen wird die bessere Verständlichkeit von Methodenbestandteilen bei der Umsetzung der BIM-Methode angestrebt. Änderungen gegenüber bestehenden Prozessen sollen in visueller Weise aufgezeigt werden. In der Fachliteratur finden sich mehrere Beispiele von Prozessvisualisierungen im BIM-Kontext, wobei in der vorliegenden Arbeit das Vorgehen der Anwendungsfallvisualisierung gewählt wurde, wie es im «BIM Project Execution Planning Guide» (Messner et al., 2010) umgesetzt wird. Dort werden die Anwendungsfälle als «Model Uses» bezeichnet und die Visualisierung erfolgt generisch für Hochbauten in einem Flussdiagramm. Im Gegensatz dazu werden in der vorliegenden Arbeit Prozessvisualisierungen spezifisch für das TBA SG - K, also im Bereich des Infrastrukturbaus und den Kunstbauten erstellt, welche die Ansprüche aus den bestehenden TBA-Prozessen berücksichtigen bzw. diese mitintegrieren. Zur Visualisierung werden Flussdiagramme, partiell unter Verwendung der BPMN 2.0 Notation (BPM Offensive Berlin, 2011) verwendet, die neben den involvierten Akteuren und Rollen auch Datenquellen sowie aus dem Prozess generierte Daten visualisieren. Im Zentrum der Prozessvisualisierung steht jeweils die gemeinsame Datenumgebung, wodurch die eigentliche integrale Zusammenarbeit stattfinden kann.

Die erarbeiteten Prozess- / Anwendungsfallvisualisierungen erheben keinen Anspruch auf 100-prozentige Umsetzbarkeit und Vollständigkeit. Sie sollen dem gemeinsamen Verständnis im Kontext der BIM-Methode verschiedenen vorbefasster Akteure dienen und im Zuge einer allfälligen Nutzung inhaltlich verfeinert werden können. Dazu erfolgt die Visualisierung der Prozesse unter Verwendung der Open-Source Software draw.io (draw.io, 2024), damit die Visualisierungen bei Bedarf anwenderunabhängig weiterbearbeitet werden können.

2.3. Konzeptuelle Datenmodellierung

Ähnlich der Prozessvisualisierung stehen auch bei der konzeptuellen Datenmodellierung die visualisierenden Aspekte im Vordergrund. Mit der hierarchischen Modellierung von Bauwerksdaten, wobei in diesem Kontext die alphanumerischen Informationen gemeint sind, werden die der BIM-Methode zugehörigen und vielbesprochenen Daten dargestellt. Unterschieden wird dabei zwischen den Bauwerksinformationen, die direkt dem Projekt, dem Bauwerk oder den Bauteilen zugeordnet werden können, sowie den Anwendungsfallinformationen, die im Zusammenhang mit dem Prozessdurchlauf mit einhergehen. Ein Beispiel zu dieser zweiten Art von Informationen sind bei der Bestandsmodellierung die Metadaten des Vermessungsdatensatzes, also bspw. das Aufnahmedatum, die Messgenauigkeit und wer die Aufnahmen durchgeführt hat.

Die Datenvisualisierung mithilfe der konzeptuellen Datenmodellierung erlaubt es, von der semantischen Entwurfsebene mittels systemunabhängiger, formale Beschreibung zur logischen Umsetzung in den vorgesehenen Systemen zu gelangen (Schildknecht, 2022a). Adressiert werden damit die Speicherung von Daten in Informationssystemen über den gesamten Lebenszyklus von Bauwerken. Die konzeptuelle Datenmodellierung wird in der formalen Modellierungssprache Unified Modelling Language, kurz UML (Rumpe, 2011) vorgenommen. Dabei liegt der Fokus bei der Klassenmodellierung, der Attribuierung der Klassen sowie den Assoziationen dazwischen.

In Kapitel 4 wird näher auf die in der vorliegenden Arbeit genutzten theoretischen Grundlagen des Informationsmanagements sowie der Datenmodellierung eingegangen.

Auch die erarbeiteten konzeptuellen Datenmodelle erheben keinen Anspruch auf 100-prozentige Umsetzbarkeit und Vollständigkeit. Sie sollen dem gemeinsamen Verständnis im Kontext der BIM-Methode verschieden vorbefasster Akteure dienen und im Zuge einer allfälligen Nutzung inhaltlich verfeinert werden können. Dazu erfolgt auch die Visualisierung der konzeptuellen Datenmodellierung unter Verwendung der Open-Source Software draw.io (draw.io, 2024), damit die Visualisierungen bei Bedarf anwenderunabhängig weiterbearbeitet werden können.

2.4. Validierung

Die Validierung der Arbeitsergebnisse sowie der erarbeiteten Zwischenprodukte erfolgte über die gesamte Arbeit hinweg mit den seitens TBA SG direkt in die Arbeit involvierten Akteure. Prozessvisualisierungen sowie die konzeptuelle Datenmodellierung wurden auf Grundlage der im Rahmen der Arbeit erhobenen Daten entwickelt, erstellt und in diversen Zwischenbesprechungen mit dem TBA SG - S+K abgeglichen. Entsprechend der vorhandenen Bedürfnisse und Diskussionserkenntnisse wurden die Inhalte erweitert und angepasst. Das schrittweise Vorgehen unterstützte dabei die Validierung in stetiger Weise.

Die Resultate der Arbeit werden nach Abschluss der schriftlichen Dokumentation im TBA SG einem erweiterten Kreis vorgestellt, wodurch zusätzlich Erkenntnisse aus Rückmeldungen zu den dokumentierten Ergebnissen erwartet werden.

3. Theoretische Grundlagen

Trotz praktischer Herangehensweise und projektähnlicher Umsetzung der vorliegenden Arbeit, wird im folgenden Kapitel auf eine Auswahl theoretischer Grundlagen im Bereich der BIM-Methode und der in der Arbeit miteinbezogenen Themengebiete der Prozessvisualisierung, Datenmodellierung, dem übergeordneten Informationsmanagement sowie Visualisierungsweisen eingegangen.

3.1. Grundlagenliteratur zur BIM-Methode

In der herangezogenen Grundlagenliteratur (Baldwin, 2019; Bolpagni et al., 2022; Borrmann et al., 2021; Eichler et al., 2024; Stange, 2020) werden im Grundsatz die Entwicklungen im Umfeld der BIM-Methode eingeordnet. Eine Gemeinsamkeit der Werke ist, dass die Entwicklungen entlang der ISO-Normierung (ISO, 2024) wiederzufinden sind und hervorgehoben werden. Dazu gehören unter anderem die Open-BIM Bestandteile wie das IFC-Informationsmodell, das LOIN-Konzept, Anwendungsfalldokumentationen und selbstverständlich allerlei technische Inhalte zu geometrischen wie auch alphanumerischen Modellinhalten.

In der Literatur rund um die BIM-Methode werden oft visuelle Ansätze eingeführt, um die technischen und vielschichtigen Inhalte an die lesenden zu vermitteln. Bewusstheit um die grundlegende Bedeutung der Visualisierung für das menschliche Verständnis betreffend Datenbelange und Kommunikation ist in der Geschäftswelt im Bereich der Business Intelligence, BI (Wikipedia, 2023) schon seit ca. dem Jahr 1960 vorhanden.

3.1.1. Visuelle Ansätze

Das Sprichwort, ein Bild sagt mehr als 1000 Worte ("Ein Bild sagt mehr als tausend Worte," 2023) ist eine Metapher, die auf den Mehrwert von visuellen Vermittlungsmethoden zielt. Komplizierte Sachverhalte lassen sich mittels Visualisierung abstrahieren und sind dadurch für Menschen einfacher verständlich.

Die Informationsvisualisierung kann auch für Bauwerks- oder Bauprozessinformationen genutzt werden. In Anhang 5 werden Beispiele für Visualisierungen inklusive zugehöriger Beschreibung, welche Inhalte damit veranschaulicht werden, sowie den zugehörigen Literaturhinweisen, gelistet. Im Grundsatz kann resümiert werden, dass in der Praxis aufgrund der Vielzahl an Schichten, Ebenen oder Dimensionen der BIM-Methode vielfach ähnliche Visualisierungsarten genutzt werden.

Eine beliebte Art ist die Darstellung von Inhalten in Kreisen. Kreise sind an der äusseren Schicht unendlich erweiterbar und eignen sich für die Modellierung der vielschichtigen BIM-Methodeninformationen im Lebenszyklus eines Bauwerks. Der Nachteil der kreisförmigen Visualisierung besteht darin, dass Platz für informationshaltige Inhalte fehlt und dadurch nur stichwortartig Informationen in der Grafik platziert werden.

Des Weiteren finden sich dimensions- oder ebenenbezogene Visualisierungen. Visualisiert wird mittels achsbasierter dreidimensionaler Verortung von Informationen oder Darstellung derselben in Ebenen. Die Visualisierung in Dimensionen erlaubt die Darstellung von aussagekräftigen visuellen Inhalten, bspw. entlang der Zeitachse (oder Projektphasen). Nachteilig scheint die begrenzte Dimensionenanzahl, bis drei Dimensionen sind gängig.

3.2. Informationsmanagement

Im Bereich des Informationsmanagements wurde für die theoretische Recherche vom Groben zum Feinen vorgegangen. Die herangezogene Grundlagenliteratur beschreibt dabei das allgemeine Informationsmanagement, losgelöst von der BIM-Methode (Krcmar, 2015a, 2015b).

Eine gemeinsame Aufgabe des Informationsmanagements sowie der modellbasierten Arbeitsweise ist die Vermeidung von Medienbrüchen. In «Informationsmanagement» (Krcmar, 2015b) wird dazu folgendes zitiert: «Medienbrüche treten häufig insbesondere bei der Verbindung zwischen realweltlichen Prozessen und deren Informationsverarbeitung in Informationssystemen auf». Genau dies tritt bei der planbasierten Projektierungs-, Bau- und Bewirtschaftungsweise im Verlaufe der Projektphasen an mehreren Stellen auf. Um Informationen aus dem Planungs- und Bauprozess in verwendete Systeme zu überführen, ist ein gezieltes Management von Informationen nötig.

Verwertet werden können sämtliche der zur Verfügung stehenden Informationen. Grundlage dafür ist die Informationslogistik, die dem Transport von Informationen als Ressource ähnliche Überlegungen wie beim Transport realer Güter abverlangt (Krcmar, 2015b)

Die Informationslogistik ist integrierender Bestandteil der Informationswirtschaft (vgl. Abbildung 5) und ihre Aufgabe besteht darin, ein Gleichgewicht zwischen Informationsangebot und Informationsnachfrage herzustellen. Dabei fragt die Informationslogistik in Analogie zur Realgüterlogistik nach Informationsflüssen und -kanälen und hat deren Optimierung zum Ziel (Krcmar, 1992).

Dies beleuchtet die physische Komponente der Information. Informationen beinhalten zudem die informatorische Komponente. Das logistische Prinzip verfolgt die Bereitstellung der richtigen Information, vom Empfänger verstanden und benötigt, zum richtigen Zeitpunkt für die Entscheidungsfällung notwendig in der richtigen Menge (so viel wie nötig, so wenig wie möglich, am richtigen Ort beim Empfänger verfügbar und in der erforderlichen Qualität, ausreichend detailliert und wahr, unmittelbar verwendbar (Augustin, 1990).

Da sämtliche der zur Verfügung stehenden Informationen verwertet werden können, sei auf Seite der Informationsnachfrage geklärt, zu welchem Zweck Informationen genutzt werden sollen. Im Grundsatz unterstützen Informationsressourcen in Entscheidungsprozessen. Der in «Einführung in das Informationsmanagement» vorgeschlagene Ordnungsrahmen (Krcmar, 2015a) zeigt die mit dem Informationsmanagement einhergehenden Aufgaben auf.

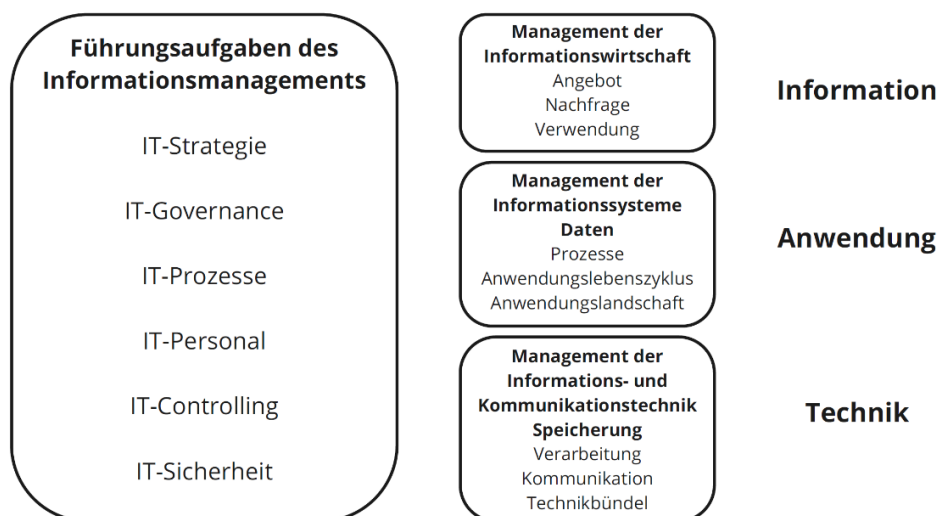


Abbildung 5: Ordnungsrahmen des Informationsmanagements, eigene Grafik in Anlehnung an (Krcmar, 2015a; Schildknecht, 2022b)

Die Aufgaben des Informationsmanagements auf Organisations- wie auch Projektebene ist eine Führungsaufgabe sowie ein Querschnittsprozess (Schildknecht, 2022b), der über die Grenzen der direkten Leistungserbringung sowie dem Projektmanagement hinausgeht. Das Informationsmanagement sollte also in Organisationen mit genügend Priorität verstanden werden.

Auf der einen Seite hat jede Information einen Wert, der in direktem Zusammenhang mit den in Abbildung 5 aufgeführten Aufgaben steht, auf der anderen Seite ist auch die Aufnahmefähigkeit vom Menschen begrenzt. Wie in «Informationsmanagement» (Krcmar, 2015b) geschrieben wird, kann der Mensch über alle Sinnesorgane zusammen 100 MB pro Sekunde aufnehmen und verarbeiten, weshalb heute die Herausforderung nicht mehr beim Sammeln von Informationen liegt, sondern bei der Reduktion: «The real issue for future technology does not appear to be production of information, and certainly not transmission. Almost anybody can add information. The difficult question is how to reduce it».

Weiter genannt: «Je mehr Informationen angeboten werden, umso mehr meint der Mensch auch Informationen zu benötigen. Das gestiegene Informationsangebot induziert einen grösseren subjektiven Informationsbedarf. Jedoch ist die menschliche Informationsverarbeitungskapazität begrenzt: Der Mensch kann aus einer Darbietung einer Informationsmenge nur etwa sieben Einheiten, beispielsweise in der Form von Buchstaben, Zahlen, Silben, oder nicht zusammenhängenden Wörtern auf einmal in das Kurzzeitgedächtnis aufnehmen, um sie dann langfristig im Langzeitgedächtnis abzuspeichern. Dieser Engpass der menschlichen Informationsverarbeitungskapazität macht den Informationsberg nur schwer bezwingbar.»

Ein wesentlicher Punkt, mit dem auch die Überleitung zum Informationsmanagement im Zusammenhang mit der BIM-Methode im Infrastrukturbau hergestellt werden kann, ist die zunehmende Spezialisierung von Aufgaben- und Kompetenzbereichen. In «Informationsmanagement» (Krcmar, 2015b) wird dazu geschrieben: «Denn wenn es nicht gelingt, intelligenter mit Informationen umzugehen, dann wird sich der Trend zu einer immer weiter gehenden Spezialisierung von Aufgaben- und Kompetenzbereichen fortsetzen. Eine zunehmende Spezialisierung bringt aber fast zwangsläufig eine geringe Kommunikationsfähigkeit zwischen den Expertengruppen mit sich.» Zur fachlichen Spezialisierung kommen mit der BIM-Methode zwei weitere Spezialisierungsrichtungen dazu. Neben der methodischen Spezialisierung im Bereich der BIM-Methode wird den Akteuren auch eine technische Wissensbasis abverlangt, die eine gewisse Datenkompetenz inkludiert.

Im zweiten Schritt wurde Literatur und Normierung zum Thema Informationsmanagement im Bereich des Bauwesens konsultiert (ISO, 2024; Krieger, 2023; Scherer & Schapke, 2014a, 2014b; Schildknecht, 2022b). Bei diesen, also der Normierung sowie der jüngeren Literatur, liegt der Fokus auf dem Informationsmanagement unter der vorausgesetzten Nutzung der BIM-Methode.

Gegenüber gewohnter planbasierter Projektabwicklung sind im Rahmen des Informationsmanagements von Projekten unter Verwendung der BIM-Methode zusätzliche Definitionen nötig. Für die Zusammenarbeit in Projekten sind Akteure, Aufgaben wie Informationsprozesse / Informationslogistik sowie Zuständigkeiten / Kompetenzen mittels Rollen zu definieren (Scherer & Schapke, 2014a). Zudem braucht es eine Architektur eines Informationssystems, also wie zu Beginn des Kapitels erwähnt einen Rahmen, der aufzeigt, welche Informationen, in welcher Qualität, zu welchem Zeitpunkt an welchem Ort sein müssen. In «Informationsmanagement» (Krcmar, 2015b) werden losgelöst von der BIM-Methode eine hierarchische Unternehmensarchitektur der Informationssysteme vorgeschlagen. Dabei werden Anforderungen auf oberster (Unternehmens / Organisationsebene) und unterster

(Anwendungslandschaft) Ebene ersichtlich, inhaltlich stehen jedoch die Daten, Prozesse, Anwendungen sowie die Kommunikation im Zentrum.

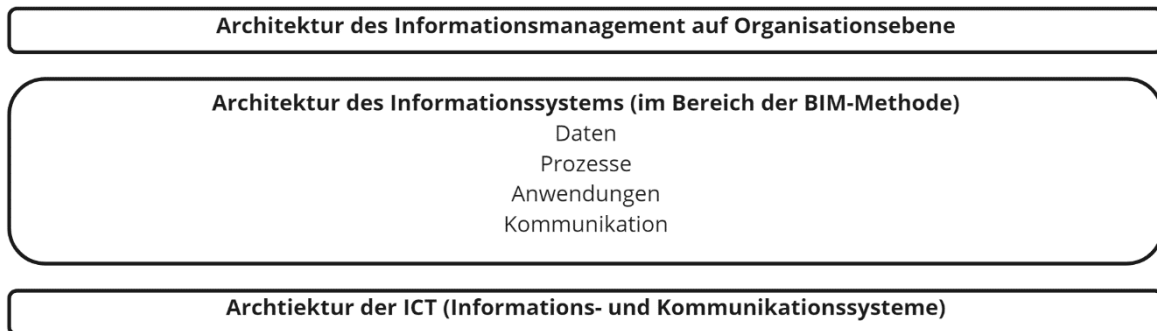


Abbildung 6: Organisationsarchitektur-Ebenen, eigene Grafik, in Anlehnung an (Krcmar, 2015b)

Per Definition ist eine Informationssystem-Architektur eine Abstraktion existierender oder geplanter Informationssysteme (Krcmar, 2015b). Dieser Ansatz der Abstrahierung von Informationssystemen wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit im Bereich der BIM-Methode in modellbildender und visueller Weise angegangen. Im Kontext der BIM-Methode bringt das Informationsmanagement, wie es in der ISO 19650 Reihe (ISO, 2024) geregelt wird, zusätzliche Aufgaben gegenüber der planbasierten Projektabwicklung mit sich. Informationen müssen zwar auch in konventionell abgewickelten Projekten gemanagt werden, was jedoch erfahrungsgemäss aufgrund der Übersichtlichkeit ohne speziell darauf gerichteten Fokus geschehen kann. Der Umfang und die Komplexität des Informationsteils sind in planbasierten und vor allem fragmentiert geführten Projekten im Sinne des Wortes «überschaubar». Normierungen, Dokumentationen und Spezifikationen sind daher, zumindest im Projektalltag, weitestgehend obsolet. Mit der Verwendung der BIM-Methode und der damit einhergehenden Nutzung der ISO 19650 Reihe wird eine zusätzliche Ebene in die Projekte eingeflochten, die direkten Einfluss auf sämtliche Rollen im Projektteam sowie ausserhalb davon betrifft. Die Normierung des Informationsmanagement im Bereich der BIM-Methode beschreibt und visualisiert, nicht zuletzt der inhaltlichen Komponente geschuldet, in abstrakter Weise. Um ein Verständnis aufzubauen, können erklärende Begleitliteraturen unterstützen. Mit dem Kommentar zur ISO 19650 (Krieger, 2023) werden die komplexen Inhalte erläutert, visualisiert und eingeordnet. Es wird festgestellt, dass die neuen, oft als abstrakt empfundene Begriffe, dem Leser erklärt werden müssen. Von den Nutzern hingegen müssen manche Gewohnheiten abgelegt und eine neue Sprache gelernt werden.

3.2.1. Prozessmodellierung

Bauprozesse im Allgemeinen lassen sich aufgrund der vorhandenen Eigenheit der Zielorientierung, der vorhandenen Rollen und Akteure sowie Aktivitäten in Flussdiagrammen darstellen. Eine oft verwendete Notationsart ist BPMN 2.0, die «Business Process Model and Notation» (BPM Offensive Berlin, 2011). In der im Rahmen der Arbeit zitierten Literatur wurde mehrfach auf BPMN-Diagramme gestossen, auch im Bereich des BIM-Kontexts, bzw. im Kontext der BIM-Methode.

Vorteil dieser Modellierungsart ist, dass Prozesse unterschiedlicher Organisationen immer separat modelliert werden (Scherer & Schapke, 2014a). Ein passendes Beispiel für die angestrebte Prozessvisualisierung wurde im «BIM Project Execution Planning Guide» (Messner et al., 2010) gefunden. Die Anwendungsfallvisualisierungen widerspiegeln jedoch einen simplifizierten Ansatz dessen, was im Rahmen der vorliegenden Arbeit erreicht werden soll (vgl. 2.2).

In dieser wurde für die Resultatvisualisierung der Ansatz aus dem «BIM Project Execution Planning Guide» verwendet / übernommen und jeweils um die gemeinsame Datenumgebung erweitert, die parallel zu den Akteuren ihren festen Platz einnimmt. Das Ziel der Prozessmodellierung ist die Visualisierung der infolge der BIM-Methode neu entstehenden Aufgaben / Abläufe im gewohnten Prozessumfeld.

3.2.2. Konzeptuelle Datenmodellierung

In «Informationsmanagement» (Krcmar, 2015b) wird beschrieben, dass die Verwaltung von Daten mithilfe von Datenbanksystemen die Erstellung eines Datenmodells voraussetzt.

Um die Daten von Bauprojekten nach einheitlich fachlichen Kriterien zu strukturieren sowie in Informationssystemen zu verwalten, sind Aggregationsstufen festzulegen. Dies bedeutet, dass nicht sämtliche der Vielzahl an vorhandenen Daten in ihrer möglichen Tiefe im Informationssystem zu führen sind, sondern dass je nach gewünschtem semantischem Umfang sowie fachlicher Detaillierungstiefe entschieden werden kann, welche Informationen über ein DBM in Datenbanken integriert werden sollen (Scherer & Schapke, 2014a). Das Ziel der Datenmodellierung ist die Beschreibung von Organisationsdaten in einem Datenmodell, wobei ferner das Ziel einer Datenbankintegration verfolgt wird.

Die Datenmodellierung hat noch vor der Implementierung von Lösungen im Sinne der Umsetzung in der logischen Entwurfsebene (vgl. Abbildung 7) zu erfolgen. Die zur Verwendung vorgesehenen Daten sind dabei systematisch und vollständig zu modellieren, da spätere Datenmodell Anpassungen grosse Aufwendungen nach sich ziehen können (Krcmar, 2015b).

Über den Lebenszyklus von Bauwerken fallen verschiedene Arten von Informationen an. Neben den direkt dem Bauwerk zuschreibbaren Informationen wie Projektinformationen, Bauplatzinformationen, den eigentlichen Bauwerksinformationen, den Bauteilinformationen sowie den Unterkategorien von Bauteilinformationen fallen auch Prozessinformationen an, die den genannten Ebenen zugeordnet werden können. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde entschieden, zwei Hauptkategorien an anfallenden Daten zu bilden. Zum einen sind es diejenigen mit direktem Bezug zum Bauwerk (Bauwerksinformationen), zum anderen diejenigen, die im Zusammenhang mit dem Prozessdurchlauf der Anwendungsfälle entstehen (Anwendungsfallinformationen). Das Konzept dieser Handhabung wird im Kapitel 4 näher beschrieben.

Die Darstellung der Informationstypen erfolgt als formale systemunabhängige Beschreibung in der Modellierungssprache UML (Unified Modeling Language), die in der Softwareentwicklung zur Visualisierung und Dokumentation von Softwaresystemen verwendet wird. Im Ebenenmodell (vgl. Abbildung 7) befindet sich diese in der konzeptuellen Ebene. Mit der formal definierten visuellen Sprache kann die Schnittstelle zwischen den Baufachleuten sowie IT-Spezialisten abgedeckt werden, da sich die formalen Klassenmodelle in IT-Systemen, also in der logischen Ebene umsetzen lassen.

Im eingeführten Ebenenmodell wird der Übergang von der realen Welt über fachliche und formale Beschreibungen hin zu systemabhängigen Datenstrukturen in einem Computersystem aufgezeigt. Für jede Ebene werden dabei Inhalt, Merkmale, die jeweilige Form oder das Format sowie eine symbolische Visualisierung gezeigt. Grundsätzlich unterscheiden sich die Wissensschwerpunkte der sich mit einer Ebene befassenden Akteure grundlegend. Die Realität ist grundsätzlich für alle Personen interpretierbar. Für eine semantische Beschreibung von bspw. Bauwerken wird Baufachwissen benötigt. Die formale Beschreibung der Bauwerksinformationen in einem konzeptuellen Datenmodell bedarf Modellierungswissen und die logische Umsetzung in IT-Systemen erfordert fachspezifisches Programmierwissen.


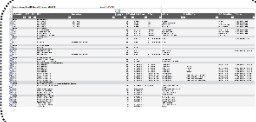
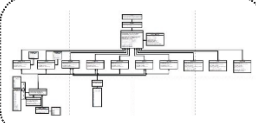

	Inhalt	Merkmale	Form / Format	Symbolisches Beispiel
Realität	Physisches Bauwerk, reelles Projekt	Objekte / Elemente physisch vorhanden	Bauwerk, Bauteile, Bauprojekte	
Semantische Ebene	Semantische Datenbeschreibung	Fachliche Beschreibung	Ohne feste Struktur: - Prosa - Listen - Skizzen	
Konzeptuelle Ebene	Konzeptuelles Datenschema	formale Beschreibung, Systemunabhängig	Formal strukturierte Beschreibung, bspw. in UML	
Logische Ebene	Logisches Datenschema	Systemabhängige Beschreibung	Formal strukturierte Beschreibung, bspw. in XML	

Abbildung 7: Ebenenmodell, eigene Grafik, in Anlehnung an Schildknecht (Schildknecht, 2022a), Symbolbildquellen: Unterführung - swissmodelrail.ch, Fachdatenkatalog - Tiefbauamt Aargau, XML-Beispiel – buildingSMART

Mit UML können Klassendiagramme erstellt werden, welche die Struktur eines statischen Systems abbildet. Es werden Elemente und Beziehungen modelliert. Beispielsweise können in einem DBM die Instanzen Wand 1 – Wand 10 modelliert sein, die im konzeptuellen Datenmodell der Klasse Widerlagerwand zugeordnet werden können. Die Klassenmodellierung eignet sich im Kontext der BIM-Methode in praktischer Weise, da in dieser objektorientiert gearbeitet wird und die Objekte respektive Elemente klassifizierbar sind. Mit der hierarchischen Aufgliederung der Klassen nach Projekt, Bauplatz, Bauwerk, Bauteil und Komponenten von Bauteilen lassen sich Informationen im Klassenmodell modellieren, damit diese in intuitiver Weise menschenlesbar sind. UML eignet sich insbesondere auch zur Visualisierung von fachlichen Aussagen im Datenmodell über die Vergabe von Beziehungstypen sowie Multiplizitäten.

Gegenüber von listenbasierter Modelldatendefinition bietet die formale UML-Datenmodellierung neben der Umsetzbarkeit in der logischen Ebene auch Vorteile bezüglich der Lesbarkeit. Die hierarchisch gegliederte Datenmodellierung ist infolge des visualisierenden Charakters intuitiv verständlich. Für die Datenvisualisierung wurde primär die Literatur UML-Reader herangezogen (Schildknecht, 2019), wobei unterstützend, vorwiegend im Bereich der Syntax von Klassen sowie Beziehungsmodellierung, weiterführende Literatur konsultiert wurde (Glinz, 2003; Kummert & Sagerer, 2019; Rumpe, 2011; Seidl et al., 2015; Van Randen et al., 2016).

Verwendet werden bei der Modellierung die Aspekte der Attribuierung von Klassen, die Spezifikation von Beziehungen zwischen den Klassen sowie die Gruppierung und Strukturierung von Paketen (Kummert & Sagerer, 2019). Übrige Aspekte von UML werden ausgeklammert. Die verwendeten UML-Elemente der Assoziationen, Multiplizitäten, Enumerationen werden direkt anhand der angeführten Beispiele in Kapitel 4.3.1 erläutert.

Das Additionssymbol (+) bezweckt die Beschreibung der Sichtbarkeit als öffentlich (Seidl et al., 2015). Das Ziel der angeführten Merkmale ist die öffentliche Einsehbarkeit, weshalb alle geführten Attribute mit einem Additionssymbol geschrieben werden.

In den Datenmodellen werden die Datentypen string, date, enum, integer sowie double verwendet. Grundsätzlich trägt die Definition des Datentyps eines Attributs zur Klarheit und Präzision des Datenmodells bei (Schildknecht, 2019). Die Datenformate, also beispielsweise in welchem Format eine Datumsangabe erfolgt (dd mm yyyy), wird in den Datenmodellen ausgeklammert und wäre in einer Projektdurchführung zu tätigen.

4. Lösungskonzept / Resultate

Mit den in der Datenerhebung abgeleiteten Schwerpunktthemen / relevanten Faktoren pro Quelle wird versucht, ein Rezept für die eigentliche Herangehensweise an die BIM-Methode zu entwickeln. Auf Vorschlag des extern herangezogenen Beratungsteams wird vom TBA die Pilotierung eines Projektes unter Verwendung der BIM-Methode in der Sektion TBA SG - K verfolgt (vgl. 2.1.3). Die Berücksichtigung von Projekt und übrigen Umfeld sind daher zwingende Voraussetzung bei der Erarbeitung des Lösungskonzepts. Es wurde entschieden, im Rahmen der vorliegenden Arbeit generische Umsetzungsvorschläge auf Organisationsebene auszuklammern und die praktische Umsetzbarkeit im Sinne der projektähnlichen Umsetzung (vgl. 1.4) in den Fokus zu stellen.

Die in der Datenerhebung abgeleiteten Schwerpunktthemen / relevanten Faktoren pro Quelle inkludieren aufgrund der gewählten Datenquellen die heterogenen Aspekte der betrachteten Organisation sowie dem Umfeld. Mit Umfeld wird dabei ein breites Spektrum adressiert. Neben dem Umfeld auf verschiedenen Organisationsebenen sind es das Projektumfeld in- und ausserhalb des BIM-Methodenkontextes, das Marktumfeld etc.

Neben dem gesamten Arbeitsprozess mit dem TBA SG - S+K, also der gemeinsamen Befassung mit der BIM-Methode sowie den möglichen Umsetzungsweisen innerhalb der Organisation, sind die Resultate der vorliegenden Arbeit in unterschiedlichen Schichten angedacht. In der obersten Schicht wird eine Gesamtvisualisierung der darunterliegenden Schichtbestandteilen präsentiert. In den darunterliegenden Schichten werden zum einen die Anwendungsfallprozesse sowie die zugehörigen Anwendungsfallinformationen visualisiert, zum andern auch die Bauwerksinformationen dargestellt. Eine weitere Spezifizierungsschicht der BIM-Methode mittels Anforderungsdokumentationen wird implizit in der zweiten Schicht, in den Anwendungsfallprozessen, mitbetrachtet. Folgend wird die Zuordnung der aus der Datenerhebung abgeleiteten Schwerpunktthemen / relevanten Faktoren aufgezeigt und damit Bezug zu den Resultatschichten hergestellt. Mit dem Lösungsansatz wird angestrebt, dass sämtliche Aspekte aus der Datenerhebungsphase (vgl. Abbildung 1) mitbetrachtet werden. Die Zuordnung zeigt auf, in welcher Resultatschicht die Schwerpunktthemen am ehesten aufgegriffen werden:

Tabelle 4: Zuordnung der in der Datenerhebung abgeleiteten Schwerpunktthemen / relevanten Faktoren pro Quelle (vgl. Abbildung 1) zu den Resultatschichten der vorliegenden Arbeit

Resultatschichten	Gesamt-visualisierung	Anwendungsfall-prozesse	Anwendungsfall-informationen	Bauwerks-informationen
Schwerpunktthemen aus der Datenerhebung				
<i>Quelle: Interviewstudie, durchgeführt im TBA SG</i>				
Datenverfügbarkeit /-qualität /-hoheit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
BIM-Methoden-kompetenz	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Zentrale Datenhaltung & Datenaustausch	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Lebenszyklus	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Konsistente Datenstrukturen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Aufwand / Nutzen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pilotierung von BIM-Projekten	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chancen / Gefahren	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Zusammenarbeit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Quelle: Definition Ziele & Anwendungsfälle TBA SG - K (int. Workshop)				
Ziele	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anwendungsfälle	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informationsbedarf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Prozessplanung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Quelle: Erkenntnisse der Funktionsweise & Anliegen TBA SG (ext. Workshops)				
Diverse Systeme & Datenbanken	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gesamtorganisation BUD	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fachdatenkatalog	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Dauer Projekt-/ Auflagephase	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LOD (LOI / LOG)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ausschreibung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auswertungen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Projektkommunikation	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Quelle: Erkenntnisse aus der Arbeitsweise des TBA SG (bestehende Prozesslandschaft)				
Interne Stellungnahmen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Projektauflage	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auflagen gem. Art. 35	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Early Contractor Involvement (ECI)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bauwerksunterhalt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Quelle: State of the Art Recherche				
Vorlagen vorreitender Akteure (Ziele / BEP / EIR / Use-Cases)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informationsmanagement / Datenmodellierung & -strukturierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Mensch im Zentrum / Kompetenzerweiterung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Projektentwicklungsmöglichkeiten	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Minimale Bedarfsdokumentation Investition auf lange Sicht (>100 Jahre)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

In der Resultatentwicklung wurde versucht, möglichst alle Schwerpunkt-Aspekte gemäss Tabelle 4 mitzubedenken. In Kombination mit den vorhandenen TBA-Prozessen ist die Zuordnung teils schwierig umzusetzen. Mittels einer Zuordnung von Anwendungsfällen zu TBA-Prozessen über die SIA-Phasen sowie der Platzierung von den Schwerpunkt-Aspekten in dieselbe Grafik (vgl. Anhang 6), wurde eine erste Übersicht erlangt.

Per Definition mit den Akteuren des TBA SG - K wurde die SIA-Phase 1 der strategischen Planung für die Bedürfnisformulierung sowie Erarbeitung der BIM-Methodenelemente umgenutzt, da mit den involvierten Akteuren Konsens darüber bestand, dass im Rahmen dieser SIA-Phasen kaum schon mit der BIM-Methode gearbeitet wird, bzw. wenn dies doch der Fall sein sollte, auf die Definitionen der Phase 2, der Studienphase, vorgegriffen werden kann.

Eine wichtige Erkenntnis aus der Auslegeordnung ist das Vorhandensein des Bedarfs von zu tätigen Definitionen für die Projektabwicklung eines Projektes unter Verwendung der BIM-Methode. Da Projektdefinitionen in logischer Weise auf bspw. übergeordneten Organisationszielen abstützen müssen, wird der Definitionsbedarf auf verschiedenen Ebenen ersichtlich. Da die betrachtete Organisationssektion, das TBA SG - K auf organisationshierarchisch unterster Ebene agiert, bestehen zu den übergeordneten Organisationsebenen Abhängigkeiten, die Definitionen bedingen. Im Sinne der in der BIM-Studie vorgeschlagenen Synergienutzung (Righetti Partner Group AG & TBA Kanton St.Gallen, 2023) sind beispielsweise Definitionen hinsichtlich verwendeter Systeme und Software zu tätigen, aber auch profane, wie die Regelung von Fachbereichsübergreifen.

4.1. Definition der BIM-Methodenaspekte

Zur praktischen Umsetzung der BIM-Methode wurden in der betrachteten Organisation sodann die nötigen Definitionen auf den verschiedenen Ebenen angegangen. Im Start- und Zielworkshop (vgl. 2.1.4) wurde erkannt, dass die Betrachtung von Strategie- und Zielausrichtung den Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht unterstützt. Bestehende Definitionen genügen den vorhandenen Ansprüchen (BUD SG, 2022).

Unter Berücksichtigung von verschiedenen Zielebenen wurden als letzte Zielinstanz die Ziele für die Anwendung der BIM-Methode in Anlehnung an die Zielvorlage des Tiefbauamtes des Kantons Zürich (TBA Kanton Zürich, 2023) definiert. Die den Infrastrukturzielen untergeordneten BIM-Methodenziele wurden stichpunktartig zum Zweck der vorliegenden Arbeit definiert, vgl. auch Anhang 2:

- BIM-Kultur
- Planungssicherheit
- Kostensicherheit
- Qualitätssicherung
- Interoperabilität, kurz- und langfristig

Die in der Folge vorgenommene minimale Anwendungsfalldefinition dient der Erreichung der definierten BIM-Methodenziele. Mit der Umsetzung der BIM-Methode könnte eine Vielzahl an zusätzlichen Anwendungsfällen definiert werden. Im Rahmen der gemeinsamen Definition mit dem TBA SG - K wurde bewusst auf eine schlanke Aufsetzung gesetzt, zumal die Ansprüche in einer Projektumsetzung erfahrungsgemäss schon infolge der alleinigen Umsetzung hoch sind und nicht unnötig verkompliziert werden sollen.

In Abhängigkeit der genutzten Bauwerksdatenbanksysteme sowie zukünftiger Ansprüche an Abfrage- und Auswertungsmöglichkeiten sind in den Projekten Informationen in den DBM einzupflegen oder am Projektende in bereinigter Weise aufzubereiten. Wichtig erschien im Rahmen der Definition, dass nicht die möglichen Informationen gesammelt werden, sondern die benötigten.

Zur Umsetzung der einzelnen Anwendungsfälle sind die eigentlichen Ablaufschemas definiert worden, die Prozesse für deren Umsetzung.

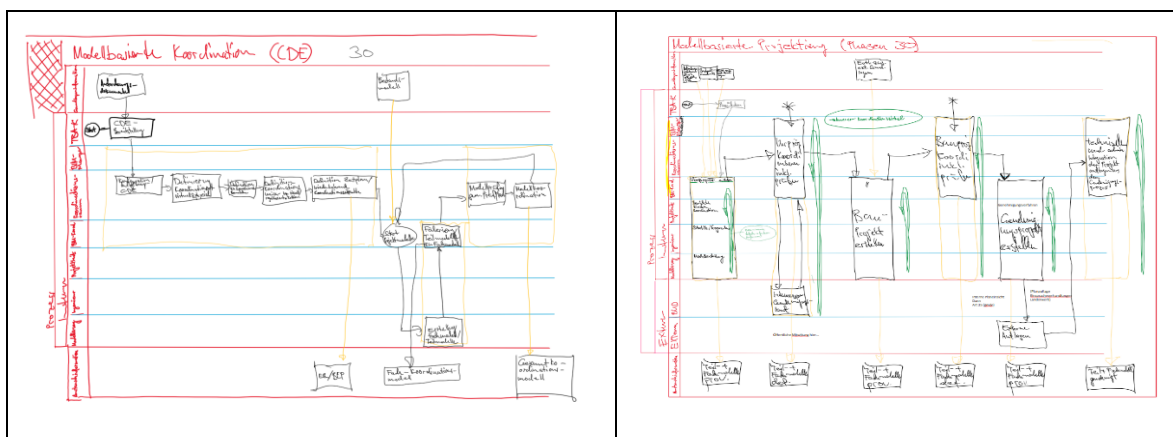
Zusammen mit den Anwendungsfällen gehen im Prozess Informationen mit ein, genannt Anwendungsfallinformationen. Ein Beispiel dafür sind externe Datenquellen. Im Rahmen einer Bestandsmodellierung können beispielsweise Vermessungs- oder materialtechnologische Grundlagen als integrierender Bestandteil inkl. Metainformationen im DBM miteinfließen. Eine Auswahl von üblichen Anwendungsfallinformationen wurde in die Definition mitaufgenommen und wird daher in der Resultatvisualisierung wiedergegeben.

Die Definitionen sind als individuell für das TBA SG - K entworfenes Produkt zu verstehen. Sie sind nicht abschliessend und bei der Verwendung in Projekten zur weitergehenden Verfeinerung vorgesehen.

4.2. Prozessvisualisierung

Für die gemeinsam mit dem TBA SG - K definierten / validierten Anwendungsfälle gem. Anhang 7 wurden skizzenartige Prozessvorschläge gemäss dem in 2.2 eingeführten Rahmen erstellt (vgl. nachfolgende Tabelle 5). In den Flussdiagrammen wurden Prozesse einer möglichen Anwendungsfallabwicklung unter Berücksichtigung des Umfelds visualisiert. Die Visualisierungen erfolgten schon zu diesem Zeitpunkt phasenorientiert entlang der TBA SG - Prozesse und daher in Anlehnung an die SIA-Phasen gemäss Abbildung 3.

Tabelle 5: Symbolartige Darstellung von zwei der insgesamt 15 Entwürfe von Anwendungsfallvisualisierungen, entstanden im Arbeitsprozess, validiert mit den Akteuren vom TBA SG - S+K, eigene Grafiken



Die Erstellung dieser Prozessskizzen war nicht mehr Bestandteil der gemeinsamen Anwendungsfalldefinition, jedoch als vorgelagerter Schritt für die iterative Aufsetzung dessen und als Grundlage für die Validierung für nötig befunden. Die Prozessskizzen wurden dann gemeinsam mit dem TBA SG - S+K validiert und verfeinert, bevor diese in die formal definitive Form gebracht wurden.

Mit dem Start der formalen Prozessbeschreibung in draw.io wurden Legenden inkl. beschreibender Elemente sowie ein initialisierender Prozess eingeführt. Dieser Initialprozess, genannt «Anwendungsfall 0 – Initialisierung / Projektvorbereitung und -aufgleisung», visualisiert den Prozess der Anforderungsdokumentation am Projektstart, konkret die Anwendungsfalldefinition, Prozessdefinition sowie die Definition von Modellinhalten (vgl. nachfolgende Abbildung 8).

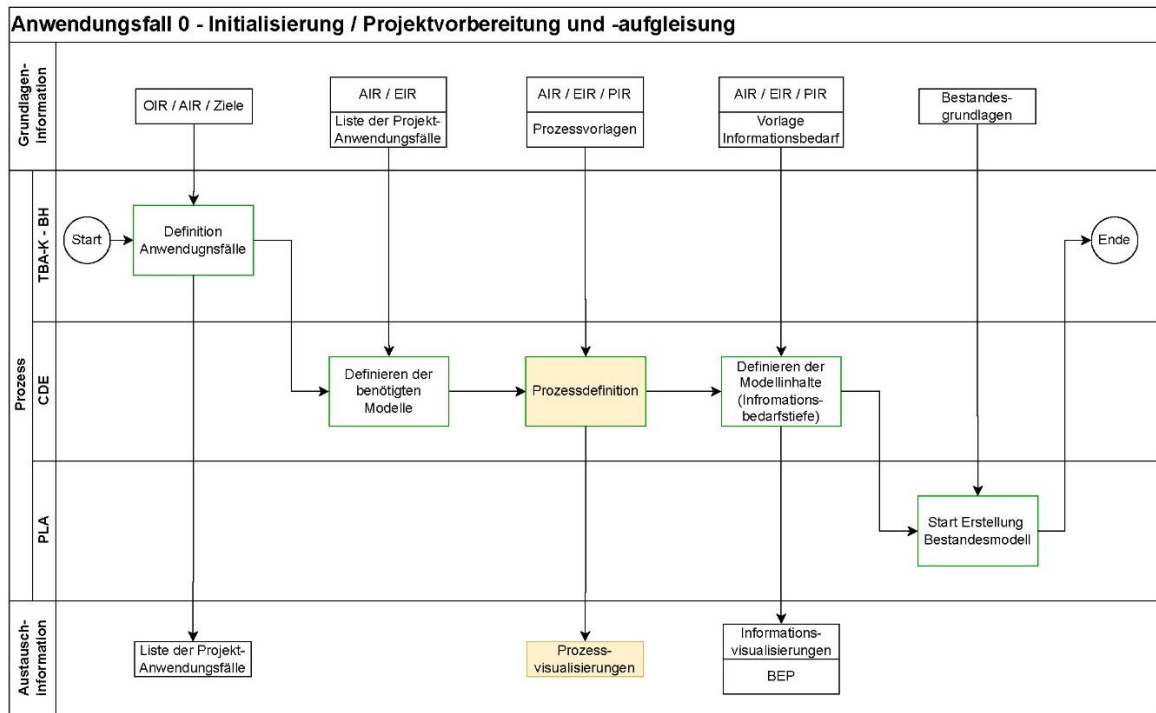


Abbildung 8: Visualisierung des Anwendungsfalls 0 - Initialisierung / Projektvorbereitung und -aufgleisung, eigene Grafik

Den Prozessschritten dienen als Grundlage die auf Organisationsstufe festgelegten Ziel- und Anforderungsdokumentationen. Die im Zentrum der Grafik angeordnete Prozessdefinition (gelb) umfasst dabei den eigentlichen Inhalt dieses Kapitels, die für jeden Projektstart vorgeschlagen wird, solange die Anwendung der BIM-Methode nicht selbsterklärend und breit verstanden ist.

Neben den elf Hautanwendungsfällen wurden vereinzelt untergeordnete Anwendungsfälle visualisiert. In der folgenden Tabelle 6 finden sich die insgesamt visualisierten Anwendungsfallprozesse, die im Anhang 7 als Prozessvisualisierungen ausgewiesen werden.

Tabelle 6: Liste der im Rahmen der vorliegenden Arbeit visualisierten Anwendungsfälle, abgekürzt AwF, inkl. übergeordneter SIA-Phasenzuweisung

AwF 0	Initialisierung / Projektvorbereitung und -aufgleisung
AwF 1	Bestandesaufnahme und -modellierung [SIA-Phasen 30]
AwF 2	Modellbasierte Projektierung [SIA-Phasen 30]
AwF 2.1	Modellbasierte Analyse und Bemessung vom Tragwerk [SIA-Phasen 30 - 50]
AwF 2.2	Modellbasierte Bauablaufplanung [SIA-Phasen 30 - 50]
AwF 3	Modellbasierte Koordination in der gemeinsamen Datenumgebung, CDE [SIA-Phasen 30]
AwF 4	Modellbasierte Mengen- und Kostenermittlung [SIA-Phasen 30]
AwF 5.1	Interne Stellungnahmen [SIA-Phasen 31]
AwF 5.2	Öffentliche Mitwirkung [SIA-Phase 31]
AwF 6	Modellbasierte NPK-Unternehmerausschreibung [SIA-Phase 41]
AwF 7	Modellbasierte Ausführungsplanung [SIA-Phase 51]
AwF 8	Modellbasiertes Aufgaben- und Pendenzenmanagement [SIA-Phasen 30 - 50]
AwF 9	Datenaufnahme der ausgeführten Arbeiten [SIA-Phase 52]
AwF 10	Modellbasierte Abrechnung der ausgeführten Arbeiten [SIA-Phasen 52 + 53]
AwF 11	Modellbasierte Bauwerksdokumentation [SIA-Phase 53]

Im Grundsatz funktionieren die Prozessvisualisierungen der Anwendungsfälle alle gleich. Im Titel wird die Anwendungsfallnummer und der Anwendungsfallname angeführt sowie die zeitliche Verortung mittels Benennung der SIA-Phasenzugehörigkeit angegeben. In der obersten Zeile der Prozessvisualisierung werden im Prozess verwendete Grundlageninformationen genannt, in der untersten Zeile die auch dem Prozess abfallenden Austauschinformationen. Dazwischen findet sich der eigentliche Prozess unter Angabe der verschiedenen Akteure / Rollen in den Zeilen sowie zusammenfassend, ob diese projektintern oder projektextern sind. Speziell ist die Darstellung der gemeinsamen Datenumgebung als separate Zeile, da diese in allen Prozessen als zentrales BIM-Methodenelement betrachtet wird.

Für die intuitive Verständlichkeit der Prozessdiagramme wurde für die Verwendung von zusätzlich eingeführten Symbolen entschieden. Ein Beispiel dafür sind freigebende oder am Rande teilnehmende Akteure, die am Beispiel der nachfolgenden Grafik als Personensymbole dargestellt wurden.

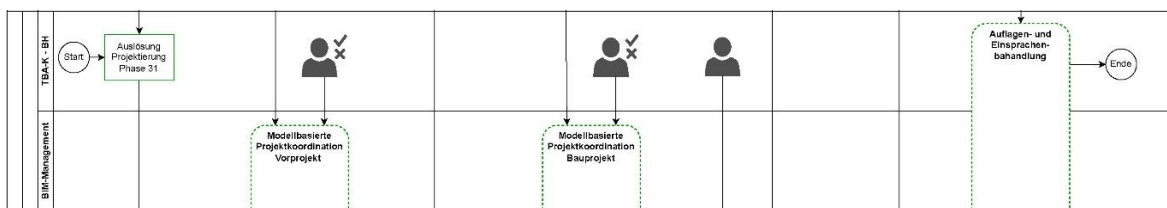


Abbildung 9: Beispiel von zusätzlich eingeführten Akteurs-Symbolen am Anwendungsfall 2, eigene Grafik

Die Bedeutung der genutzten visuellen Inhalte sowie auch die Abkürzungen werden ebenfalls in Anhang 7 in Form einer Prozesslegende wiedergegeben.

Auf die Darstellung von Prozessschleifen wird grundsätzlich bewusst verzichtet, da es auch Sicht des Erstellenden Einfluss auf die Lesbarkeit hat. Ausnahmen bilden die Fälle, wenn die Schleifen für den Prozess eine hohe Relevanz haben und dann explizit hervorgehoben / betont werden.

In den vorgeschlagenen für das TBA SG - K individualisierten Prozessablaufschemata finden sich verschiedene Spezialitäten. Beispielsweise wurden:

- Teilnehmende- und freigebende Akteure / Rollen definiert, die in Prozessschritte involviert werden
- Entscheide getroffen, wie die Einpflegung der BIM-Methodenelemente in bestehende Prozesse erfolgen können (bspw. Art. 35 im Genehmigungsprozess)
- Entscheide getroffen, wie gewisse Projektelemente zum jetzigen Zeitpunkt angegangen werden, (bspw. NPK-Ausschreibung mit Modellverweisen)

4.3. Datenvisualisierung

Die Datenmodellierung auf konzeptueller Ebene erfolgt im Rahmen der Arbeit beispielhaft für den Fall der Kunstbauten. Wie in Kapitel 3.2.2 beschrieben, werden die Kategorien Bauwerks- sowie Anwendungsfallinformationen visualisiert. Die Beschreibung der in der Arbeit getätigten Datenvisualisierung wird exemplarisch an einer Kunstbaute des TBA SG - K vorgenommen.

4.3.1. Bauwerksinformationen

Zweidimensionale Plandarstellungen, ob von manuell oder mittels CAD-gestützter Werkzeuge (ohne Bauteilorientierung) gezeichnet, werden zwecks Verständlichkeit zusätzlich zu den geometrischen Informationen mit weiteren Informationsebenen ergänzt. Möglichkeiten sind direkte Beschriftungen von 2D-Objekten, Legendeneinträge, Semantik verschiedener Linientypen (durchgezogen, gestrichelt & punkt-strichliert) usw. Die Bestrebungen für die geometrische

Darstellung von Bauteilen / Bauwerken in der dritten Dimension hilft dem menschlichen Verständnis, was gewisse der oben genannten Ebenen erübrigt (Borrmann et al., 2021). Die BIM-Methode sieht jedoch in ihrem Kernkonzept die Informierung von Geometrieelementen vor. Den Bauteilen hinterlegte Informationen können in verschiedenster Weise genutzt werden. Offensichtliche Beispiele sind die visuelle Darstellung von Bauteilinformationen auf 2D-Planableitungen, die aus einem 3D Modell abgeleitet werden, oder die Auswertung von Bauteilen hinterlegten Informationen. Datenabfragen in einem DBM können für Erkenntnisgewinne bezüglich Zeit, Kosten, Qualität, Sicherheit etc. durchgeführt werden. Weitere Anwendungen können regelbasierte Modellprüfungen sein, die beispielsweise Geometrien anhand von vergebenen Typisierungen automatisiert gegeneinander prüfen.

Voraussetzung der Datennutzung aus den digitalen Bauwerksmodellen ist die im Sinne der Normierung standardisierte und unter Berücksichtigung von Konventionen und Definitionen bewirtschaftete Informierung der DBM. Nur dann sind Abfragen, Filterungen sowie Sortierungen der DBM-Daten möglich.

Ein gutes Analogiebeispiel für strukturierte Datenhaltung sind Versandhandlungen im Internet. Diese können viele tausende Produkte anbieten, wobei die Übersicht im Online-Shop gewährleistet bleibt. Wird ein neues Produkt ins Sortiment aufgenommen, so wird dieses kategorisiert (Kategorie: Büroartikel), typisiert (Typ: Kugelschreiber), mit einem Preis im entsprechenden Feld versehen, mit einer Beschreibung ergänzt und im besten Fall werden auch noch Spezifikationen in den dafür vorgesehenen Feldern hinzugefügt. Werden die Informationen nun für verschiedene angebotene Kugelschreiber an immer der gleichen Stelle beschrieben, werden die Kugelschreiber miteinander vergleichbar. Einerseits sind die Angebote für das menschliche Auge einfach zu lesen, da sich die für einen Kaufentscheid benötigten Informationen immer an derselben Stelle befinden, andererseits lassen sich die Informationen aber auch computergestützt abfragen. Infolge dieser Abfragemöglichkeiten lassen sich Filter setzen. Beispielsweise möchte nur nach Kugelschreiber gesucht werden, also wird in der Kategorie Büroartikel der Filter beim Typ Kugelschreiber gesetzt. Mit der Sortierungsmöglichkeit können die gefilterten Resultate dann beispielsweise nach dem günstigsten Modell gegliedert werden, was die Entscheidungsfindung für den Kugelschreiberkauf vereinfacht.

Mit dem angeführten Alltagsbeispiel soll aufgezeigt werden, dass strukturiert gehaltene Daten einen Mehrwert schaffen können. Gleichermassen verhält es sich auch mit Bauwerksinformationen. Um zu planen, welche Informationen in Form von Daten für welche Lebenszyklusphase im Modell gespeichert werden sollen, eignen sich Listen nur bedingt. Viele Zusammenhänge können in Listenform nicht oder nur schwer verständlich dargestellt werden. Wie in Kapitel 3.2.2 eingeführt, werden die Bauwerksinformationen im Rahmen der vorliegenden Arbeit in der konzeptuellen Ebene (vgl. Abbildung 6) modelliert / visualisiert.

Die vollständige Visualisierung dieser Bauwerksinformationen findet sich im Anhang 8.

Die Bauwerksinformationen werden dabei in verschiedene Niveaus eingeteilt.

- Projektinformationen
- Bauplatzinformationen
- Informationen auf Niveau Bauwerk
- Bauteilinformationen
- Unterkategorien von Bauteilinformationen

Dieses Konzept findet sich im IFC-Standard (buildingSMART International, 2023) wieder und wird auch von den gängigen Autorensoftware-Werkzeugen unterstützt. In Abbildung 10 werden die in der vorliegenden Arbeit modellierten Klassen mit beispielhaften Klassen gleicher Ebene aus dem IFC-Schema 4.3 verglichen. Zu betonen ist dabei, dass im IFC-Klassendiagramm bei dieser simplifizierten Darstellung aus Verständlichkeitsgründen vordefinierte Ebenen ausgeblendet werden.

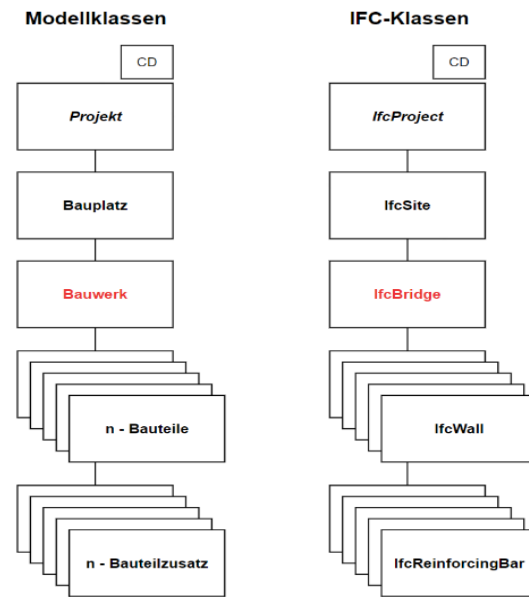


Abbildung 10: Modellklassen im hierarchischen Vergleich mit beispielhaften Klassen gleicher Ebene aus dem IFC-Schema 4.3 (buildingSMART International, 2023) , eigene Grafik

In der Folge werden die verschiedenen Ebenen der in Anhang 8 visualisierten Bauwerksinformationen am Beispiel für eine Kunstbaute, konkret für die Unterführung Dorfeingang in Bütschwil, anhand von Ausschnitten aus dem erstellten UML-Datenmodell erläutert. Im Grundsatz werden für alle Klassen Attribute sowie die Attributtypen ausgewiesen. Hinter den Attributtypen werden in runder Klammer beispielhafte Attributwerte geführt. Für gewisse Klassen werden zudem Aufzählungen (enumeration) angeführt, wodurch mit einer Liste alle Werte gezeigt werden, die ein Attribut annehmen kann (Van Randen et al., 2016).

Projektinformationen

Die hierarchisch höchste abgebildete Klasse ist das Projekt. Auf dieser Ebene werden Projektinformationen geführt. Mit den eingeführten Multiplizitäten werden die fachlichen Aussagen getroffen, dass ein Projekt unendlich viele Instanzen Bauplatz enthalten kann und im Gegenzug dazu ein Bauplatz nur einem Projekt zugehörig sein kann. Ein Beispiel für eine zukünftige Abfragemöglichkeit mit den vergebenen Attributen auf Projektebene wäre, dass alle Projektamen von Projekten ausgegeben werden, die in einem gewissen Zeitraum ausgeführt wurden.

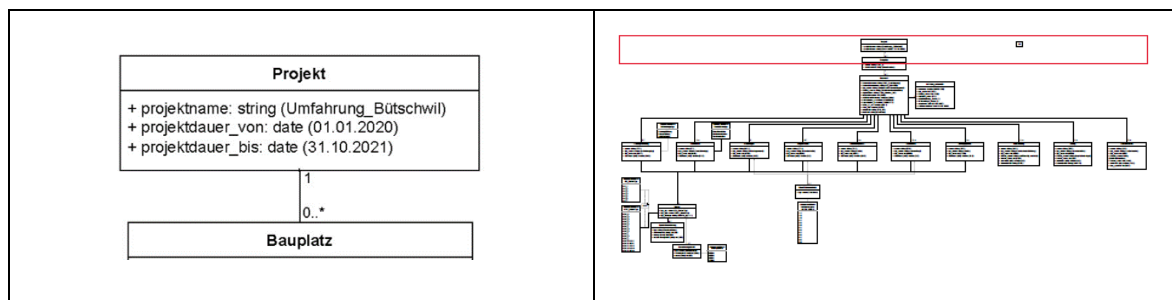


Abbildung 11: Links Klasse Projekt aus dem Datenmodell, inkl. Beispielattributen. Rechts: Verortung im Datenmodell mittels rotem Rahmen in Symbolgrafik, eigene Grafik

Bauplatzinformationen

Mit der hierarchisch zweithöchsten abgebildeten Klasse, dem Bauplatz, wird eine weitere Gliederungsstufe eingeführt, die im Rahmen von Datenabfragen zusätzliche Filter- und Sortiermöglichkeiten bietet. Mit den eingeführten Multiplizitäten werden die fachlichen Aussagen getroffen, dass ein Bauplatz unendlich viele Instanzen Bauwerk enthalten kann. Ein Beispiel für eine zukünftige Abfragemöglichkeit mit den vergebenen Attributen auf Bauplatzebene wäre, dass über verschiedene Baulose alle Bauwerke aus dem Fachbereich Kunstbauten ausgegeben werden.

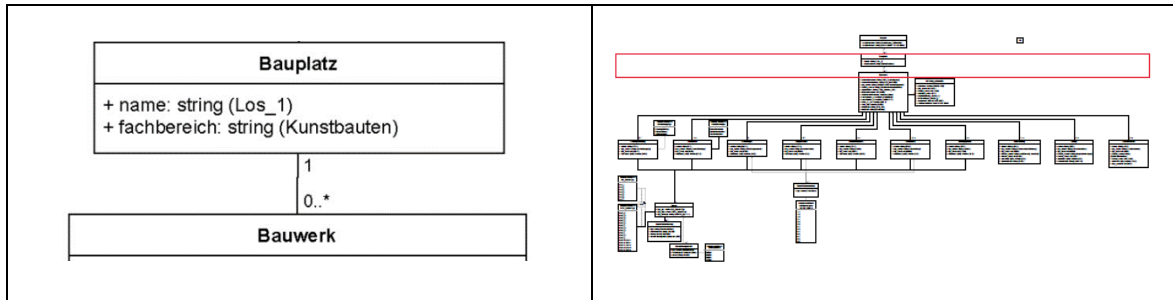


Abbildung 12: Links Klasse Bauplatz aus dem Datenmodell, inkl. Beispielattributen. Rechts: Verortung im Datenmodell mittels rotem Rahmen in Symbolgrafik, eigene Grafik

Informationen auf Bauwerksebene

Die hierarchisch dritthöchste abgebildete Klasse ist das Bauwerk. Mit Blick auf das in Projekten sowie im Unterhalt und im gesamten Lebenszyklus verwendete DBM, ist dies die eigentliche Hauptklasse, die geometrisch abgebildet sowie alphanumerisch informiert wird. Bauwerksinformationen, die zurzeit manuell in das vom TBA-SG verwendete GIS-System eingepflegt werden (vgl. Abbildung 13), könnten infolge der Verwendung von auf Ebene Bauwerk informierten DBM direkt aus diesem abgegriffen werden. In der Praxis würde das bedeuten, dass beispielsweise nach der Projektierung und Umsetzung einer Instandsetzung die veränderte Brückenbreite, die mit der Übergabe des abgeschlossenen Werkes in der Kunstbauten-Datenbank aktualisiert wird, durch das GIS-System übernommen werden. Die GIS-Datenbank bezieht die Informationen direkt aus der ohnehin gepflegten Kunstbauten Datenbank.

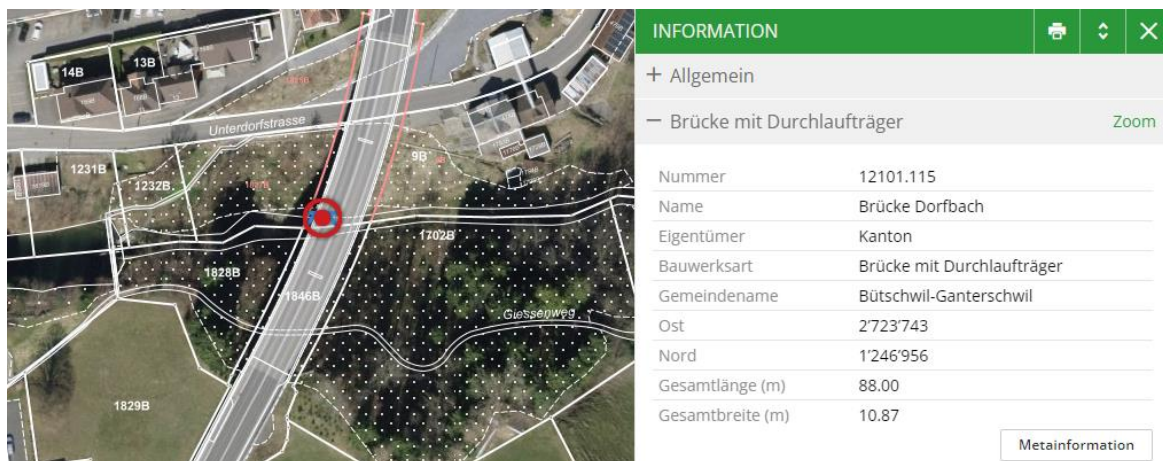


Abbildung 13: Auszug aus GIS-basierter Kunstbautendatenbank, Quelle: www.geoportal.ch – Karte: Kunstbauten Kt SG

Die Bauwerksinformationen liefern die Stammdaten, die sich tendenziell nicht oder nur partiell ändern, wenn ein Bauwerk unterhalten oder instandgesetzt wird (vgl. Abbildung 14). Im Falle eines Neubaus werden die Daten initial erfasst, im Falle eines Abbruchs werden die Daten gelöscht und im Falle eines Ersatzbau ist das Datenbankseitige Vorgehen abzuwägen, also ob die vorhandenen Stammdaten des betroffenen Bauwerks ersetzt oder das Bauwerk gelöscht und ein neues erfasst

wird. Mit den eingeführten Kompositionen (ausgefüllte Raute, vgl. Abbildung 14, unterhalb der Klasse Bauwerk) zu den Bauteilen wird die fachliche Aussage getroffen, dass ein Bauteil innerhalb der Datenbank nur zusammen mit dem übergeordneten Bauwerk existieren kann. Somit ist die Multiplizität auf Seite des Bauwerks eins, was bei Kompositionen in der Teil-Ganzes-Beziehung per Definition festgelegt ist. Wird in der Datenbank das Bauwerk gelöscht, werden daher infolge der Komposition die Bauteile automatisch mit aus der Datenbank entfernt.

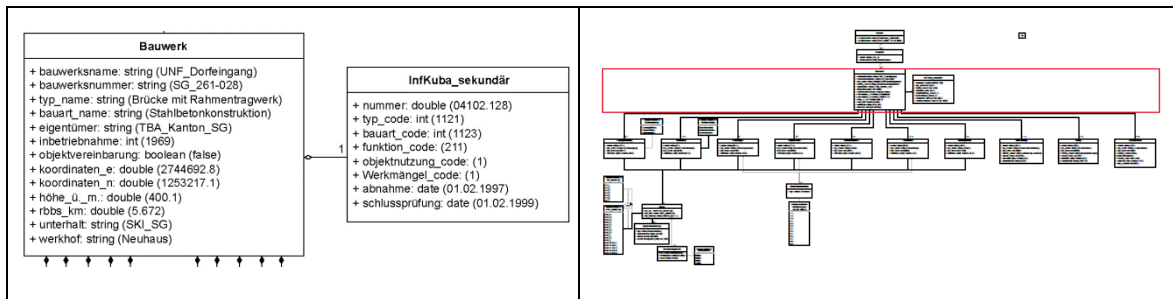


Abbildung 14: Links Klasse Bauwerk sowie aggregierte Klasse InfKuba_sekundär aus dem Datenmodell, inkl. Beispielattributen. Rechts: Verortung im Datenmodell mittels rotem Rahmen in Symbolgrafik, eigene Grafik

Die ausgewählten Attribute, die in der Klasse Bauwerk geführt werden, finden sich allesamt in der Kunstbauten-Datenbank des TBA Kant. St. Gallen, im proprietären InfKuba (vgl. 2.1.3). Aus Gründen der Lesbarkeit wird auf demselben hierarchischen Niveau, also auf Bauwerksebene, eine weitere Klasse mit dem Namen InfKuba_sekundär assoziiert. Die mittels einer Aggregation (unausgefüllte Raute, vgl. Abbildung 14) assoziierte Klasse ist aufgrund der auf der Teilseite eingeführten Multiplizität von 1 für jedes erfasste Bauwerk vorhanden. Die gegenüber der Komposition etwas schwächere Aggregation sagt fachlich explizit aus, dass in der Datenbank ein Bauwerk mit den Attributen der Klasse InfKuba_sekundär erfasst werden kann, ohne dass die Klasse Bauwerk erfasst ist. Oder im Gegenzug, dass die Klasse Bauwerk gelöscht werden kann und die Klasse InfKuba_sekundär weiterhin in der Datenbank existieren kann.

Bauteilinformationen

Die Ebene der Bauteilklassen visualisiert im Falle einer Kunstbaute direkt die Bauteile. Im Sinne der Datenbankorientierung wird für die Modellierung von DBM innerhalb von Projekten eine Bauteilstruktur vorgegeben. Im angeführten Beispiel (vgl. Abbildung 15) werden im Hinblick auf eine Datenbankintegration die wichtigsten Datenbankinformationen für Bauteile aufgeführt. Dies bedeutet nicht, dass schon bspw. während eines Instandsetzungsprojektes solche Datenbankinformationen zu bewirtschaften sind, sondern dass diese zum Zeitpunkt der Bauwerksübergabe, also für die Bauwerksübergabe aus dem Projekt zuhanden der Bauherrschaft, erfolgen muss. Im Rahmen der Projektierung und Realisierung von Bauvorhaben zu bewirtschaftende Informationen fallen teilweise auch der Kategorie der Anwendungsfallinformationen zu (vgl. 4.3.2), wobei diese im Datenmodell auf allen Hierarchieebenen anfallen können.

Mit der eingeführten Multiplizität wird im angeführten Beispiel die fachliche Aussage getroffen, dass dem Bauwerk, sofern Tiefengründungen vorhanden sind, mindestens deren zwei oder mehr Instanzen vorhanden sein müssen. Mit der Komposition gegenüber der darunterliegenden Ebene (Materialisierungsebene, vgl. Abbildung 16) wird die Vorgabe gemacht, dass die Materialisierung einer Tiefengründungsinstanz zugehört und in der Datenbank nicht ohne eine Bauteilinstanz existieren kann. Mit der <<enumeration>> werden im Beispiel mittels einer Listenauzählung mögliche Werte, hier Gründungstypen, ausgewiesen, die das Attribut `typ_name` annehmen kann.

Ein Beispiel für eine zukünftige Abfragemöglichkeit mit den vergebenen Attributen auf Bauteilebene wäre, dass über alle vorhandenen Bauwerke (Kunstabauten) diejenigen mit Tiefengründungen des Gründungstyps Jettingsäulen ausgegeben werden.

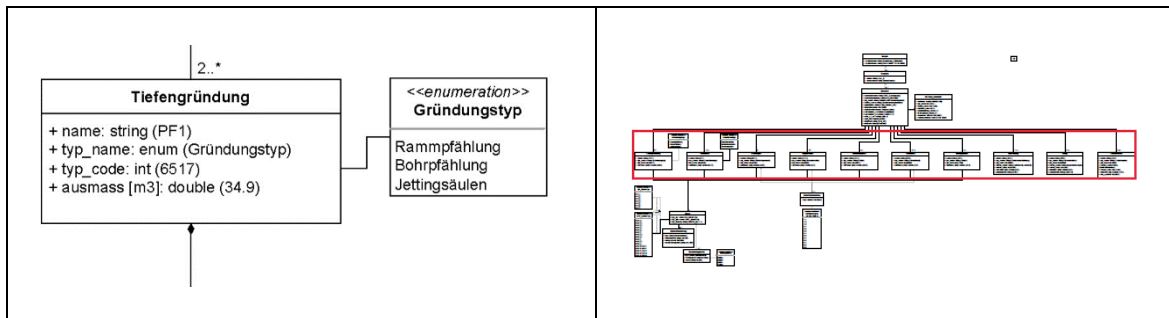


Abbildung 15: Links Klasse Bauteil sowie Aufzählungsklasse Gründungstyp aus dem Datenmodell, inkl. Beispielattributen. Rechts: Verortung im Datenmodell mittels rotem Rahmen in Symbolgrafik, eigene Grafik

Unterkategorien von Bauteilinformationen

Als erste Unterkategorie der Bauteilinformationen wird die Materialisierung angeführt (vgl. Abbildung 16). Im Grundsatz könnte die Materialisierung auch als Attribut auf Bauteilebene geführt werden. Im vorliegenden Fall einer Stahlbetonunterführung des TBA SG - K erscheint es jedoch sinnvoll, die Klasse Beton mittels einer Komposition am Bauteil anzuhängen. Grund dafür ist, dass zurzeit im TBA SG - K amtseigene Betonsorten (TBA Kanton St. Gallen, 2022) verwendet werden. In Ausnahmen kann es jedoch auch vorkommen, dass NPK-Betonsorten oder übrige, auch ausländische Betonsorten zur Verwendung kommen. Um diese Fälle modelltechnisch abdecken zu können, werden die Enumerationslisten NPK_BetonTyp sowie SG_BetonTyp eingeführt, von denen mittels dem exklusiven Entscheidungsoperator XOR für eine Sorte entlang der Listenaufzählung entschieden werden kann. Alternativ wird dem Attribut `typ_uebrige` ein beliebiger Wert vergeben, beispielsweise ein Betontyp aus der österreichischen Norm.

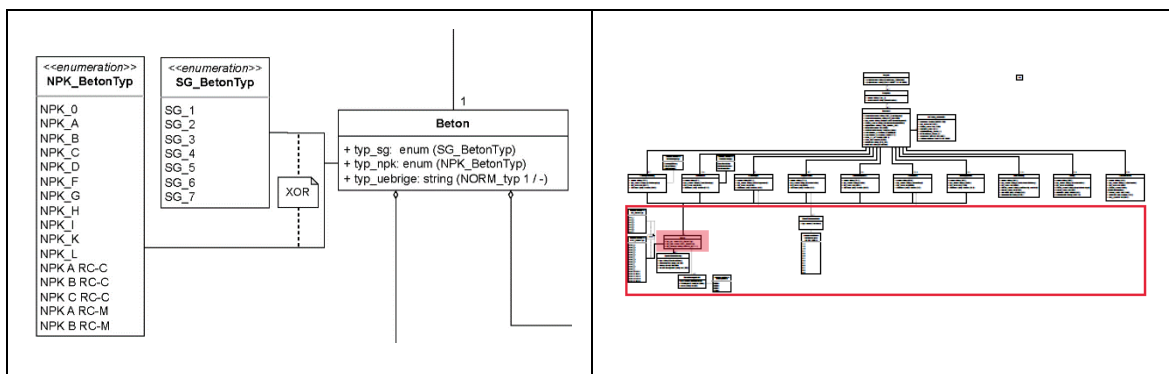


Abbildung 16: Links Klasse Beton sowie Aufzählungsklassen NPK_BetonTyp und SG_BetonTyp aus dem Datenmodell, inkl. Beispielattributen. Rechts: Verortung im Datenmodell mittels rotem Rahmen / roter Überlagerung in Symbolgrafik, eigene Grafik

Ein weiterer Grund für die Modellierung der Klasse Beton als eigenständige Klasse ist die Bewehrung, die physisch innerhalb des Betons angeordnet ist und als zusätzliche Klasse an die Klasse Beton aggregiert wird (vgl. Abbildung 17). Der Assoziationsstyp Aggregation wird auch der fachlichen Überlegung gewählt, dass Bewehrungen mehrere Betonbauteile durchdringen können, dadurch bei einer Instandsetzung beispielsweise Betonbauteile mit Höchstwasserdruck zurückgebaut werden können und die Bewehrung bestehend bleibt. Die Assoziationsumsetzung im Datenmodell mittels Aggregation erlaubt es dem späteren Anwender das Betonteil zu löschen / ersetzen mit der Wahl, ob die Bewehrung verbleibt oder mitgelöscht / mitersetzt werden soll. Mit den eingeführten Multiplizitäten wird im angeführten Beispiel die fachliche Aussage getroffen, dass

der Konstruktionsbeton dieses Bauwerks bewehrt sein muss und Spezialbewehrungen enthalten kann. Der Bewehrungsstahl entspricht dabei einem in der Enumerationsliste vorgeschlagenen Werte.

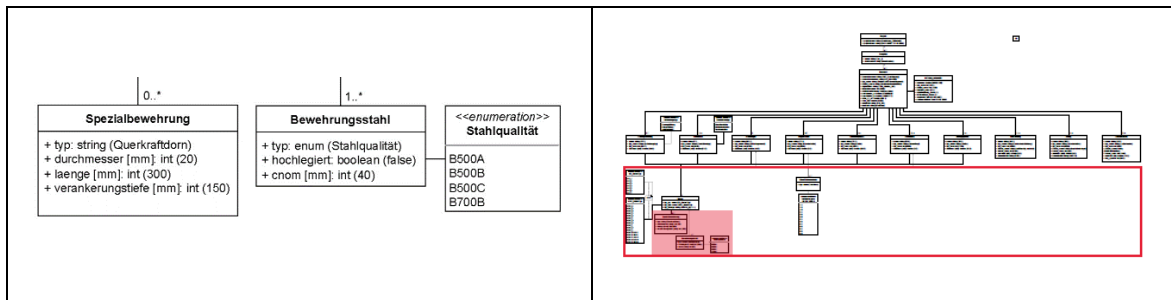


Abbildung 17: Links Bewehrungsklassen sowie Aufzählungsklasse Stahlqualität aus dem Datenmodell, inkl. Beispielattributen. Rechts: Verortung im Datenmodell mittels rotem Rahmen / roter Überlagerung in Symbolgrafik, eigene Grafik

Ebenfalls hierarchisch unterhalb der Bauteilklassen wird die Klasse Oberflächenschutz geführt (vgl. Abbildung 18). Diese Schutzfilme oder -beschichtungen werden mit den Bauteilen assoziiert, die gegenüber direktem oder indirektem Chlorideintrag exponiert sind oder gegenüber Karbonatisierung geschützt werden sollen. Im Datenmodell wurden via gesetzter Multiplizitäten die fachlichen Entscheide getroffen, dass die Bauteile Widerlager, Flügelmauern sowie Randborde einen Oberflächenschutz erhalten. Die Verfahrensart hat dabei einem Normierungsverfahren zu entsprechen, welches in der Enumerationsliste geführt wird.

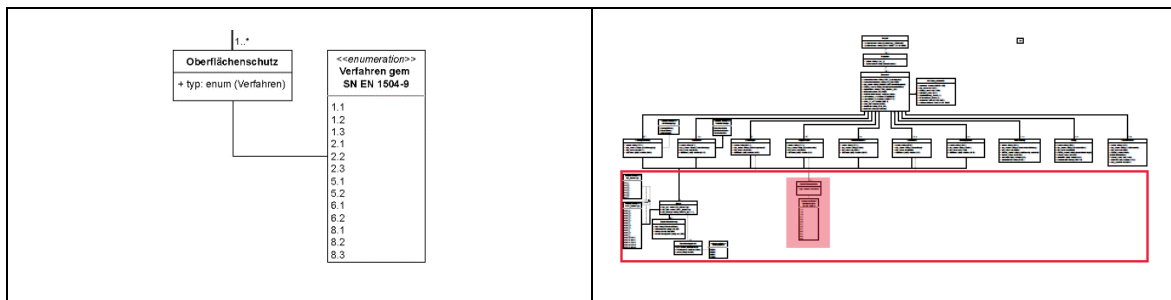


Abbildung 18: Links Klasse Oberflächenschutz sowie Aufzählungsklasse der Verfahren aus dem Datenmodell, inkl. Beispielattributen. Rechts: Verortung im Datenmodell mittels rotem Rahmen / roter Überlagerung in Symbolgrafik, eigene Grafik

4.3.2. Anwendungsfallinformationen

Mit dem Durchlaufen von Anwendungsfallprozessen, wie diese in 4.2 dokumentiert werden, fallen neben den in 4.3.1 beschriebenen Bauwerksinformationen zusätzliche Informationen an. Diese können als verschiedene Typen anfallen. Am Beispiel der Bestandsaufnahme und -modellierung wird dies in der Folge erläutert. Zur initialen Bestandsmodellierung in einem Projekt werden verschiedene Informationsquellen herbeigezogen. Zur Modellierung der geologischen Verhältnisse könnte ein geologischer Bericht genutzt werden, woraus die für das Modell relevanten Geologieinformationen entnommen werden und diese geometrisch sowie alphanummerisch im entsprechenden Modellelement integriert werden. Zwecks Nachvollziehbarkeit kann dem Modellelement nun die alphanumerische Information der Dokumentenreferenz mitgegeben werden. Diese kann allgemeine Metadaten wie Informationen zum Berichtsdatum und Berichtersteller enthalten. Ergänzend kann über die Metadaten des Modellelementes auch die direkte Verlinkung zum Originaldokument hergestellt werden, welches in der gemeinsamen Datenumgebung abgespeichert wird.

Die in UML modellierten Beispielklassen für die vorgeschlagenen Anwendungsfälle finden sich in Anhang 9, inkl. Beispielattributen sowie Beispielattributwerten. Im digitalen Bauwerksmodell können diese Informationen auf den verschiedenen Informationsebenen (vgl. 4.4.1) zugeordnet werden. Erläuternd werden die Anwendungsfallinformationen aus Anhang 9 in der folgenden Tabelle 7 aufgegriffen und Beispiele für die verschiedenen Anwendungsfallinformationsklassen den Modellebenen zugeordnet. Die Tabelle erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, doch soll sie einen fachlichen Überblick bezüglich der vorgeschlagenen Herangehensweise vermitteln. Abhängig der Wichtigkeit der beabsichtigten fachlichen Aussage werden in den Beispielen mehr oder weniger Attribute angeführt. Grundsätzlich werden nur Informationen aufgenommen, die im Rahmen des Anwendungsfall-Prozessdurchlaufes die Zielerreichung unterstützen. Es geht wieder nicht um die Menge der Informationen, sondern um deren gezielte Aussagekraft.

Tabelle 7: Klassen, Beispiele sowie Modellzuordnung von Anwendungsfallinformationen

	Klasse	Beispiel	Modellzuordnung
AwF 0	Initialisierung / Projektvorbereitung und -aufgleisung		
	Dokumentenreferenzen	Prozessvisualisierung	Projektebene
AwF 1	Bestandesaufnahme und -modellierung		
	Grundlagen	Hydrologische Grundlagen	Modellelement GWSp
	Erhebungen	Materialtechnologie	Modellelement Bauteil
	Vermessung	Terrainvermessung	Modellelement Terrain
AwF 2	Modellbasierte Projektierung		
	Dokumentenreferenzen	Technischer Bericht	Bauwerksebene
AwF 2.1	Modellbasierte Analyse und Bemessung vom Tragwerk		
	Grundlagen	Baugrundkennwerte	Modellelement Bauteil
	Einwirkungen	Verkehrslasten, LM1	Modellelement Bauteil
	Dokumentenreferenzen	statische Nachweise	Bauwerksebene
AwF 2.2	Modellbasierte Bauablaufplanung		
	Bauablauf	Aufgaben ID	Modellelement Bauteil
AwF 3	Modellbasierte Koordination in der gemeinsamen Datenumgebung, CDE [SIA-Phasen 30]		
	Materialisierung	Beton	Modellelement Bauteil
	Quantität	10 m ³	Modellelement Bauteil
AwF 4	Modellbasierte Mengen- und Kostenermittlung		
	Dokumentenreferenzen	Mengengerüst	Bauwerksebene
	Dokumentenreferenzen	Referenz-Kostendaten	Bauwerksebene
	Dokumentenreferenzen	Kostenschätzung	Bauwerksebene
AwF 5.1	Interne Stellungnahmen		
	Publizierte Informationen	Materialisierung Beton	Modellelement Bauteil
	Kommentar	Waldabstand < 20 m nicht zulässig	Modellelement
	Dokumentenreferenzen	Kommentarliste	Bauwerksebene
AwF 5.2	Öffentliche Mitwirkung		
	Publizierte Informationen	Materialisierung Beton	Modellelement Bauteil

	Kommentar	wäre nicht besser, man würde die Linienführung...	
	Dokumentenreferenzen	Kommentarliste	Bauwerksebene
	Dokumentenreferenzen	Mitwirkungsbericht	Projektebene
AwF 6	Modellbasierte NPK-Unternehmerausschreibung		
	Publizierte Informationen	Materialisierung Beton	Modellelement Bauteil
	Dokumentenreferenzen	Leistungsverzeichnis	Bauwerksebene
	Ausschreibung	NPK-Modellverweis	Dokumentenreferenz LV- auf Niveau NPK-Position
AwF 7	Modellbasierte Ausführungsplanung		
	-	-	-
AwF 8	Modellbasiertes Aufgaben und Pendenzenmanagement		
	Aufgaben	Infolge Kollision	Modellelement
AwF 9	Datenaufnahme der ausgeführten Arbeiten		
	PLA_Aufnahmen	Vermessung EW-Leitungsverlauf	Modellelement
	UN_Aufnahmen	Vermessung Grabensohle	Modellelement
AwF 10	Modellbasierte Abrechnung der ausgeführten Arbeiten		
	BL_Abrechnung	Abrechnungsstatus	Modellelement
AwF 11	Modellbasierte Bauwerksdokumentation		
	Dokumentenreferenzen	Rotstiftunterlagen	Modellelement

4.4. Gesamtvisualisierung

Aus Kapitel 4.1 geht hervor, dass zur Erreichung von Zielen Anwendungsfälle, Prozesse, Bauwerks- und Anwendungsfallinformationen zusammengebracht werden müssen. Zur Vereinfachung der Kommunikation und zur Wahrung der Übersicht wurde entschieden, diese losen BIM-Methodenbestandteile in einer Gesamtvisualisierung in Zusammenhang zu bringen. Zumal in Projekten unter der Verwendung der BIM-Methode gegenwärtig die Wahrscheinlichkeit hoch ist, dass Projektmitglieder ohne Methodenkenntnisse involviert sind, bietet sich eine Gesamtvisualisierung an, um ein gemeinsames Verständnis bezüglich der zusätzlich infolge der BIM-Methode anfallenden Projektbestandteile zu visualisieren. Wichtig scheint an dieser Stelle zu erwähnen, dass innerhalb der visualisierten Kategorien in Projekten zusätzliche Bestandteile der BIM-Methode definiert werden, beispielsweise die mit der BIM-Methode im Zusammenhang stehenden Informationsanforderungen (Bauen digital Schweiz / buildingSMART Switzerland, 2022).

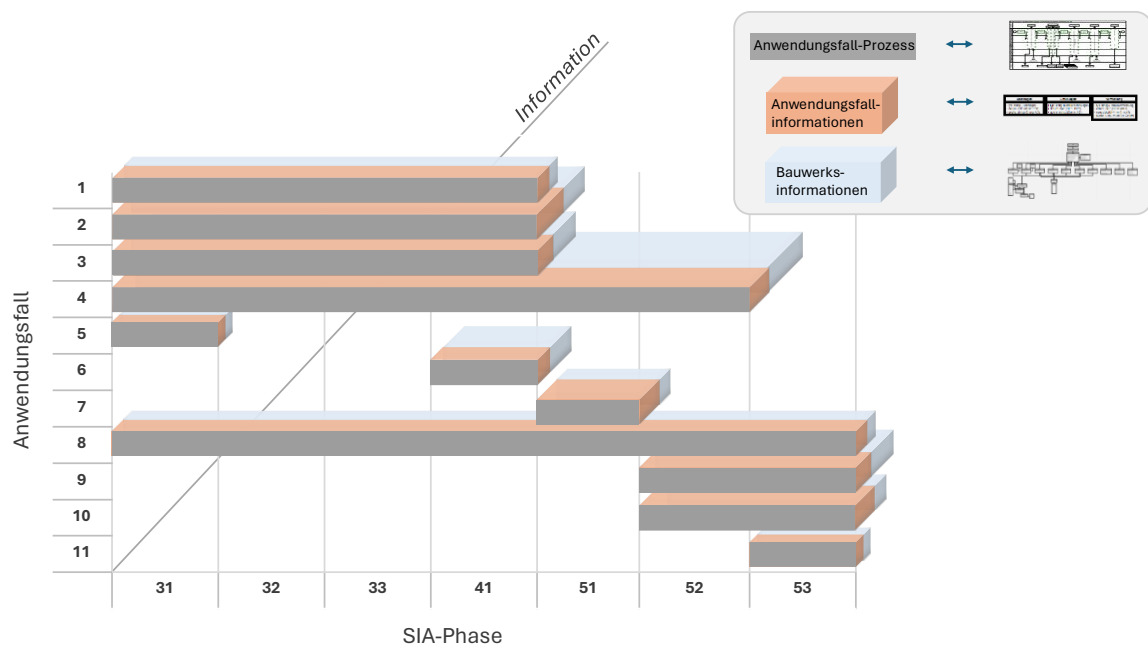


Abbildung 19: Gesamtvisualisierung der Anwendungsfallprozesse, der Anwendungsfallinformationen sowie der Bauwerksinformationen, inkl. symbolischer Zuweisung der Informationstypen in der Legende, eigene Grafik

Die Grafik der Gesamtvisualisierung (vgl. Abbildung 19 sowie Anhang 10) bringt die Anwendungsfälle bzw. die damit einhergehenden Prozessabläufe im Zusammenhang mit den jeweiligen SIA-Phasen im übergeordneten Sinne zusammen. Visualisiert werden die elf mit dem TBA-SG K definierten Anwendungsfälle. Das Ziel ist eine einfach verständliche und übersichtliche Darstellung der essenziellen Methodenbestandteile. Im Hintergrund befinden sich die dem Anwendungsfallprozess zugehörigen und davon abhängigen Informationskategorien, die Anwendungsfall- sowie die Bauwerksinformationen. Die Gesamtvisualisierung erhebt keinen Anspruch auf die quantitative Visualisierung des Informationsgehaltes sowie der Informationstiefen. Vielmehr soll qualitativ die Variabilität der Informationsmenge aufgezeigt werden. Die Informationsmenge ist abhängig von den angestrebten Zielen, der Anwendungsfalldefinition sowie dem nötigen Informationsgehalt der DBM. Im Sinne der ISO 19650-1 (SN EN ISO 19650-1, 2018) fallen zwar in Projekten über deren zeitlichen Verlauf immer mehr Informationen an, im DBM können und sollen sich die Informationen im Sinne der in «Informationsbedarfstiefe - Konzepte und Definitionen» (ISO 17412-1, 2020) vorgeschlagenen «Berücksichtigung der Anwendungsziele», bspw. bei Phasenübergängen, auch reduzieren.

5. Diskussion

5.1. Reflexion

Wie schon der Titel der Arbeit aussagt, werden mit der vorliegenden Arbeit relevante Faktoren bei der Umsetzung der BIM-Methode in einer öffentlichen Organisation unter Berücksichtigung des Umfeldes untersucht. Die erkannten relevanten Faktoren werden bewusst nicht in Kapitel 4, zusammen mit den Resultaten aufgeführt, da diese nicht direkt wissenschaftlich mit Referenzen belegt werden, sondern auf subjektiven Erkenntnissen der im Rahmen der Arbeit involvierten Akteure beruhen. Relevante Faktoren finden sich daher in der Reflexion wieder. Über den Verlauf der Bearbeitung der vorliegenden Arbeit wurde der Schwerpunkt aufgrund von Erkenntnissen in der partnerschaftlichen Zusammenarbeit mit der betrachteten Organisationssektion, dem TBA SG - K, leicht verschoben. Zusätzlich zur Aufsetzung des TBA SG - K Datenmodells der Anwendungsfall- sowie Bauwerksdaten war die Erstellung des Datenmodells mit denselben Daten im IFC 4.3 Schema sowie eine Zuordnungsvisualisierung (Mapping) der Klassen und Attributen vorgesehen. Der Fokus hat sich im frühen Stadium der Bearbeitung in Richtung der BIM-Methodenverortung in die bestehenden Prozesse verlagert. Ausschlaggebend dafür waren Erkenntnisse aus der Interviewstudie, wobei eine sehr technische Herangehensweise an die BIM-Methode als akademisch oder gar abschreckend empfunden wird. Jüngere Mitarbeitende, optimistische oder grundsätzlich progressive / technologieinteressierte Akteure gehen dabei noch einfacher mit der in Projekten zusätzlich einzuführenden Komplexitätsebene um.

Planbasiertes Planen und Bauen ist eine schwierige Aufgabe, deren Komplexität mit fortschreitenden technologischen Entwicklungen steigt. Erfahrene Akteure möchten junge Akteure in Ihrem Fachbereich mitnehmen und Fachkräfte ausbilden können. Viele Fehler, die im planbasierten Planen und Bauen zum Vorschein kommen, könnten bereits mit den Vorteilen der dreidimensionalen Repräsentation im DBM rechtzeitig erkannt und behoben werden. Problematisch wird es an diesem Punkt, wenn einem Projekt zusätzlich zu den üblichen Projektanforderungen noch einmal mindestens so viele Anforderungsdokumente und -kataloge aus der BIM-Methode beigefügt werden. Zum einem dem zusätzlichen Umfang geschuldet, zum anderen jedoch auch dessen Inhalt. Schwerfällig dokumentierte Anforderungen werden grundsätzlich von digitalaffinen Personen geschrieben, welche mit der technischen-Materie in gutem Masse vorbefasst sind. Für eine mit der BIM-Methode noch unbefasste Fachperson, die grosse Erfahrung und daher hohe Fachlichkeit im Infrastrukturbau ausweist, können die zusätzlichen Anforderungsdokumentationen abschreckend wirken. Überfordern solche Projektbestandteile die erfahrenen Akteure, können diese im Rahmen der Projektabwicklung die Ausbildung von jungen Fachkräften nicht gewährleisten. Die BIM-Methode stösst dann auf Ablehnung, deren Umsetzungschancen sinken. Zusammen mit einer Technologieeinführung können auch Ängste miteinhergehen.

Mithilfe von dem in der Arbeit vorgeschlagenen Lösungsansatzes wird genau dieser Problematik begegnet. Mit dem Niederschreiben von Zielen sowie den technisch zwingend benötigten Modellinhalten für vorgegebene Zeitpunkte wird der Anspruch verfolgt, dass Projektteams durch die zusätzlich im Projekt eingeführte BIM-Methodenebene nicht überfordert werden.

Im Sinne der partnerschaftlichen Entwicklung eines möglichen Vorgehens bei der Umsetzung der BIM-Methode im TBA SG - K wurde bei null mit der Definition von Zielen auf verschiedenen Ebenen begonnen, die nötigsten / minimalen Anwendungsfälle definiert, damit die BIM-Methodenumsetzung schon in einer Pilotierungsphase einem Mehrwert mit sich bringen kann. Die Definition von Anwendungsfällen wird, zumindest in der Pilotierungsphase, als Hilfestellung am

Anfang erachtet. Hat sich die BIM-Methodennutzung einmal etabliert, werden die Definition von Lieferobjekten anstelle von Anwendungsfällen als zielführend erachtet.

Weiter wurden Prozesse und Bauwerksinformationen sektionsspezifisch visualisiert, wobei die Prozesse auch für Strassenbauprojekte adaptiert werden können. Die Entwicklung dieser genannten Grundlagen benötigt in Zusammenarbeit ein Mehrfaches an Zeitaufwand als eine eigenständige Definition. Die gemeinsame Befassung mit der Thematik steigert jedoch auch das gemeinsame Verständnis sowie das gegenseitige Vertrauen. Trotz in der Arbeit für eine Projektpilotierung nicht vollständig abgeschlossenen Dokumentation, konnten organisationsspezifische Eigenheiten bis in tiefe Detailebenen diskutiert und das gemeinsame Verständnis gegenüber der Thematik verbessert werden.

Mit der Einführung der Gesamtvisualisierung (vgl. Kap. 4.4) der Lösungsbestandteile wird die Möglichkeit verfolgt, die BIM-Methodeninhalte innert einer Minute an nicht vorbefasste Akteure, bspw. neue Projektmitarbeitende, erklären zu können. Natürlich wird mit der eingeführten Grafik eine Übersimplifizierung gegenüber der Methode vorgenommen, wobei die weiteren visuellen Bestandteile der Prozess- und Datenvisualisierung ebenfalls in visueller Weise herangezogen werden können und einfach erklärbar sind. Über die Prozessvisualisierungen werden dann auch die BIM-Methodenbestandteile der Informationsanforderungsdokumentationen verortet. Bewusst wird dabei auf den Zugang zu sämtlichen BIM-Methodenbestandteilen verzichtet, um im Rahmen der derzeitigen Pilotierungsphase mit möglichst geringer Komplexität einen möglichst grossen Mehrwert aus der BIM-Methode herauszuholen, der in einfacher Weise an Akteure zu vermitteln ist. Die technischen Anforderungen in einem Projekt, das mit der BIM-Methode abgewickelt wird, bedürfen in der Umsetzung entsprechendes Fachwissen. Die Aufsetzung sowie der Unterhalt von Systemen erfolgt durch entsprechend befähigtes / spezialisiertes Personal, wodurch für die übrigen Projektakteure Methodenkenntnisse im Bereich der ihnen zugeordneten Rollen genügen.

Im Rahmen der Interviewstudie wurde erkannt, dass die BIM-Methode in gewissem Masse ein Akzeptanzproblem hat. Interessanterweise besteht dieses Akzeptanzproblem noch vor einer eigentlichen Einführung der BIM-Methode in der Organisationssektion. Zurückhaltung und Zweifel gegenüber der BIM-Methode stammen von Erfahrungsberichten dritter oder der Flut von kaum noch einortbaren Informationen, die an Akteure aus der Baubranche herangetragen werden.

Die BIM-Methode kennt viele Anwendungsfälle und es spielt keine Rolle, ob nur ein Teil davon umgesetzt wird. Von Relevanz ist, dass man sich der Thematik stellt, um zu erkennen, dass bereits heute schon ein grosser Mehrwert infolge der Nutzung generiert werden kann. Nur schon die modellbasierte Koordination dient der Fehlerminimierung auf der Baustelle. Eine differenzierte Betrachtungsweise wird nötig, um organisationsspezifisch festzulegen, warum die Methode angewendet wird, wie diese angewendet wird und was dabei / dafür gemacht wird (Sinek, 2009).

Wichtig scheint, dass vorhandene Vorlagen von Akteuren derselben Fachdomäne als Inspirationsquelle herangezogen werden können, jedoch nicht als Kopiervorlage dienen dürfen. Die BIM-Methodennutzung hat sich stets in die organisationsspezifischen Eigenheiten einzupflegen, was insbesondere bei der Definition organisationsspezifischer Grundlagen zu berücksichtigen ist. Dabei spielen die Organisationseigenheiten wie rechtliche Aspekte in der Prozessgestaltung sowie technologische Aspekte wie verwendete Systeme eine Rolle. Als Schlüsselement wird die Fachlichkeit der definierenden Personen im betrachteten Fachbereich angeführt. Rahmenbedingungen und Bedürfnisse der Organisation, die Lebenszyklusbetrachtung sowie Bereiche mit interdisziplinärer Zusammenarbeit und Fachbereichsübergreifen müssen beachtet werden. Generalisierte BIM-Methodenprozesse, die Fachbereichsunabhängig Verwendung finden und Mehrwert generieren, funktionieren daher in den Augen des Verfassenden nur sehr

beschränkt. Bei Umsetzungsversuchen in Organisationssektionen reichen generalisierte Erklärungsversuche ohne Berücksichtigung der Organisationseigenheiten nicht aus und können sogar Widersprüchlichkeiten mit sich bringen. Wird eine Methodeneinführung mit widersprüchlichen Grundlagen angegangen, hebt sich der Widerstand bei den Akteuren. Im Verlauf der Arbeit hat sich gezeigt, dass sich die Wahl der kleinstmöglichen Sektionsstruktur bei der Definition von Zielen, Anwendungsfällen und Anforderungen vorteilhaft ausgewirkt hat, da fachbereichsübergreifende Interessen nur flankierend berücksichtigt werden mussten.

Der grosse Teil der Informationen kann einem DBM geometrisch mitgegeben werden. Der nötige Rest mittels Attribuierung, wobei es unter Durchführung einer Kosten - Nutzen Betrachtung abzuwägen gilt, welche Merkmale für welche Projektphase wirklich nötig sind bzw. für was diese an der entsprechenden Stelle verwendet werden können. Für die Definition von Eigenschaften ist es wichtig zu wissen, wie im Ingenieurbau geplant und gebaut wird. Als Beispiel werden in der Folgebewehrungsspezifische Eigenschaften in einem Datenmodell von Bauwerksinformationen genannt. Es gilt zu beachten, dass planbasiert Spezialbewehrungen abhängig vom Typ sowie der Bauabfolge in Schalungs- oder Bewehrungsplänen integriert werden. Überlegungen wie diese, die entsprechende Fachlichkeit bedingen, müssen unbedingt im Datenmodell einfließen. Wenn die Information auf der Baustelle nicht an der entsprechenden Stelle aufzufinden ist, da im Datenmodell nicht oder absichtlich unüblich platziert, kann Ablehnung gegenüber der neuen Methode entstehen. In der Betrachtung der betroffenen Personen geht zumindest ein Teil der BIM-Methodenvorteile verloren und die Akzeptanz sinkt.

5.2. Ausblick

Nach dem Erlangen eines gemeinsamen Verständnisses bezüglich der BIM-Methode in der Branche, haben für deren breiten Umsetzung in Projekten zusätzliche Definitionen für Ausschreibungen zu erfolgen. Vorlagen von kantonalen Stellen sind vorhanden, wobei diesbezüglich eine gemeinsame Ausrichtung der Bauherren im Bereich des Infrastrukturbaus (KIK et al., 2024) als zielführend erachtet wird. Hilfestellungen in der Form, wie es das BMDV (vgl. Kap. 2.1.1) für die Nutzung in Projekten zur Verfügung stellt, können einerseits die Komplexität direkt in den Projekten reduzieren, andererseits senken diese auch die Umsetzungskosten von einzelnen beschaffenden Akteuren. Die Aufsetzung solcher Systeme ist aufwändig, so schreibt das BMDV: «Für die technische Entwicklung, die fachliche Abstimmung und den Anfangsbetrieb des BIM-Portals des Bundes stehen sechs Millionen Euro zur Verfügung. Das Portal soll dauerhaft bleiben und sich zu einem zentralen Werkzeug für die Baubranche entwickeln» (BMDV, 2022). Auf lange Sicht scheint die gemeinsame und vereinheitlichte fachliche Abstimmung unumgänglich, damit sich keine geografisch spezifischen Silolösungen etablieren und dadurch der Markt eingeschränkt wird.

Betriebswirtschaftliche Aspekte spielen bei der Implementierung und Umsetzung der BIM-Methode eine gewichtige Rolle. Investitionen werden am Beispiel des Kantons Zürich mit einem langfristigen Investitionsrückfluss (ROI) bewertet (TBA Kanton Zürich, 2020). Die Aussicht auf relevante Vorteile für die Projektarbeit und das Anlagenmanagement wird höher gewichtet als kurzfristige Betriebswirtschaftliche Überlegungen. Zur Kostenreduktionen und Vermeidung unnötiger Kosten wird als wichtig empfunden, dass alle Informationen, ob in der Projektierungsphase, während der Realisierung oder während dem Betrieb, einem bestimmten Zweck dienen, da die Bewirtschaftung von Informationen in jeder Phase, auch im betriebswirtschaftlichen Sinne, Aufwand verursacht.

Selbsterklärend ist die BIM-Methode nicht. Sogleich von den offensichtlichen Vorteilen der BIM-Methodennutzung die technischen Aspekte der Prozesse und Daten mitbetrachtet werden, wird ein grundlegendes Methoden- und Datenverständnis benötigt. Wie viel die BIM-Methode in Zukunft

genutzt wird, hängt neben anderen Faktoren auch damit zusammen, wie einfach verständlich und umsetzbar die Anwendungen sind. Je intuitiver sich die BIM-Methode zeigt, desto breiter wird deren Nutzung sein können. Ein relevanter Faktor bei der Umsetzung der BIM-Methode im Allgemeinen wird sein, dass sich die BIM-Methode einfach erklären und umsetzen lässt und technische Fragen zu Daten und Prozessbelangen damit von Beginn an ausgeräumt werden können. Die vorliegende Arbeit begegnet diesem Aspekt und nimmt zur Kenntnis, dass die Umsetzungsphase dokumentierende sowie visualisierende Hilfestellungen benötigt.

Auf lange Frist betrachtet muss jedoch das Ziel sein, dass technische Hürden für die Nutzenden mithilfe technologischer Hilfestellungen, wie es bspw. das BMDV (vgl. Kap. 2.1.1) mit der Merkmaldatenbank für den Infrastrukturbau aufbaut, gesenkt oder gar beseitigt werden können.

Der Verbleib in den SIA-Phasen (SIA, 2014) ist nicht optimal für die Umsetzung der BIM-Methode, jedoch im Sinne vom Sammeln praktischer Erfahrungen ein schonender Ansatz, der nicht ganz so stark überfordert, als wenn gerade auch noch das etablierte und allseitig bekannte Projektabwicklungsmodell ausgetauscht wird. Zusätzlich zur Befassung mit der BIM-Methode treten diejenigen Ansprüche an das Projektabwicklungsmodell von allein zu Tage, die bei Projektbearbeitungen entlang der SIA-Phasen einschränkend wirken.

Um die Aufsetzung eines Fachdatenkataloges kommt man derzeit bei der Umsetzung der BIM-Methode noch nicht herum, solange nicht wie beim BMDV (BMDV, 2024b) oder CRB (CRB, 2024) in Aufgleisung sich eine schweizweit akzeptierte Merkmaldatenbank für den Infrastrukturbau etabliert.

Mit dem Datenmodell für das Bauwerk wurden die fachlichen Überlegungen für ein bewehrtes Betonbauwerk gemacht und entsprechend modelliert. Schon im Fachbereich der Kunstbauten sind für ein Stahl- oder ein Holztragwerk andere fachliche Überlegungen nötig, was bei der Erstellung eines Datenmodells zu berücksichtigen ist. Auch für Erhaltungsprojekte sind zusätzliche Überlegungen zu tätigen, wobei Erhaltungsmaßnahmen im Datenmodell den Bauteilen in separaten Klassen mitgegeben werden können. Gerade für den Bereich Strassenbau, der im TBA SG - S+K eine direkte Schnittstelle zum Fachbereich Kunstbauten hat, können fachliche Eigenheiten stark von denjenigen der Kunstbauten divergieren. Genau aus diesem und ähnlichen Gründen ist es eminent wichtig, dass schon von Beginn der BIM-Methoden Definitionsphase an Querschnittsrollen mit der entsprechenden baulichen Fachlichkeit der entsprechenden Fachbereiche, zumindest flankierend, involviert sind.

5.3. Limitationen

Wie in Kap. 5.1 beschrieben, wurden geplante Inhalte wie vollständige Anwendungsfall- sowie Bauwerksinformationen für ein beispielhaftes Projekt nicht vollständig umgesetzt. Aufgrund der genannten Begründungen wurde davon abgesehen und generell vom umfangreichen Dokumentieren zu schlanken und intuitiv verständlichen Visualisierungsweisen übergegangen. Ebenso wurde von einem IFC-Datenmodell sowie einem Mapping zwischen den Informationsmodellen abgesehen. Aufgrund des Umschwenkens im Rahmen der vorliegenden Arbeit, ist der Massstab an die Vollständigkeit bei den dokumentierenden Bestandteilen der Informations- und Prozessvisualisierungen etwas niedriger angesetzt worden als im Voraus geplant. Ziel der oben genannten Abänderungen im Vorgehen war vorwiegend die bessere Verständlichkeit der Resultate gegenüber nicht vorbefassten Akteuren. Im Zuge der Bearbeitung wurde erkannt, dass eine verakademisierte Resultaterarbeitung nicht zielführend ist, zumal aus denselben Gründen auch der gewählte Typus, also eine projektähnliche Umsetzung in Angriff genommen wurde.

Die erarbeiteten Resultate sind als Grundlage für das TBA SG - K zu verstehen, die beispielsweise im Rahmen einer Projektpilotierung unter Verwendung der BIM-Methode herangezogen werden könnten. Die Inhalte sind dann fallspezifisch zu prüfen und adaptieren. Sie sind keine grundgültige Lösung, wobei ohnehin bezweifelt wird, ob dies in sinnvoller Weise möglich ist, ohne exzessartig zu dokumentieren.

Die Validierung im Bereich der Methode wurde in den Entwicklungsprozess der Resultate integriert. Dies in Abänderung gegenüber der im Themenvorschlag (Stalder, 2023a) angedachten Durchführung am Ende des Arbeitsprozesses mittels eines Fragebogens. Die Durchführung im Zuge der Erarbeitung wurde als mündliches Feedback zu den erarbeiteten Prozessen eingeholt, was während des gemeinsamen Durchgangs der Prozessvorschläge stattfand. Diese Art des direkten Feedbacks wurde aufgrund der angebotenen Möglichkeit seitens der Akteure des TBA SG - K dankend angenommen, da es direkten Einfluss auf die Resultaterarbeitung hatte und Anpassungen direkt in die Entwürfe einfließen konnten. Die visualisierenden Resultate wurden mit der OpenSource Software draw.io (draw.io, 2024) erstellt und können bei Bedarf anwenderunabhängig weiterbearbeitet werden.

Die Ableitung der Schwerpunktthemen aus der Datenerhebung erfolgte nach subjektiven Kriterien. Bei der Ableitung können dabei Themen in den Hintergrund gerückt sein, insbesondere im qualitativen Datenauswertungsprozess können relevante Themen unberücksichtigt geblieben sein.

Die Reduktion der Komplexität ist mit visuellen Methoden sicher bis zu einem gewissen Grad möglich. Menschen gewöhnen sich mehr und mehr an die visuelle Bereitstellung von Inhalten. Dennoch lässt sich nicht die gesamte Komplexität eines Fachübergreifenden Themas visualisieren, bzw. nicht mit überschaubarem Aufwand. Die Erarbeiteten sollen helfen, die Hürde für einen Einstieg in die BIM-Methodennutzung sowie die Pilotierung von Projekten herabzusetzen.

Der Nutzen der vorliegenden Arbeit beschränkt sich bezüglich der konkreten Outputs auf das interne gemeinsame Verständnis innerhalb des TBA SG (-K). Die Methodenvisualisierung im Allgemeinen kann dagegen auch extern mehrwertgenerierend herangezogen werden, wobei es zu beachten gilt, dass auch visuelle Arbeitsweisen Spezialisierung erfordern, insbesondere unter Verwendung formaler Notationsarten wie die BPMN-Notation (Prozesse) oder UML (Datenmodellierung).

Mit der Pilotierung von Projekten können sich grundlegende Aspekte der BIM-Methode ein Stück weit etablieren. Wenn sich die Nutzenden daran gewöhnt haben und eine gewisse Grundkompetenz im Bereich der Methode sowie im Umgang mit Daten entwickelt haben, vereinfacht sich die Kommunikation zwischen den betroffenen Akteursgruppen.

Eine Limitierung im technischen Bereich ist die nicht vollständig umsetzbare Definierung der üblicherweise in Fachdatenkatalogen geführten Informationstypen in UML-Klassendiagrammen. Gegenüber des beispielhaft herangezogenen Fachdatenkataloges des TBA Kanton Aargau (TBA Kanton Aargau, 2023) fehlen neben der Verortung der Klassen und Merkmale in IFC die Definitionen der Teil- und Fachmodellauftteilung, die Phasenzuordnung und Datenformatvorgaben, um die wichtigsten zu nennen. Um die Aufsetzung eines zumindest schlanken Fachdatenkataloges kommt man derzeit wie schon beschrieben bei der Umsetzung der BIM-Methode kaum.

Im Bereich der Bauwerksdatenmodellierung wurde der Fokus stark auf Datenbankinformationen am Ende eines Projektes gelegt. In der bereits bestehenden Datenbanklösung des TBA SG - K sind bestehende Kunstbauten mit ihren Merkmalen auf verschiedenen Ebenen bereits integriert. Das in Kap. 4.4.1 vorgeschlagene Datenmodell für eine Kunstbaute bildet diverse InfKuba relevante Merkmale ab, was für ein Neubauprojekt sinnvoll sein kann. Im Falle einer Erhaltungsmaßnahme

an einem bestehenden Objekt würde eine einfache Verlinkung, auf Bauwerksebene über die Bauwerksnummer sowie auf Bauteilebene über die Bauteilnummer genügen, um die Verknüpfung vom Bauwerk / Bauteilen aus dem DBM mit der Datenbank zu ermöglichen. Es entstünde die Möglichkeit, anstelle der heutzutage händisch durchgeführten Massnahmenachführung in der Datenbank eine automatisierte Elementersetzung in derselben vorzunehmen. Weitere fachliche Überlegungen sind bei solchen automatisierten Umsetzungen bei Ursprungsinformationen wie dem Schlussabnahmedatum zu berücksichtigen, die wahrscheinlich nicht überschrieben werden sollten, jedoch zusätzliche Schlussabnahmedaten aus Erhaltungsmassnahmen mitintegriert werden müssten. Hier gilt fallspezifisch abzuwägen, wie der Umgang mit den einzelnen Informationen gestaltet wird.

6. Fazit

6.1. Zusammenfassung

Die vorliegende Masterarbeit befasst sich mit der Umsetzung der BIM-Methode in einer öffentlichen Organisation, speziell im Bereich des Infrastrukturbaus im Tiefbauamt vom Kanton St. Gallen. Ziel der Arbeit ist es, die relevanten Faktoren zu identifizieren, die für eine Einführung der BIM-Methode nötig sind.

Der Infrastrukturbau steht vor zahlreichen Herausforderungen, einschliesslich der Notwendigkeit einer verbesserten Koordination und Kommunikation zwischen den im Bauprozess beteiligten Akteuren. Die BIM-Methode bietet hierfür eine Lösung, indem es eine digitale Repräsentation des Bauprojekts ermöglicht, die alle relevanten Lebenszyklusinformationen des Bauwerks enthält.

Die Arbeit basiert auf einer qualitativen Datenerhebung, welche Interviews mit Schlüsselakteuren, eine State of the Art Recherche sowie eine detaillierte Analyse bestehender Prozesse und Systeme umfasst. Visualisierungstechniken wurden eingesetzt, um gewonnene Erkenntnisse einfach erklärbar zu machen und dadurch Kommunikationsprozesse zu verbessern.

Im Rahmen der Arbeit wurde festgestellt, dass die erfolgreiche Umsetzung der BIM-Methode eine schrittweise Einführung und Engagement der Beteiligten Akteure erfordert. Die Akzeptanz innerhalb einer Organisation sowie die Anpassung interner Prozesse spielen dabei eine wichtige Rolle. Mit der Durchführung von Pilotprojekten wird infolge der praktischen Anwendung eine kontinuierliche Verbesserung der Methodenumsetzung erreicht werden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die Einführung der BIM-Methode nicht nur eine technologische Herausforderung für die Infrastrukturbranche darstellt, sondern auch organisatorische Flexibilität erfordert.

Basierend auf den Arbeitsergebnissen werden konkrete Schritte vorgeschlagen, um die BIM-Methode im Infrastrukturbau systematisch umsetzen zu können.

6.2. Schlussfolgerung

Grundsätzlich bildet dieses Kapitel die Synthese der Erkenntnisse aus der Diskussion in Kapitel 5.

Überspitzt formuliert passen ein formales Datenmodell mit fachlichen gesetzten Aussagen mittels Assoziationen sowie Multiplizitäten, bei der ein hoher Grad an Datenkompetenz vorausgesetzt wird, schlecht zu einer teamorientierten Arbeitsweise in der Baubranche. In der vorliegenden Arbeit wurde dazu entschieden, die Materie der BIM-Methode mit proaktiv interessierten Akteuren anzugehen, gemeinsam organisationsspezifisch zu definieren und zu simplifizieren, sodass die auf die Organisationssektion zugeschnittenen Methodenbestandteile in visueller Weise an alle Akteure der Organisationssektion(en) sowie weiteren Projektbeteiligten erklärt werden können, ohne sich in der Tiefe damit auseinandersetzen zu müssen.

Das Zitat von Helmut Krcmar, „Eine zunehmende Spezialisierung bringt aber fast zwangsläufig eine geringe Kommunikationsfähigkeit zwischen den Expertengruppen mit sich.“, wurde im Kontext des Informationsmanagements, welches die gesamte BIM-Methode einrahmt, als höchst zutreffend empfundene Aussage zu Beginn in die vorliegende Dokumentation mitaufgenommen. Es beleuchtet die allgegenwärtig zu beobachtende zunehmende Spezialisierung sowie die nötige Kommunikationsfähigkeit zwischen Akteuren, die trotz verschieden ausgerichteter Expertisen miteinander agieren. Die Digitalisierung bringt in der Baubranche den Bedarf an zusätzlichen IKT-Systemen mit sich, wobei sich die Bautechnik gleichzeitig weiterentwickelt, ständige Neuerungen

erfährt und den Baufachleuten viel Wissen abverlangt. In diesem komplizierten Umfeld werden integrierte teamorientierte Herangehensweisen zur Umsetzung von der BIM-Methode als nötig befunden. Es wird eine Kultur vorgeschlagen, in der Fragen auf jeder Ebene zulässig sind und Wissen ausgetauscht wird. In der Einführungsphase der BIM-Methode werden viele Fragen anfallen und Projekte dadurch langsamer und teurer. Die Investitionen müssen dabei auf lange Frist verstanden werden. Auf Daten abgestützte Entscheide beinhalten ungeahntes Potenzial, an das es sich in der Umsetzungsphase heranzutasten gilt.

Es zählt, dass an die BIM-Methode herangegangen wird, unvoreingenommen Erfahrungen gesammelt werden können, erkannte Potenziale weiterverfolgt, Mehrwert generiert und übrige Bestandteile, vielleicht für eine spätere Wiederaufnahme, zurückgestellt werden. Zukünftige Arbeiten könnten sich auf langfristige Auswirkungen der BIM-Methode, Effizienz, Qualität, betriebswirtschaftliche Aspekte sowie auf Integrationsmöglichkeiten weiterer digitaler Technologien im Infrastrukturbau konzentrieren.

7. Verzeichnisse

7.1. Literaturverzeichnis

- AFRY, 2024. VDC/BIM: Building Information Modeling [WWW Document]. URL <https://afry.com/de-ch/service/vdc-bim> (accessed 3.22.24).
- AFRY, 2023. *AFRY_BIM_Standard*.
- Augustin, S., 1990. *Information als Wettbewerbsfaktor: Informationslogistik – Herausforderung an das Management*. Verlag TÜV Rheinland, Köln.
- Baldwin, M., 2019. *Der BIM-Manager: praktische Anleitung für das BIM-Projektmanagement, 2., überarbeitete Auflage*. ed, DIN. Beuth Verlag GmbH, Berlin Wien Zürich.
- Bauen digital Schweiz / buildingSMART Switzerland, 2022. *Publikation-BIM-Abwicklungsmodell*.
- Beerle, R., 2022. *BIM Richtlinie HBA, Die BIM-Methode beim HBA*.
- BIM@SBB, 2024. BIM@SBB | Roadshow [WWW Document]. URL <https://roadshowbim.event.sbb.ch/> (accessed 3.22.24).
- BIM@SBB, 2023. *BIM-Implementierung SBB Infrastruktur*.
- BIM@SBB, 2021. *Sechs Punkte Plan*.
- BMDV, 2024a. Nationales Zentrum für die Digitalisierung des Bauwesens (BIM) | BIM Deutschland [WWW Document]. URL <https://www.bimdeutschland.de/> (accessed 4.11.24).
- BMDV, 2024b. BIM-Portal [WWW Document]. URL <https://via.bund.de/bim/infrastruktur/landing> (accessed 4.11.24).
- BMDV, 2023. *Ergebnisbericht_BIM_Deutschland_Phase_1*.
- BMDV, 2022. BIM-Portal des Bundes | Digitalstrategie Deutschland [WWW Document]. URL <https://digitalstrategie-deutschland.de/BIM-Portal/> (accessed 5.9.24).
- Bolpagni, M., Gavina, R., Ribeiro, D. (Eds.), 2022. *Industry 4.0 for the Built Environment: Methodologies, Technologies and Skills, Structural Integrity*. Springer International Publishing, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-82430-3>
- 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>
- BPM Offensive Berlin, 2011. *BPMN 2.0 - Business Process Model and Notation - Poster*.
- bSI, 2024. Use Case Management [WWW Document]. URL <https://ucm.buildingsmart.org/> (accessed 3.22.24).
- BUD / TBA Kanton St. Gallen, 2023. *Interviewtranskripte*.
- BUD SG, 2022. *Zusammenfassung Departementsstrategie Bau- und Umweltdepartement*.
- buildingSMART International, 2024. *IFC 4.3 APPROVED as a Final Standard*. URL <https://www.buildingsmart.org/ifc-4-3-approved-as-a-final-standard/> (accessed 3.7.24).
- buildingSMART International, 2023. IFC 4.3.1.0 (IFC4X3_ADD1) development [WWW Document]. IFC 43x. URL <https://ifc43-docs.standards.buildingsmart.org/>
- Bundesamt für Strassen ASTRA, 2022. *ZUSAMMENSPIEL IFC - ALIGNMENT MIT RBBS*.
- Bundesamt für Strassen ASTRA, 2021. *Teilstrategie Building Information Modeling (BIM)*.
- Bundesverwaltung CH, 2023. *Strategie Digitale Schweiz 2023*.
- Bundesverwaltung CH, 2021. *Strategie Digitale Schweiz, Aktionsplan*.
- CRB, 2024. Informationsmanagement im BIM-Projekt [WWW Document]. URL <https://www.crb.ch/BIM-Profil-Server.html> (accessed 5.9.24).
- 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*.
- Dietsche, D., 2023a. BIM ist nicht 3-D | Espazium [WWW Document]. URL <https://www.espazium.ch/de/aktuelles/bim-ist-nicht-3-d-astra> (accessed 9.28.23).
- Dietsche, D., 2023b. Querverbindung Tunnel Schoren Modellbasierte Ausschreibung, Ausführung und Abrechnung | Espazium [WWW Document]. URL

- <https://www.espazium.ch/de/aktuelles/querverbindung-tunnel-schoren> (accessed 9.28.23).
- Dietsche, D., 2023c. Instandsetzung Tunnel Schöneich: «Pläne» des aus-geführten Werks | Espazium [WWW Document]. URL <https://www.espazium.ch/de/aktuelles/instandsetzung-tunnel-schoeneich-plaene-des-aus-gefuehrten-werks> (accessed 3.21.24).
- draw.io, 2024. draw.io [WWW Document]. URL <https://app.diagrams.net/> (accessed 4.12.24).
- Eichler, C.C., Schranz, C., Krischmann, T., Urban, H., Hopferwieser, M., Fischer, S., 2024. *BIMcert Handbuch: Grundlagenwissen openBIM*. [object Object]. <https://doi.org/10.34726/5384>
- Ein Bild sagt mehr als tausend Worte*, 2023. . Wikipedia.
- Flick, U., 2007. *Qualitative Sozialforschung*.
- Gemeindeverwaltung Küsnacht, Abteilung Tiefbau, 2019. *Handbuch Infra-Digital-Küsnacht*.
- geologix AG, 2024. WAS IST LOGO? [WWW Document]. URL <https://www.geologix.ch/produkte/logo/themen/> (accessed 3.28.24).
- Glinz, D.M., 2003. *Klassen- und Objektmodelle*.
- Gruner AG, 2024. Digitale Technik, BIM-Leistungen [WWW Document]. URL <https://www.gruner.ch> (accessed 3.17.24).
- Hajdin, Prof.Dr.R., 2023. *Wieviel BIM braucht das Erhaltungsmanagement von Strassen*. Str. Autob.
- Helferich, C., 2011. *Die Qualität qualitativer Daten: Manual für die Durchführung qualitativer Interviews*, 4. Aufl. ed, Lehrbuch. VS, Verl. für Sozialwiss, Wiesbaden.
- Implenia, 2024. BIM & Lean Construction [WWW Document]. URL <https://implenia.com/zukunft/bim/> (accessed 3.22.24).
- Infra Suisse, 2022. *Infra-Tagung 2022 Innovation, bitte!*
- ISO, 2024. ISO - International Organization for Standardization [WWW Document]. ISO. URL <https://www.iso.org/home.html> (accessed 4.12.24).
- ISO 16739, 2013. *DIN EN ISO 16739*.
- ISO 17412-1, 2020. *SN EN 17412-1*.
- Kanton St. Gallen, 1989. sGS 732.1 - Strassengesetz - Gesetzessammlung des Kantons St.Gallen [WWW Document]. URL https://www.gesetzessammlung.sg.ch/app/de/texts_of_law/732.1 (accessed 3.29.24).
- Karagiannis, Dr.D., 2023. *Parametrische Modellierung im Brückenbau*.
- KIK, KBOB, SBB, ASTRA, 2024. *Gemeinsames Vorgehen der Infrastrukturbauherren bei digitalen Bauwerksdaten*.
- Krcmar, H., 2015a. *Einführung in das Informationsmanagement*, Springer-Lehrbuch. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-44329-3>
- Krcmar, H., 2015b. *Informationsmanagement*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-45863-1>
- Krcmar, H., 1992. *Informationslogistik der Unternehmung: Konzept und Perspektiven*. Deutsche Gesellschaft für Dokumentation, Frankfurt am Main.
- Krieger, V., 2023. *Informationsmanagement mit BIM: Kommentar zu DIN EN ISO 19650*, 1. Auflage. ed, Beuth Kommentar. Beuth, Berlin.
- Kuckartz, U., Rädiker, S., 2020. *Fokussierte Interviewanalyse mit MAXQDA: Schritt für Schritt*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-31468-2>
- Kummert, F., Sagerer, G., 2019. *Techniken der Projektentwicklung - Klassendiagramme*.
- Laloli, M., 2023. Simplonpass-Galerie Engi: Steuerung über eine zentrale Datenbank | Espazium [WWW Document]. URL <https://www.espazium.ch/de/aktuelles/simplonpass-galerie-engi> (accessed 9.28.23).
- Leuenberger, Dr.T., 2023. *MTH 1 – Qualitative Forschung - Einführung*.
- Max, P.-C., 2023. *Special 2023, BIM - Building Information Modelling*, Ernst & Sohn.
- MAXQDA, 2024. Inhaltsanalyse mit MAXQDA - Software [WWW Document]. MAXQDA. URL <https://www.maxqda.com/de/software-inhaltsanalyse> (accessed 4.4.24).
- Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C., Zikic, N., Bhawani, S., 2010. *BIM Project Execution Planning Guide, Version 3.0*.

- Mey, G., Mruck, K. (Eds.), 2020. *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*, Springer Reference Psychologie. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-18387-5>
- Nolte, M., 2023. *Workshops: Zu einer besonderen Form der Interaktion in Organisationen, Organisationsstudien*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-41334-7>
- Picarel, J., 2021. Unbekanntes Terrain | Espazium [WWW Document]. URL <https://www.espazium.ch/de/aktuelles/unbekanntes-terrain> (accessed 11.1.23).
- Righetti Partner Group AG, TBA Kanton St.Gallen, 2023. *Studie: BIM/VDC in der kantonalen Verwaltung St.Gallen*.
- Rumpe, B., 2011. *Modellierung mit UML: Sprache, Konzepte und Methodik*, Xpert.press. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-22413-3>
- SAP, 2024. SAP Signavio | Business Process Transformation Suite [WWW Document]. SAP Signavio Bus. Process Transform. Suite. URL <https://www.signavio.com/de/> (accessed 3.28.24).
- SBB, 2024a. Building Information Modelling – BIM | SBB [WWW Document]. URL <https://company.sbb.ch/de/ueber-die-sbb/projekte/nationale-programme/bim.html> (accessed 3.22.24).
- SBB, 2024b. BIM Fachdatenkatalog [WWW Document]. URL <https://fdk.app.sbb.ch/de/objects> (accessed 3.22.24).
- Scherer, R.J., Schapke, S.-E. (Eds.), 2014a. *Informationssysteme im Bauwesen 1: Modelle, Methoden und Prozesse*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-40883-0>
- Scherer, R.J., Schapke, S.-E. (Eds.), 2014b. *Informationssysteme im Bauwesen 2: Anwendungen*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-44760-4>
- Schildknecht, L., 2022a. *MSc VDC - ISE - Datenmodellierung*.
- Schildknecht, L., 2022b. *Informationsmanagement, Reader zum Thema Informationsmanagement des Moduls Informationssysteme im Studiengang MSc FHNW VDC*.
- Schildknecht, L., 2019. *UML - Kurzeinführung Reader zum Modul Informationsmodellierung*, Institut Digitales Bauen.
- Schmidt, A., 2022. *Datenqualitätsmanagement@FHNW Präsenz*.
- Schulze, Prof.Dr.H., 2023. *MTH 2 – Vertiefung Datenerhebung und Auswertung*.
- Schweizerische Bundeskanzlei, 2023. Digitale Schweiz - BIM - Vereinfachung der Prozesse im Bauwesen durch bessere Dateninteroperabilität [WWW Document]. Digit. Schweiz. URL <https://digital.swiss/de/aktionsplan/massnahme/> (accessed 9.29.23).
- Seidl, M., Scholz, M., Huemer, C., Kappel, G., 2015. *UML @ Classroom: An Introduction to Object-Oriented Modeling*, Undergraduate Topics in Computer Science. Springer International Publishing.
- SIA, 2014. *Modell Bauplanung*.
- SIA 2051, 2017. *Building Information Modelling (BIM) – Grundlagen zur Anwendung der BIM-Methode*.
- Sinek, S., 2009. *Start with why: How great leaders inspire everyone to take action*. Penguin.
- SN EN ISO 19650-1, 2018. *SN EN ISO 19650-1_D.pdf*.
- Stalder, I., 2023a. *Proposal_MTH_MScVDC_HS23_Ivo_Stalder*.
- Stalder, I., 2023b. *Präsentation Start- und Zielworkshop TBA SG - K*.
- Stalder, I., 2023c. *Zusammenstellung der Einverständniserklärungen zur Teilnahme an der studentischen Arbeit*.
- Stange, M., 2020. *Building Information Modelling im Planungs- und Bauprozess: Eine quantitative Analyse aus planungsökonomischer Perspektive*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29838-8>
- Stüssi, U., 2019. Digitale Strategien auf Bundesebene: Der erste Schritt ist getan | Espazium [WWW Document]. URL <https://www.espazium.ch/de/aktuelles/digitale-strategien-auf-bundesebene-der-erste-schritt-ist-getan> (accessed 3.21.24).

- TBA Kanton Aargau, 2023. *ATB-ELK*.
- TBA Kanton Aargau, 2022. *Strategie zur Einführung von BIM in der ATB – Standardisierungsphase*.
- TBA Kanton St. Gallen, 2022. *R2013.02 - Anforderungen Betonbau*.
- TBA 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 3.21.24).
- TBA Kanton Zürich, 2023. *Exchange Information Requirements (EIR) Anforderungen TBA Kanton Zürich*.
- TBA Kanton Zürich, 2020. *BIM (Building Information Modeling) im Infrastrukturbereich*.
- TBA SG, Leiter Kunstbauten, 2023. *Interviewtranskript 5*.
- TBA SG, Projektleiter Kunstbauten, 2023. *Interviewtranskript 2*.
- TBA SG, Projektleiter Kunstbauten und Stv. Leiter Kunstbauten, 2023. *Interviewtranskript 8*.
- töggli, 2024. töggli - Auto-Transkription, auch auf Schweizerdeutsch [WWW Document]. URL
<https://xn--tggl-5qa.ch/> (accessed 4.4.24).
- Unit Solutions, 2024. Erhaltungsmanagement von Kunstbauten [WWW Document]. URL
<https://unit.solutions/de/produkte/infkuba> (accessed 3.28.24).
- Van Randen, H.J., Bercker, C., Fieml, J., 2016. *Einführung in UML*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-14412-8>
- Verein simap.ch, 2024. simap.ch - Startseite [WWW Document]. URL
<https://www.simap.ch/shabforms/COMMON/application/applicationGrid.jsp?template=1&view=1&page=/MULTILANGUAGE/simap/content/start.jsp&language=DE> (accessed 5.5.24).
- Wikipedia, 2023. *Business Intelligence*.
- Willi, C., 2023. *Einladung BIM-Workshop Kanton St.Gallen*.
- Witt, H., 2001. *Forschungsstrategien bei quantitativer und qualitativer Sozialforschung*, [object Object]. Forum Qual. Sozialforschung Forum Qual. Soc. Res. Vol 2, No 1 (2001): Qualitative and Quantitative Research: Conjunctions and Divergences. <https://doi.org/10.17169/FQS-2.1.969>

7.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht Datenerhebung, eigene Grafik, die Originalübersicht findet sich in Anhang 1	6
Abbildung 2: Interne Aufstellung bei der Erarbeitung der internen Standards, Quelle: Gruner AG	11
Abbildung 3: Übergeordneter TBA-Prozess in Anlehnung an die SIA-Phasen, Quelle: TBA SG.....	15
Abbildung 4: Untergeordneter TBA-Prozess als Beispiel, Quelle: TBA SG.....	16
Abbildung 5: Ordnungsrahmen des Informationsmanagements, eigene Grafik in Anlehnung an (Krcmar, 2015a; Schildknecht, 2022b).....	23
Abbildung 6: Organisationsarchitektur-Ebenen, eigene Grafik, in Anlehnung an (Krcmar, 2015b) .	25
Abbildung 7: Ebenenmodell, eigene Grafik, in Anlehnung an Schildknecht (Schildknecht, 2022a), Symbolbildquellen: Unterführung - swissmodelrail.ch, Fachdatenkatalog - Tiefbauamt Aargau, XML-Beispiel – buildingSMART	27
Abbildung 8: Visualisierung des Anwendungsfalls 0 - Initialisierung / Projektvorbereitung und -aufgleisung, eigene Grafik	33
Abbildung 9: Beispiel von zusätzlich eingeführten Akteurs-Symbolen am Anwendungsfall 2, eigene Grafik	34
Abbildung 10: Modellklassen im hierarchischen Vergleich mit beispielhaften Klassen gleicher Ebene aus dem IFC-Schema 4.3 (buildingSMART International, 2023) , eigene Grafik.....	36
Abbildung 11: Links Klasse Projekt aus dem Datenmodell, inkl. Beispielattributen. Rechts: Verortung im Datenmodell mittels rotem Rahmen in Symbolgrafik, eigene Grafik	36
Abbildung 12: Links Klasse Bauplatz aus dem Datenmodell, inkl. Beispielattributen. Rechts: Verortung im Datenmodell mittels rotem Rahmen in Symbolgrafik, eigene Grafik.....	37
Abbildung 13: Auszug aus GIS-basierter Kunstbautendatenbank, Quelle: www.geoportal.ch – Karte: Kunstbauten Kt SG.....	37
Abbildung 14: Links Klasse Bauwerk sowie aggregierte Klasse infKuba_sekundär aus dem Datenmodell, inkl. Beispielattributen. Rechts: Verortung im Datenmodell mittels rotem Rahmen in Symbolgrafik, eigene Grafik.....	38
Abbildung 15: Links Klasse Bauteil sowie Aufzählungsklasse Gründungstyp aus dem Datenmodell, inkl. Beispielattributen. Rechts: Verortung im Datenmodell mittels rotem Rahmen in Symbolgrafik, eigene Grafik	39
Abbildung 16: Links Klasse Beton sowie Aufzählungsklassen NPK_BetonTyp und SG_BetonTyp aus dem Datenmodell, inkl. Beispielattributen. Rechts: Verortung im Datenmodell mittels rotem Rahmen / roter Überlagerung in Symbolgrafik, eigene Grafik	39
Abbildung 17: Links Bewehrungsklassen sowie Aufzählungsklasse Stahlqualität aus dem Datenmodell, inkl. Beispielattributen. Rechts: Verortung im Datenmodell mittels rotem Rahmen / roter Überlagerung in Symbolgrafik, eigene Grafik.....	40
Abbildung 18: Links Klasse Oberflächenschutz sowie Aufzählungsklasse der Verfahren aus dem Datenmodell, inkl. Beispielattributen. Rechts: Verortung im Datenmodell mittels rotem Rahmen / roter Überlagerung in Symbolgrafik, eigene Grafik.....	40
Abbildung 19: Gesamtvisualisierung der Anwendungsfallprozesse, der Anwendungsfallinformationen sowie der Bauwerksinformationen, inkl. symbolischer Zuweisung der Informationstypen in der Legende, eigene Grafik.....	43

7.3. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wahlargumente für die betrachtete Organisation.....	3
Tabelle 2: Übersicht der Fälle mit Bezug zur Funktion im TBA SG sowie der Erfahrung	18
Tabelle 3: Codesystem aus MAXQDA, Codeliste inkl. Einzel- und der informellen Summenhäufigkeit	19
Tabelle 4: Zuordnung der in der Datenerhebung abgeleiteten Schwerpunktthemen / relevanten Faktoren pro Quelle (vgl. Abbildung 1) zu den Resultatschichten der vorliegenden Arbeit	29
Tabelle 5: Symbolartige Darstellung von zwei der insgesamt 15 Entwürfe von Anwendungsfallvisualisierungen, entstanden im Arbeitsprozess, validiert mit den Akteuren vom TBA SG - S+K, eigene Grafiken	32
Tabelle 6: Liste der im Rahmen der vorliegenden Arbeit visualisierten Anwendungsfälle, abgekürzt AwF, inkl. übergeordneter SIA-Phasenzuweisung	33
Tabelle 7: Klassen, Beispiele sowie Modellzuordnung von Anwendungsfallinformationen	41
Tabelle 8: Ausweisung der im Rahmen der Arbeit verwendeten Hilfsmittel	57

7.4. Hilfsmittelverzeichnis

Die verwendeten Hilfsmittel werden in der folgenden Tabelle global für die Arbeit wiedergegeben. Sämtliche der in der Arbeit verfassten Texte wurden gänzlich ohne Formulierungshilfe von Schreibassistentenprogrammen erstellt, wobei die Korrektur auf Wortebene der verwendeten Microsoft 365 Umgebung, namentlich die Autokorrektur in der «Word-App» Ausnahme bilden.

Tabelle 8: Ausweisung der im Rahmen der Arbeit verwendeten Hilfsmittel

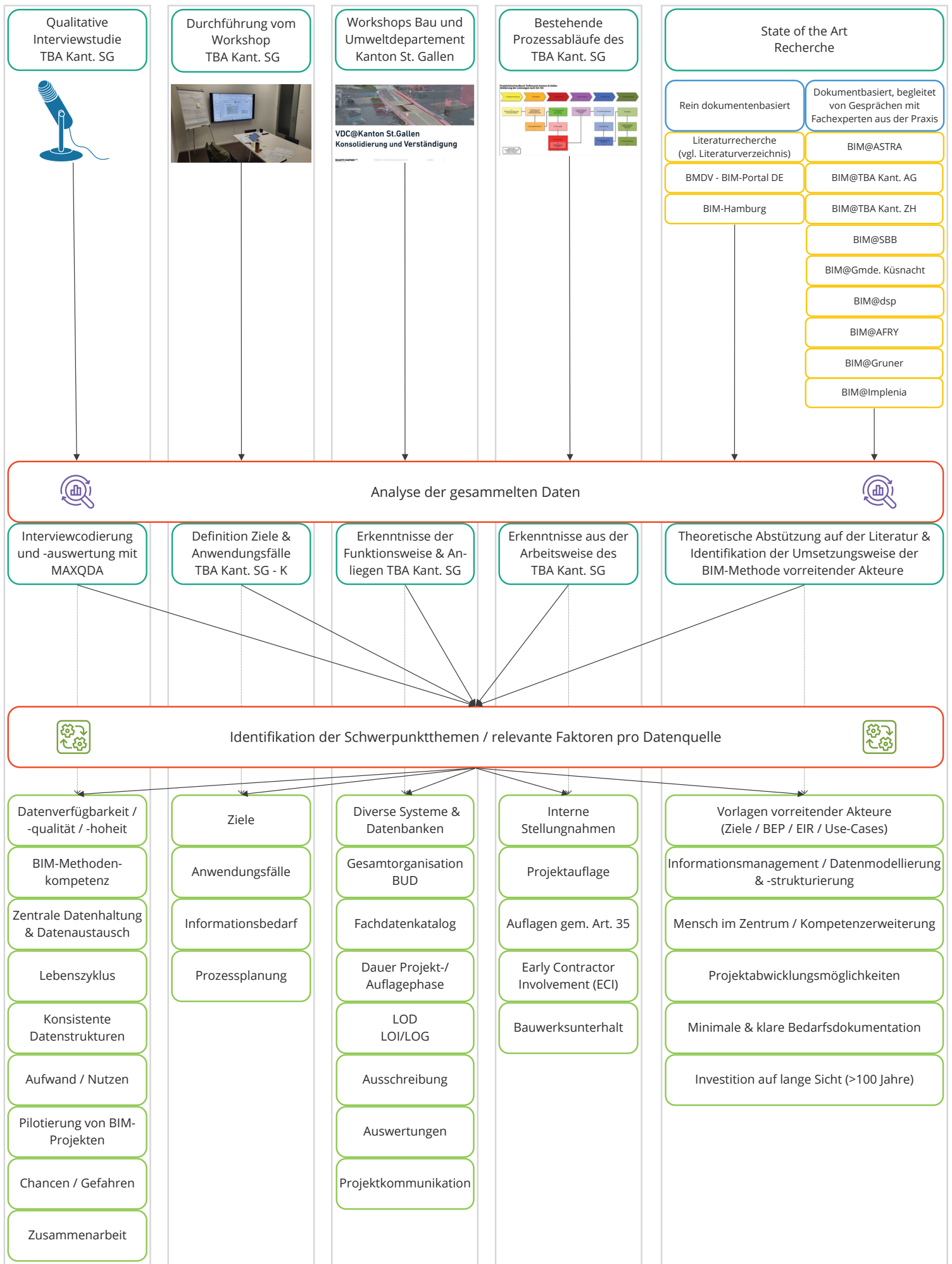
Eingesetzte Hilfsmittel	Zweck	Einsatzgebiet
ChatGPT, GPT-4	ChatGPT ist ein generatives KI-Modell (künstliche Intelligenz), das darauf trainiert ist, Texte zu erzeugen, die dem menschlichen Schreibstil ähneln.	<ul style="list-style-type: none"> - Kreative Denkanstösse - Sortierung von Informationen - Sammeln ungeprüfter Informationen - Erläuterung von Konzepten
DeepL Translator	Übersetzungssoftware	<ul style="list-style-type: none"> - Textübersetzung aus verschiedenen Sprachen nach Deutsch
draw.io	Diagrammwerkzeug, wie verwendet open-source	<ul style="list-style-type: none"> - Erstellung von Prozessvisualisierungen - Erstellung von Datenmodellen
Literaturdatenbanken gem. Kapitel 2.1.2	Literaturrecherche	<ul style="list-style-type: none"> - Digitale Suchmaschinen zur Recherche wissenschaftlicher Literatur

MAXQDA	Werkzeug zur strukturierten Auswertung von qualitativen Interviewstudien	- Überarbeitung und Codierung sämtlicher Interviewtranskriptionen
MIRO	digitales Whiteboard	- Erstellung von Übersichten - Erstellung von Visualisierungen - Erstellung von Mind-Maps - Erstellung vom Terminplan - Präsentationstool im Arbeitsprozess
tögg	Automatische Transkription von Audiodateien	- Automatische Transkription von Schweizerdeutsch (Dialekt) nach Schriftdeutsch, wobei die manuelle Nachbereitung nötig war, um ein sprachliches Mindestniveau abzudecken.
Zotero	Literaturverwaltung	- Verwaltung sämtlicher im Rahmen der Arbeit genutzten Referenzen

8. Anhang

Anhang 1

Methodik - Datenauswertung

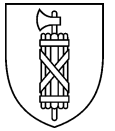


Anhang 2

Start- & Zielworkshop



Quelle: <https://www.schaellibaum.ch/schaellibaum/bim/thurbuecke-ulisbach>



Start- und Zielworkshop zum Thema der «BIM-Methode»
Begleitend zur Master Thesis, MSc VDC



Einladung BIM-Workshop

Hiermit lade ich Euch zum Workshop ein. Folgend die Agenda und die zugehörige Vorbereitung.

Moderation:

Ivo Stalder, studierender MSc VDC

Teilnehmer:

Oliver Bettschen, Leiter Sektion Kunstbauten
Adrian Mesterhazy, Projektleiter Kunstbauten

Datum: 02.11.2023
Startzeit: 13.15 - 16.00 Uhr
Ort: R-BUD-Sitzungszimmer 014 L54

Agenda:

- **Begrüssung & Einleitung**
 - Projektvorstellung am Beamer
- **Ziel vom Zielworkshop**
- **Betrachtung übergeordnete Organisationsziele**
 - am Flipchart
- **Betrachtung der Prozesslandschaft**

PAUSE

- **Ableitung BIM-Ziele**
- **Weiteres Vorgehen**
- **Diverses**

Vorbereitung:

Wie mit Adrian besprochen, wird im Rahmen des Workshops ein Beamer sowie ein Flipchart benötigt.

Gemäss Infomail vom 27.10.2023:

Falls Ihr Gelegenheit habt, den BIM-bezogenen Teil der TBA-ZH Website und vorwiegend die zur Verfügung gestellten Dokumente zu sichten, wäre das eine sehr gute Vorbereitung für den Workshop, da viele organisatorische Parallelen bestehen.

<https://www.zh.ch/de/planen-bauen/tiefbau/strassenanlagen/bim-im-tiefbau.html#1730045867>

Time planning

Total Dauer [min] **165**

Total Dauer [hh:mm] **02:45**

			WORKSHOP Gestaltung und Moderation		Vorbereitung		
	Themenblock	Ziele	Zeit (min)	Workshop design	Moderator	Vorbereitung - was / wer / wann?	Kommentare / offene Fragen
1	Begrüssung & Einleitung	_ Von Null an _ Generelle Erwartungen ÜBERBLICK STAND DER ARBEIT VERMITTELT	10	Präsentation	Ivo Stalder	Begrüssung, Inhaltsverzeichnis gem. Einladung Why--> Ziele unter spezifischer Betrachtung der Abteilung Kunstbauten How--> Anlehnung an TBA ZH, weil parallele Organisation (vs. Theorie) Kleine Runde, offen Fragen, reinreden, Anliegen, dass Verstanden Fokus auf dem I vom BIM Präsi Ivo mit Überleitung	Kurzgespräch zulassen
2	Ziel vom Zielworkshop	Visualisieren: _ Dass Zielerhebung _ und welche Ziele ZIELE VERMITTELT	5	Präsentation (1 Folie)	Ivo Stalder	Entlang der TBA ZH Zieldefinition, über den Workshop hinaus Asynchron überlegen (Projektziele, Anwendungsfälle, ... --> In Interviews anknüpfen VERSCHIEDENE ZIELEBENEN!	
3	Übergeordnete Organisationsziele	_ Abstraktion "Vom Groben ins Feine verstanden"	15	Sammeln mit Post It's (1 Folie)	Ivo Stalder	Die Anwendung der BIM-Methode muss min. 1 unterstützen! Nachfrage, was es gibt & mithelfen mit der Vorlage	
4	Prozesslandschaft	_ Rahmenbedingungen erfassen / Abstraktion erkennen _ Ausbedingung Design Build Ansatz	15	Präsentation (2 Folien) Diskussion in der Runde über DBB / DB	Ivo Stalder	Gem. PPT folien erläutern, wie abstrahiert wurde	
5.1	Ableitung BIM-Ziele	_ Übergeordnete BIM -Ziele definiert, bspw. 5 priorisiert	30	Präsentation (1 Folie) Diskussion übergeordnete Ziele, Post it	Ivo Stalder	Was will man überhaupt, was verspricht man sich, was ist möglich --> Bevor man sich vertieft befasst hat, aber Potenziale kennt	
	Pause	Kaffee	30		-		
5.2	Ableitung BIM-Ziele	_ BIM -Ziele definiert, bspw. 5 priorisiert	30	Präsentation (2 Folien, inkl. Metriken) Diskussion übergeordnete Ziele, Post it	Ivo Stalder	Evtl. konkreter werden, Organisationsspezifisch -->	Anbindungs Inf-K
6	Weiteres Vorgehen	_ Weiteres Vorgehen verstanden	15	Erzählen, evtl. Brainstorming	Ivo Stalder	Output Workshop, SWOT, Erste Ableitung Priorisierung Ziele, Interviews, Interviewauswertung, Zielpriorisierung, Definition Anwendungsfall, Ableitung Informationsbedarf, Betrachtung Informationsdurchgängigkeit, Betrachtung Informationssysteme / Datenmodelle, Datenmodellierung, Prozessmodellierung	
7	Diverses	DISKUSSION	15			Modul 3_Video, evtl. wenn es zulässt. Clash detection: https://www.youtube.com/watch?v=dB3Mb0uzBc4	

Übergeordnete Ziele

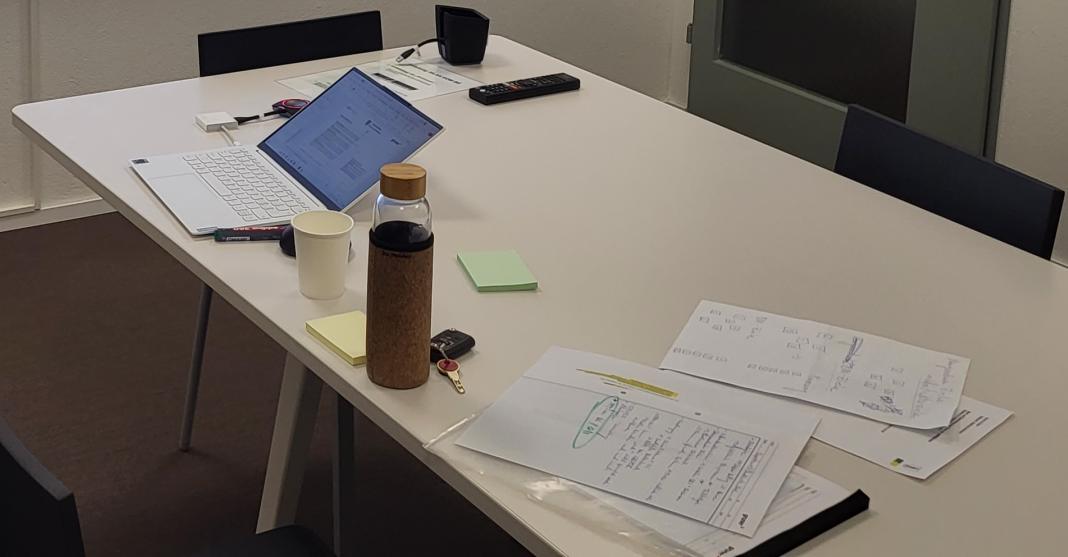
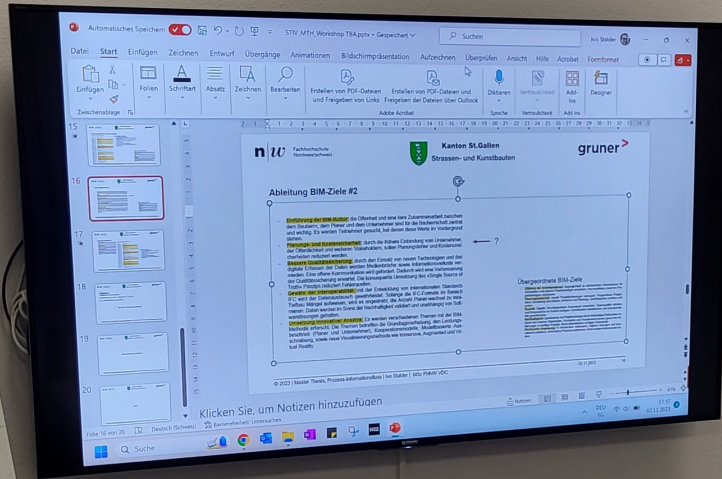
Erfolgsfaktoren - Infra Ziele

- ↳ Gebrauchstauglichkeit
- + Transparenz
- + Dauerhaftigkeit
- Real Society

Planung
Erkennung
Planung

BIM - Ziele

- BIM - Kultur
- Planungssicherheit
- Kostensicherheit
- Qualitätssicherung
- Interoperabilität (kurz/langfristig)
- Offen dokumentierte Formate (Informationssysteme)



Ableitung BIM-Ziele #2

- **Einführung der BIM-Kultur:** die Offenheit und eine faire Zusammenarbeit zwischen dem Bauherrn, dem Planer und dem Unternehmer sind für die Bauherrschaft zentral und wichtig. Es werden Teilnehmer gesucht, bei denen diese Werte im Vordergrund stehen.
- **Planungs- und Kostensicherheit:** durch die frühere Einbindung vom Unternehmer, der Öffentlichkeit und weiteren Stakeholdern, sollen Planungsfehler und Kostenunsicherheiten reduziert werden.
- **Bessere Qualitätssicherung:** durch den Einsatz von neuen Technologien und das digitale Erfassen der Daten werden Medienbrüche sowie Informationsverluste vermieden. Eine offene Kommunikation wird gefördert. Dadurch wird eine Verbesserung der Qualitätssicherung erwartet. Die konsequente Umsetzung des «Single Source of Truth» Prinzips reduziert Fehlerquellen.
- **Gewähr der Interoperabilität:** mit der Entwicklung von internationalen Standards IFC wird der Datenaustausch gewährleistet. Solange die IFC-Formate im Bereich Tiefbau Mängel aufweisen, wird es angestrebt, die Anzahl Planer-wechsel zu minimieren. Daten werden im Sinne der Nachhaltigkeit validiert und unabhängig von Softwarelösungen gehalten.
- **Umsetzung innovativer Ansätze:** Es werden verschiedenen Themen mit der BIM-Methodik erforscht. Die Themen betreffen die Grundlagenerhebung, den Leistungsbeschrieb (Planer und Unternehmer), Kooperationsmodelle, Modellbasierte Ausschreibung, sowie neue Visualisierungsmethode wie Immersive, Augmented und Virtual Reality.

Übergeordnete Ziele

Erhaltungsmanagement

- Infra Ziele

- ↳ + Gebrauchstauglichkeit
- + Tragsicherheit
- + Dauerhaftigkeit
- Road Safety

Investitions-
Planung

Erhaltungs-
Planung

BIM - Ziele

BIM-Kultur

Planungssicherheit

Kostensicherheit

Qualitätssicherung

Interoperabilität (kurz-/langfristig)

→ Offen dokumentierte
Formate (Informationssysteme)

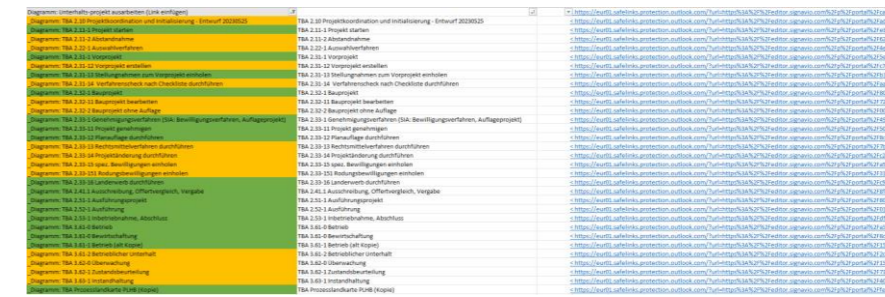
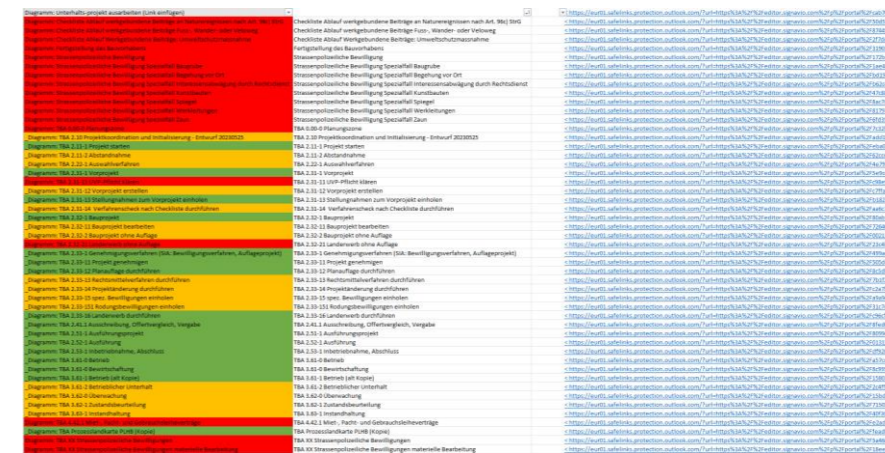


Betrachtung der Prozesslandschaft

Alle TBA Prozesse
signavio.com



Ordnung und Priorisierung der Prozesse



_Diagramm: TBA 2.10 Projektkoordination und Initialisierung - Entwurf 20230525

_Diagramm: TBA 2.11-1 Projekt starten

_Diagramm: TBA 2.11-2 Abstandnahme

_Diagramm: TBA 2.22-1 Auswahlverfahren

_Diagramm: TBA 2.31-1 Vorprojekt

_Diagramm: TBA 2.31-12 Vorprojekt erstellen

_Diagramm: TBA 2.31-13 Stellungnahmen zum Vorprojekt einholen

_Diagramm: TBA 2.31-14 Verfahrenscheck nach Checkliste durchführen

_Diagramm: TBA 2.32-1 Bauprojekt

_Diagramm: TBA 2.32-11 Bauprojekt bearbeiten

_Diagramm: TBA 2.32-2 Bauprojekt ohne Auflage

_Diagramm: TBA 2.33-1 Genehmigungsverfahren (SIA: Bewilligungsverfahren, Auflageprojekt)

_Diagramm: TBA 2.33-11 Projekt genehmigen

_Diagramm: TBA 2.33-12 Planaufgabe durchführen

_Diagramm: TBA 2.33-13 Rechtsmittelverfahren durchführen

_Diagramm: TBA 2.33-14 Projektänderung durchführen

_Diagramm: TBA 2.33-15 spez. Bewilligungen einholen

_Diagramm: TBA 2.33-151 Rodungsbewilligungen einholen

_Diagramm: TBA 2.33-16 Landerwerb durchführen

_Diagramm: TBA 2.41.1 Ausschreibung, Offertvergleich, Vergabe

_Diagramm: TBA 2.51-1 Ausführungsprojekt

_Diagramm: TBA 2.52-1 Ausführung

_Diagramm: TBA 2.53-1 Inbetriebnahme, Abschluss

_Diagramm: TBA 3.61-0 Betrieb

_Diagramm: TBA 3.61-0 Bewirtschaftung

_Diagramm: TBA 3.61-1 Betrieb

_Diagramm: TBA 3.61-2 Betrieblicher Unterhalt

_Diagramm: TBA 3.62-0 Überwachung

_Diagramm: TBA 3.62-1 Zustandsbeurteilung

_Diagramm: TBA 3.63-1 Instandhaltung

_Diagramm: TBA Prozesslandkarte PLHB

Ableitung BIM-Ziele - Anwendungsfälle

Übersicht Anwendungsfälle des TBA KT ZH

NR AWF	Titel Anwendungsfall (AWF)
TBAKTZH-AWF-000	Allgemeines
TBAKTZH-AWF-010	Bestandserfassung und -modellierung
TBAKTZH-AWF-020	Modellbasierte Projektierung
TBAKTZH-AWF-020.1	Variantenvergleich
TBAKTZH-AWF-020.2	Bemessung- und Nachweisführung
TBAKTZH-AWF-021	Datenqualitätsprüfung
TBAKTZH-AWF-030	Modellbasierte Koordination
TBAKTZH-AWF-040	Visualisierung
TBAKTZH-AWF-040.1	Augmented und Virtual Reality
TBAKTZH-AWF-050	2D-Planableitungen aus dem Modell
TBAKTZH-AWF-060	Modellbasierte Massen- und Mengenermittlung
TBAKTZH-AWF-060.1	Kostenschätzung / Kostenvoranschlag
TBAKTZH-AWF-060.2	Kostenkennwerte
TBAKTZH-AWF-070	Zirkuläres und umweltgerechtes Bauen
TBAKTZH-AWF-070.1	Ökobilanz
TBAKTZH-AWF-080	Modellbasierte Auflageprojekt
TBAKTZH-AWF-090	Modellbasierte Untervermerkschreibung
TBAKTZH-AWF-090.1	Modellbasierte Untervermerkschreibung nach NPK-Leistungsverzeichnis
TBAKTZH-AWF-100	Modellbasierte Ausführungsplanung
TBAKTZH-AWF-100.1	Modellbasierte Absteckung
TBAKTZH-AWF-100.2	Modellbasierte Bauphasenplanung
TBAKTZH-AWF-100.3	Baustellensicherheit
TBAKTZH-AWF-100.4	Baufortschrittsüberwachung der Ausführung
TBAKTZH-AWF-100.5	Änderungs- und Nachtragsmanagement
TBAKTZH-AWF-100.6	Aufgaben-, Pendenzen- und Mängelmanagement der Ausführung
TBAKTZH-AWF-100.7	Digitalisierter Belageinbauprozess
TBAKTZH-AWF-100.8	Datenaufnahme der ausgeführten Arbeiten
TBAKTZH-AWF-110	Modellbasierte Abrechnung der Bauarbeiten
TBAKTZH-AWF-110.1	Kostenkontrolle
TBAKTZH-AWF-120	Modellbasierte Bauwerksdokumentation
TBAKTZH-AWF-120.1	Erstellung des as-built Modells ab 2D-Pläne
TBAKTZH-AWF-130	Übernahme für Betrieb und Erhaltung
TBAKTZH-AWF-140	Life-Cycle-Management

Weitere (teilweise enthalten)

- Entwurfsplanung (gestalterisch)
- Geometrische Planung (Installations- und Lagerflächen)
- Baugesetzkontrolle
(Kontrolle der Planung aus Sicht der Bauvorschriften)
- 3D-Koordination (z.B. "Clash Detection")
- Baulogistikplanung
- BIM-to-Field (BIM in der Ausführung)
- Field-to-BIM (BIM nach der Ausführung / GIS)
- Digitale Fertigung (z.B. Computer Aided Manufacturing)
- Notfallplanung

Übergeordnete BIM-Ziele

- **Effizienz der Arbeitsprozesse:** Zugänglichkeit zu erforderlichen Informationen für Amtsstellen und externe Projektbeteiligte erleichtern; Kommunikation zwischen Projektbeteiligten verbessern
- **Planungssicherheit:** Anzahl Projektänderungen verringern; Vorgesehene Projektdauer zuverlässig abschätzen; Sicherheit der Planungs- und Baukosten erhöhen und prüfen
- **Qualität:** Digitale Grundlagendaten konsequent anwenden; Datenqualität erhöhen und Datenstruktur im Vorfeld festlegen; Schnittstellen identifizieren und Interoperabilität gewährleisten
- **Nachhaltigkeit:** Optimierung von Projektvorhaben durch frühzeitiges Einbeziehen interner und externer Stakeholder, Festhalten und Transferieren bereits gemachter Erfahrungen in künftige Projekte, Nachvollziehbarkeit wichtiger Entscheide
- **Strukturelle Anpassung:** IT-Infrastruktur verbessern; Digitale Lösungen und Innovationen einführen; Amtsinterne Prozesse optimieren; Notwendigen Kulturwandel fördern.

Mögliche Anwendungsfälle, UseCases Korreferiert TBA SG-K

Identifizierte mögliche/minimale Anwendungsfälle (Use Cases)	
<i>Primär</i>	<i>Sekundär</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Bestandserfassung und -modellierung 	
<ul style="list-style-type: none"> • Modellbasierte Projektierung (CDE) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bemessung- und Nachweisführung • Modellbasierte Bauphasenplanung
<ul style="list-style-type: none"> • Modellbasierte Koordination (CDE) 	
<ul style="list-style-type: none"> • Kostenschätzung / Kostenvoranschlag 	<ul style="list-style-type: none"> • Modellbasierte Massen- und Mengenermittlung • Kostenkennwerte
<ul style="list-style-type: none"> • Interne Stellungnahme: Konventionell, aber mit Zugriff auf Modell (Zweigleisigkeiten) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mitwirkung
<ul style="list-style-type: none"> • Modellbasierte Unternehmerausschreibung nach NPK-Leistungsverzeichnis 	
<ul style="list-style-type: none"> • Modellbasierte Ausführungsplanung (CDE) 	
<ul style="list-style-type: none"> • Aufgaben-, Pendenzen- und Mängelmanagement der Ausführung 	<ul style="list-style-type: none"> • Kostenkontrolle
<ul style="list-style-type: none"> • Datenaufnahme der ausgeführten Arbeiten 	
<ul style="list-style-type: none"> • Modellbasierte Abrechnung der Bauarbeiten 	
<ul style="list-style-type: none"> • Modellbasierte Bauwerksdokumentation 	<ul style="list-style-type: none"> • InfKuba Katalog

Anhang 3

Interviewleitfaden

Leitfrage / Erzählaufforderung <i>Relevante Faktoren bei der Umsetzung der BIM-Methode in einer öffentlichen Organisation unter Berücksichtigung des Umfeldes</i>	• Check – wurde das erwähnt? • MEMO - Nachfrage	Konkrete Fragen – an passender Stelle / oder am Ende	Aufrechterhaltungs- und Steuerungsfragen	Zeit
Projektvorstellung und Einstieg				10
<u>Vorstellen</u> • Einverständniserklärung unterschrieben und bei Ivo? • Aufnahme des Interviews mit Transkript • Erklärung Leitfadenterview (Struktur und Zeitschiene versendet)	• Voraussetzung, das BIM schon einmal gehört, wichtiger ist Fachlichkeit im jeweiligen Bereich • freies, erzählendes Antworten, bitte nicht abschweifen, <i>mhm und ja, ja – schweizerdeutsch i.O.</i>			5
<u>Einstieg</u> • Beilage zur Einladung gesichtet? • Ziele im Workshop mit KUBA (In BIM-Methode / VDC, Terminologie + Ziele + Brainstorming) • Abgeleitetes Vorgehen → Anwendungsfälle	• Ziele vorstellen, <i>Tempo je nach</i> • Vorgehen mit Anwendungsfällen deckt Ziele, Ziele decken Strategie			5
Hauptteil (Interview an sich)				
<u>Die BIM-Methode / VDC (pro Frage 3 min)</u>				15
Was verstehen Sie unter dem Begriff BIM-Methode?				3
Was beinhaltet für Sie die BIM-Methode?		Anwendungsfälle / Use-C, Ziele, ICE, PPM		3
Was wünschen Sie sich von der BIM-Methode?	Greifbarer?	Gegenüber Methode?		3
Wo sollte für sie der Fokus liegen, wenn mit der BIM-Methode gearbeitet wird?	Positives / Negatives erwähnt?		Wo liegt Potenzial	3
Welche konkreten Ergebnisse erwarten Sie von der BIM-Methode?			Output-physisch	3
<u>Die BIM-Methode & TBA SG (pro Frage 5 min)</u>				15
Was kommt Ihnen in den Sinn, wenn Sie an das Thema BIM im Kontext Ihrer Organisationssektion denken?	Positives / Negatives erwähnt?		Kontextabhängig	5
Was kommt Ihnen in den Sinn, wenn Sie an das Thema BIM im Kontext des Fachbereichsübergreif (Strassenbau / Kunstbauten) denken?	Positives / Negatives erwähnt?		Kontextabhängig	5
Was kommt Ihnen in den Sinn, wenn Sie an das Thema BIM im Kontext Ihrer Gesamtorganisation denken?	Positives / Negatives erwähnt?		Kontextabhängig	5
<u>Methodenkompetenz (pro Frage 5 min)</u>				15
Wo liegen Ihres Erachtens die Hürden, wenn im Rahmen von Infrastrukturprojekten mit der BIM-Methode gearbeitet werden soll (in Bezug auf Methodenkompetenz)?				5
Können Ihrer Meinung nach Projekte mit der BIM-Methode umgesetzt werden, auch wenn die Kompetenzen der Branche noch in den Kinderschuhen stecken?	Wie mögliche Umsetzungsweisen aus?	Pilotprojekte, gemeinsames Lernen		5
Wenn Sie an die Schnittstelle zwischen Bauherrn und Planer denken, was kommt Ihnen in den Sinn	Bauherr und Planer UND UNTERN.			5
<u>Lebenszyklusbetrachtung von Infrastrukturbauten (5 min)</u>				5
Das TBA nutzt bereits objektorientierte Systeme im Asset Management, wobei Infrastrukturbranche an sich fortschrittlich ist (MISTRA KUBA, DfA, InfKUBA). Sehen sie Vorteile durch die Verwendung der BIM-Methode hinsichtlich der Nutzung dieser Systeme?			Und weitergesponnen?	5
Abschluss				

Anhang 4

Interviewdurchführung im Rahmen der Masterarbeit MSc VDC

Titel der Arbeit:

Relevante Faktoren bei der Umsetzung der BIM-Methode in einer öffentlichen Organisation unter Berücksichtigung des Umfeldes

Leitfadenstruktur mit Zeitschiene

Leitfrage / Erzählaufforderung	<ul style="list-style-type: none"> • Check – wurde das erwähnt? • MEMO- Nachfrage 	Konkrete Fragen – an passender Stelle / oder am Ende	Aufrechterhaltungs- und Steuerungsfragen	Zeit [Min.]
Projektvorstellung und Einstieg				10
Hauptteil				50
<u>Die BIM-Methode / VDC</u>				15
<u>Die BIM-Methode & das TBA SG</u>				15
<u>Methodenkompetenz</u>				15
<u>Lebenszyklusbetrachtung von Infrastrukturbauten</u>				5
Abschluss				

BIM-Methode / VDC, Terminologie

SIA Merkblatt 2051

1.2 BIM-Prozess

1.2.1 BIM-Methode (Virtual Design and Construction VDC)

Digitales Planen, Bauen und Betreiben, welches die Verwendung von digitalen Bauwerksmodellen in Kombination mit geeigneten Organisationsformen und Prozessen beinhaltet.

1.2.2 BIM-Prozess

Teilsicht auf den Planungs-, Bau- und Nutzungsprozess von Bauwerken, der Erstellung, Instandhaltung, Austausch und Verwendung digitaler Bauwerksmodelle zeigt.

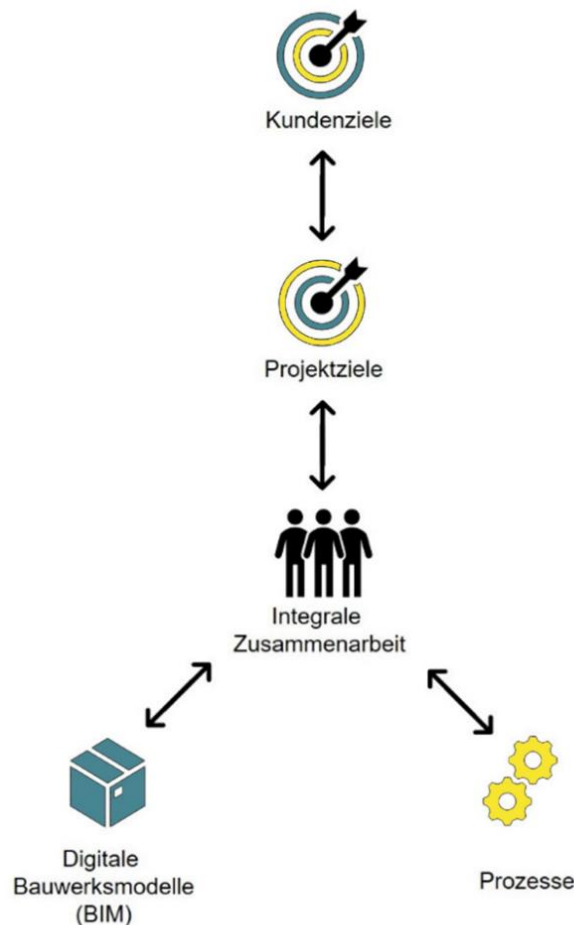
- 1 Anmerkung: Der Auftraggeber kann nicht mit dem Begriff des Informationsbestellers (appointing party) gleichgesetzt werden. Letzterer bestellt Informationen für seine Leistungserbringung bei weiteren Beteiligten. Dieser Begriff wird unabhängig davon verwendet, ob ein Vertrag oder eine Vereinbarung zwischen Besteller und Lieferant vorliegt oder nicht.
- 2 Anmerkung: Der Auftragnehmer kann nicht mit dem Begriff des Informationslieferanten (appointed party) gleichgesetzt werden. Letzterer stellt Informationen den weiteren Beteiligten für deren Leistungserbringung zur Verfügung. Dieser Begriff wird unabhängig davon verwendet, ob ein Vertrag oder eine Vereinbarung zwischen Besteller und Lieferant vorliegt oder nicht.

SIA 2051, Copyright © 2017 by SIA Zurich

7

Lizenz 905.000: Gruner AG, Basel

VDC-Framework



Source: IDIBAU 2020; in Anlehnung an Fischer & Kunz 2004

Bereits vorhandene und im Workshop erhobene (mögliche) Teilziele des TBA SG

Strategische Ziele des Bau- und Umweltdepartementes *Quelle: BUD*

Wir achten auf unsere Umwelt und unser Klima. Wir schützen Wasser, Boden und Luft und sorgen für eine nachhaltige Nutzung der Ressourcen. Unsere Bauinvestitionen richten wir konsequent an den Klimaschutzziele, den Lebenszykluskosten sowie am Bedarf der Nutzenden aus. In allen Bereichen fördern wir die institutionalisierte Zusammenarbeit mit Gemeinden und anderen Kantonen.

Wir stehen für gemeinsame Werte. Vertrauen und Respekt in der Zusammenarbeit, die Wahrung der Chancengleichheit und klimabewusstes Handeln sind wichtige Werte. Wir bieten dazu eine fortschrittliche Arbeitsumgebung mit vielfältigen Weiterbildungschancen und stellen mit einer vorausschauenden Planung unseren Führungsnachwuchs sicher.

Wir handeln transparent, kunden- und lösungsorientiert. Wir pflegen einen engen und offenen Dialog. Wir beziehen unsere Anspruchsgruppen frühzeitig in die Entscheidungsfindung mit ein. Wir messen der praxisnahen, kompetenten und ganzheitlichen Beratung einen hohen Stellenwert bei.

Wir nutzen die Digitalisierung. Unsere Dienstleistungen und Geschäftsprozesse sind gezielt auf die Digitalisierung ausgerichtet. Dabei stehen digitalisierte Bau- und Bewilligungsprozesse im Vordergrund.

Wir sind innovativ. Wir finden für den Kanton St. Gallen nachhaltige und zukunftsorientierte Lösungen. Wir sorgen für entsprechende Strukturen, um Innovationen erfolgreich zu entwickeln und umzusetzen.

Infrastrukturbezogene Ziele *(ermittelte & in Anlehnung an TBA-ZH)*

Übergeordnet: Erhaltungsmanagement

- Erhaltungsplanung
 - Investitionsplanung
- Optimierte Nutzungsdauer und Werterhaltung
- Hohe Berücksichtigung der Sicherheitsaspekte
- Hohe Verfügbarkeit der Infrastruktur und geringe Verkehrsbehinderungen für Nutzer
- Nachhaltiger Einsatz von Materialien
- Qualitativ hochwertige Infrastrukturen
 - Dauerhaftigkeit, Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit,

Teilstrategie BIM *(offen)*

BIM-Ziele *(ermittelte & in Anlehnung an TBA-ZH)*

- BIM-Kultur
 - Offenheit und eine faire Zusammenarbeit zwischen dem Bauherrn, dem Planer und dem Unternehmer
- Planungssicherheit
- Kostensicherheit
- Bessere Qualitätssicherung: Durch den Einsatz von neuen Technologien
 - Medienbrüche sowie Informationsverluste vermeiden
 - offene Kommunikation
 - «Single Source of Truth» - reduziert Fehlerquellen
- Interoperabilität
 - Dokumentiertes Schema - IFC 4.3 (veröffentlicht, ISO zertifiziert ab 01.01.2024)
- Grundlagenthema für kommunizierende Systeme: Beispiel PROKO und InfKuba

Mögliche Anwendungsfälle

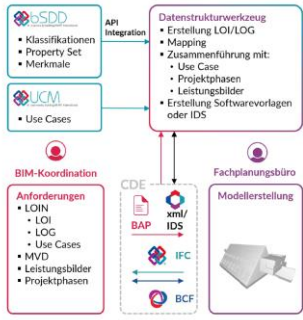
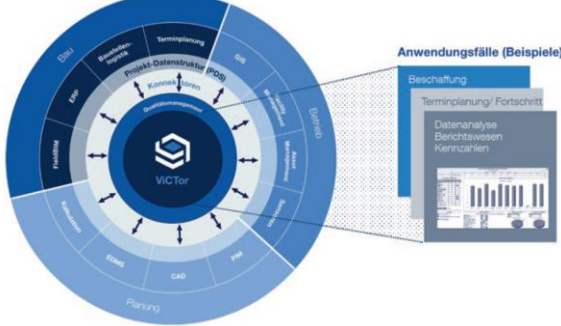

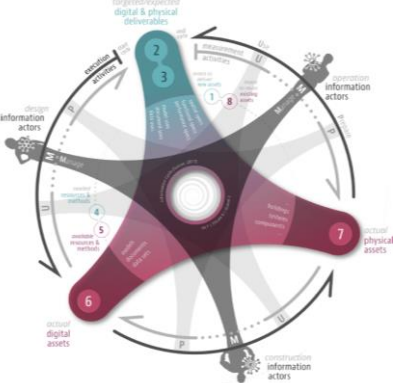
Identifizierte mögliche/minimale Anwendungsfälle (Use Cases)	
<i>Primär</i>	<i>Sekundär</i>
<ul style="list-style-type: none">• Bestandserfassung und-modellierung	
<ul style="list-style-type: none">• Modellbasierte Projektierung (CDE)	<ul style="list-style-type: none">• Bemessung- und Nachweisführung• Modellbasierte Bauphasenplanung
<ul style="list-style-type: none">• Modellbasierte Koordination (CDE)	
<ul style="list-style-type: none">• Kostenschätzung / Kostenvoranschlag	<ul style="list-style-type: none">• Modellbasierte Massen- und Mengenermittlung• Kostenkennwerte
<ul style="list-style-type: none">• Modellbasierte Unternehmerausschreibung nach NPK-Leistungsverzeichnis	
<ul style="list-style-type: none">• Modellbasierte Ausführungsplanung	
<ul style="list-style-type: none">• Aufgaben-, Pendenzen- und Mängelmanagement der Ausführung	<ul style="list-style-type: none">• Kostenkontrolle
<ul style="list-style-type: none">• Datenaufnahme der ausgeführten Arbeiten	
<ul style="list-style-type: none">• Modellbasierte Abrechnung der Bauarbeiten	
<ul style="list-style-type: none">• Modellbasierte Bauwerksdokumentation	

Anhang 5

Prozessvisualisierungen: Literaturbeispiele

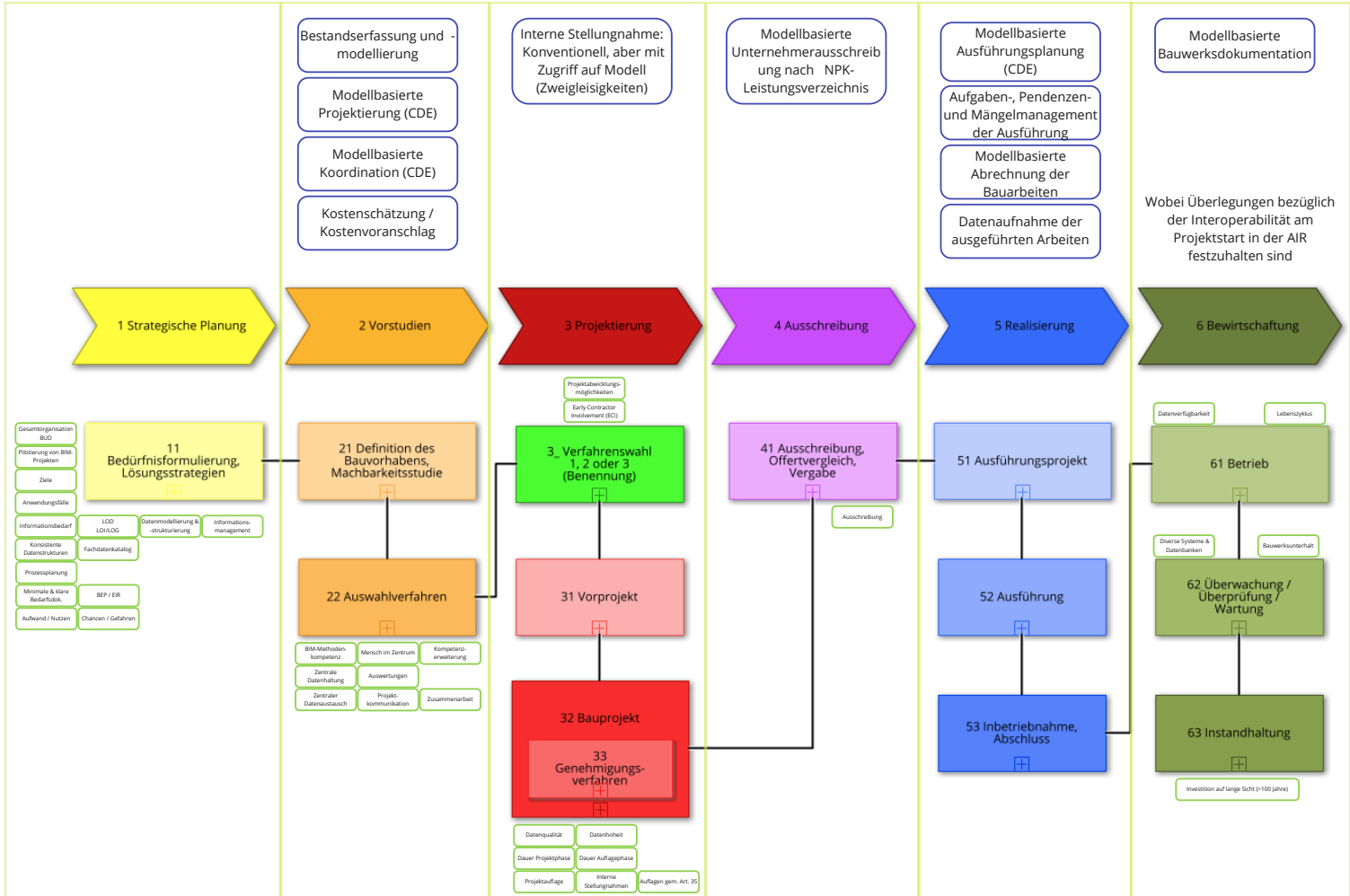
Schematische Darstellung der Visualisierung	Visualisiert	Quelle
	<p>Gemeinsame Datenumgebung (CDE) Phasen («Stadien») Informationsmenge (generisch)</p>	<p>(SN EN ISO 19650-1, 2018)</p>
	<p>Gemeinsame Datenumgebung (CDE) Informationscontainer Informationsmenge (generisch) Phasen Übergabezeitpunkte Entscheidungszeitpunkte</p>	<p>(Baldwin, 2019)</p>
	<p>BIM-Abwicklungsmodell Anforderungsdokumente Informationscontainer (generisch) Phasen / Lebenszyklus</p>	<p>(SIA, 2024)</p>
	<p>BIM-Abwicklungsmodell Anforderungsdokumente Informationscontainer (generisch) Phasen / Lebenszyklus</p>	<p>(Bauen digital Schweiz, 2024)</p>

<p>Dimensions of the Universe of Information Management</p>	<p>Informationsmanagement Schichten gem. ISO 19650-1 Informationsmanagement Dimensionen Phasen (Betriebs- und Bereitstellungsphase)</p>	<p>(Krieger, 2023)</p>
	<p>BIM-Anwendungsfälle («Anwendungen») Phasen Akteure</p>	<p>(Baldwin, 2019)</p>
	<p>Phasen Informationscontainer inkl. Modellübergänge</p>	<p>(Scherer & Schapke, 2014a)</p>
	<p>Aktivitäten Prozesse Modelle Akteure Informationscontainer</p>	<p>(Scherer & Schapke, 2014b)</p>

 <p>SDD • Klassifikationen • Property Set • Merkmale</p> <p>UCM • Use Cases</p> <p>BIM-Koordinationsanforderungen • LOIN • LOI • LOG • Use Cases • MVD • Leistungsbilder • Projektphasen</p> <p>Datenstrukturwerkzeug • Erstellung LOI/LOG • Mapping • Zusammenführung mit: • Use Case • Projektphasen • Leistungsbilder • Erstellung Softwarevorlagen oder IDS</p> <p>CDE xml/IDS BAP IFC BCF</p> <p>Fachplanungsbüro Modellerstellung</p>	<p>Gemeinsame Datenumgebung (CDE) Akteure Anwendungsfälle Informationsanforderungen</p>	<p>(Eichler et al., 2024)</p>
 <p>VICTor</p> <p>Anwendungsfälle (Beispiele) Beschaffung Terminplanung/ Fortschritt Datenanalyse, Benchmarks, Kennzahlen</p>	<p>BIM-basierte Datenintegrationsplattform</p>	<p>(Borrmann et al., 2021)</p>
 <p>Koordination und Datenmanagement nach ISO 19650 (in Entwicklung) bzw. geodigitaler DGN Norm</p> <p>Phasen LPH 1-4 LPH 1-2 LPH 1-3</p>	<p>Phasen Anforderungsdokumente Datenübergabepunkte</p>	<p>(Stange, 2020)</p>
 <p>digital & physical assets</p> <p>design information actors operation information actors</p> <p>digital assets physical assets</p>	<p>Akteure Phasen / Lebenszyklus Informationen (generisch)</p>	<p>(Bolpagni et al., 2022)</p>

Anhang 6

Entscheidung entlang der TBA Prozesse



Anhang 7

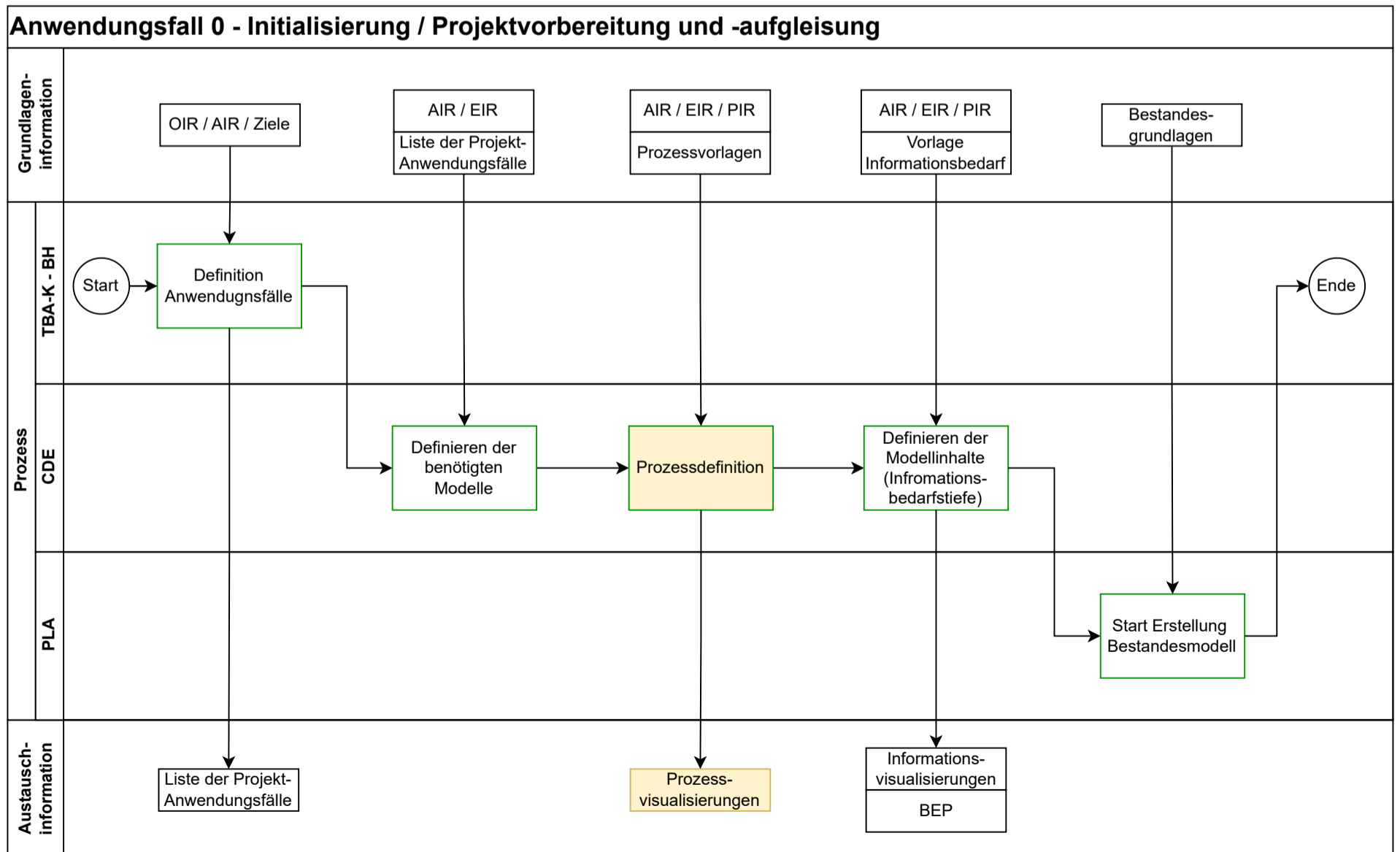
Dokumentation der Anwendungsfallprozesse

Legende

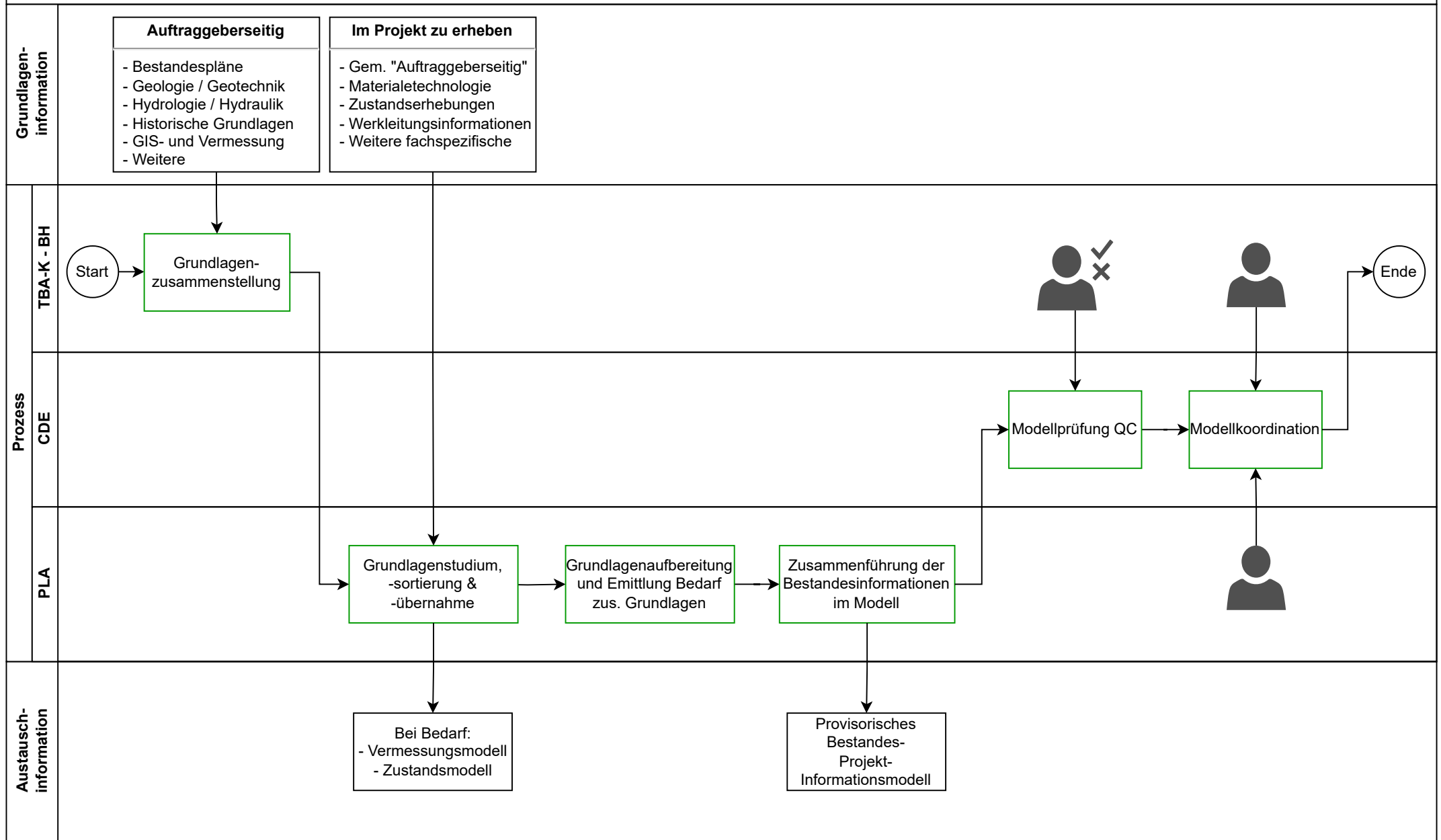
Abkürzungen		Symbole	
TBA-K	Tiefbauamt des Kantons St. Gallen - Sektion Kunstbauten		Akteur gibt frei
CDE	Gemeinsame Datenumgebung		Akteur nimmt teil
OBL	Oberbauleitung		Verzweigung zu asynchron parallel verlaufender Tätigkeit
PLA	Planer		Prozessstart
BL	Bauleitung		Prozessende
UN	Ausführende Unternehmer (Bauleistungen)		Prozessdefinition
BUD	Bau- und Umweltdepartement des Kantons St. Gallen		Prozessvisualisierungen
Dritte	Weitere Akteure mit Projektansprüchen		Synchroner Prozessschritt inkl. involvierte Akteure umrissen
BH	Bauherrschaft		Prozessschritt allgemein
OIR	Organisations-Informationsanforderungen		Prozessinput / Prozessoutput
AIR	Bauwerksbetriebszyklus-Informationsanforderungen		
EIR	Austausch Informationsanforderungen		
PIR	Projekt-Informationsanforderungen		
QC	Qualitätskontrolle		
MVD	Export-Modellansichtsdefinition in IFC		
BEP	BIM-Projektentwicklungsplan		

Auf die Darstellung von Prozessschleifen wird bewusst verzichtet, ausser diese sollen explizit hervorgehoben / betont werden.

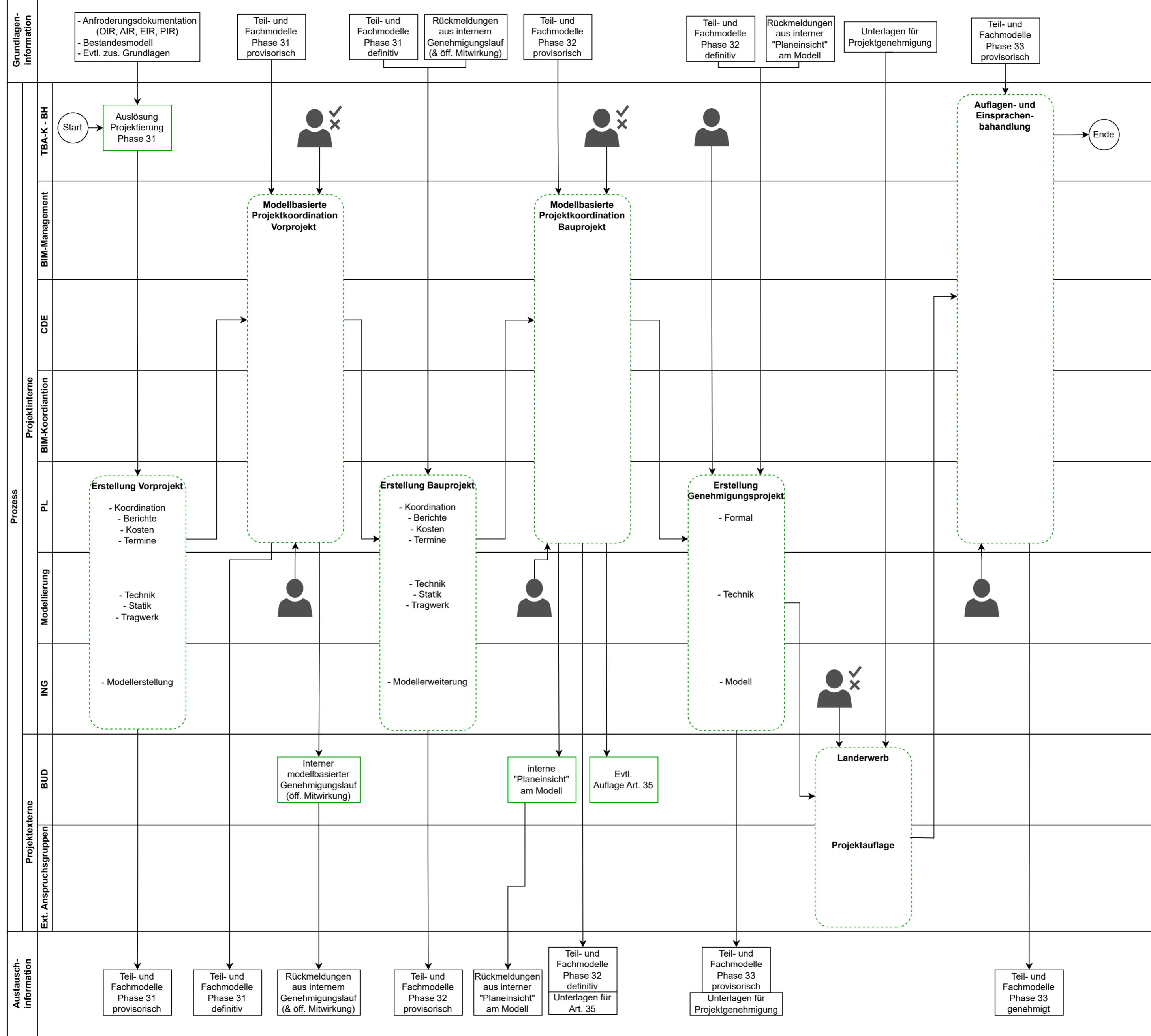
Prozesse



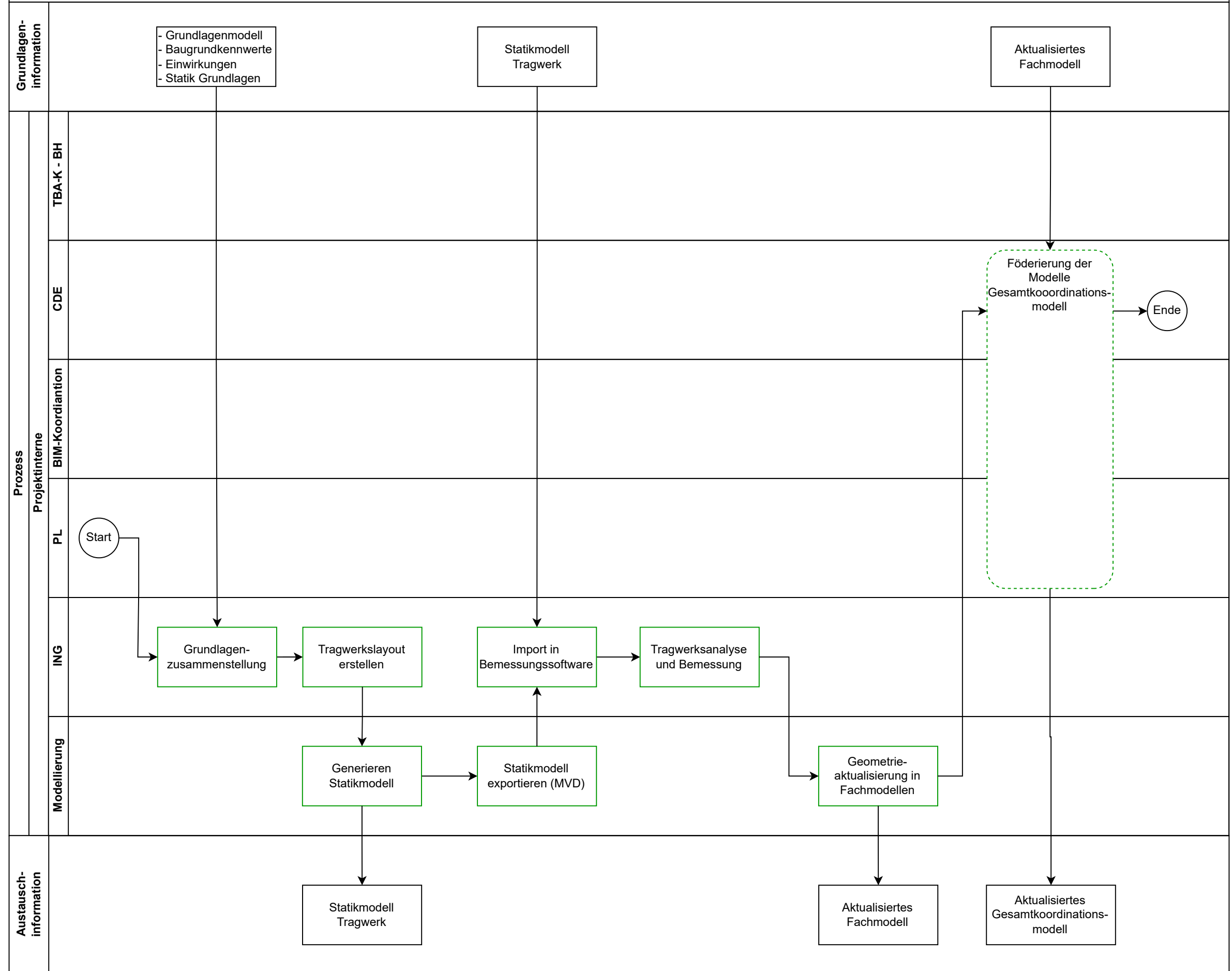
Anwendungsfall 1 - Bestandesaufnahme und -modellierung [SIA-Phasen 30]



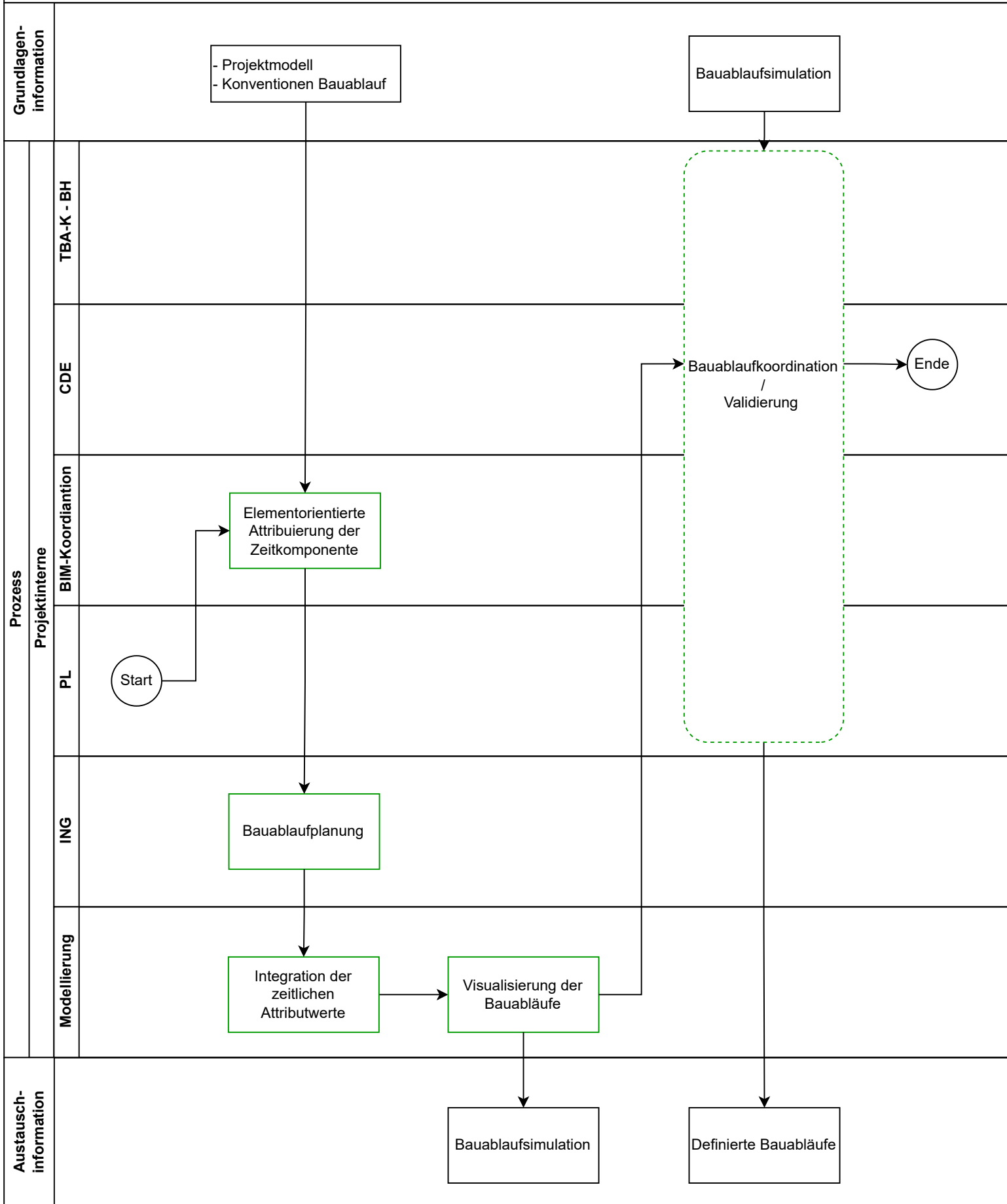
Anwendungsfall 2 - Modellbasierte Projektierung [SIA-Phasen 30]



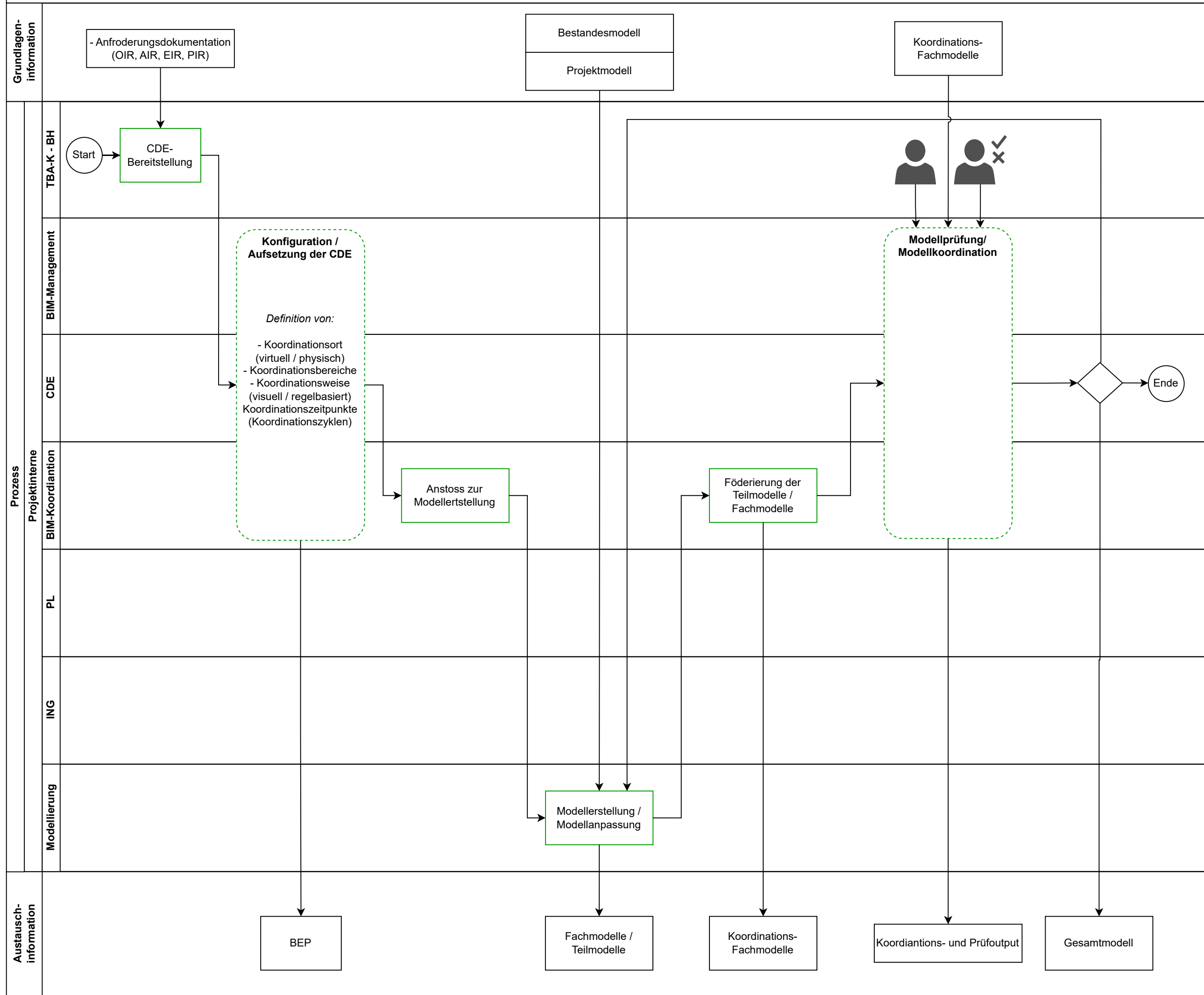
Anwendungsfall 2.1 - Modellbasierte Analyse und Bemessung vom Tragwerk [SIA-Phasen 30 - 50]



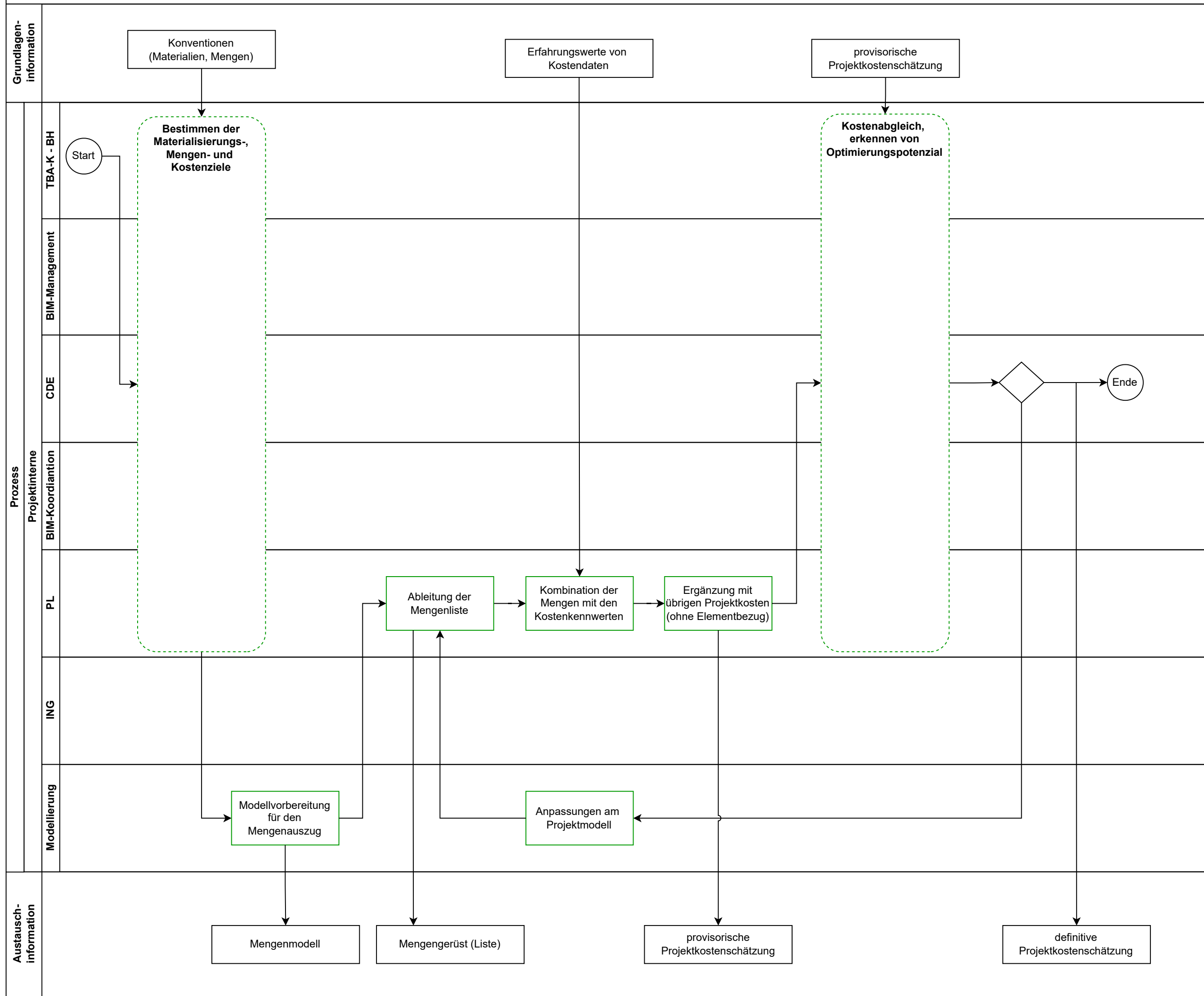
Anwendungsfall 2.2 - Modellbasierte Bauablaufplanung [SIA-Phasen 30 - 50]



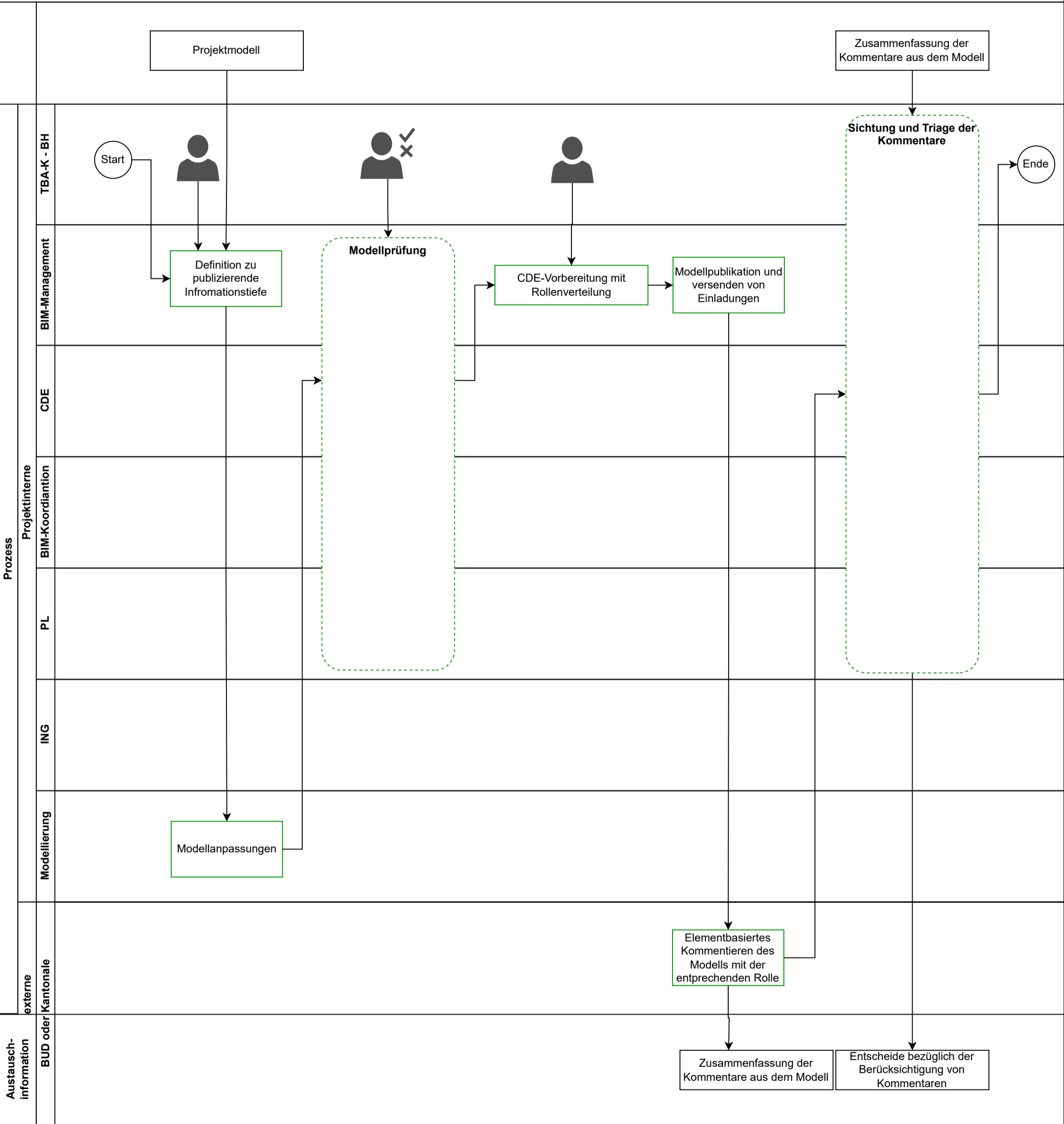
Anwendungsfall 3 - Modellbasierte Koordination in der gemeinsamen Datenumgebung, CDE [SIA-Phasen 30]



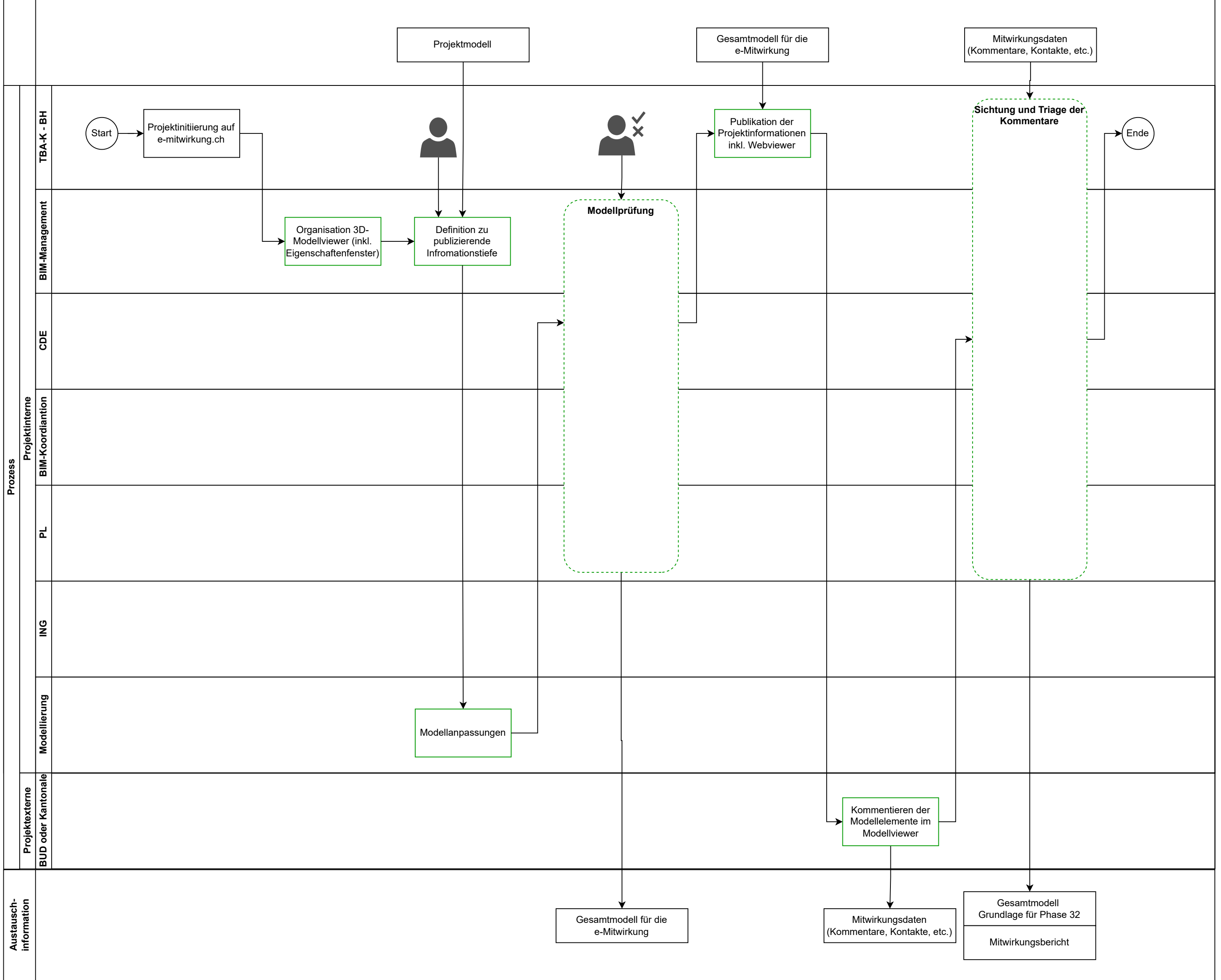
Anwendungsfall 4 - Modellbasierte Mengen- und Kostenermittlung [SIA-Phasen 30]



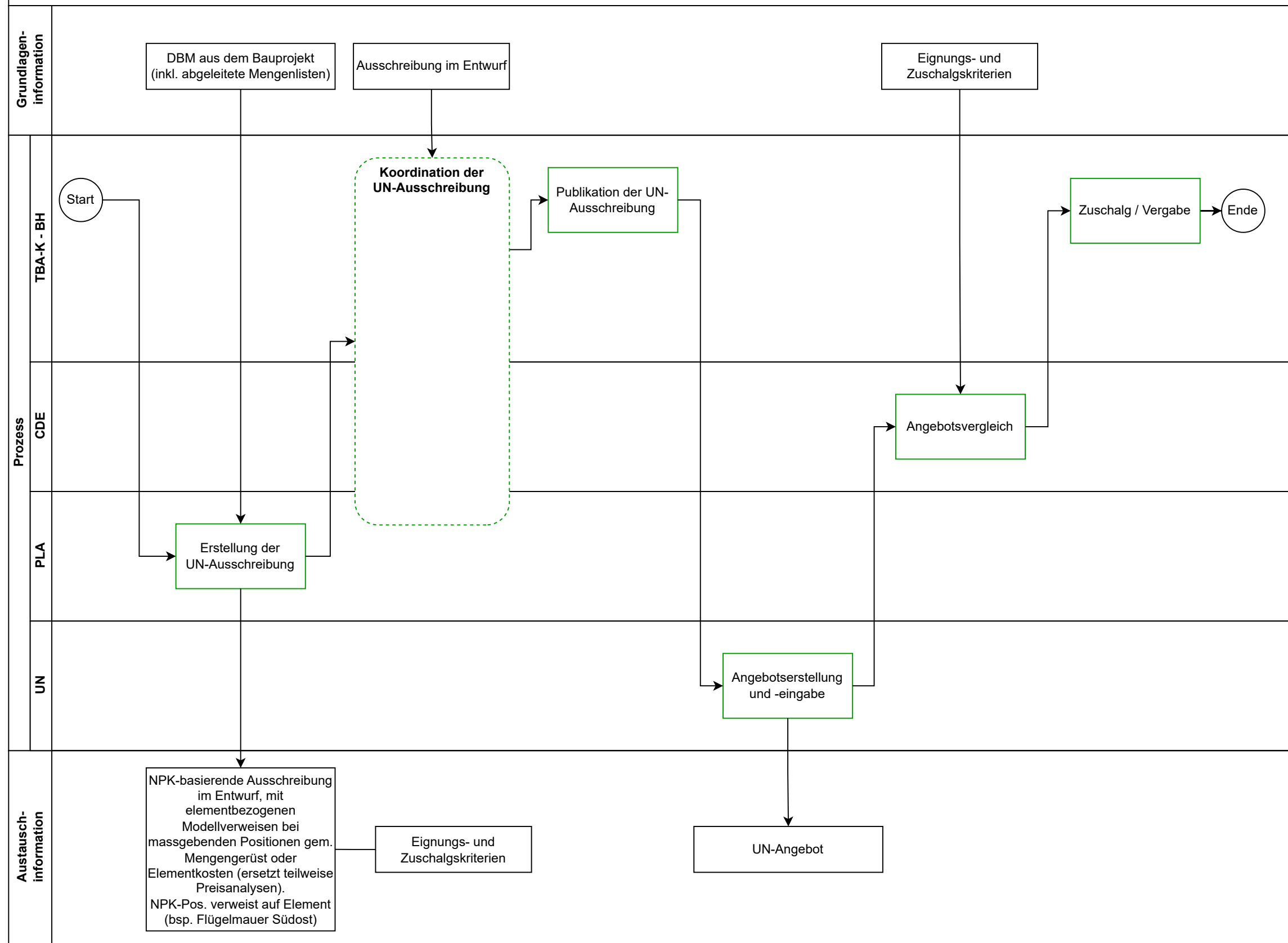
Anwendungsfall 5.1 - Interne Stellungnahmen [SIA-Phasen 31]



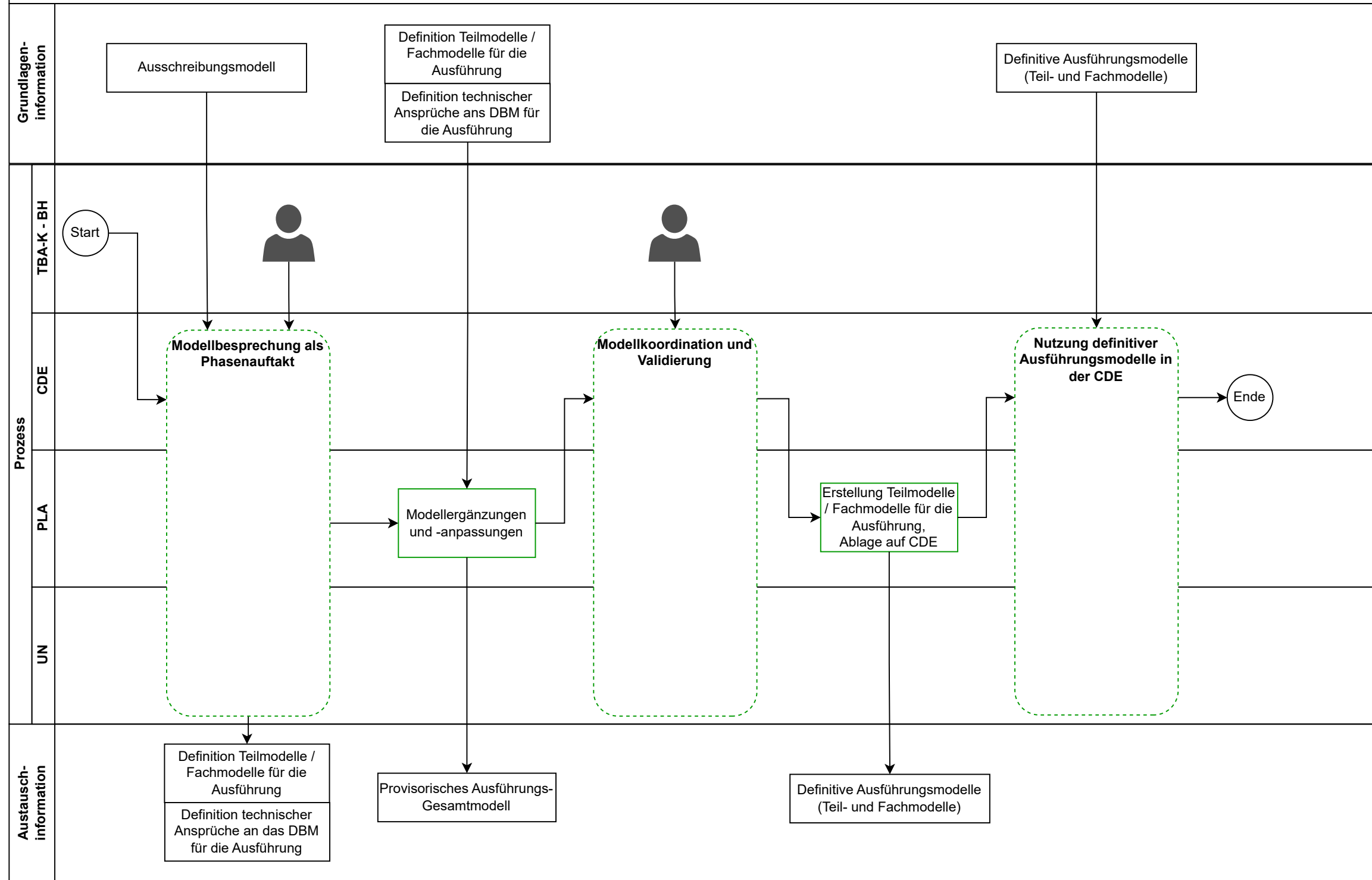
Anwendungsfall 5.2 - öffentliche Mitwirkung [SIA-Phase 31]



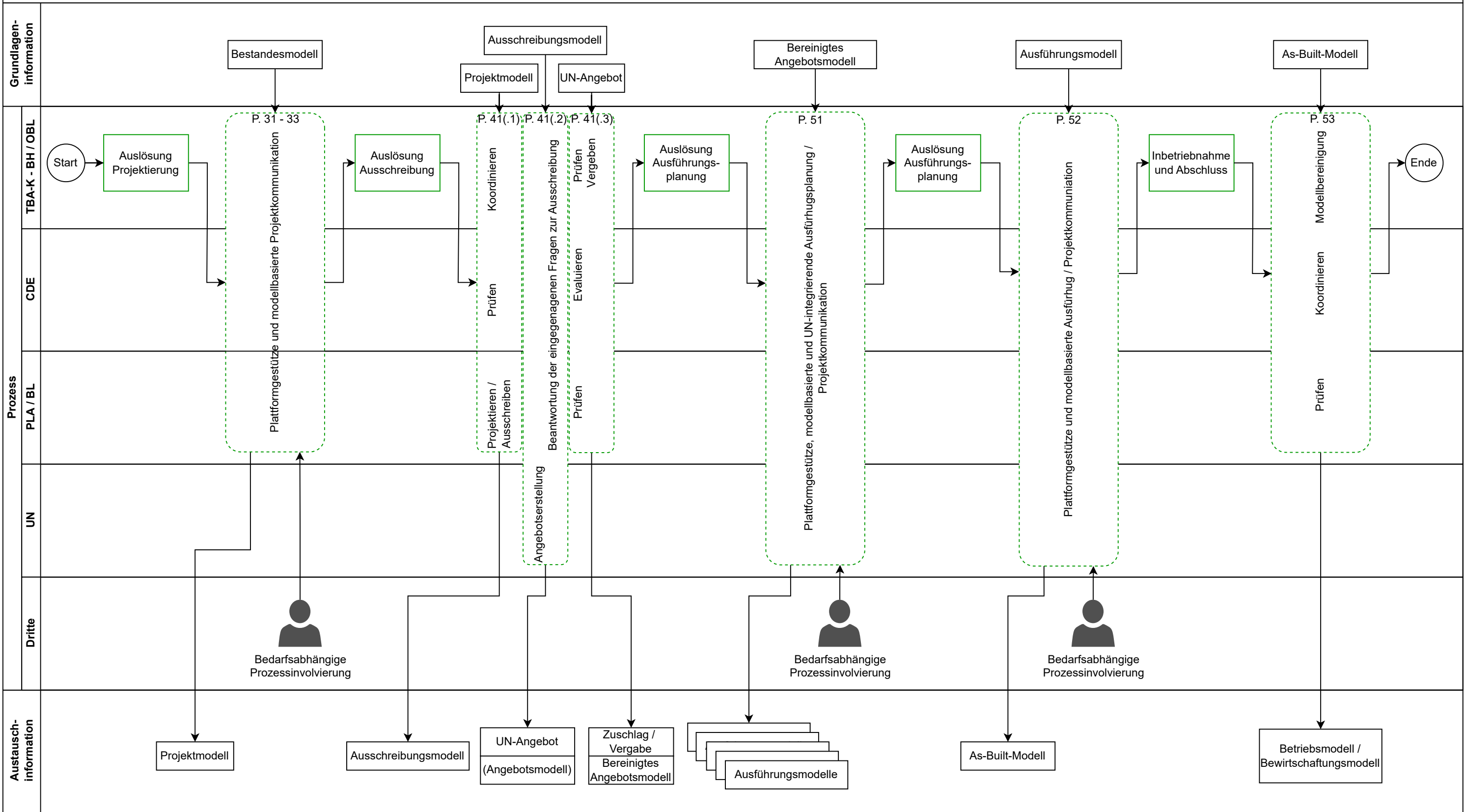
Anwendungsfall 6 - Modellbasierte NPK-Unternehmerausschreibung [SIA-Phase 41]



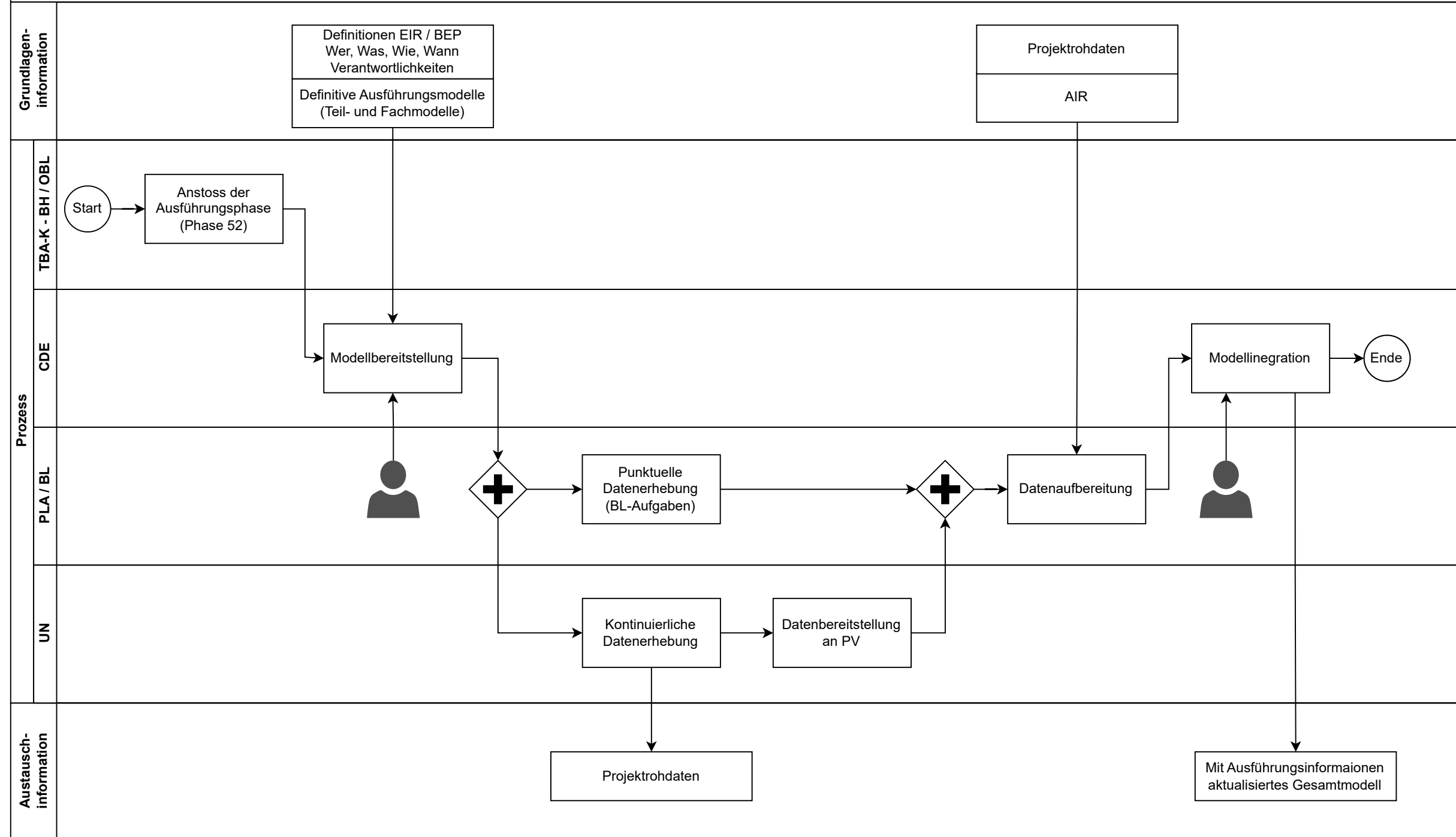
Anwendungsfall 7 - Modellbasierte Ausführungsplanung [SIA-Phase 51]



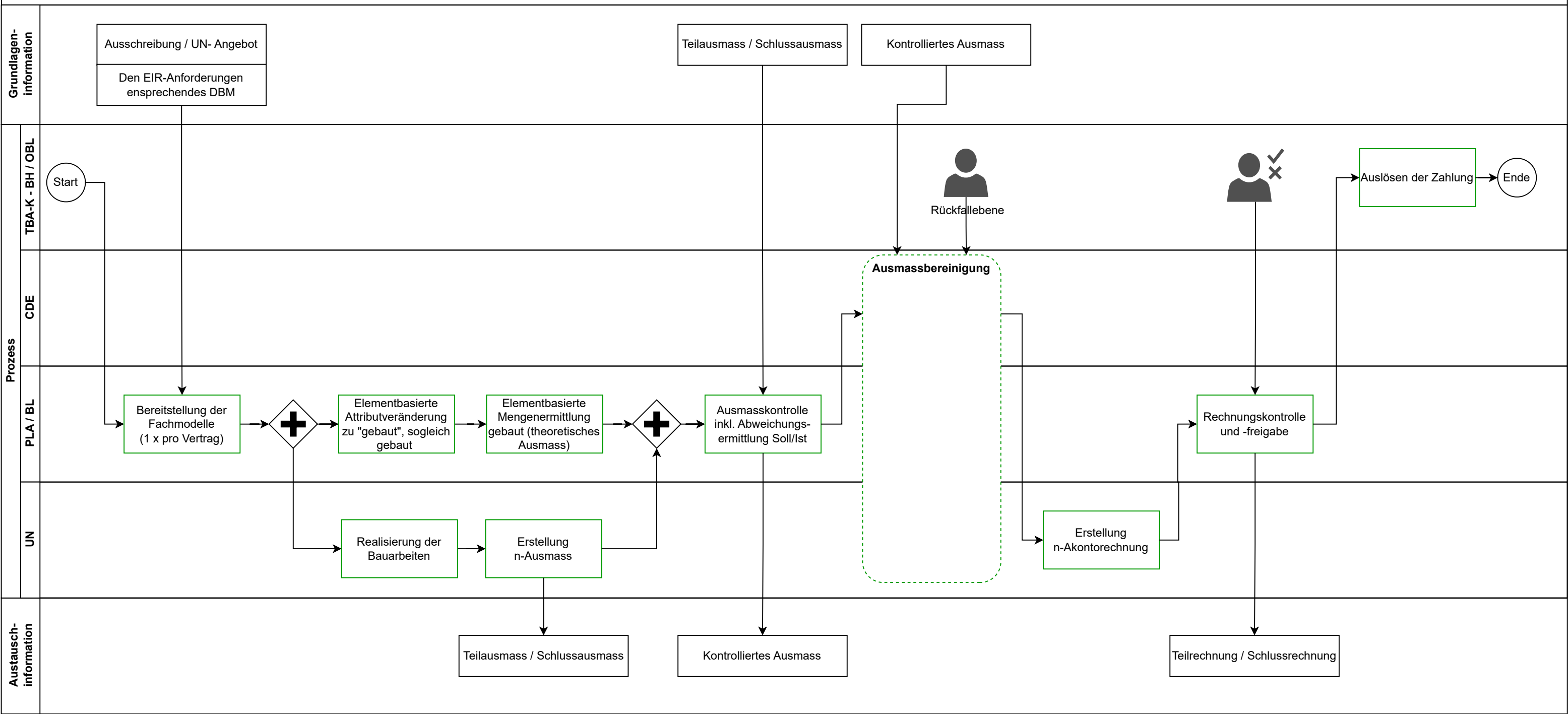
Anwendungsfall 8 - Modellbasiertes Aufgaben und Pendenzenmanagement [SIA-Phasen 30 - 50]



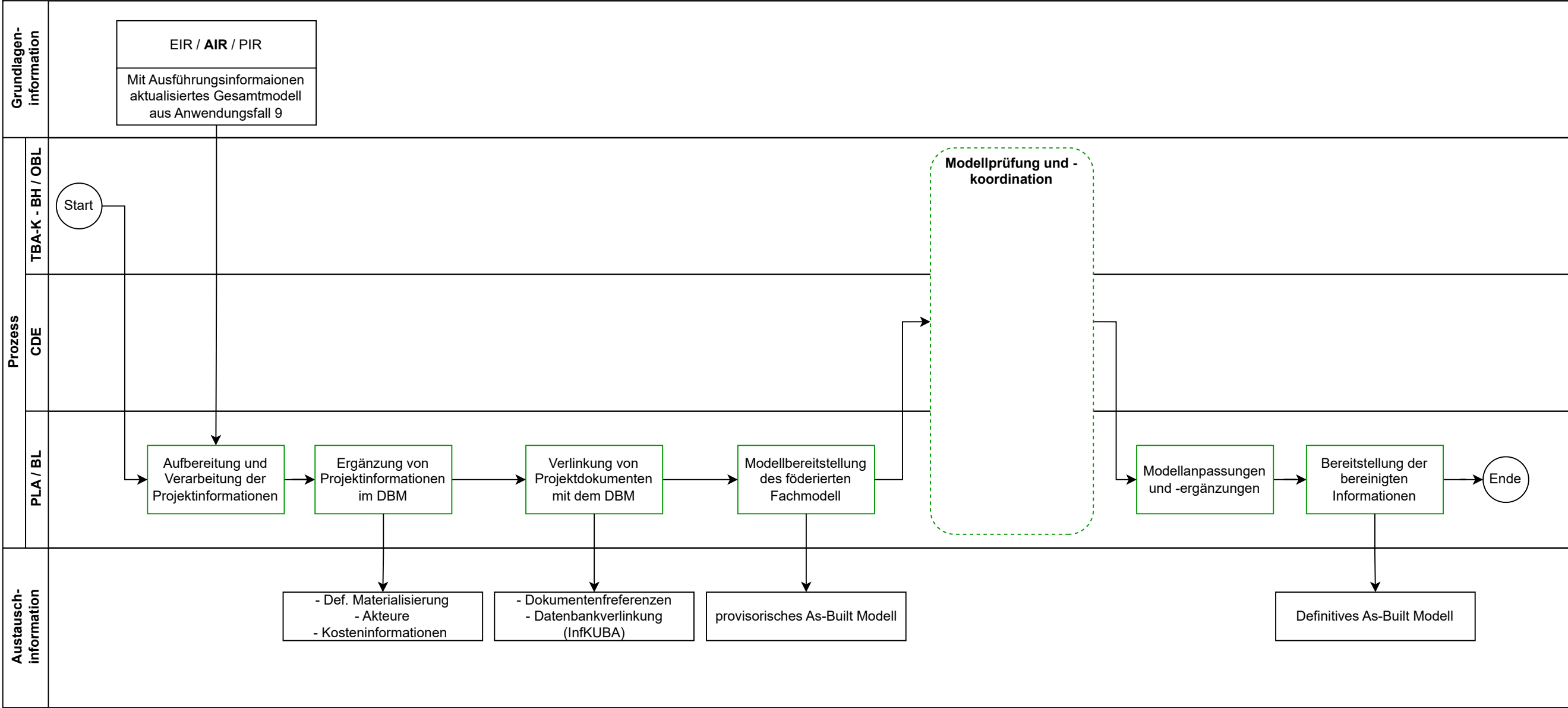
Anwendungsfall 9 - Datenaufnahme der ausgeführten Arbeiten [SIA-Phase 52]



Anwendungsfall 10 - Modellbasierte Abrechnung der ausgeführten Arbeiten [SIA-Phasen 52+53]



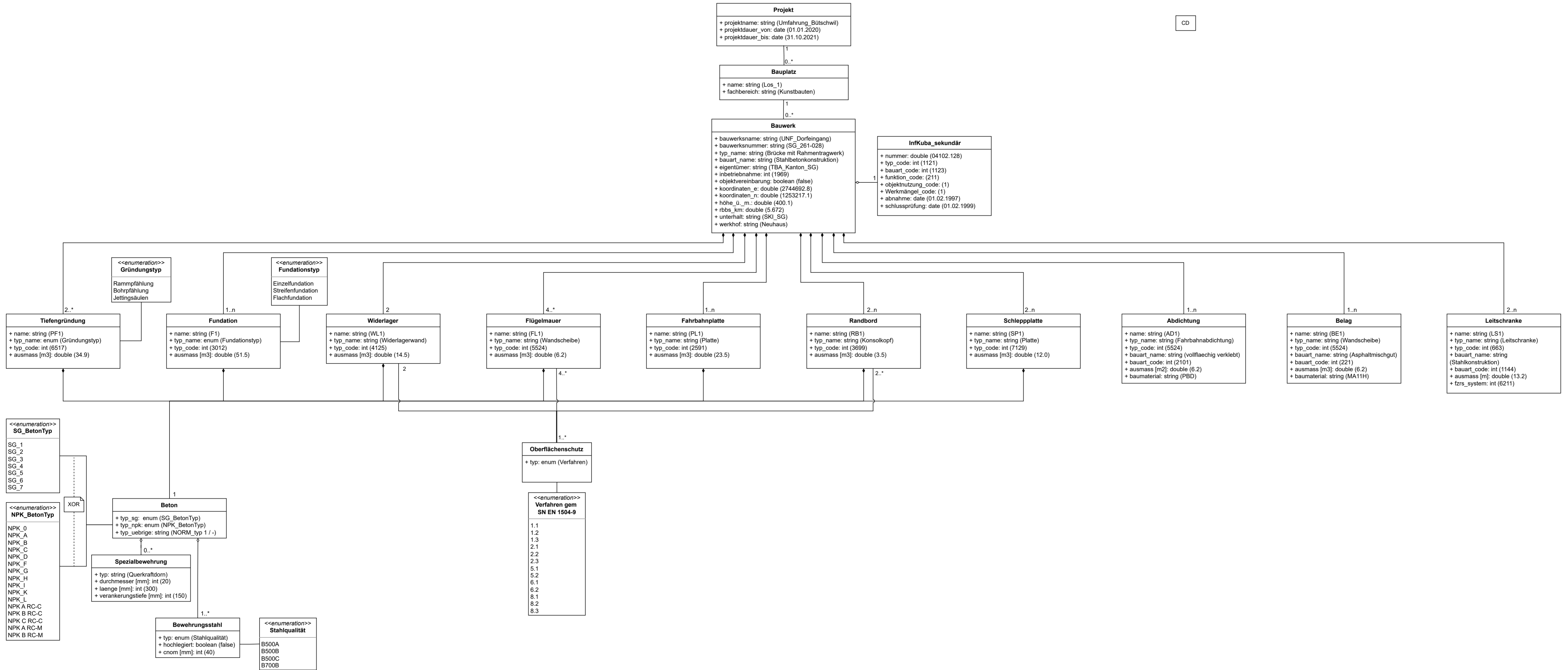
Anwendungsfall 11 - Modellbasierte Bauwerksdokumentation [SIA-Phase 53]



Anhang 8

Klassendiagramm der Bauwerksinformationen

Klassen, Beispielattribute, (Beispiel-Attributwerte)



Anhang 9

Anwendungsfallinformationen

Klassen, Beispielattribute, (Beispiel-Attributwerte)

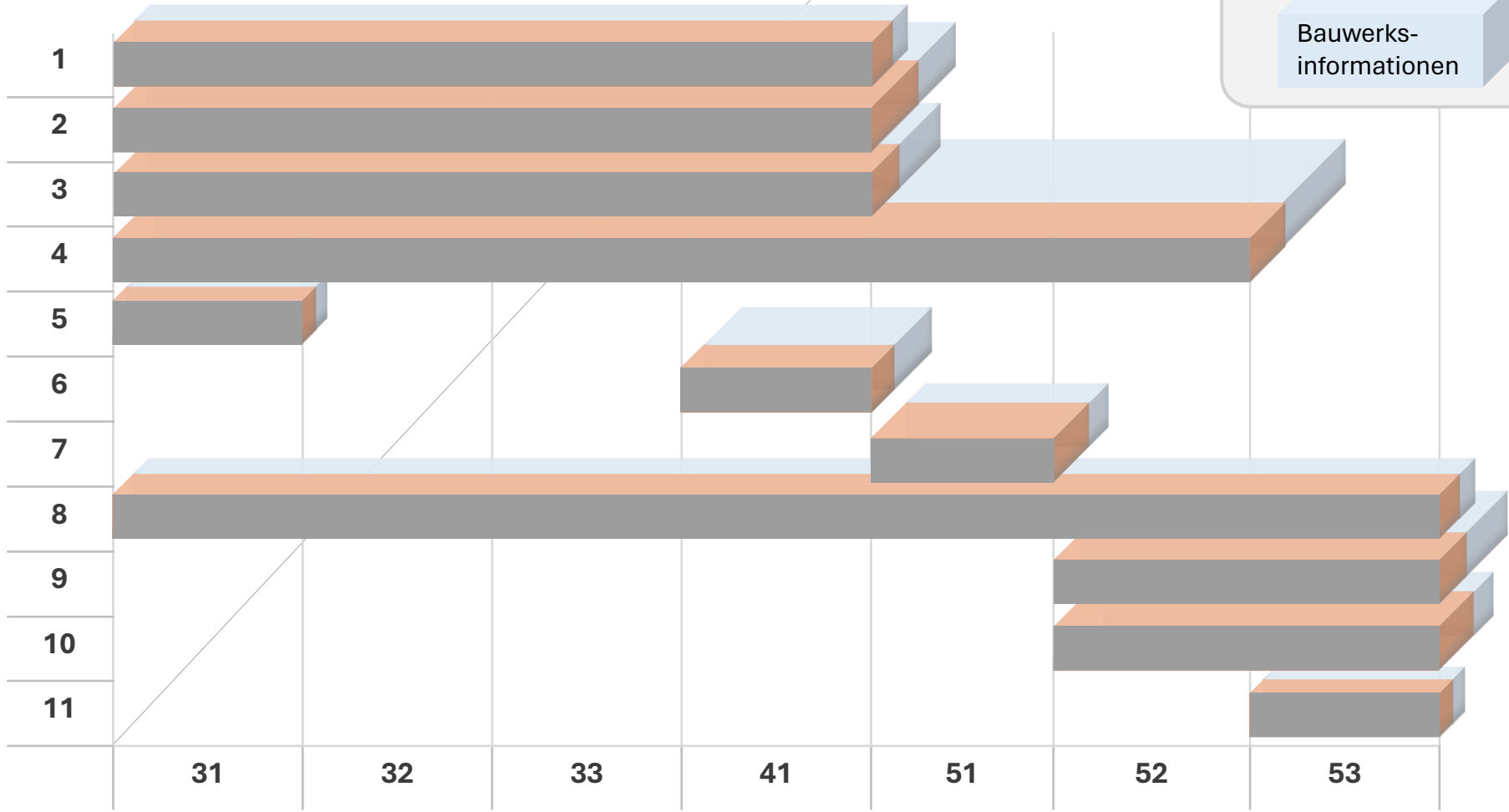
Anwendungsfall 0 - Initialisierung	<table border="1"> <tr> <th>Dokumentenreferenzen</th> </tr> <tr> <td>+ typ: string (Prozessvisualisierung) + datum: date (31.12.2023) + quelle: string (Gruner AG)</td> </tr> </table>	Dokumentenreferenzen	+ typ: string (Prozessvisualisierung) + datum: date (31.12.2023) + quelle: string (Gruner AG)												
Dokumentenreferenzen															
+ typ: string (Prozessvisualisierung) + datum: date (31.12.2023) + quelle: string (Gruner AG)															
Anwendungsfall 1 - Bestandesmodellierung	<table border="1"> <tr> <th>Grundlagen</th> </tr> <tr> <td>+ typ: string (Hydrologie) + datum: date (01.01.1991) + quelle: string (Gruner AG)</td> </tr> </table>	Grundlagen	+ typ: string (Hydrologie) + datum: date (01.01.1991) + quelle: string (Gruner AG)	<table border="1"> <tr> <th>Erhebungen</th> </tr> <tr> <td>+ typ: string (Materialtechnologie) + datum: date (01.01.1992) + quelle: string (Gruner AG)</td> </tr> </table>	Erhebungen	+ typ: string (Materialtechnologie) + datum: date (01.01.1992) + quelle: string (Gruner AG)	<table border="1"> <tr> <th>Vermessung</th> </tr> <tr> <td>+ typ: string (Terrainvermessung) + datum: date (01.03.2023) + genauigkeit [+/- mm]: int (5) + quelle: string (Vermiflex GmbH)</td> </tr> </table>	Vermessung	+ typ: string (Terrainvermessung) + datum: date (01.03.2023) + genauigkeit [+/- mm]: int (5) + quelle: string (Vermiflex GmbH)						
Grundlagen															
+ typ: string (Hydrologie) + datum: date (01.01.1991) + quelle: string (Gruner AG)															
Erhebungen															
+ typ: string (Materialtechnologie) + datum: date (01.01.1992) + quelle: string (Gruner AG)															
Vermessung															
+ typ: string (Terrainvermessung) + datum: date (01.03.2023) + genauigkeit [+/- mm]: int (5) + quelle: string (Vermiflex GmbH)															
Anwendungsfall 2 - Projektierung	<table border="1"> <tr> <th>Dokumentenreferenzen</th> </tr> <tr> <td>+ typ: string (Technischer Bericht) + datum: date (01.01.1991) + quelle: string (Gruner AG)</td> </tr> </table>	Dokumentenreferenzen	+ typ: string (Technischer Bericht) + datum: date (01.01.1991) + quelle: string (Gruner AG)												
Dokumentenreferenzen															
+ typ: string (Technischer Bericht) + datum: date (01.01.1991) + quelle: string (Gruner AG)															
Anwendungsfall 2.1 - Statik	<table border="1"> <tr> <th>Grundlagen</th> </tr> <tr> <td>+ typ: string (Baugrundkennwerte) + datum: date (01.01.2023) + quelle: string (Gruner AG)</td> </tr> </table>	Grundlagen	+ typ: string (Baugrundkennwerte) + datum: date (01.01.2023) + quelle: string (Gruner AG)	<table border="1"> <tr> <th>Einwirkungen</th> </tr> <tr> <td>+ typ: string (Verkehrslasten, LM1) + datum: date (01.01.2024) + quelle: string (Gruner AG)</td> </tr> </table>	Einwirkungen	+ typ: string (Verkehrslasten, LM1) + datum: date (01.01.2024) + quelle: string (Gruner AG)	<table border="1"> <tr> <th>Dokumentenreferenzen</th> </tr> <tr> <td>+ typ: string (statische Nachweise) + datum: date (30.01.2024) + quelle: string (Gruner AG)</td> </tr> </table>	Dokumentenreferenzen	+ typ: string (statische Nachweise) + datum: date (30.01.2024) + quelle: string (Gruner AG)						
Grundlagen															
+ typ: string (Baugrundkennwerte) + datum: date (01.01.2023) + quelle: string (Gruner AG)															
Einwirkungen															
+ typ: string (Verkehrslasten, LM1) + datum: date (01.01.2024) + quelle: string (Gruner AG)															
Dokumentenreferenzen															
+ typ: string (statische Nachweise) + datum: date (30.01.2024) + quelle: string (Gruner AG)															
Anwendungsfall 2.2 - Bauablaufplanung	<table border="1"> <tr> <th>Bauablauf</th> </tr> <tr> <td>+ aufgaben_id: double (1.5) + start: date (01.02.2025)</td> </tr> </table>	Bauablauf	+ aufgaben_id: double (1.5) + start: date (01.02.2025)												
Bauablauf															
+ aufgaben_id: double (1.5) + start: date (01.02.2025)															
Anwendungsfall 4 - Kostenschätzung	<table border="1"> <tr> <th>Materialisierung</th> </tr> <tr> <td>+ material: string (Beton) + typ: string (SG_1)</td> </tr> </table>	Materialisierung	+ material: string (Beton) + typ: string (SG_1)	<table border="1"> <tr> <th>Quantität</th> </tr> <tr> <td>+ menge [*]: double (45.8)</td> </tr> </table>	Quantität	+ menge [*]: double (45.8)	<table border="1"> <tr> <th>Dokumentenreferenzen</th> </tr> <tr> <td>+ typ: string (Mengengerüst) + datum: date (30.01.2024) + erstellt: string (Gruner AG)</td> </tr> </table>	Dokumentenreferenzen	+ typ: string (Mengengerüst) + datum: date (30.01.2024) + erstellt: string (Gruner AG)	<table border="1"> <tr> <th>Dokumentenreferenzen</th> </tr> <tr> <td>+ typ: string (Referenz-Kostendaten) + datum: date (30.01.2024) + erstellt: string (Gruner AG)</td> </tr> </table>	Dokumentenreferenzen	+ typ: string (Referenz-Kostendaten) + datum: date (30.01.2024) + erstellt: string (Gruner AG)	<table border="1"> <tr> <th>Dokumentenreferenzen</th> </tr> <tr> <td>+ typ: string (Kostenschätzung) + datum: date (30.02.2024) + erstellt: string (Gruner AG)</td> </tr> </table>	Dokumentenreferenzen	+ typ: string (Kostenschätzung) + datum: date (30.02.2024) + erstellt: string (Gruner AG)
Materialisierung															
+ material: string (Beton) + typ: string (SG_1)															
Quantität															
+ menge [*]: double (45.8)															
Dokumentenreferenzen															
+ typ: string (Mengengerüst) + datum: date (30.01.2024) + erstellt: string (Gruner AG)															
Dokumentenreferenzen															
+ typ: string (Referenz-Kostendaten) + datum: date (30.01.2024) + erstellt: string (Gruner AG)															
Dokumentenreferenzen															
+ typ: string (Kostenschätzung) + datum: date (30.02.2024) + erstellt: string (Gruner AG)															
Anwendungsfall 5.1 - Interne Stellungnahme	<table border="1"> <tr> <th>Publizierte Informationen</th> </tr> <tr> <td>+ material: string (Beton) + typ: string (SG_1) + menge [*]: double (45.8)</td> </tr> </table>	Publizierte Informationen	+ material: string (Beton) + typ: string (SG_1) + menge [*]: double (45.8)	<table border="1"> <tr> <th>Kommentar</th> </tr> <tr> <td>+ rolle: string (Revierförster) + person: string (Max Muster) + kommentar: string (Waldabstand < 20 m nicht zulässig)</td> </tr> </table>	Kommentar	+ rolle: string (Revierförster) + person: string (Max Muster) + kommentar: string (Waldabstand < 20 m nicht zulässig)	<table border="1"> <tr> <th>Dokumentenreferenzen</th> </tr> <tr> <td>+ typ: string (Kommentarliste) + datum: date (30.03.2024) + erstellt: string (ADMIN-TBA-K)</td> </tr> </table>	Dokumentenreferenzen	+ typ: string (Kommentarliste) + datum: date (30.03.2024) + erstellt: string (ADMIN-TBA-K)						
Publizierte Informationen															
+ material: string (Beton) + typ: string (SG_1) + menge [*]: double (45.8)															
Kommentar															
+ rolle: string (Revierförster) + person: string (Max Muster) + kommentar: string (Waldabstand < 20 m nicht zulässig)															
Dokumentenreferenzen															
+ typ: string (Kommentarliste) + datum: date (30.03.2024) + erstellt: string (ADMIN-TBA-K)															
Anwendungsfall 5.2 - Öffentliche Mitwirkung	<table border="1"> <tr> <th>Publizierte Informationen</th> </tr> <tr> <td>+ material: string (Beton) + typ: string (SG_1) + menge [*]: double (45.8)</td> </tr> </table>	Publizierte Informationen	+ material: string (Beton) + typ: string (SG_1) + menge [*]: double (45.8)	<table border="1"> <tr> <th>Kommentar</th> </tr> <tr> <td>+ person: string (Max Muster) + adresse: string (Im Lee, 9313 Muolen) + e-mail: string (max.muster@gmail.com) + kommentar: string (wäre nicht besser, man würde die linienführung...)</td> </tr> </table>	Kommentar	+ person: string (Max Muster) + adresse: string (Im Lee, 9313 Muolen) + e-mail: string (max.muster@gmail.com) + kommentar: string (wäre nicht besser, man würde die linienführung...)	<table border="1"> <tr> <th>Dokumentenreferenzen</th> </tr> <tr> <td>+ typ: string (Kommentarliste) + datum: date (30.04.2024) + erstellt: string (ADMIN-TBA-K)</td> </tr> </table>	Dokumentenreferenzen	+ typ: string (Kommentarliste) + datum: date (30.04.2024) + erstellt: string (ADMIN-TBA-K)	<table border="1"> <tr> <th>Dokumentenreferenzen</th> </tr> <tr> <td>+ typ: string (Mitwirkungsbericht) + datum: date (30.04.2024) + erstellt: string (GPL-TBA-K)</td> </tr> </table>	Dokumentenreferenzen	+ typ: string (Mitwirkungsbericht) + datum: date (30.04.2024) + erstellt: string (GPL-TBA-K)			
Publizierte Informationen															
+ material: string (Beton) + typ: string (SG_1) + menge [*]: double (45.8)															
Kommentar															
+ person: string (Max Muster) + adresse: string (Im Lee, 9313 Muolen) + e-mail: string (max.muster@gmail.com) + kommentar: string (wäre nicht besser, man würde die linienführung...)															
Dokumentenreferenzen															
+ typ: string (Kommentarliste) + datum: date (30.04.2024) + erstellt: string (ADMIN-TBA-K)															
Dokumentenreferenzen															
+ typ: string (Mitwirkungsbericht) + datum: date (30.04.2024) + erstellt: string (GPL-TBA-K)															
Anwendungsfall 6 - NPK-Unternehmerausschreibung	<table border="1"> <tr> <th>Publizierte Informationen</th> </tr> <tr> <td>+ material: string (Beton) + typ: string (SG_1) + menge [*]: double (45.8)</td> </tr> </table>	Publizierte Informationen	+ material: string (Beton) + typ: string (SG_1) + menge [*]: double (45.8)	<table border="1"> <tr> <th>Dokumentenreferenzen</th> </tr> <tr> <td>+ typ: string (Leistungsverzeichnis) + datum: date (30.04.2024) + erstellt: string (Gruner AG)</td> </tr> </table>	Dokumentenreferenzen	+ typ: string (Leistungsverzeichnis) + datum: date (30.04.2024) + erstellt: string (Gruner AG)	<table border="1"> <tr> <th>Ausschreibung</th> </tr> <tr> <td>+ npk_modellverweis: string (RB1)</td> </tr> </table>	Ausschreibung	+ npk_modellverweis: string (RB1)						
Publizierte Informationen															
+ material: string (Beton) + typ: string (SG_1) + menge [*]: double (45.8)															
Dokumentenreferenzen															
+ typ: string (Leistungsverzeichnis) + datum: date (30.04.2024) + erstellt: string (Gruner AG)															
Ausschreibung															
+ npk_modellverweis: string (RB1)															
Anwendungsfall 8 - Aufgaben / Pendenzen	<table border="1"> <tr> <th>Aufgaben</th> </tr> <tr> <td>+ typ: string (Kollision) + zuweisung: string (Planung) + termin: date (15.04.2023) + status: string (erledigt)</td> </tr> </table>	Aufgaben	+ typ: string (Kollision) + zuweisung: string (Planung) + termin: date (15.04.2023) + status: string (erledigt)												
Aufgaben															
+ typ: string (Kollision) + zuweisung: string (Planung) + termin: date (15.04.2023) + status: string (erledigt)															
Anwendungsfall 9 - Datenaufnahme	<table border="1"> <tr> <th>PLA_Aufnahmen</th> </tr> <tr> <td>+ datentyp: string (Vermessung) + thema: string (Leitungsverlauf-EW) + etappe_los: double (2.3) + termin: date (15.08.2024) + erstellt: string (Gruner AG)</td> </tr> </table>	PLA_Aufnahmen	+ datentyp: string (Vermessung) + thema: string (Leitungsverlauf-EW) + etappe_los: double (2.3) + termin: date (15.08.2024) + erstellt: string (Gruner AG)	<table border="1"> <tr> <th>UN_Aufnahmen</th> </tr> <tr> <td>+ datentyp: string (Vermessung) + thema: string (Grabensohle) + termin: date (15.08.2024) + erstellt: string (Bernet Bau AG)</td> </tr> </table>	UN_Aufnahmen	+ datentyp: string (Vermessung) + thema: string (Grabensohle) + termin: date (15.08.2024) + erstellt: string (Bernet Bau AG)									
PLA_Aufnahmen															
+ datentyp: string (Vermessung) + thema: string (Leitungsverlauf-EW) + etappe_los: double (2.3) + termin: date (15.08.2024) + erstellt: string (Gruner AG)															
UN_Aufnahmen															
+ datentyp: string (Vermessung) + thema: string (Grabensohle) + termin: date (15.08.2024) + erstellt: string (Bernet Bau AG)															
Anwendungsfall 10 - Abrechnung	<table border="1"> <tr> <th>BL_Abrechnung</th> </tr> <tr> <td>+ gestartet: boolean (true) + status [%]: int (80) + abgerechnet [%]: int (80) + termin: date (15.09.2024)</td> </tr> </table>	BL_Abrechnung	+ gestartet: boolean (true) + status [%]: int (80) + abgerechnet [%]: int (80) + termin: date (15.09.2024)												
BL_Abrechnung															
+ gestartet: boolean (true) + status [%]: int (80) + abgerechnet [%]: int (80) + termin: date (15.09.2024)															
Anwendungsfall 11 - Bauwerksdokumentation	<table border="1"> <tr> <th>Dokumentenreferenzen</th> </tr> <tr> <td>+ typ: string (Rotstiftunterlagen) + datum: date (30.11.2024) + erstellt: string (Gruner AG)</td> </tr> </table>	Dokumentenreferenzen	+ typ: string (Rotstiftunterlagen) + datum: date (30.11.2024) + erstellt: string (Gruner AG)												
Dokumentenreferenzen															
+ typ: string (Rotstiftunterlagen) + datum: date (30.11.2024) + erstellt: string (Gruner AG)															

Anhang 10

Gesamtvisualisierung

Information

Anwendungsfall



Anwendungsfall-Prozess ↔

**Anwendungsfall-
informationen** ↔

**Bauwerks-
informationen** ↔

SIA-Phase