



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

DIPLOMARBEIT

Hybride Planungsprozesse:
Konventionelle und BIM Planungsmethodik in der Praxis

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades

eines Diplom-Ingenieurs / Diplom-Ingenieurin

unter der Leitung

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Arch. Dr.phil.

Suter Georg

E 259/1 Digitale Architektur und Raumplanung

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Patrick Olczykowski, Bsc.

00525655

Wien, am 24.02.2023



Kurzfassung

Als eines der Potenziale der Digitalisierung in der Baubranche hat die Softwareindustrie das Konzept von BIM (Building Information Modeling) mit dem Ziel in die Welt gerufen, durch eine effiziente intelligente modellbasierte Planungsmethodik Produktivitätsgewinne zu erzielen, und damit die konventionelle Bau- und Planungsmethodik abzulösen. Das Bewusstsein und die Euphorie für den technologischen Wandel sind in der Bauindustrie angekommen, der Begriff BIM ist mittlerweile allgegenwärtig. Dennoch zeigt die Praxis abermals, dass die gewünschten Ziele noch nicht erreicht werden. Es entstehen zusätzliche Arbeitsprozesse bei der Implementierung der BIM Planungsmethodik und vermischen sich mit konventionellen Planungsprozessen, wodurch Mehrkosten entstehen. Das führt zu Verunsicherung und lässt das Vertrauen in die Umstellung auf die neue Planungsmethodik schwinden. Es führt sogar dazu, dass wieder auf konventionelle Methoden zurückgegriffen wird.

Wegen fehlenden Zeitressourcen und den mit dem Arbeitsaufwand verbundenen Kosten werden in der österreichischen Baubranche selten Anwendungsbeispiele von durchgängigen Digitalisierungsprozessen bei Bauprojekten untersucht. Dabei ist die Evaluierung von Pilotprojekten besonders wertvoll, denn sie geben tiefen Einblick in die Arbeitsmethodik, wodurch Verbesserungen möglich werden.

Die Masterarbeit untersucht deswegen anhand von drei aus der Praxis ausgewählten Pilotprojekten die bei der BIM Implementierung entstehenden Arbeitsprozesse und das Verhältnis zwischen konventioneller und BIM Planungsmethodik. Denn besonders zu Beginn der Implementierung neuer Technologien vermischen sich unterschiedliche Arbeitsprozesse und entstehen neue Arbeitsmethoden, welche besonderen Einfluss auf die Planungsabläufe nehmen. Mithilfe von Geschäftsprozessmodellen (BPMN) werden dabei die Arbeitsprozesse, ihre Abhängigkeiten, die eingesetzten Strategien und die Interoperabilität der Pilotprojekte dokumentiert und evaluiert.

Das Ziel der Masterarbeit ist es, möglichst praxisbezogene, objektive und transparente Resultate zu erzielen und neue Erkenntnisse zu generieren, um die Ursachen für nicht erreichte Ziele zu identifizieren und so das Vertrauen in die BIM Planungsmethodik zu stärken.

Abstract

As one of the potentials of digitalization in the construction industry, the software industry brought the concept of BIM (Building Information Modeling) into the world with the aim of achieving productivity gains through an efficient, intelligent, model-based planning method, and thus replacing conventional construction and planning methods. Awareness and euphoria for technological change have arrived in the construction industry, and the term BIM is now ubiquitous. Nevertheless, practice shows once again that the desired goals have not yet been achieved. Additional work processes arise when implementing the BIM planning methodology and mix with conventional planning processes, which results in additional costs. This leads to uncertainty and causes confidence in the changeover to the new planning methodology to dwindle. It even leads to a return to conventional methods.

Due to a lack of time resources and the costs associated with the workload, application examples of end-to-end digitization processes in construction projects are rarely examined in the Austrian construction industry. The evaluation of pilot projects is particularly valuable because they provide deep insight into the working methods, which make improvements possible.

The master's thesis therefore examines the work processes that arise during BIM implementation and the relationship between conventional and BIM planning methods based on three pilot projects selected from practice. Because especially at the beginning of the implementation of new technologies, different work processes mix and new work methods arise, which have a special influence on the planning process. With the help of business process models (BPMN), the work processes, their dependencies, the strategies used, and the interoperability of the pilot projects are documented and evaluated.

The aim of the master's thesis is to achieve results that are as practice-related, objective and transparent as possible to generate new insights in order to identify the causes of goals that have not been achieved and thus to strengthen trust in the BIM planning methodology.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	1
Keywords	2
1 Einleitung	2
1.1 Motivation und Problemstellung	2
1.2 Forschungsfragen	4
1.3 Methodik	5
2 Grundlagen	6
2.1 BIM Grundlagen	6
2.1.1 Definition BIM	6
2.1.2 Stand der Einführung BIM	7
2.1.3 Standardisierung und Normierung	8
2.1.4 Reifegradmodell	11
2.1.5 Dimensionen	12
2.1.6 Datenintegrationsstrategien	14
2.1.7 Modellierfertigstellungsgrad (LOD)	16
2.1.8 BIM-Regelwerk	18
2.2 Allgemeine Grundlagen	20
2.2.1 Interoperabilität – Datenaustausch	20
2.2.2 Mengen- und Massenermittlung (MuM)	21
2.2.3 Kollisionskontrolle und Schlitz- und Durchbruchplanung (SuD)	21
2.2.4 Leistungsbilder	23
2.2.5 Geschäftsprozessmodellierung (BPMN)	25
3 Fallstudien	27
3.1 Einleitung	27
3.2 Resultate Gesamtübersicht	33
3.3 Projekt I77 Interspar Amstetten	35
3.3.1 Projektbeschreibung	35
3.3.2 Arbeitsprozesse nach Leistungsphasen	39
3.3.3 Vertiefte Analyse der Arbeitsgruppen	48
3.4 Projekt Zebra Frankfurt	57
3.4.1 Projektbeschreibung	57
3.4.2 Arbeitsprozesse nach Leistungsphasen	61
3.4.3 Vertiefte Analyse der Arbeitsgruppen	69

3.5	Projekt Alte Post.....	77
3.5.1	Projektbeschreibung	77
3.5.2	Arbeitsprozesse nach Leistungsphasen.....	81
3.5.3	Vertiefte Analyse der Arbeitsgruppen.....	83
3.6	Vergleichende Analyse	88
4	Diskussion.....	105
5	Ausblick	116
6	Abbildungsverzeichnis.....	117
7	Literaturverzeichnis.....	119
8	Anhang – BPMN.....	121

Abkürzungsverzeichnis

AG	Auftraggeber
AIA	Auftraggeber-Informationen-Anforderungen
AN	Auftragnehmer
ARCH	Architekt
BA	Bau und Ausstattungsbeschreibung
BAP	BIM-Abwicklungsplan
BCF	BIM Collaboration Format
BIM	Building Information Modeling
BPMN	Business Process Model & Notation
BRep	Boundary Representation
CAD	Computer-Aided Design
CDE	Common Data Environment
CV	Coordination View
DWG	2D/3D Datenformat (nativ)
ELT	Elektrotechnik
FP	Fachplaner
GUID	Globally Unique Identifier
HKLS	Heizung, Lüftung, Sanitär, Kälte
IFC	Industry Foundation Classes
ISO	International Organization for Standardization
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LOD	Level of Development
LoG	Level of Geometry
LoI	Level of Information
LPH	Leistungsphase
LV	Leistungsverzeichnis
MuM	Mengen- und Massenermittlung
OP	Objektplaner
PfV	Provision for Voids
PPH	Planungsphase
SuD	Schlitz- und Durchbruchplanung
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
TWP	Tragwerksplanung
WKS	Weltkoordinatensystem
XRef	External Reference

Keywords

Building Information Modeling, BIM Adoption, Process Modeling, Interoperability

BIM, Architekturplanung, BIM Implementierung, Prozessmodellierung, Interoperabilität

1 Einleitung

1.1 Motivation und Problemstellung

„Der technologische Wandel kann eine mächtige Triebkraft für gesellschaftliche Veränderungsprozesse zum Positiven sein. Neue Technologien haben die Menschen immer schon vor Herausforderungen gestellt, aber auch ihre Handlungsspielräume erweitert, ihr Leben erleichtert und Fortschritt möglich gemacht.“ (Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort 2016, S. 6)

So entsteht im Zuge der Digitalisierung eine neue Planungsmethodik und schafft neue Möglichkeiten beim Planen und Bauen. BIM (Building Information Modelling) hat das Potenzial, konventionelle Bau- und Planungsmethodik abzulösen, um Qualitäts- und Produktivitätsgewinne zu erzielen. Das Austrian Standard Institut definiert diese Planungsmethodik folgendermaßen:

„Unter Building Information Modeling (BIM) oder Gebäudedatenmodellierung versteht man die optimierte Planung und Ausführung von Gebäuden mit Hilfe entsprechender Software. BIM ist ein intelligentes digitales Gebäudemodell, das es allen Projektbeteiligten - vom Architekten und Bauherrn über den Haustechniker bis hin zum Facility Manager - ermöglicht, gemeinsam an diesem integralen Modell zu arbeiten und dieses zu realisieren.“ (Austrian Standards 2022)

Dabei reicht BIM und die Idee dahinter weit in die 70er Jahre zurück. Erst durch technologische Voraussetzungen, besonders durch die Softwareindustrie, aber auch durch die Entwicklung der Hardware, findet BIM seinen Aufschwung seit Beginn der 2010er Jahre (Hausknecht et al. 2016).

Die Erwartungshaltung gegenüber BIM ist groß, denn es verspricht eine Produktivitätssteigerung, was schlussendlich zu einem kosteneffektiveren und qualitativvolleren Bauen führen soll. Doch zeigt die Praxis, dass die gewünschten Einsparungen oder Verbesserungen in Österreich noch nicht wirklich erreicht werden und ein Mehraufwand entsteht (Kammer 2022).

Die Forschung zeigt, dass es an praktischen Leitfäden für die Implementierung und Umsetzung von BIM in kleineren Architekturbüros mangelt (Jung et al. 2010). Es gibt zwar eine Reihe akademischer Studien und Branchenerhebungen, die sich mit der Softwareimplementierung befassen, aber es gibt kein wirkliches konzeptionelles Modell, das die BIM Implementierung beschreibt (Sucar und Kassem 2016). Insbesondere fehlen in der österreichischen Baubranche wissenschaftliche Arbeiten, in welchen der Digitalisierungsprozess eines Bauprojektes durchgehend untersucht wird. Digitale Arbeitsprozesse können nur anhand von begleiteten Pilotprojekten fundiert erforscht werden. Jedoch haben besonders kleinere und mittlere Unternehmen zu wenig wirtschaftliche und technische Mittel zur Evaluierung der Pilotprojekte zur Verfügung (Goger et al. 2018). Idealerweise erfolgt ein rekursiver Evaluierungsprozess und es werden diverse Projekte miteinander verglichen (Coates 2013). Hans Lechner beschreibt das Problem auf der Website der Architektenkammer Österreichs, dass mittelfristig die Notwendigkeit einer qualitativen Evaluierung nicht anhand eines Projektes, sondern erst ab dem dritten Pilotprojekt erfasst werden kann (KAMMER 2022). Es fehlen praxisorientierte Erfahrungsberichte, die nicht nur die Erfolge zusammenfassen, sondern auch die Arbeitsprozesse kritisch hinterfragen und die Folgen der BIM Implementierung auf die Arbeitspraxis beschreiben.

Unterschiedliche Bauvorhaben, wechselnde Projektbeteiligte wie auch deren unterschiedliche Kompetenzen und auch wechselnde Softwareanwendungen erschweren den Implementierungsprozess, sowie den Evaluierungsprozess. Daher bedarf es einer allgemeinen Methode, um die Arbeitsprozesse zwischen den verschiedenen Projekten vergleichen und bewerten zu können (Goger et al. 2018).

Aufgrund persönlicher Erfahrung vermischen sich besonders am Anfang einer BIM-Implementierung Arbeitsprozesse aus der konventionellen Methodik und der BIM-Methodik.

Es entstehen hybride Arbeitsprozesse, die in der Umsetzung nicht immer im Einklang mit den Grundsätzen der Theorie stehen.

Aus diesem Grund werden in der Diplomarbeit drei praxisbezogene Pilotprojekte untersucht. Um einen methodisch vergleichbaren Konsens zu schaffen und diesen in weiterer Folge bewerten zu können, wird für die Untersuchung die grafische Spezifikationssprache BPMN (Business Model and Notation) angewendet. Die Spezifikationssprache BPMN stammt ursprünglich aus dem Bereich der Wirtschaftsinformatik und dem Prozessmanagement. Die BPMN können Fach-, Methoden- und Informatikspezialisten Geschäftsprozesse und Arbeitsabläufe modellieren und dokumentieren. Mit diesem systematischen Ansatz lassen sich die Arbeitsprozesse und die Interoperabilität in den verschiedenen Leistungsphasen der einzelnen Projekte erfassen (Freund 2010). In der Diplomarbeit werden für die verschiedenen Fallstudien Geschäftsprozessmodelle erstellt und einer vergleichenden Evaluierung unterzogen. Dadurch sollen neue praxisbezogene und objektive Erkenntnisse über die praktische BIM-Implementierung geschaffen werden.

1.2 Forschungsfragen

Wie ist das Verhältnis zwischen konventioneller und BIM Planung in der Praxis?

Welche Faktoren beeinflussen die Strukturierung der Arbeitsprozesse?

Welche strategischen Muster sind bei der BIM Implementierung erkennbar?

Zu welchem Zeitpunkt ist die BIM Implementierung am sinnvollsten?

In welchen Bereichen profitiert die Planung von der BIM Methode?

1.3 Methodik

Für die objektive Beantwortung der Forschungsfragen der vorliegenden Diplomarbeit, werden drei realbezogene Fallstudien eines Architekturbüros in Wien durchgeführt. Hierfür werden BIM Pilotprojekte herangezogen, die sich in ihrem Bauvorhaben, im Bauvolumen sowie in der Anwendung der Planungsmethodik unterscheiden.

Für die Datenerhebung der Fallstudien werden projektbezogene Planunterlagen, Rohdateien, Präsentationen, Rahmenterminpläne, Organigramme, To-Do Listen und Stundenlisten der jeweiligen Projekte gesammelt und sortiert.

Um einen transparenten Konsens schaffen zu können, werden aus den gesammelten Daten Geschäftsprozessmodellierungen (BPMN) erstellt. Dabei werden die Arbeitsprozesse der einzelnen Leistungsphasen der Projekte nach zeitlicher Abfolge in unterschiedlichen Detailstufen und Abhängigkeiten in den Prozessdiagrammen visuell rekonstruiert. Die Erstellung der Prozessdiagramme lehnen sich je nach Projektstandort an die österreichischen und deutschen Leistungs- und Vergütungsmodelle LM.VM 2014 und HOAI2013 an. Die Ergebnisse werden anschließend einer qualitativen Analyse unterzogen und methodisch nach Themenschwerpunkten miteinander verglichen.

Als Basis für die empirische Untersuchung dient eine umfangreiche Recherche fach einschlägiger Literatur. Dabei werden die theoretischen BIM Grundlagen und die für die Fallstudie relevanten Themenschwerpunkte umrissen.

2 Grundlagen

Im folgenden Kapitel werden die Grundlagen auf Basis einer Literaturrecherche umschrieben. Das Kapitel unterteilt sich in BIM Grundlagen und Allgemeine Grundlagen. Die BIM Grundlagen beschreiben den Aufbau von BIM sowie das Grundlagenwissen für eine funktionale BIM Planungsmethodik. Die allgemeinen Grundlagen umfassen die Themenbereiche, die für das Verständnis der Fallstudien benötigt werden.

2.1 BIM Grundlagen

2.1.1 Definition BIM

Die Definition des BIM-Begriffes wird in der Fachliteratur unterschiedlich definiert, und spiegelt die unterschiedlichen Blickwinkel vom Planer über die ausführenden Unternehmen bis zum Softwarehersteller wider. Während eine Definition die Sicht auf die Gebäudedaten betont, legen andere Definitionen den Fokus auf Prozesse, die am Entstehen und Verändern dieser Daten beteiligt sind (Both et al. 2013, S. 24f.).

Fasst man die unterschiedlichen Interpretationen der Fachliteratur zusammen, so kann man das strategische Ziel in BIM als eine Entwicklung eines integrierten Bauwerksdatenmodells über den gesamten Lebenszyklus von Planung, über die Ausführung bis zur Bewirtschaftung und schließlich bis zum Rückbau eines Objektes sehen. Ein enormes Potenzial liegt bei der BIM-Technologie darin, dass Daten über einzelne Phasen hinaus konsequent weitergenutzt werden können (Borrmann et al. 2015, S. 6).

Pläne, Ansichten und Listen stellen nur begrenzte Ansichten des Modells dar und können laufzeitbezogen aus dem aktuellen Modellstand generiert werden. Neben der dreidimensionalen Geometrie der Bauteile gehören vor allem auch geometrische Zusatzinformationen wie Typinformationen, technische Eigenschaften oder Kosten dazu (Both et al. 2013, S. 24f.).

Das Austrian Standard Institute betont den Aspekt der Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten vom Planer bis hin zum Facility-Manager am gemeinsamen digitalen Gebäudemodell (Standards 2022).

2.1.2 Stand der Einführung BIM

In vielen Ländern ist die BIM-Methode bereits fortgeschritten. Als Vorreiter sind hier insbesondere Singapur, Finnland, die USA, Großbritannien und Australien zu nennen. Hervorzuheben ist, dass in allen genannten Ländern der Staat als größter Auftraggeber (AG) eine Schlüsselrolle bei der Einführung von BIM einnimmt.

In Singapur gibt es bereits seit 2004 die Pflicht, Bauunterlagen für öffentliche Bauvorhaben über eine Internet-Plattform elektronisch einzureichen. Dabei müssen digitale Bauwerksmodelle im Neutralformat IFC übergeben werden. Sie werden anschließend automatisiert und auf die Einhaltung bestimmter Normen und Vorgaben, z. B. zum Brandschutz, geprüft.

In Finnland wird seit 2007 für alle von der öffentlichen Hand in Auftrag gegebenen Bauvorhaben mit einem Volumen von über einer Million Euro die Bereitstellung eines digitalen Gebäudemodells vorgeschrieben.

In den USA verlangen große staatliche Auftraggeber ebenfalls bereits seit mehreren Jahren die Übergabe von BIM-Modellen und auch von privaten Auftraggebern werden zunehmend BIM-gestützte Projektabwicklungen verlangt. Darüber hinaus gibt es in den USA BIM-Richtlinien bis zu den unteren staatlichen Verwaltungsebenen.

In Großbritannien wurde 2007 eine BIM-Strategie ins Leben gerufen deren erklärtes Ziel ist, mithilfe digitaler Technologien eine Kostenreduzierung von 15% bis 20% und eine Reduktion der Treibhausgase um 50% zu erzielen. Durch die breite Einführung von BIM sollen signifikante Wettbewerbsvorteile auf dem internationalen Markt entstehen. Seit April 2016 sind für alle öffentlichen Bauvorhaben BIM Level 2 verbindlich vorgeschrieben.

Auch in einigen europäischen Ländern ist die BIM-Methode für öffentliche Bauvorhaben bereits verbindlich vorgeschrieben. Dazu zählen insbesondere Schweden (BIM Alliance 2015),

Norwegen (Staatsbyg 2013) und die Niederlande (Rijksgebouwendienst 2013). In Frankreich wurde im September 2014 die „Mission numérique du bâtiment“ ins Leben gerufen (Territoires 2014) mit dem Ziel, BIM-Methoden flächendeckend einzuführen.

Im Jahr 2014 wurde die EU-Beschaffungsrichtlinie so angepasst, dass sie den öffentlichen Bauherren ausdrücklich erlaubt, digitale Formate für die Übergabe zu fordern (European Parliament 2014): „For public works contracts and design contests, Member States may require the use of specific electronic tools, such as building information, electronic modelling tools or similar“.

In Deutschland wurde ein Endbericht zum Thema „Digitales Planen und Bauen“ von dem deutschen Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur verfasst, der einen Stufenplan für BIM Planung enthält. Dieser Stufenplan des BMVI plant den verpflichtenden Einsatz von BIM für alle neu zu planenden öffentlichen Infrastrukturprojekte ab 2020 (Borrmann et al. 2015, S. 15).

In Österreich wurde 2015 mit der Ausarbeitung von BIM-Normen durch das Austrian Standards Institute begonnen. 2018 wurde eine Roadmap initiiert, die einen Plan für das Erreichen bestimmter digitaler Ziele definiert. Bisher sind jedoch noch keine Bestimmungen im BVerG enthalten, welche die Nutzung von elektronischen Instrumenten zur Gebäudedatenmodellierung zwingend verlangen. Ein bestimmtes Datum, ab wann BIM bei öffentlichen Ausschreibungen zwingend verlangt wird, ist ebenfalls noch nicht vom Gesetzgeber beschlossen worden (Gerald et al. 2017, S. 60ff.).

2.1.3 Standardisierung und Normierung

Wichtig für die Koordination zwischen den Projektbeteiligten und der systemneutralen Vergabe von Planungsleistungen sind offene Standards und Richtlinien, die Klarheit bei der Nutzung von Schnittstellen, Modellinhalten zu bestimmten Leistungsphasen, Modellierungsvorschriften zur Erstellung auswertbarer BIM-Modelle oder Handlungsanweisungen beim BIM-Management bieten. Je umfassender die BIM-Anwendung ist und je offener die Nutzung der geeignetsten Werkzeuge, desto wichtiger wird auch die Anwendung geeigneter Richtlinien und Standards (Hausknecht und Liebich 2016, S. 62).

Internationale Normierung

Im Jahr 2012 wurde mit dem National BIM Standard NBIMS in den USA ein Leitfaden veröffentlicht, der eine ganze Reihe von anderweitig definierten Standards zu BIM bündelt, u. a. zu den Datenformaten IFC und COBie, aber auch zur formalen Spezifikation von Datenaustauschprozessen. Eine wichtige Rolle bei der praktischen Umsetzung von BIM nimmt das American Institute of Architects ein. Es stellt beispielsweise Vorlagen für vertragliche Vereinbarungen in BIM-Projekten zur Verfügung und hat insbesondere detaillierte Spezifikationen zur Beschreibung des Ausarbeitungsgrades (Level of Development) eines Modells verabschiedet.

Als Grundlage für die Umsetzung dient in Großbritannien die von der British Standards Institution (BSI) herausgegebene, öffentlich verfügbare Spezifikation (Publicly Available Specification) PAS 1192-2 „Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling“. Darin werden die grundlegenden Abläufe in einem BIM-Projekt festgelegt und insbesondere sogenannte Data Drops spezifiziert, bei denen zu bestimmten Zeitpunkten Projektdaten an den Bauherrn übergeben werden. Die PAS bleibt dabei auf einem weitgehend generischen Niveau und überlässt Details der Modellinhalte und Ausarbeitungsgrade dem zwischen Auftraggeber (AG) und Auftragnehmer (AN) zu vereinbarenden BIM Execution Plan (BEP) (Borrmann et al. 2015, S. 15).

Europäische Normierung

Im Jahr 2015 wurde auf europäischer Ebene das Normungsgremium CEN/TC 442 »Building Information Modelling (BIM)« gegründet. Das Komitee besteht aus vier Arbeitsgruppen die, die Strategie und Planung (Leitung: Großbritannien), den Datenaustausch und die Weiterentwicklung von IFC (Leitung: Deutschland), das Phasenmodell und die Beschreibung der Prozesse (Leitung: Österreich) und die Unterstützung von Merkmal-Servern (Leitung: Frankreich) in eine strukturierte Reihe von Normen und Berichten erarbeitet. Dabei werden die internationalen Normen ISO 16739 (Industry Foundation Classes) und ISO 29481

(Information Delivery Manual) als europäische Normen adaptiert und in nationale Normen der Mitgliedsländer überführt (Eichler et al. 2021, S. 46ff.).

Nationale Normierung

In Österreich werden die Standards in der Normengruppe ÖNORM A 6241 zusammengefasst. Die ÖNORM A 6241-1 gilt als Nachfolgedokument zur ÖNORM A 6240-4. Die ÖNORM A 6241-2 beinhaltet alle Voraussetzungen für Level 3-iBIM.

Die ÖNORM A 6241-1 "Digitale Bauwerksdokumentation - Teil 1: CAD-Datenstrukturen und Building Information Modeling (BIM) - Level 2" regelt die technische Umsetzung des Datenaustausches und der Datenhaltung von Gebäudeinformationen des Hochbaues und verwandter, raumbildender Konstruktionen des Tiefbaues, die während der Planung und im Zuge des lebenszyklischen Managements von Immobilien erforderlich sind, einschließlich der in diesen Gebäudemodellen enthaltenen alphanumerischen Daten.

Die ÖNORM A 6241-2 "Digitale Bauwerksdokumentation - Teil 2: Building Information Modeling (BIM) - Level 3-iBIM" regelt die technische Umsetzung eines einheitlichen, strukturierten mehrdimensionalen Datenmodells für Bauwerke des Hochbaus und verwandter, raumbildender Konstruktionen des Tiefbaus, basierend auf dem BIM Level 3. Diese ÖNORM schafft des Weiteren Grundlagen für einen umfassenden, einheitlichen, produktneutralen, systematisierten Austausch von grafischen Daten und den zugehörigen Sachdaten auf Basis von IFC (Industrial Foundation Classes) und bSDD (buildingSmartDataDictionary) (Standards 2022).

2.1.4 Reifegradmodell

Bei der Einführung von BIM wird von einer stufenweisen Entwicklung und Einführung ausgegangen. Von der britischen BIM Task Group wurde in diesem Zusammenhang ein BIM Reifegradmodell (engl. BIM Maturity Model) eingeführt, und ursprünglich nach seinen beiden Urhebern Mark Bew und Mervyn Richards als „Bew-Richards-Keil“ bezeichnet. Mittlerweile ist es in verschiedenen nationalen Richtlinien übernommen worden und wurde auch in die ISO-19650-Normen eingearbeitet.

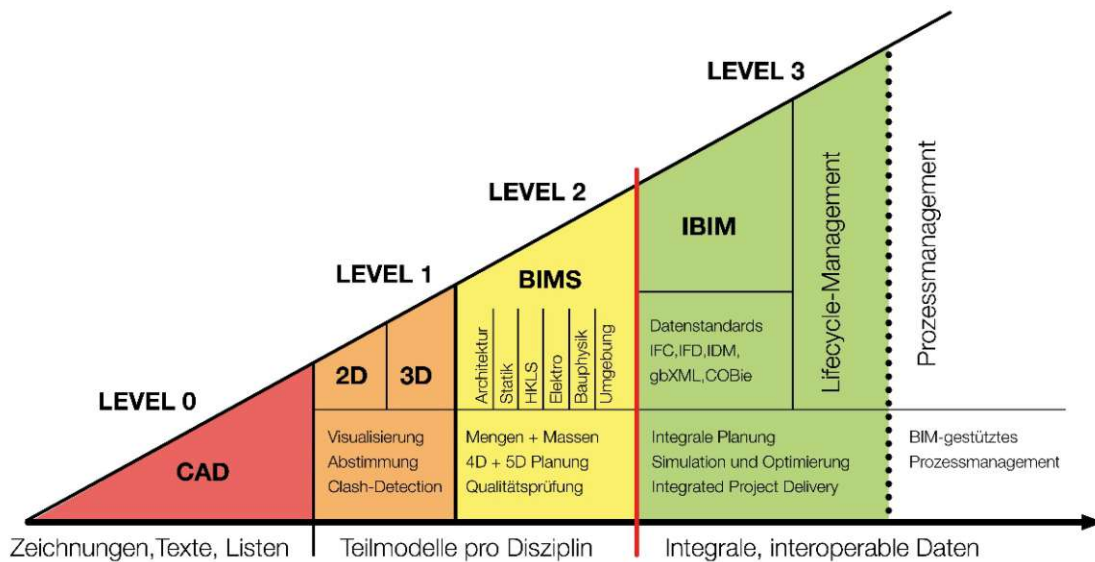


Abbildung 1: Reifegradmodell nach Mark Brew und Mervyn Richards, Quelle: bimpedia.eu

Das Reifungsmodell bildet die Umsetzung von BIM in vier verschiedene Stufen die ab (Abb. 1). Es wird in angepasster Form immer wieder auch auf Unternehmens- oder sogar Projektebene angewandt, um Entwicklungsgrade bzw. Reifestufen zu definieren (Baldwin 2018, S. 48f.).

Auf Stufe 0 sind basale digitale Verfahrensweisen angesiedelt, die im Wesentlichen 2D-CAD- und unstrukturierte Projektdaten umfassen.

Auf Stufe 1 kommt eine multiple CAD-Umgebung mit 2D- oder 3D-Modellen zum Einsatz. Dabei werden vorwiegend strukturierte Daten verarbeitet.

Auf Stufe 2 geht es um die Nutzung von BIM im heute landläufigen Sinn: 3D-Modelle mit zugehörigen Daten.

Für Stufe 3 existiert noch keine endgültige Definition, erwartet wird jedoch die Beschreibung eines offenen BIM-Prozesses (open BIM), der integrierte Modelle und Datenbanken unterstützt, welche auf offene Standards zurückgreifen.

2.1.5 Dimensionen

Neben den definierten BIM Reifegraden 0 bis 3, welche vor allem den Fortschritt der Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten beschreiben, wird der Umsetzungsgrad von Building Information Modeling zusätzlich nach den BIM Dimensionen kategorisiert (Abb. 2).

Neben geometrischen Informationen können BIM Datenmodelle weitere Informationsebenen enthalten, die es Architekten und Fachplanern ermöglichen, z.B. eine modellbasierte Zeit- und Kostenplanung zu erstellen. Die wichtigsten Dimensionen im Überblick (Baunetzwissen 2022):

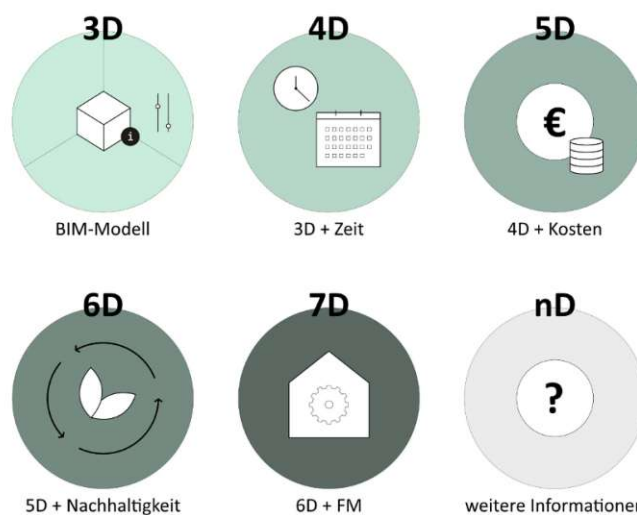


Abbildung 2: BIM Dimensionen, Quelle: www.baunetzwissen.de

3D

Ist ein dreidimensionales Modell eines Bauwerks mit geometrischen, physikalischen Eigenschaften und funktionalen Attributen.

4D = 3D + Zeit

Das 3D-Modell des Bauwerks wird mit einem Terminplan bzw. den zugehörigen Ausführungsprozessen (Zeit) erweitert. Ein 4D-Modell erlaubt die Erstellung von 4D-Bauablaufsimulationen.

5D = 4D + Kosten

Bei der fünften Dimension wird ein 4D-Objekt um kostenbezogene Informationen ergänzt. Dies dient dem Baufortschritt und die damit verbundene Kostenentwicklung im zeitlichen Verlauf zu visualisieren.

6D = 5D + Nachhaltigkeit und Effizienz

Im 6D-Modell werden die Lebenszyklusaspekte zu Nachhaltigkeit und Effizienz berücksichtigt. Dazu gehören die Bewirtschaftung des Bauwerks und der Gebäudeabriss.

7D = 6D + Facility Management

Das 7D-Modell verknüpft das Bauwerksmodell mit Betriebsdaten, wodurch die Nachvollziehbarkeit von Wartungs- und Reparaturmaßnahmen erhöht wird.

nD

Durch die digitale Projektabwicklung sind viele weitere Gesichtspunkte und Dimensionen denkbar, um die ein BIM Modell ergänzt werden kann, damit es nach unterschiedlichen Informationsaspekten auswertbar ist.

2.1.6 Datenintegrationsstrategien

Um die Vorteile der BIM Methode voll auszunützen und eine durchgängige, aber auch integrale Arbeitsweise zu gewährleisten, wird eine Datenintegrationsstrategie benötigt, bei der die Daten zwischen den zum Einsatz kommenden Informationsmodellen reibungsfrei ausgetauscht werden können. Entsprechend unterscheidet man bei der Umsetzung von BIM verschiedene technologische Stufen.

„Little Bim“ bezeichnet die Nutzung einer spezifischen BIM-Software durch einen einzelnen Planer im Rahmen seiner disziplinspezifischen Aufgaben und wird auch als Insellösung bezeichnet. Es wird an einem digitalen Gebäudemodell geplant aus dem Pläne abgeleitet werden. Die Weiternutzung des Modells über verschiedene Softwareprodukte hinweg geschieht nicht. Ebenso wenig wird das Gebäudemodell zur Koordination der Planung zwischen den beteiligten Fachdisziplinen herangezogen.

Im Gegensatz dazu bedeutet „Big BIM“ die konsequente modellbasierte Kommunikation zwischen allen Beteiligten über alle Phasen des Lebenszyklus eines Gebäudes hinweg. Für den Datenaustausch und die Koordination der Zusammenarbeit werden in umfassender Weise Internetplattformen und Datenbanklösungen eingesetzt (Borrmann et al. 2015, S. 9).

Bei Projekten, in denen der Bauherr BIM initiiert und dessen Umsetzung fordert, ist eigentlich immer von einem BIG BIM-Ansatz auszugehen, hierbei wird oft noch zusätzlich zwischen „Closed BIM“ und „Open BIM“ unterschieden.

Werden ausschließlich Softwareprodukte eines Herstellers eingesetzt und für den Datenaustausch entsprechende proprietäre Schnittstellen genutzt, spricht man von „Closed BIM“. Werden offene, herstellernerneutrale Datenformate zum Einsatz verwendet, die den Datenaustausch zwischen Produkten verschiedener Hersteller ermöglichen, so spricht man von „Open BIM“.

Um den Datenaustausch im „Open BIM“ zwischen Softwareprodukten des Bauwesens zu verbessern, ist es der internationalen Non-Profit-Organisation buildingSMART gelungen, ein herstellerunabhängiges Datenformat zur umfänglichen Beschreibung von Bauwerksmodellen zu schaffen, das den Namen Industry Foundation Classes (IFC) trägt. Das Datenmodell beinhaltet umfangreiche Datenstrukturen zur Beschreibung von Objekten aus nahezu allen

Bereichen des Hochbaus. Es wurde 2013 in einen ISO-Standard überführt (ISO 2013) und bildet die Grundlage einer Vielzahl nationaler Richtlinien zur Umsetzung von Open BIM (Borrmann et al. 2015, S. 11).

Im folgenden Abschnitt werden die möglichen Varianten der Datenintegrationsstrategie beschrieben, die in der Grafik 3 abgebildet sind (Hausknecht und Liebich 2016, S. 44).

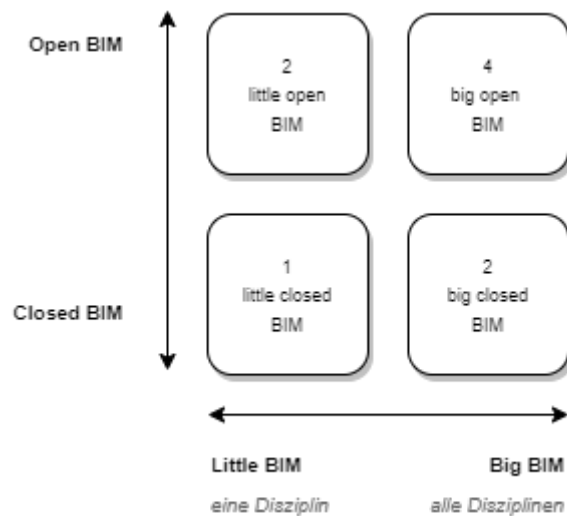


Abbildung 3: Datenintegrationsstrategien

1 Little closed BIM

Der Anwender arbeitet in seiner Fachdisziplin mit seiner Software intern mit BIM. Er tauscht seine Daten nicht mit anderen Fachdisziplinen oder weiteren am Bau Beteiligten aus.

2 Little open BIM – Offene BIM-Insel

Der Anwender arbeitet, wie bei „little closed BIM“, in seiner Fachdisziplin mit seiner Software intern mit BIM. Im Unterschied zu „little closed BIM“ stellt er seine Daten nun anderen Beteiligten zur Verfügung. Dafür ist ein neutrales Austauschformat, wie IFC, notwendig.

3 Big closed BIM – Geschlossene BIM-Integration

Mehrere Anwender unterschiedlicher Fachdisziplinen arbeiten mit BIM (Modell und Prozess). Die BIM-Modelle werden innerhalb dieser Softwareumgebung zu einem gemeinsamen Koordinationsmodell zusammengeführt.

4 Big open BIM – offene BIM-Integration

Mehrere Anwender unterschiedlicher Fachdisziplinen arbeiten in ihrer Software mit BIM. Das Softwareumfeld ist in diesem Fall heterogen. Daher ist eine Zusammenfassung der einzelnen Fachmodelle zu einem gemeinsamen Modell zwecks Koordinationsplanung im Gegensatz zu „big closed BIM“ nur über ein neutrales Austauschformat (open BIM) möglich.

2.1.7 Modellierfertigstellungsgrad (LOD)

In der 2D-Planung werden diese Erfordernisse der Darstellung für die einzelnen Planungsphasen in der ÖNROM A 6240-2 vorgegeben. In der BIM Planungsmethodik gibt es jedoch keinen Maßstab, da das Datenmodell in 1:1 modelliert wird. Daher umfasst der Modellierfertigstellungsgrad (LOD, engl.: Level of Development) den erforderlichen Detaillierungsgrad und Informationsgehalt von BIM Modellen zu einem definierten Zeitpunkt der Modellentwicklung. Er ist abhängig von der jeweiligen Disziplin und Planungsphase. Der Modellierfertigstellungsgrad kann sich innerhalb einer Planungsphase zwischen den einzelnen Planungsdisziplinen unterscheiden. Die Ausprägung wird durch die Projektanforderungen bestimmt bzw. ist so zu wählen, dass alle relevanten Informationen der Planung übergeben werden können.

Leider herrscht durch die große Anzahl von Definitionen in verschiedenen Ländern große Verwirrung über diese Konzepte und die Begriffsbezeichnung. Aus diesen Gegebenheiten lehnt sich die Grundlagenermittlung an den Vorgaben der „Level of Development (LOD) Specification 2021“ an. Hierfür wurden die Vorgaben des Inhaltes eines BIM-Modells für die verschiedenen Planungsphasen vom „Level of Development“(LOD) 2008 vom American Institute of Architects erstellt und werden jährlich im „BIMFORUM Level of Development Specification Guide“ adaptiert. Diese Vorgaben sind auf den Reifegrad eines Modellelements bezogen und beschreiben den geometrischen und informationellen Gehalt. Diese werden in 100er Schritten angegeben, LOD100 bis LOD500, die den fünf Kernphasen eines Projekts entsprechen: konzeptionelle Planung, Vor- und Bauprojektierung, Konstruktionsdokumentation, Fertigungszeichnungen und Endzustandsdokumentation (As-Built). In Ausnahmefällen gibt es auch Schritte zwischen den einzelnen LOD. Demnach gilt:

$$\text{LOD} = \text{LoG} + \text{LoI}$$

Der Level of Geometry (LoG) bezieht sich auf die geometrische Anforderung zur repräsentativen Darstellung von Bauelementen bzw. ihrer Detaillierung.

Der Level of Information (LoI) beschreibt den alphanumerischen Informationsreifegrad von virtuellen Bauteilen.

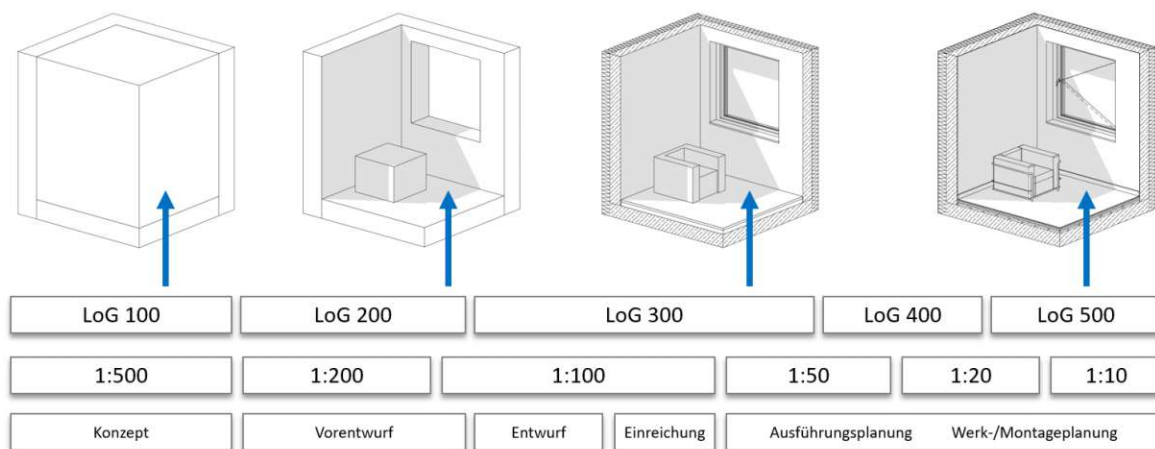


Abbildung 4: Level of Geomertry LoG, Quelle: www.bimpedia.eu

LOD 100

Das Modellelement kann im Modell mit einem Symbol oder einer anderen generischen Darstellung grafisch dargestellt werden, erfüllt aber nicht die Anforderungen für LOD 200. Informationen, die sich auf das Modellelement beziehen (z. B. Kosten pro Quadratmeter, Tonnage von HLK-Anlagen usw.), können von anderen Modellelementen abgeleitet werden.

LOD 200

Das Modellelement wird im Modell grafisch als allgemeines System, Objekt oder Baugruppe mit ungefähren Mengen, Größe, Form, Lage und Ausrichtung dargestellt. Dem Modellelement können auch nicht-grafische Informationen beigefügt werden.

LOD 300

Das Modellelement wird innerhalb des Modells als ein spezifisches System, Objekt oder eine Baugruppe in Bezug auf Menge, Größe, Form, Lage und Ausrichtung grafisch dargestellt. Dem Modellelement können auch nicht-grafische Informationen beigefügt werden.

LOD 350

Das Modellelement wird innerhalb des Modells als ein bestimmtes System, Objekt oder eine Baugruppe in Bezug auf Menge, Größe, Form, Lage, Ausrichtung und Schnittstellen zu anderen Gebäudesystemen grafisch dargestellt. Dem Modellelement können auch nicht-grafische Informationen beigefügt werden.

LOD 400

Das Modellelement wird innerhalb des Modells als ein bestimmtes System, Objekt oder eine Baugruppe in Bezug auf Größe, Form, Lage, Menge und Ausrichtung mit Informationen zu Details, Herstellung, Montage und Installation grafisch dargestellt. Dem Modellelement können auch nichtgrafische Informationen beigefügt werden.

LOD 500 [NICHT VERWENDET]

Das Modellelement ist eine feldgeprüfte Darstellung in Bezug auf Größe, Form, Lage, Menge und Ausrichtung. Den Modellelementen können auch nicht-grafische Informationen beigefügt werden. BIM Forum-Auslegung: Da sich LOD 500 auf die Feldverifikation bezieht und kein Hinweis auf eine höhere Ebene der Modellelementgeometrie oder nicht-grafischer Informationen ist, wird es in dieser Spezifikation nicht definiert oder illustriert.

2.1.8 BIM-Regelwerk

Die BIM-Regelwerke beschreiben die Ziele, Anforderungen und Vorgehensweisen für BIM Projekte. Sie liefern eine klare Regelung der Projektorganisation, der Vorgaben zur Projektdurchführung, des Projektmanagements, der Festlegung der Zusammenarbeit und der Qualitätssicherung. Dadurch schaffen sie Klarheit zwischen AG und AN und helfen zu

erkennen, welche Informationen zum Erreichen der Projektziele notwendig sind. BIM Regelwerke sind zurzeit nicht vertraglich verpflichtend (Eichler et al. 2021).

Entsprechend der Plattform 4.0 (buildingSMART) für Österreich gibt es drei BIM Regelwerke:



Abbildung 5: BIM Regelwerke; Quelle: Plattform 4.0, buildingSmart

BIA – Betreiber Informationsanforderung

Die Betreiber Informationsanforderung (BIA) wird projektunabhängig durch das BIM-Management des Betreibers erstellt. Die dient als Grundlage zur Erstellung einer projektspezifischen Auftraggeber Informationsanforderung (AIA) und definiert die auf Basis des Datenmanagements langfristig gestellten Anforderungen des Betreibers an die Datenstruktur und Detailtiefe. Sie bestimmt die gültigen Informationsquellen für die Grundlagenermittlung.

AIA – Auftraggeber Informationsanforderung

Die Informationsanforderungen des Auftraggebers (AIA) werden durch den AG erstellt. Sie beschreibt die Informationsbedürfnisse und die Anforderungen für den AN um die BIM-Ziele des AG zu erreichen. Sie ist Grundlage für den Projektabwicklungsplan (BAP).

BAP – BIM Projektabwicklungsplan

Der BIM Projektabwicklungsplan (BAP) wird vom AN erstellt - in der Regel vor Vertragsabschluss, um die Informationsanforderungen des Auftraggebers AG zu beantworten. Mit dem BIM - Projektabwicklungsplan werden die Rollen und Verantwortlichkeiten, die anzuwendenden Standards und die für die Umsetzung vereinbarten Prozesse definiert und die für die Umsetzung geltenden Dokumente zusammengeführt oder referenziert.

2.2 Allgemeine Grundlagen

2.2.1 Interoperabilität – Datenaustausch

Der Begriff Interoperabilität bezeichnet eine verlustfreie Übertragung von Daten zwischen zwei Systemen (Block und Hagedorn 2019, S. 2f.). Da in der Bauindustrie eine besonders hohe Diversität der Systeme, der Prozesse und der Beteiligten herrscht, spielt der Datenaustausch eine besonders große Rolle. Denn mangelnde Interoperabilität zwischen den eingesetzten Softwaresystemen verursacht Planungsfehler und enorme Kosten.

Formattyp	Inhalte	Beispiele
Rasterformat	Pixelbilder, wie Fotos, Texturen, etc., unterschiedliche Farbtiefe, Transparenz, Kompressionsalgorithmen	JPG, TIF, PNG
2D-Vektorformat	2D-Zeichnungsinhalte, wie Linien, Kurven, Texte, teilweise Layer, Füllfarben, Schraffuren, teilweise Bemaßung	DXF, DWG, DGN, PDF, SVG, WMF
3D-Geometrieformat	3D-Flächen und Volumenmodelle mit unterschiedlichem Umfang der unterstützten Geometrien, Flächenmodelle, B-rep, Festkörper, ebene oder auch gekrümmte Flächen, etc., dazu Farb- und Rendering- Eigenschaften, teilweise Kamerapositionen	DXF, DWG, DGN, PDF (3D), IGS, STL, WRL
3D-Objektformat	spezifische Objektdateiformate für die verschiedenen Anwendungsdisziplinen, wie Maschinenbau, Bauwesen oder Geodateninformationen; Objektinformationen, Geometrie, Eigenschaftsdatensätze und anderes	IFC, STP, GML, RVT

Abbildung 6: Datenaustauschformate (Eastman 2011, S. 109)

Bislang ist der Datenaustausch in der konventionellen Planung in den bekannten Rasterformaten, digitalen 2D-Vektorformaten und in 3D-Geometrieformaten erfolgt (siehe Abb. 5.) Das häufigsten Dateiformat für den Austausch von Plänen ist DWG, das proprietäre Datenformat von Autodesk. Mit der BIM Planungsmethode kommen 3D-Objektformate hinzu, die als Modellelemente mit geometrischen Repräsentationen, Attributen, und Relationen zu anderen Modellelementen gesehen werden. Während zum Beispiel bei DWG noch das Zeichenelement wie die Linie, der Kreisbogen, die Schraffur und der Text, im Vordergrund steht, sind es bei einem Objektdateiaustausch die Wand, das Fenster, der oder der Raum. Bei reinen Geometrieformaten gibt es keine Unterschiede zwischen einer Lenkachsäule im Fahrzeugbau oder eine kreisrunde Stütze im Bauwesen. Im Objektdateiaustausch sind es zwei verschiedene Objekte (Borrmann et al. 2015, S. 10f.).

Die BIM Planungsmethodik wirkt sich auch auf die Logik der Arbeitsprozesse aus und besonders die große Vielfalt an eingesetzter Software im Bauwesen, stellt die Interoperabilität vor einer großen Herausforderung. Deswegen wurden für die Umsetzung einer reibungslosen Zusammenarbeit besondere Normen und Industriestandards entwickelt. Das am weitesten verbreitete Dateiformat in der BIM Planung ist heute das IFC (Industry Foundation Classes).

2.2.2 Mengen- und Massenermittlung (MuM)

Mit der BIM Planungsmethode eröffnen sich neue Möglichkeiten, die MuM effizienter durchzuführen als in bisherigen manuellen Prozessen und dadurch Zeit zu sparen. Anhand des BIM Datenmodells lassen sich äußerst präzise qualitative Informationen (Bauelement, Materialtyp, etc.) und quantitative Informationen (Mengen, Massen und Flächen) auswerten. Diese Daten können je nach Bedarf schnell und unkompliziert gefiltert, sortiert und verortet werden, um sie dann entweder als Report auszugeben oder an andere Software zu exportieren. Diese automatisierte Auswertung der Daten spielt eine besonders große Rolle für eine zuverlässige Kostenberechnung und dient als Grundlage für das Erstellen von Leistungsverzeichnissen für die Ausschreibung. Anzumerken ist, dass die Modelliergenauigkeit hierbei eine wesentliche Rolle spielt.

Eine funktionierende MuM ermöglicht dadurch Bauherren, Planern, Baufirmen und Produktherstellern während des gesamten Projektverlaufs die Projektkosten über alle Phasen abzusichern und einer Entscheidungsfindung zu verhelfen.

2.2.3 Kollisionskontrolle und Schlitz- und Durchbruchplanung (SuD)

Die Kollisionskontrolle oder auch Kollisionsprüfung ist ein wesentlicher Bestandteil der Architekturplanung und dient dazu, Planungskonflikte zwischen verschiedenen Gewerken zu erkennen. Je früher eine Kontrolle stattfindet, umso schneller kann man die Planung darauf abstimmen. In der Ausführungsplanung findet nochmal eine weitere und vertiefte Kollisionskontrolle in der Schlitz- und Durchbruchplanung (SuD) statt. Die am Projekt beteiligten Fachingenieure tragen auf der Basis ihres Entwurfs alle relevanten Aussparungen

und Montageöffnungen ein und senden diese an den OP. Der OP koordiniert danach die Planungsergebnisse, erstellt und prüft diese mit enger Abstimmung mit dem TWP die Aussparungspläne.

In der konventionellen Planungsmethode wird die SuD hauptsächlich in zweidimensionaler Planung abgewickelt. Je nach Projektgröße und Komplexität des Bauwerks kann dieser Prozess recht anspruchsvoll werden. Im Gegensatz zur konventionellen Planungsmethodik können in der BIM Planung Überschneidungen, Durchdringungen und doppelte Elemente im dreidimensionalen Bauwerksmodell nicht nur visuell geprüft, sondern es können auch automatische Prüfungen und Simulationen durchgeführt werden. Für die SuD werden spezielle Aussparungskörper verwendet und unter den Fachplanern ausgetauscht. Diese Bauwerkskörper schneiden die Bauteile im Bauwerksmodell und können Informationen über die Position, das Gewerk und die Größe inkludieren. Auch weitere Kriterien lassen sich in diese Bauwerkskörper einpflegen, die sich dann in Baulisten auslesen lassen können.

Die Vorteile der Kollisionsprüfung und der SuD in BIM werden in der Theorie oft hervorgehoben und es wird damit argumentiert, dass Planungsfehler und weitere Unstimmigkeiten wesentlich früher erkannt und behoben werden können, sodass eine effizientere und weniger kostenverursachende Planung ermöglicht werden kann. Aus diesem Grund ist dieses Thema eins von den Kernuntersuchungsgegenständen in den Fallstudien.

2.2.4 Leistungsbilder

Die Planungsleistungen und Leistungsbilder der Architekten und Ingenieuren der bisherigen konventionellen Planungsmethodik werden im deutschsprachigen Raum durch die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure HOA 2002, HOAI 2013 (neu HOAI 2022) und in Österreich im LM.VM 2014 beschrieben. Sie erläutern den gesamten Ablauf zur Planung und Errichtung eines Gebäudes für Architekten und Ingenieure und bilden die Honorarsätze der Planenden. Sie stellen eine verbindliche Rechtsverordnung dar und sollen so die Vermeidung eines ruinösen Preiswettbewerbs verhindern und die Qualität der Planungstätigkeit fördern. Die Leistungsbilder sind vom Ordnungsgeber als Leistungsinhalt nicht zwingend vorgegeben. Was vom Auftragnehmer an Leistung geschuldet wird, regelt der geschlossene Vertrag.

Die Leistungsbilder werden in neun Leistungsphasen unterteilt und definieren den gesamten Ablauf zur Planung und Errichtung eines Gebäudes bis hin zur Inbetriebnahme. Diese neun Gruppen unterteilen sich erneut in Grundleistungen und optionale Leistungen oder Zusatzleistungen. Grundlegende Leistungen sind zur Erfüllung eines Auftrages im Allgemeinen erforderlich, während besondere Leistungen nicht regelmäßig zur Anwendung kommen und frei vereinbart werden (Simmendinger 2013, S. 2).

Für BIM Leistungen gibt es in Österreich und Deutschland zurzeit noch keine allgemein gängigen Standards. Das LM.OA BIM ist eine Ergänzung zum bestehenden LM.VM und zeigt, anhand der vertrauten Strukturen der HOAI und von LM.VM, eine BIM-spezifische Transkription, die im Wesentlichen den optionalen Leistungen zuzuordnen sind und damit frei vereinbart werden können (Lechner 2017).

Weiters stellt „buildingSMART Austria“ als Vorlage für öffentliche und private Auftraggeber das Dokument „BIM Leistungsbilder für Hoch- und Tiefbau“ zu Verfügung und ist ebenso in Ergänzung zu den bekannten Leistungsbildern zu verstehen (Eichler 2021).

Die untersuchten Projekte der Fallstudien lehnen sich je nach Projektort an die Leistungsmodelle HOAI 2013 und LM.VM 2014 an (Abb. 6).

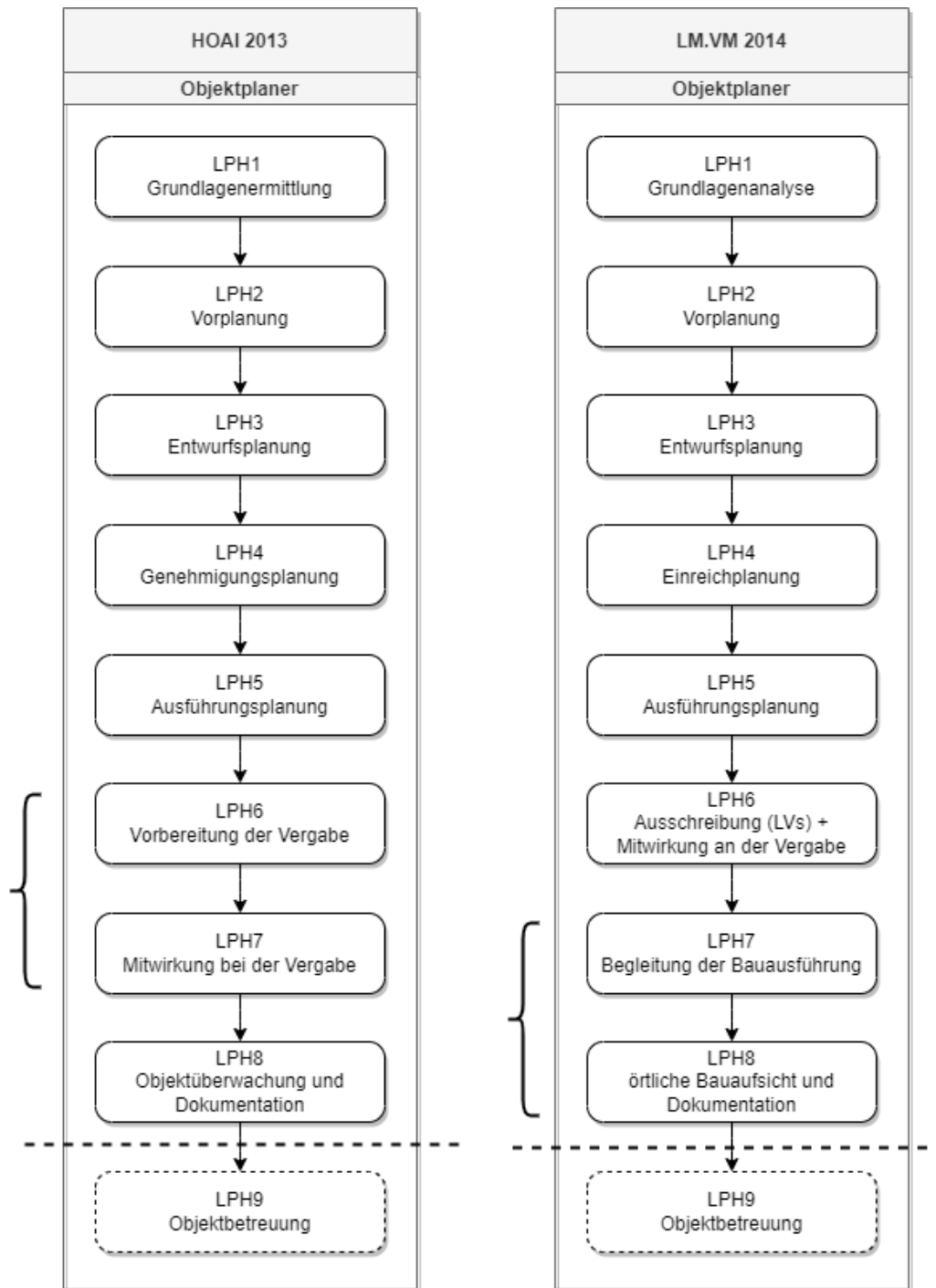


Abbildung 7: Leistungsphasen nach HOAI 2013 und LM.VM 2014

2.2.5 Geschäftsprozessmodellierung (BPMN)

Der Hauptbestandteil der Diplomarbeit ist die empirische Untersuchung der Pilotprojekte für die Fallstudie. Dafür werden auf Basis von Dokumentation der Projektdaten Prozessmodelle in BPMN Notation (Business Process Modelling Notation) erstellt. Hierbei handelt es sich um eine Art Spezifikationssprache, die als Darstellungsmittel zur grafischen und sprachlichen Spezifikation im Prozessmanagement dient. Die Spezifikationssprache BPMN stammt ursprünglich aus dem Bereich der Wirtschaftsinformatik und dem Prozessmanagement.

Anhand der Prozessmodellierung können Arbeitsprozesse erfasst, dokumentiert, gemessen, überwacht und gesteuert werden. Auch das Einführen neuer Prozesse kann durch die Geschäftsprozessmodellierung optimiert werden (Freund et al. 2010).

Das Ziel der Diplomarbeit ist eine aussagekräftige Evaluierung der Projekte zu erstellen und Erkenntnisse in verschiedenen Themenbereichen zu erlangen, um eine nachhaltige Planungsmethodik zu erreichen.

BPMN Grundlagen

Für die Dokumentation der Fallstudien wird primär mit den grundlegenden Elementen der Geschäftsprozessmodellierung gearbeitet. Je nach Bedarf werden auch weitere Bausteine der BPM Notation angewendet. Diese werden in den folgenden Abschnitten näher erklärt.

Die BPMN Kernelemente (Abb. 3) bestehen aus folgenden sogenannten Flussobjekten: Aktivitäten, Ereignisse und Gateways. Aktivitäten beschreiben einen einzelnen Prozess, Gateways geben bestimmte Bedingungen an, und Ereignissymbole geben den Anfang, einen Zwischenstopp, oder das Ende eines Ereignisses an. Diese Flussobjekte haben etliche Untergruppen, die unterschiedliche Situationen beschreiben und werden über Sequenzflüsse innerhalb von Lanes miteinander verbunden. Pools und Lanes repräsentieren Verantwortlichkeiten für Aktivitäten. Nachrichtenflüsse symbolisieren den Informationsaustausch und können an Pools, Aktivitäten und Nachrichtenergebnissen andocken. Die letzte Gruppe der Kernelemente sind die sogenannten Artefakte. Diese

beschreiben weitere Informationen zum Prozess, haben aber keinen direkten Einfluss auf die Reihenfolge der Flussobjekte (Freund et al. 2010).

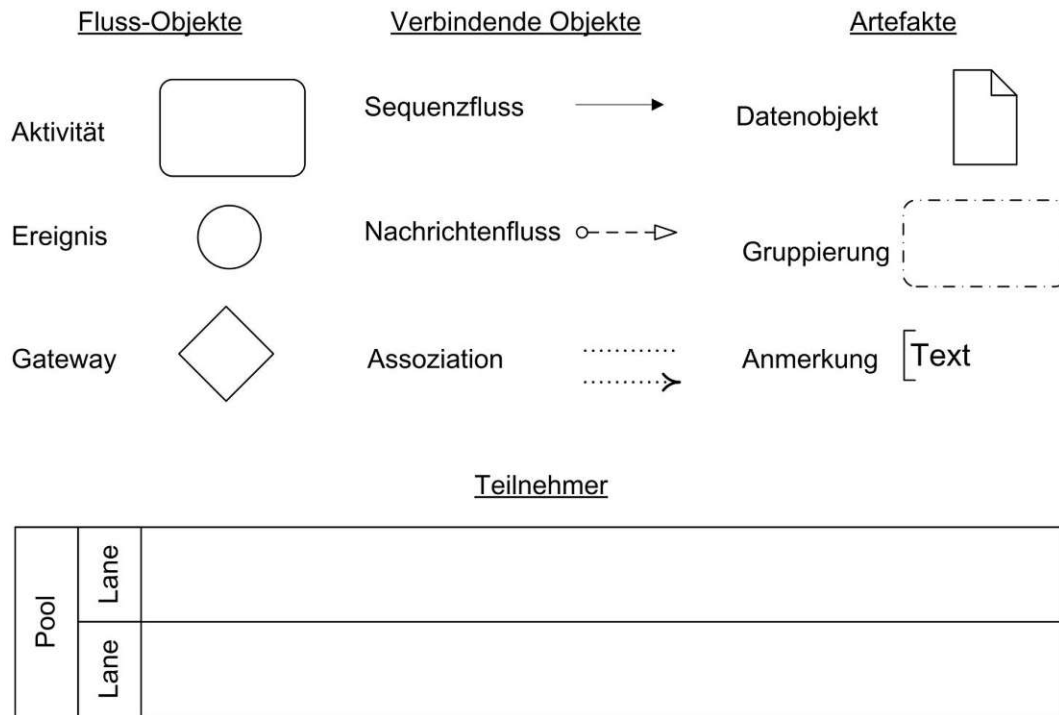


Abbildung 8: Kernelemente BPMN; Quelle: Freund et al. 2010, S. 21

3 Fallstudien

3.1 Einleitung

Für die Fallstudie werden drei Projekte des Wiener Architekturbüros hochform Architekten ZT GmbH untersucht. Auf Basis einer Grundlagenermittlung werden Geschäftsprozessmodelle (BPMN) erstellt, die die Arbeitsprozesse der Projekte in unterschiedlichen Detailstufen in ihren Abhängigkeiten darstellen. Die Grundlagen für die Prozessmodelle setzen sich aus Projektdokumenten, Planunterlagen, Rohdateien, Präsentationen, Rahmenterminplänen, Organigrammen, To-Do Listen und Stundenlisten zusammen.

Die untersuchten Projekte unterscheiden sich in der Art des Bauvorhabens, im Bauvolumen sowie in der Verwendung der Planungsmethodik.

Im Projekt I77 Interspar Amstetten wird zu Beginn in konventioneller Methode geplant und später in BIM Planungsmethode gewechselt.

Das Projekt Zebra Frankfurt wird ab der Projektübernahme in der LPH3 in BIM Planungsmethode ausgearbeitet und mit Ende der LPH5 wieder in konventioneller Methode geplant.

Das Projekt Alte Post ist als Sonderfall zu betrachten. Dieses wird vom OP komplett in konventioneller Planungsmethodik geplant. Die Fachplaner arbeiten hingegen in diesem Projekt in BIM Planungsmethode. Hierbei wird die verkehrte Seite der BIM Planung untersucht. Die Arbeitsprozesse werden für das Projekt Alte Post der LPH5 dokumentiert.

Die Geschäftsprozessmodelle werden wegen der Übergröße in der Diplomarbeit unterteilt. Im Anhang befinden sich die Geschäftsprozessmodelle BPMN(III) – Detailstufe 3 - in voller Ansichtsgröße.

Begriffsdefinitionen

Die Projekte der untersuchten Fallstudien werden je nach Leistungsphase in unterschiedlichen Planungsmethoden ausgeführt. Dabei wird unterschieden zwischen:

- konventioneller Planungsmethode
- BIM Planungsmethode
- hybrider Planungsmethode

Konventionelle Planungsmethode

Als konventionelle Planungsmethode werden alle Arbeitsprozesse ohne Anwendung von BIM Techniken definiert. Hierzu zählen Arbeitsprozesse die in 2D-Planungs- und 3D-Planungs-Tools erstellt wurden. Auch das Erstellen von physischen Modellen, die konventionelle Organisation und Normierung, die Kommunikation über Telefon wie auch E-Mail, sowie analoge Einreichungsverfahren fallen unter diese Bezeichnung.

BIM Planungsmethode

Unter die Kategorie BIM Planungsmethode fallen die Arbeitsprozesse, welche ausschließlich unter Verwendung von BIM Tools und BIM Praktiken erstellt werden. Dazu gehören auch die BIM Organisation, BIM Normierungen sowie die digitale Einreichung.

Hybride Planungsmethode

Als hybride Planungsmethode werden Arbeitsprozesse definiert, die mit beiden Planungsmethoden (konventionelle Planung und BIM Planung) erstellt werden. Dabei vermischen sich die Arbeitsprozesse.

Übergangsphase

Die Übergangsphase bezeichnet den Übergang von konventioneller zu BIM Planungsmethodik oder umgekehrt. Diese tritt bei der Implementierung einer neuen Planungsmethodik während einer Planung ein. Dabei wird die Planung sukzessive aus der bestehenden in die neue

Planungsmethode übertragen. In der Übergangsphase kann in beiden Planungsmethoden gleichzeitig geplant werden.

Detailstufen BPMN

Die Geschäftsprozessmodelle der Projekte werden in drei unterschiedlichen Detailstufen erarbeitet:

Die erste Detailstufe – BPMN (I) – zeigt in einer Gesamtübersicht die Anwendung der Planungsmethode von Projektstart bis Projektende. Jede LPH wird als ein Arbeitsprozess dargestellt und in eine konventionelle oder/und konventionelle Swimlane eingeordnet (Abb. 9).

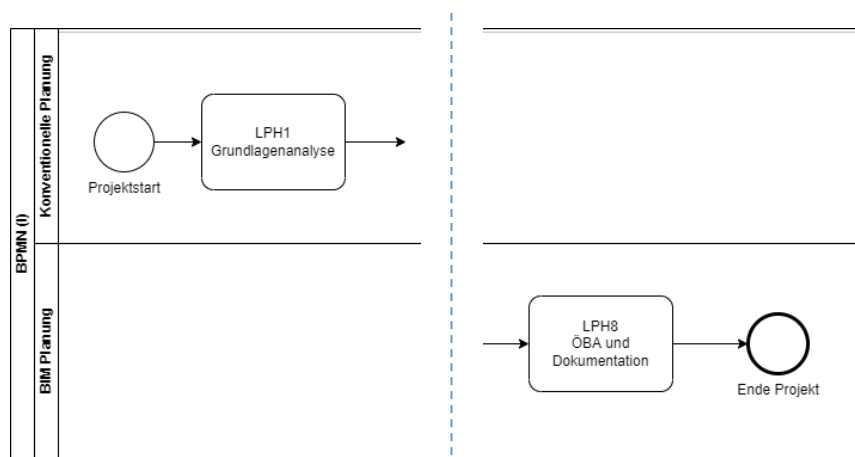


Abbildung 9: Prozessdiagramm Detailstufe 1 - BPMN (I)

Die zweite Detailstufe - BPMN (II) – zeigt die Arbeitsprozesse in den einzelnen Leistungsphasen. Diese werden als übergeordnete Subprozesse zusammengefasst und je nach Anwendung in konventionelle oder BIM Planungsmethodik eingeordnet (Abb. 10).

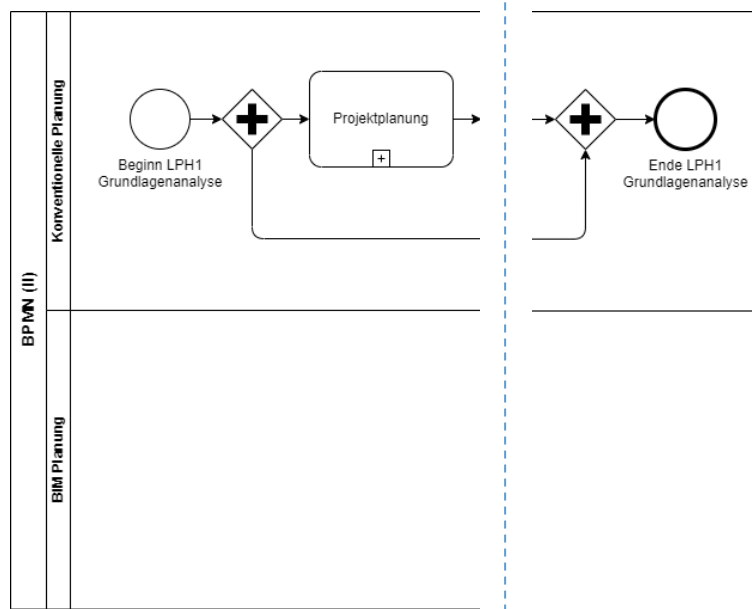


Abbildung 10: Prozessdiagramm Detailstufe 2 - BPMN (II)

Die letzte Detailstufe – BPMN (III) – beschreibt die gesamten Arbeitsprozesse der Subprozessgruppen und wird in vier Swimlanes gegliedert, welche die Planungsmethodik und den dazugehörigen Datenfluss aufzeigen (Abb. 11).

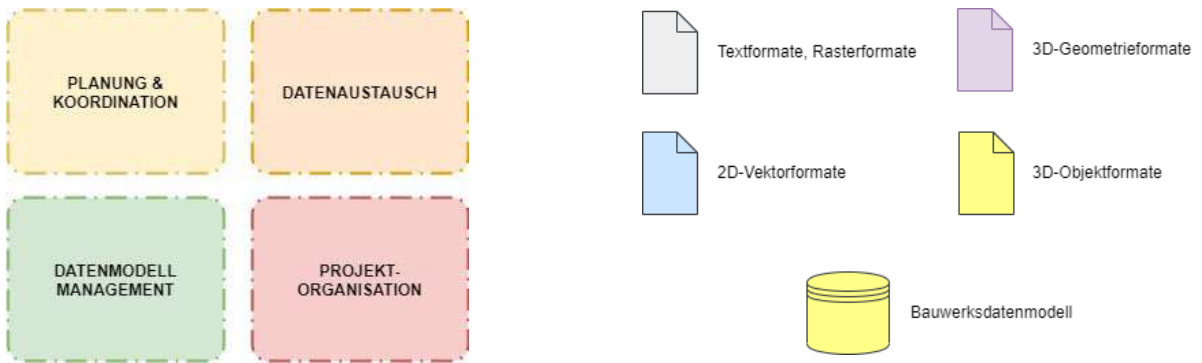
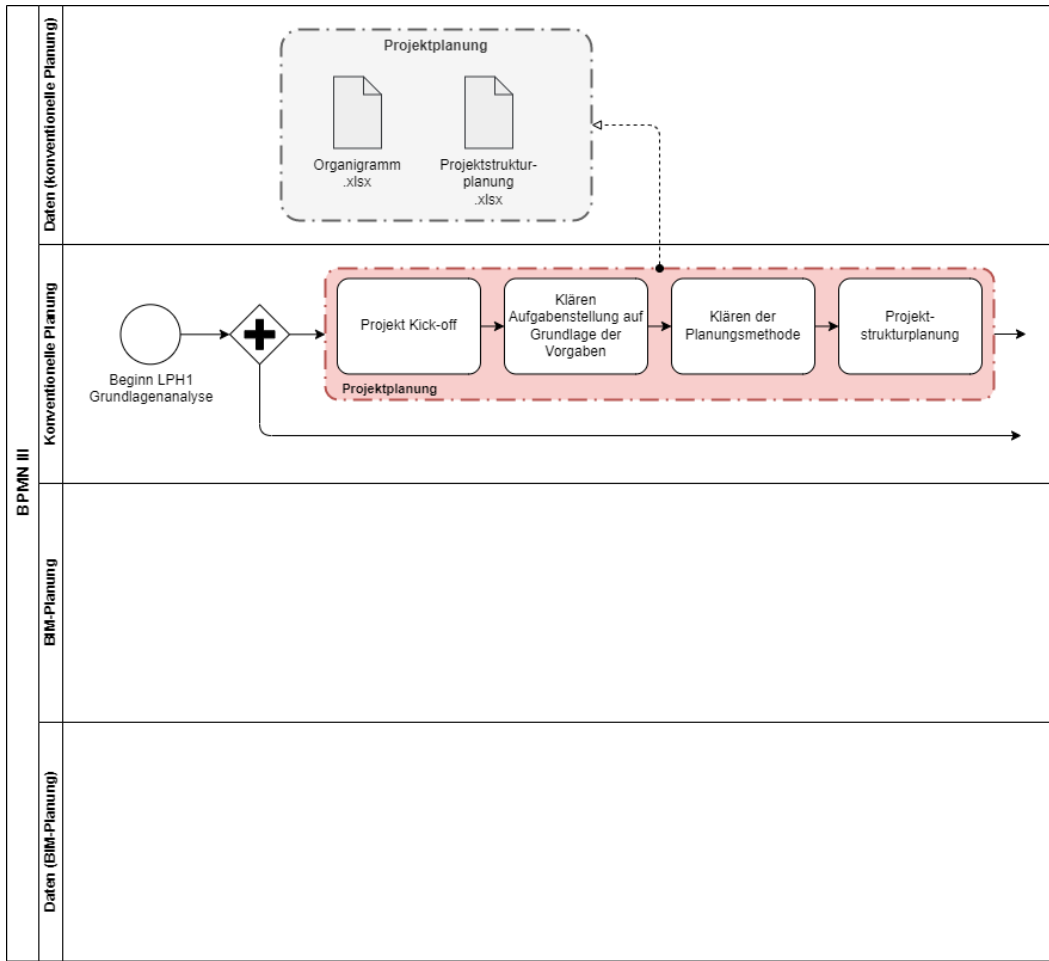


Abbildung 11: Prozessdiagramm Detailstufe 3 – BPMN (III), oben; Legende Prozessdiagramme BPMN(III), unten

Arbeitsprozessgruppen

Um die Arbeitsprozesse der Fallstudien besser vergleichen zu können, werden die LPH in folgende Arbeitsprozessgruppen unterteilt: Erstellung der Grundlagen, Datenaustausch, Hauptplanungsphase, Detailplanungsphase, Dokumentation und Abschluss.

Das Erstellen der Grundlagen ist den Projekten in den LPH 1, LPH3 und LPH5 zu beobachten. Hierbei werden die Grundlagen für den weiteren Planungsverlauf der LPH erstellt.

Die Arbeitsgruppe „Datenaustausch“ findet nach der Erstellung der Grundlagen statt und ist Teil der Hauptplanung und der Detailplanung. Die Arbeitsprozesse der Arbeitsgruppen Datenaustausch, Hauptplanung und Detailplanung wiederholen sich bis zur Freigabe in Schleife.

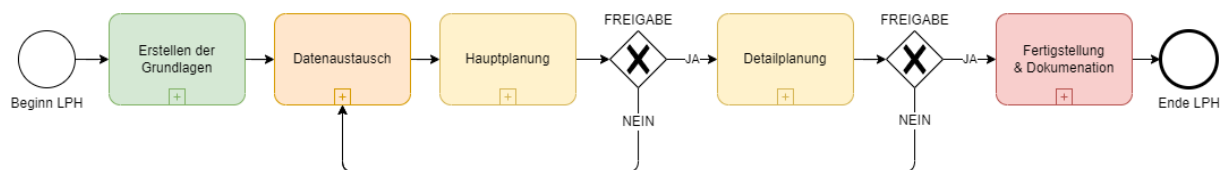


Abbildung 12: Arbeitsgruppen in einer LPH

3.2 Resultate Gesamtübersicht

In der folgenden Tabelle werden quantitative Ergebnisse aus den untersuchten Projekten zusammengefasst und dienen als Gesamtübersicht.

		177 Interspar Amstetten	Zebra Frankfurt	Alte Post
Beschreibung	Ort	Österreich - Amstetten	Deutschland - Frankfurt	Österreich - Wien
	Art des Bauvorhabens	Retail, Umbau	Neubau	Bauen im Bestand: Sanierung
	Bruttogesamtfläche	7000 m ² (ohne Garage)	28.572 m ²	67.600 m ²
	Dauer Planung	2017–2019	2018-2021	2015-
Projektorganisation	Leistungsbilder	LM.VM 2014	HOAI 2013	LM.VM 2014
	Regelwerk konv.	BA	Projekthandbuch, BA	-
	Regelwerk BIM	-	BAP (TWP)	-
	Projektgrundlage	konventionell	konventionell	konventionell
	Vermessungsgrundlage	2D	2D	2D, 3D (Laserscan)
	Mitarbeiter BIM (OP)	max. 5	max. 10	-
	Mitarbeiter konv. (OP)	max. 5	max. 7	max. 13
BIM Koordinator	1 (OP)	1 (OP)	1 (TWP)	
Planungsmethodik	Planung BIM (OP)	LPH3, LPH4, LPH5, LPH6, LPH7, LPH8	LPH3,LPH4,LPH5	-
	Planung konv. (OP)	LPH1, LPH2, LPH3	LPH1, LPH2, PH6, LPH7, LPH8	LPH1, LPH2, LPH3, PH4, LPH5, LPH6, LPH7, LPH8
	Leitdetailplanung (OP)	konventionell	konventionell	konventionell
	Leitdetailplanung (FP)	konventionell	konventionell, BIM	konventionell, BIM
	MuM (OP)	konventionell, BIM	konventionell, BIM	konventionell
	MuM BIM (OP)	Flächenberechnung, Kosten, LV	Flächenberechnung, Türliste	-
	MuM konv. (OP)	Türenliste, Fensterliste	Kosten, LV	Flächenberechnung, Kosten, LV, Türliste, Fensterliste
	Kollisionsprüfung	BIM: planbasierend und visuell	BIM: planbasierend und visuell	planbasierend (OP), BIM (visuell + autom.) [TWP]
	Visualisierung	hybrid, extern	BIM, extern	extern
	Wandabwicklung	hybrid	Konventionell	konventionell
SuD	konventionell	hybrid	konventionell, BIM (TWP)	

		I77 Interspar Amstetten	Zebra Frankfurt	Alte Post
Detailierungsgrad	<i>LOD</i>	300	350	-
	<i>LoG (OP)</i>	300	300	-
	<i>BIM Maßstab (OP)</i>	1:100, 1:50	1:100, 1:50	-
	<i>Konv. Maßstab (OP)</i>	1:200, 1:100, 1:20, 1:10	1:200, 1:50, 1:20, 1:10	1:200, 1:100, 1:50, 1:20, 1:10, 1:5
	<i>LoG (FP)</i>	500	500	500
	<i>BIM Maßstab (FP)</i>	1:50, 1:20, 1:10	1:50, 1:20, 1:10	1:50, 1:20, 1:10
	<i>Konv. Maßstab (FP)</i>	1:200, 1:100, 1:50, 1:20, 1:10	1:200, 1:100, 1:50, 1:20, 1:10	1:200, 1:100, 1:50, 1:20, 1:10
Interoperabilität	<i>Datenintegration BIM</i>	Little Open-Closed BIM	Big Open-Closed BIM	Little Closed BIM
	<i>Reifegrad (OP)</i>	Level 2	Level 2	Level 2
	<i>Dimensionen (OP)</i>	3D	3D	3D
	<i>Fachplaner BIM</i>	TGA	TWP, TGA, ELT	TWP, Stahlbau, Vermessungsplanung
	<i>Fachplaner konv.</i>	FWP, TGA, ELT, Fassadenpl., Vermessung, Lichtpl., Ladenbauer, Bauphysik, Verkehrspl., Stahlbau	TGA, ELT, Fassadenpl., Vermessung, Landschaftspl., Lichtpl., Innenarchitektur, Küchenpl., Bauphysik, Brandschutzpl.	TGA, ELT, Vermessung, Landschaftspl., Lichtpl., Bauphysik, Verkehrspl., Brandschutzpl.
	<i>Primäre Software (OP)</i>	REVIT 19	REVIT 19	-
	<i>BIM Plugin-Software (OP)</i>	BIM Booster, Docuflow, Enscape	BIMize, Enscape, Docuflow	DLubaL
	<i>Primäre Software (FP)</i>	-	REVIT 19	REVIT 19
	<i>Sekundäre Software (OP)</i>	Autocad, Rhino, Office, Adobe	Autocad, Rhino, Office, Adobe	Autocad, Rhino, Office, Adobe
	<i>Sekundäre Software (FP)</i>	-	Sofistik, etc.	Autocad, , Navis Works, Plancal, Sofistik
	<i>Datenmanagement CDE</i>	-	Polarserver	-
<i>Datenaustauschformat</i>	dwg , 3d-dwg, ifc , pdf	rvt, dwg , 3d-dwg, ifc , pdf, bcf	dwg, 3d-dwg, ifc , pdf	
<i>Änderungsmanagement</i>	Telefon, E-Mail, Asana	Telefon, E-Mail, BCF	Telefon, E-Mail	

BA: Bau- und Ausstattungsbeschreibung, **BAP:** BIM Abwicklungsplan, **OP:** Objektplaner, **FP:** Fachplaner,

TWP: Tragwerksplaner, **ELT:** Elektrotechnik, **TGA:** Technische Gebäude Ausrüstung, **LV:** Leistungsverzeichnis

3.3 Projekt I77 Interspar Amstetten

3.3.1 Projektbeschreibung

Der bestehende, 1992 errichtete Interspar-Markt wurde einer umfangreichen Generalsanierung und Erweiterung unterzogen. Das Gebäude wurde hinsichtlich Größe, technischer Erfordernisse und Funktionalität auf den neuesten Stand gebracht. Eine neue Tiefgarage verdoppelt die Stellplatzanzahl. Der Baukörper ist weithin durch sein neues auskragendes und aufgebogenes und auf 10 m Höhe spitz zulaufendes Dach sichtbar. An dessen Unterseite sind Edelstahlkugeln befestigt, die sich als wellig perforierte Fläche ins Gebäudeinnere fortsetzen und zum Shopping-Erlebnis einladen. Eine besondere Stimmung entsteht vor allem bei Beleuchtung und dessen Reflektion an den Kugeloberflächen. Der unter dem Vordach situierte komplett verglaste Eingangsbereich wird weiters durch Bauelemente wie den L-förmigen roten Rahmen, die runde Karusselltüre und den würfelförmigen hervorspringenden Wintergarten des Restaurants markiert. Im Inneren erschließt eine neue Mall den Lebensmittelmarkt, das Restaurant und weitere Betreiberflächen (hochform 2022).



Abbildung 13: I77 Interspar Amstetten; Quelle: hochform Architekten ZT GmbH, 2022

Planung

Das Leistungsbild für den OP für das Projekt I77 wird auf Basis des Leistungsmodells LM.VM 2014 festgelegt. Ein vom AG erstellter Rahmenterminplan und eine Bau- und Ausstattungsbeschreibung (BA) definieren die Zielsetzung der Planung. Die Planungsmethodik sowie der Datenaustausch werden vom AG nicht definiert.

Der Objektplaner plant bis zum Ende der LPH3 in konventioneller Planungsmethodik. Hierfür wird primär die Software AutoCAD von Autodesk genutzt. Als sekundäres Entwurfstool wird die Software Rhino 3D von McNeel genutzt. Mit dem Beginn der LPH3 wird die BIM Planungsmethode LPH3 implementiert und die Planung in der Software Revit 2019 von Autodesk durchgeführt. Die LPH3 ist als Übergangsphase zu sehen. Die Planung wird in dieser LPH in beiden Planungsmethoden durchgeführt und die konventionelle Planung wird sukzessive in BIM Methode übertragen. Die am Projekt beteiligten Fachplaner planen durchgehend in konventioneller Planungsmethode (Abb. 14). Die TGA-Planung erstellt eine BIM-kompatible 3D Planung.

Der Datenaustausch mit den Projektbeteiligten erfolgt größtenteils über konventionelle native Datenschnittstellen. Dabei werden die Dateiformate DWG, 3D-DWG und PDF verwendet. Der Datenaustausch mit dem Gebäudetechniker wird über das offene 3D-Objektformat IFC ausgeführt. Eine einheitliche Datenplattform wird in diesem Projekt nicht verwendet, die Planungsergebnisse werden von den Projektbeteiligten untereinander per E-Mail ausgetauscht.

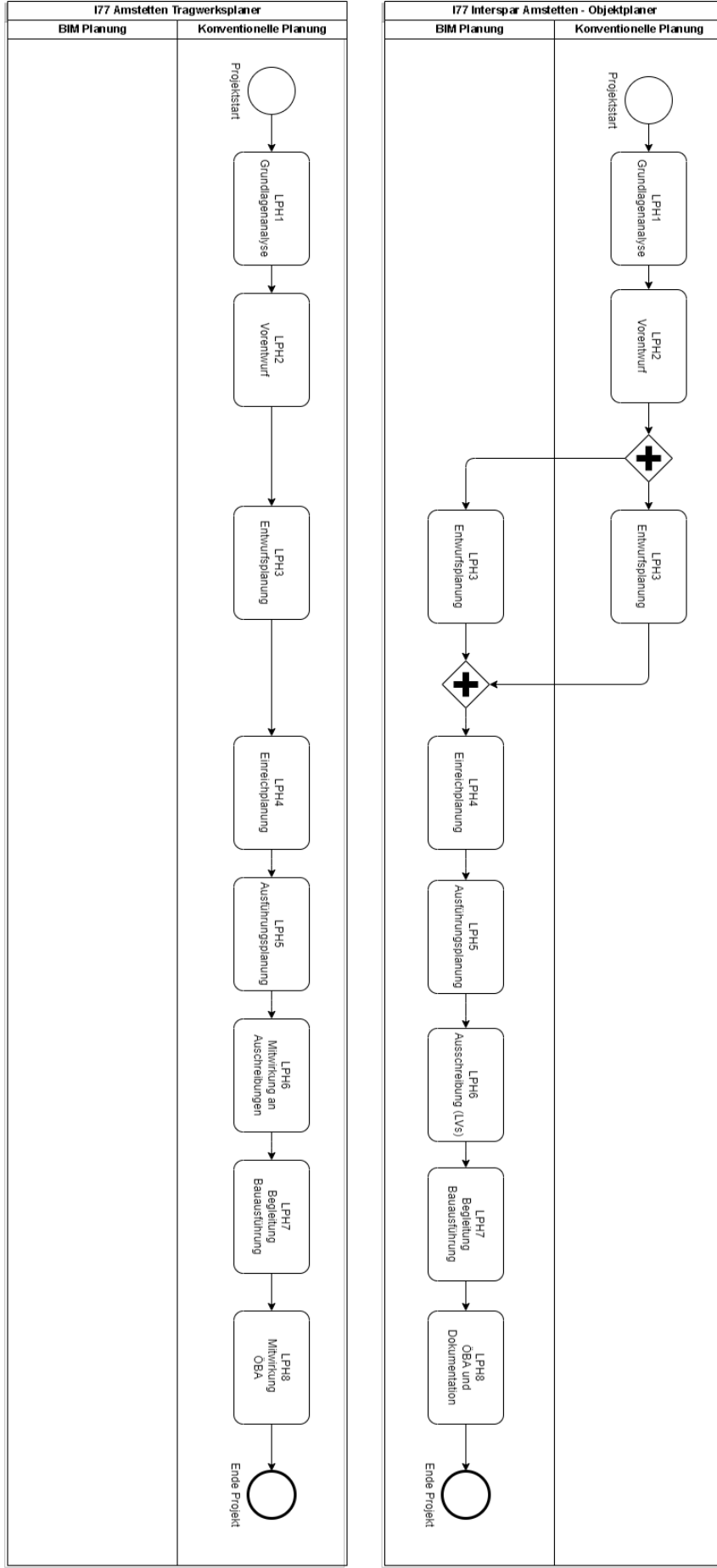


Abbildung 14: Grundriss Erdgeschoss LPH3; Projekt I77

Zusammenfassend ist das Projekt I77 Amstetten als ein Little Open-Closed BIM zu bewerten. Der OP plant in einer Insellösung (Little BIM), als Datenaustauschformate werden hauptsächlich native (DWG-Format) und vereinzelt offene (IFC) Datenformate verwendet (Open-Closed BIM).

Der BIM-Entwicklungsgrad reicht in diesem Projekt bis zum Level 2. In der Übergangsphase (LPH3) finden vermehrt hybride Arbeitsprozesse statt. Mit der Steigerung der Planung wird die BIM Planungsmethode immer mehr genützt. Aus dem Datenmodell werden Planausfertigungen, Visualisierungen und MuM erstellt. Auch eine visuelle Kollisionsprüfung der TGA-Planung wird durchgeführt. Bauablaufsimulationen für Zeit und Kosten (4D + 5D Planung) werden in BIM Planungsmethodik nicht erstellt, sondern konventionell durchgeführt.

Abbildung 15: Gesamtübersicht; Projekt 177 BPMN(I)



3.3.2 Arbeitsprozesse nach Leistungsphasen

Leistungsphase 1

Die komplette LPH Grundlagenanalyse des Projekts I77 Interspar Amstetten wird in konventioneller Planungsmethode abgewickelt. Parallel zu der Projektplanung, der Grundlagenermittlung sowie der konzeptuellen Planung, wird das CAD-Planungssystem eingerichtet (Abb. 16).

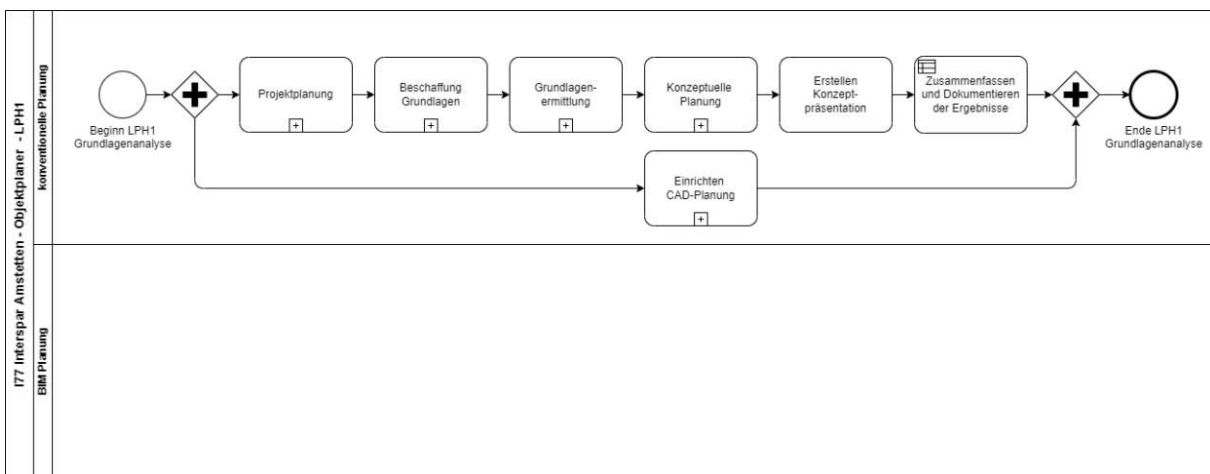


Abbildung 16: Arbeitsprozesse LPH1; Projekt I77 BPMN(II)

Leistungsphase 2

Auch die Planung in der LPH2 wird komplett in konventioneller Methode ausgeführt. Zu Beginn werden die Grundlagen für die weitere Planung erstellt und mit den Fachplanern ausgetauscht. In der Hauptplanungsphase werden die externen Planungsergebnisse eingearbeitet und koordiniert sowie die Vorentwurfsplanung erstellt. Nach der Freigabe wird in der Detailplanungsphase eine erste MuM, Visualisierungen sowie ein Präsentationsvideo erstellt. Abschließend werden die Planungsergebnisse in einer Präsentation zusammengefasst und ein Projektantrag wird gestellt. Parallel zur konventionellen Planung wird das BIM Planungssystem eingerichtet, was sich aus dem Aufsetzen des Datenmodells und Einfügen von Bürostandards und programmspezifischen System-Bauteilbibliotheken zusammensetzt (Abb. 17).

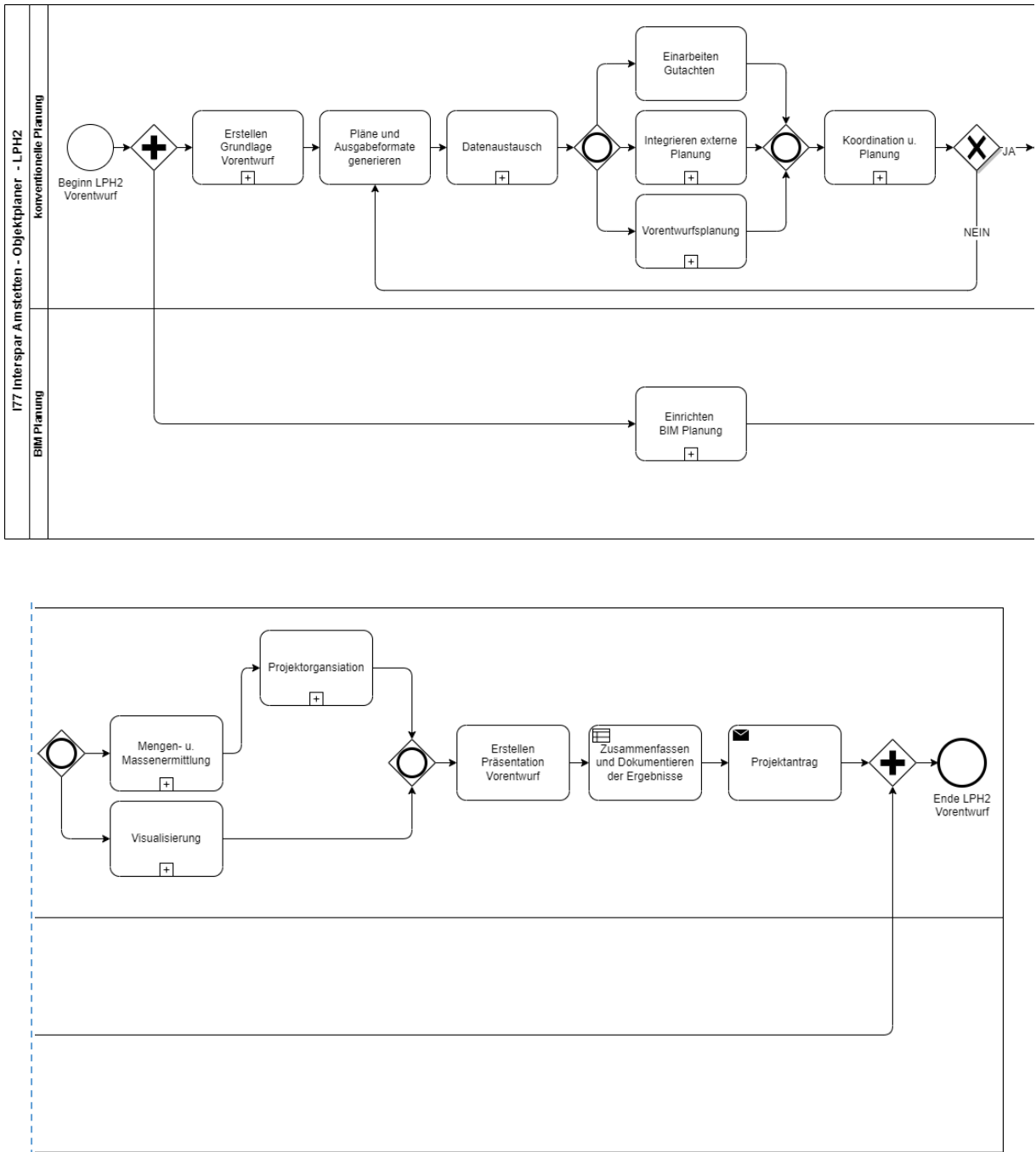


Abbildung 17: Erstellung Grundlagen und Hauptplanungsphase LPH2, oben; Detailplanungsphase und Abschluss LPH2, unten; Projekt I77 BPMN(II)

Leistungsphase 3

Die Entwurfsplanung im Projekt 177 ist als Übergangsphase zu sehen. Die konventionelle Planung wird dabei sukzessive in das BIM System übertragen. Zu Beginn der LPH3 werden die BIM Grundlagen erstellt. Dabei wird ein Datenmodell auf Basis der Vorplanung modelliert. Aus diesem Datenmodell werden Pläne in diversen Ausgabeformaten generiert und an die Fachplaner verteilt. Nach dem Datenaustausch beginnt die Hauptplanungsphase. Dabei werden die externen Planungsergebnisse, der fachlich Beteiligten, ins Datenmodell integriert, visuell geprüft und koordiniert. Die Entwurfsplanung findet hierbei in hybrider Methode statt. Dabei werden für die Entwurfsfindung die Teilbereiche Vordach, Außenanlagen und Parkplatz und Bauphasenplan in konventioneller Methode geplant und in das BIM Datenmodell integriert. Die Arbeitsprozesse der Hauptplanungsphase wiederholen sich bis zur Freigabe in Schleife (Abb. 18).

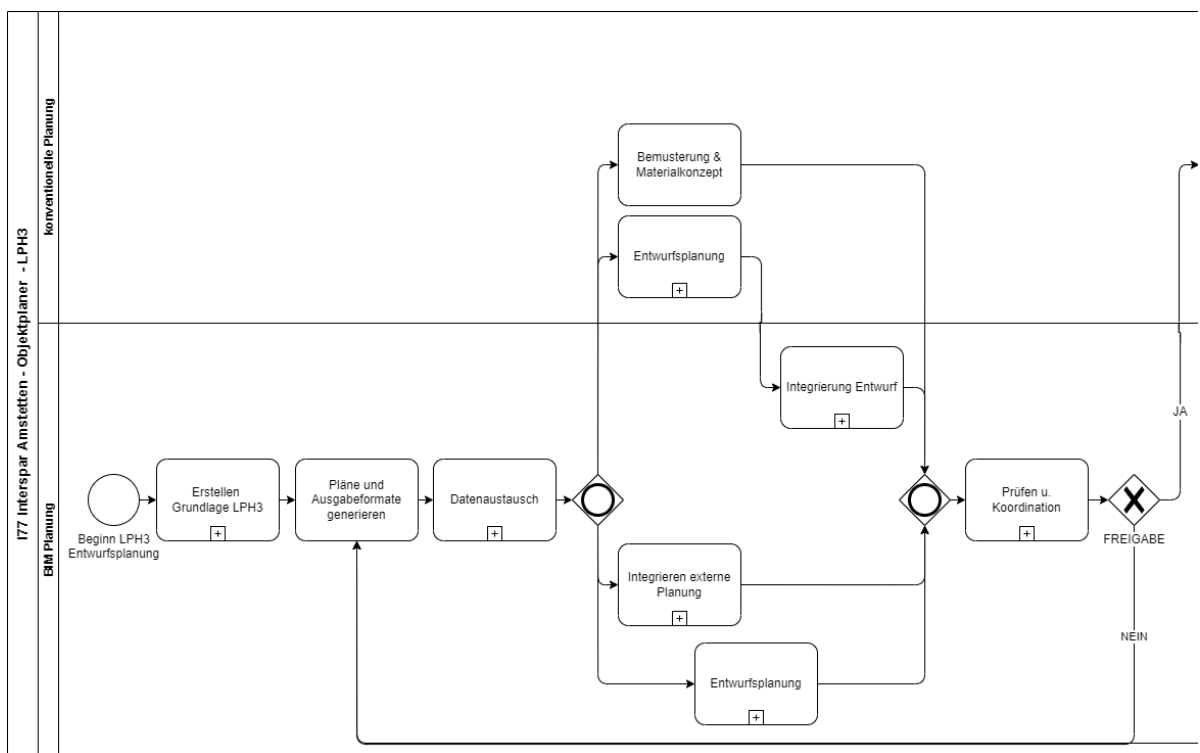


Abbildung 18: Erstellung der Grundlagen und Hauptplanungsphase LPH3; Projekt 177 BPMN(II)

In der Detailplanungsphase der LPH3 wird die MuM in BIM Methode erstellt und umfasst die Fenster- und Türenlisten, die Flächenaufstellung und die Bauteillisten. Die Abbruchplanung wird in hybrider Methode erarbeitet. Hierfür wird auf der Grundlage von Bestandsplänen ein weiteres Bestands-Datenmodell modelliert. Mit einer softwarespezifischen Anwendungsmethode (Phasenmodell) werden durch die Geometriedifferenz Bestand-Neu Abbruchpläne

generiert. Für den Bereich Außenanlagen wird aus Zeitgründen, die aus der Vorplanung bestehenden 2D Daten überarbeitet und im Datenmodell überblendet. Die Projektorganisation wird in konventioneller Methode erstellt. Abschließend werden die Planungsergebnisse zusammengefasst und eine Präsentation erstellt (Abb. 19).

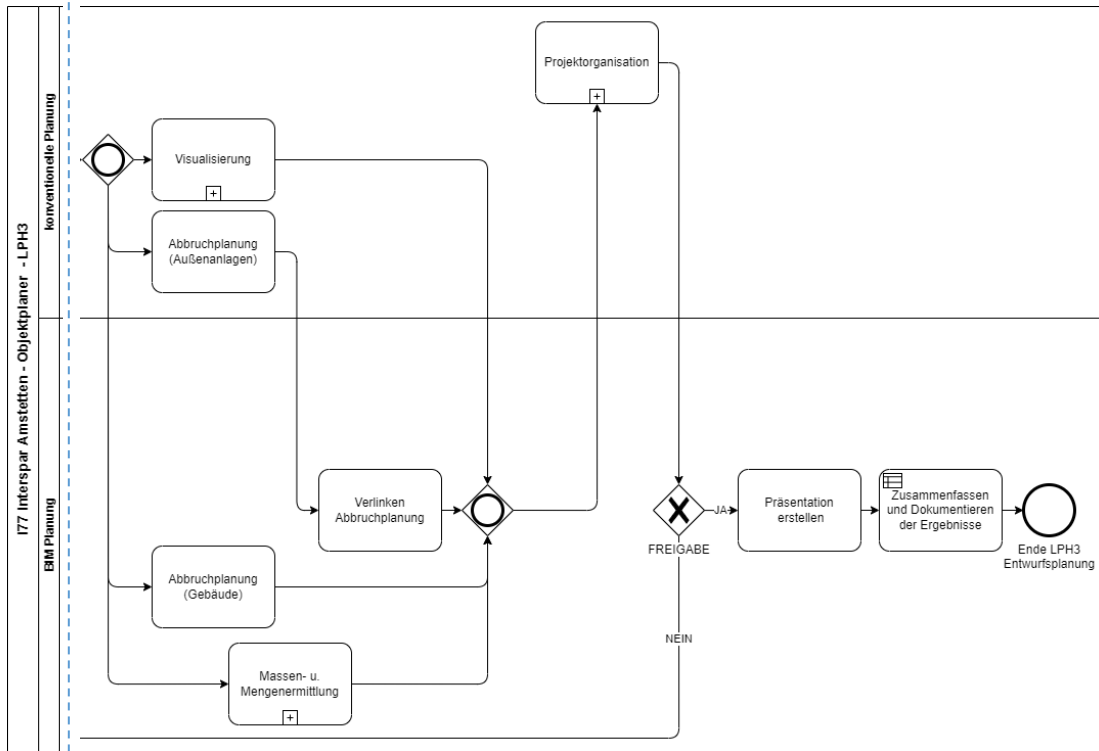


Abbildung 19: Detailplanungsphase und Abschluss LPH3; Projekt 177 BPMN(II)

Leistungsphase 4

Die Arbeitsprozesse in der LPH4 dienen der Abgabe der gewerberechtlichen und der baubehördlichen Einreichung, die beide in konventioneller Form eingereicht werden. Hierfür werden das Datenmodell und die Darstellung angepasst und die benötigten Vorlagen und Nachweise zusammengestellt (Abb. 20)

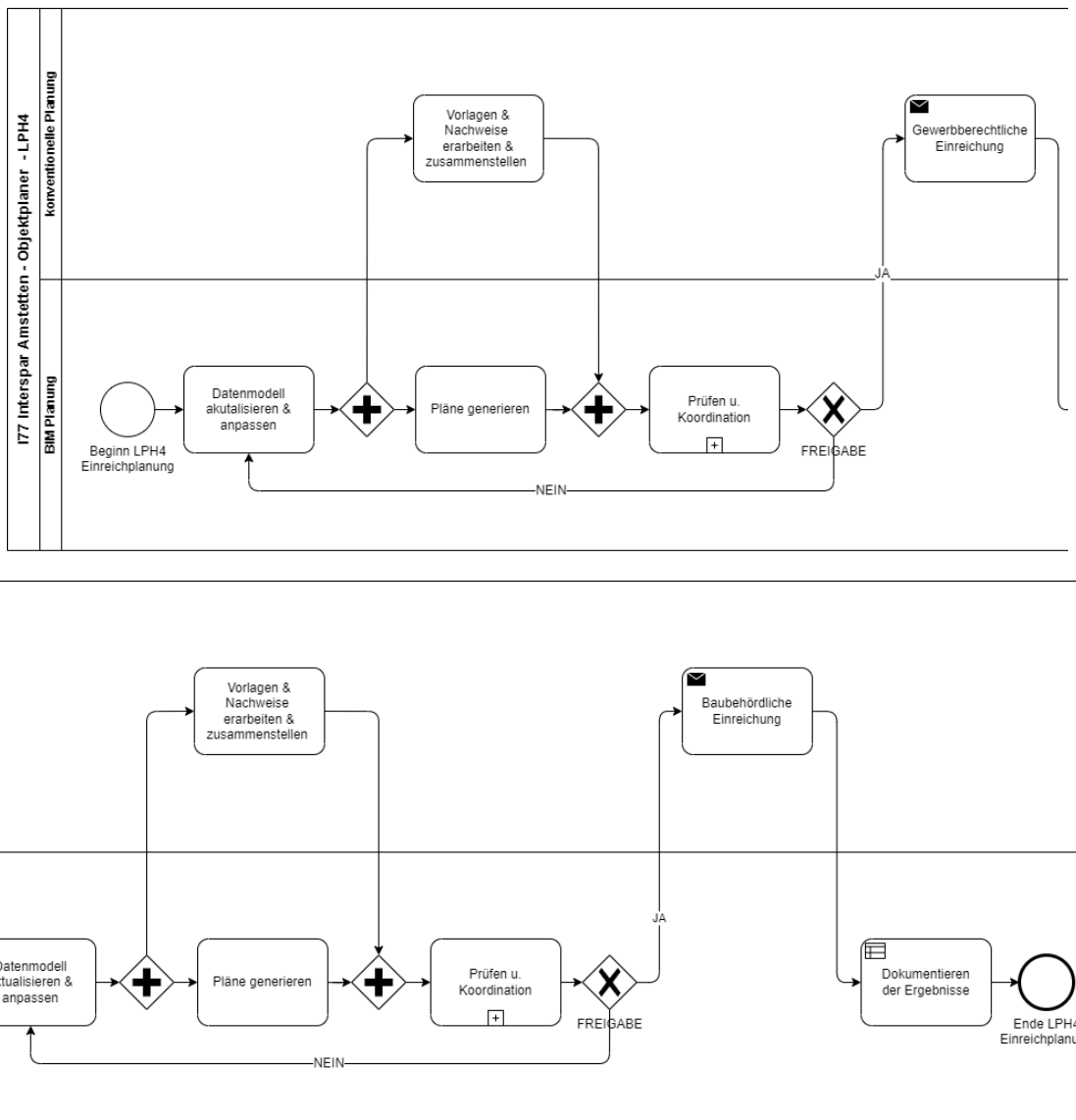


Abbildung 20: Arbeitsprozesse LPH4; Projekt 177 BPMN(II)

Leistungsphase 5

Zu Beginn der LPH5 werden die Grundlagen für die weitere Planung erstellt. Hierfür wird mit Hilfe von Darstellungsvorlagen der Planungsmaßstab von 1:100 auf 1:50 umgestellt, konventionelle Ausgabenformate generiert und an die Projektbeteiligten gesendet (Abb. 21).

Nach dem Datenaustausch startet die Hauptplanungsphase der LPH5 und wird hybrid ausgeführt. Dabei wird in BIM sowie in konventioneller Planungsmethodik geplant. Die konventionellen Planungsergebnisse werden dann in das BIM System integriert (Abb. 22).

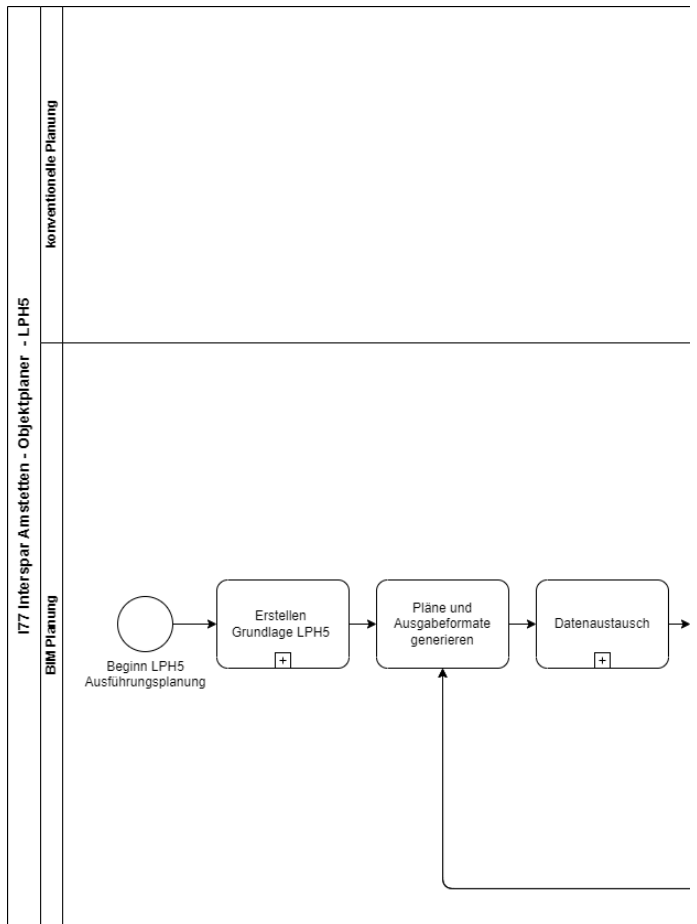


Abbildung 21: Erstellung Grundlagen LPH5; Projekt 177 BPMN(II)

Neben der Planung werden auch die externen Planungsergebnisse in der Phase integriert, überprüft und koordiniert. Die Hauptplanungsphase wiederholt sich in Schleife bis zur Freigabe des OP (Abb. 22).

Die Detailplanungsphase wird auch in hybrider Form ausgeführt. Dabei werden die Subprozesse Detailplanung und MuM sowie die Visualisierung zuerst in BIM Planungsmethodik erstellt und danach konventionell weiterbearbeitet. Die Projektorganisation wird konventionell ausgeführt. Die SuD wird zwar im Bauwerksdatenmodell geplant, dort wird die SuD jedoch nur in den jeweiligen Planansichten mit 2D-Objekten nachgeführt. Eine Bim-spezifische Bauteilmodellierung im Datenmodell findet hierfür nicht statt. Sind die Hauptplanungsphase und Detailplanungsphase freigegeben, werden die Planungsergebnisse zusammengefasst und die Auswechslungsplanung konventionell eingereicht (Abb. 22).

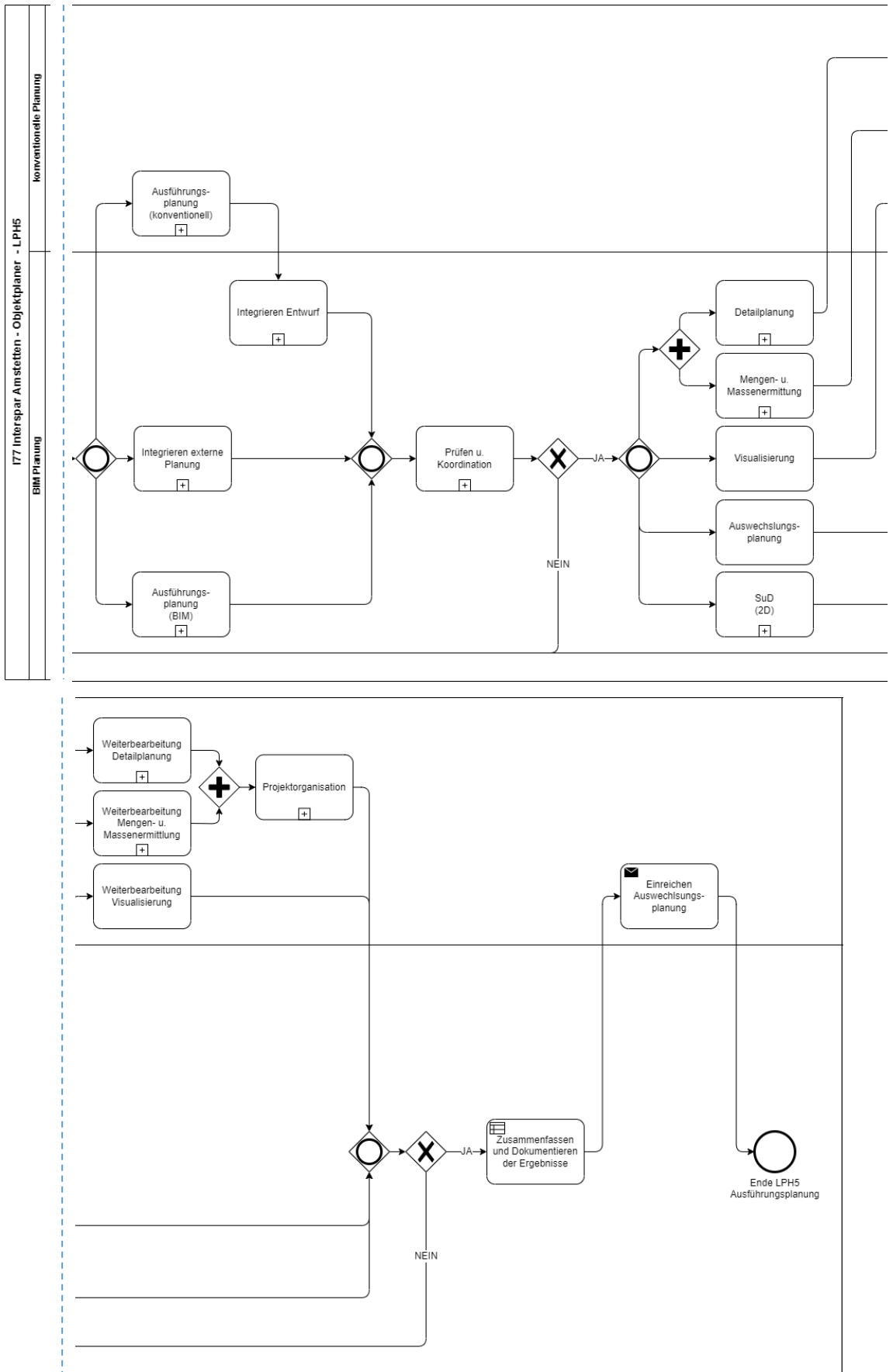


Abbildung 22: Hauptplanungsphase LPH5, oben; Detailplanungsphase und Abschluss LPH5, unten; Projekt 177 BPMN(II)

Leistungsphase 6

In der LPH6 wird die MuM in BIM Methode generiert. Mit Hilfe eines Plugins werden daraus automatisch Leistungsverzeichnisse (LVs) für die Ausschreibung erstellt. Die in hybrider Methode erstellte MuM aus der Vorplanung wird manuell in die LVs übertragen. Die darauffolgende Ausschreibung, Projektorganisation und das Mitwirken der Vergabe erfolgen in konventioneller Planungsmethodik (Abb. 23).

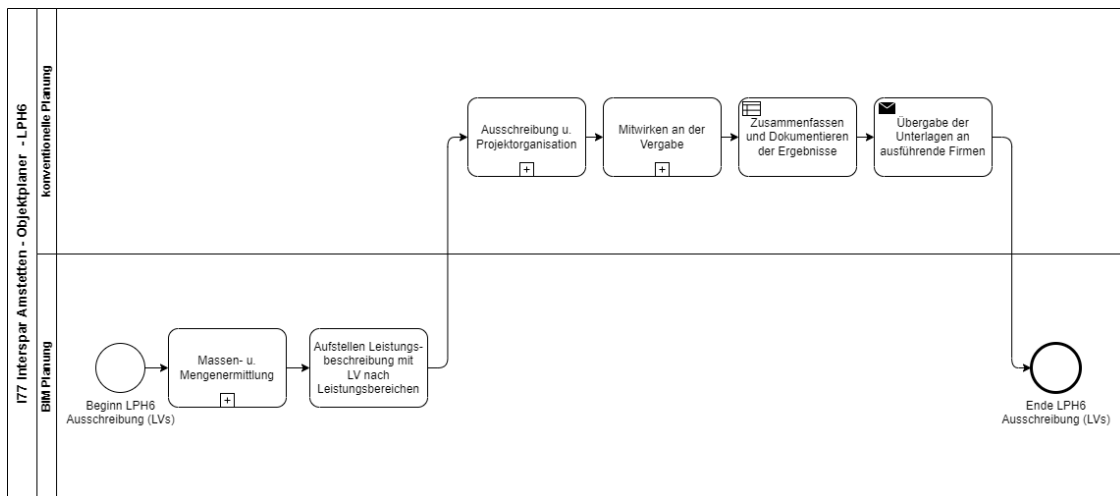


Abbildung 23: Arbeitsprozesse LPH6; Projekt 177 BPMN(II)

Leistungsphase 7 & 8

Die planerische Begleitung der Bauausführung wird im Datenmodell, sprich in BIM Methode abgewickelt. Ebenso wird die MuM für die Kostenkontrolle und Dokumentation in der LPH8 in BIM Planungsmethodik erarbeitet. Die restlichen Arbeitsprozesse der LPH7 und LPH8 werden konventionell ausgeführt (Abb.24).

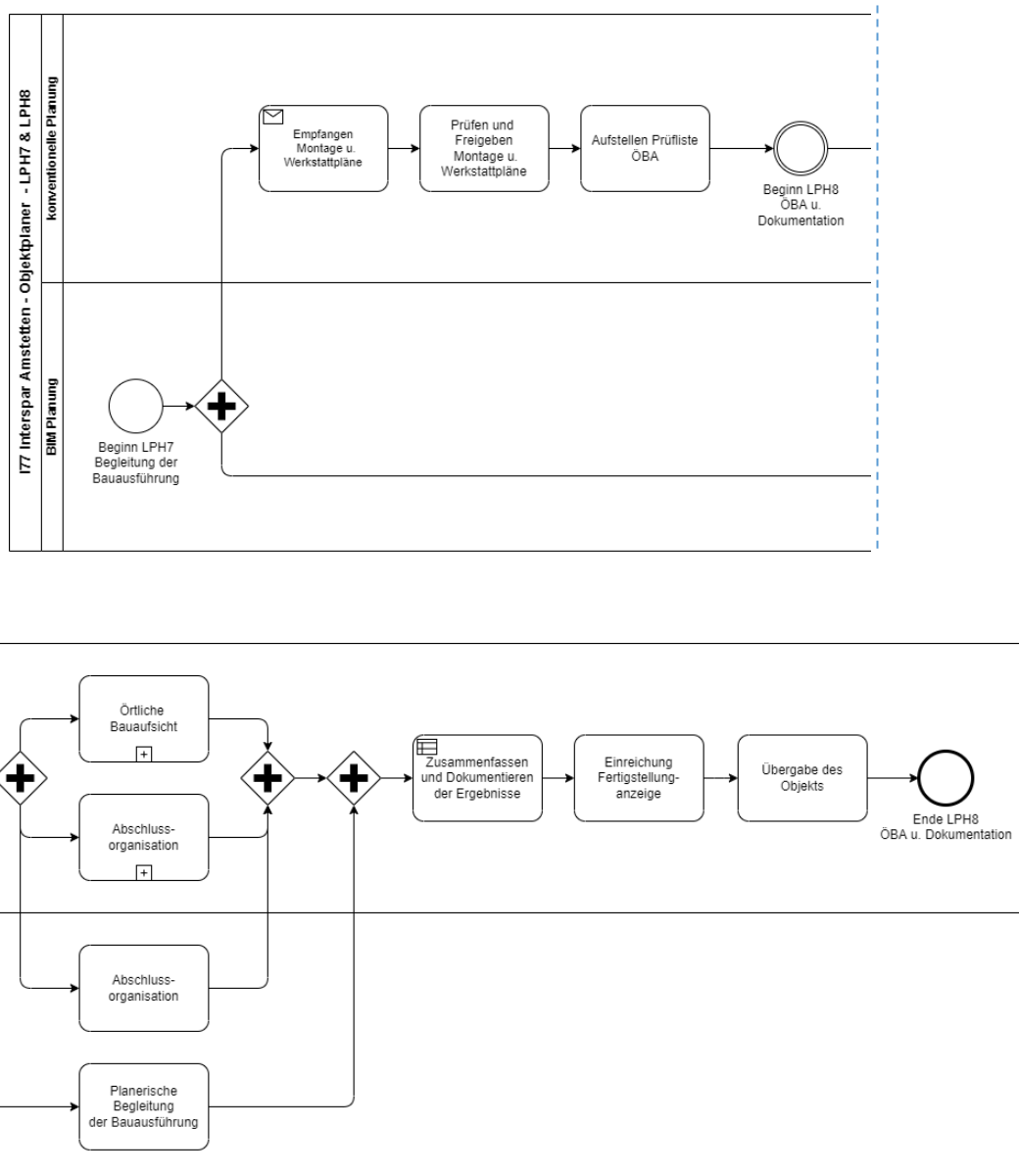


Abbildung 24: Arbeitsprozesse LPH7, oben; Arbeitsprozesse LPH8, unten; Projekt 177 BPMN(II)

3.3.3 Vertiefte Analyse der Arbeitsgruppen

Erstellen der Planungsgrundlagen

Die Planungsgrundlagen werden im Projekt I77 jeweils zu Beginn der LPH1, LPH3 und LPH5 erstellt. In der LPH1 wird mit dem Planungsstart das CAD-Planungssystem für die konventionelle Planung parallel zur Grundlagenermittlung eingerichtet. Hierbei werden die bereits vorliegenden und ausgearbeiteten CAD-Bürostandards implementiert. Diese umfassen die Zeichentemplates, CAD-Blöcke und Drucklayouts, die sich an die ÖNORM A 6241-1 anlehnen. Weiters wird auch eine projektspezifische CAD-Basis erstellt. Dabei wird das Koordinatensystem, der Einfügepunkt und die Achsen eingefügt (Abb. 25). Nachdem die Grundlagen erstellt sind, beginnt die konventionelle Planung.

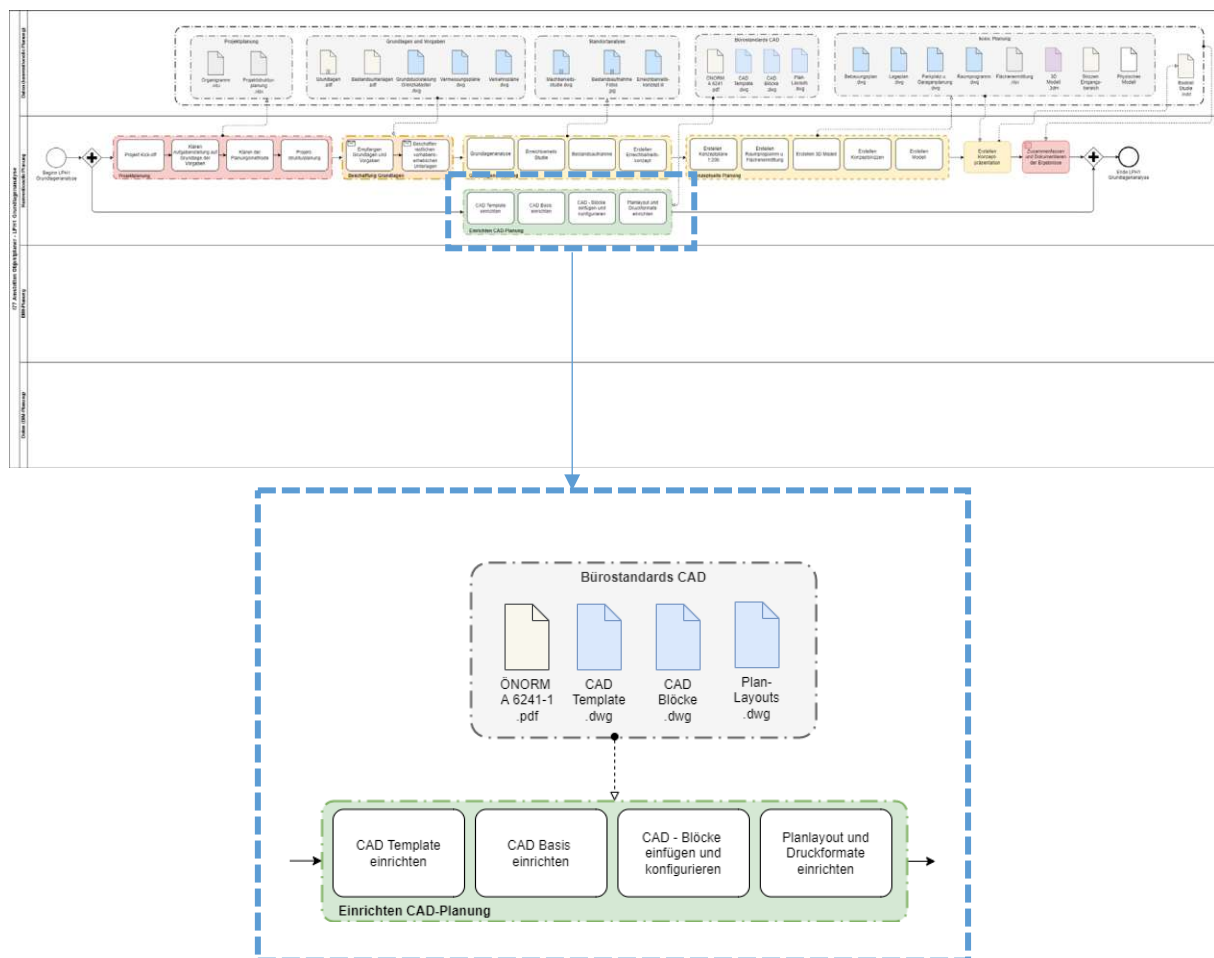


Abbildung 25: Subprozess - Einrichten des konventionellen Planungssystems LPH1; Projekt I77 BPMN(III)

Mit der Implementierung der BIM Planungsmethodik in der LPH3 müssen ebenso die Grundlagen für die BIM Planung eingerichtet werden, welche sich aus zwei Teilen zusammensetzen. Ein Teil der Grundlagenerstellung wird dabei noch in vorherigen LPH2 erstellt. Hierfür wird ein Server für das Datenmodell aufgesetzt, die BIM Basis erstellt und Bürostandards implementiert (BIM Templates, BIM Systemfamilien, Planlayouts und Ausgabeformate). Da im Unterschied zu dem Einrichten des CAD-Planungssystems in der LPH1 die Templates für die BIM Planung noch nicht ausgearbeitet sind werden diese für die Planung angepasst (Abb. 26).

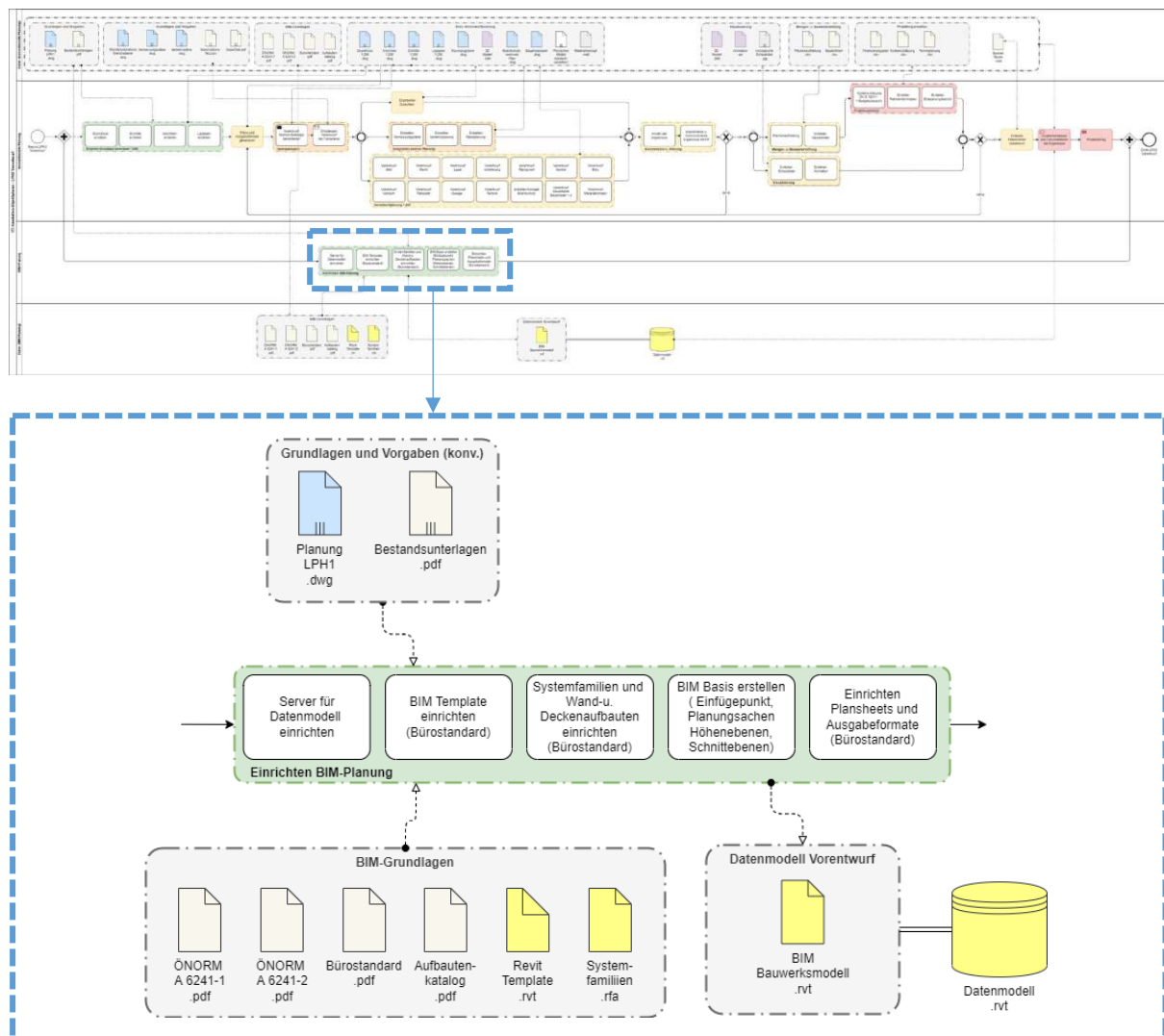


Abbildung 26: Subprozess - Einrichten des BIM Planungssystems LPH2; Projekt I77 BPMN(III)

Der zweite Teil der Grundlagenerstellung, die auf die BIM Implementierung zurückzuführen ist, findet in der LPH3 statt. Hierfür wird auf Basis der Vorplanung ein Datenmodell modelliert und die Plandarstellungen und Bemaßungen im Maßstab 1:100 in den jeweiligen Planansichten hinzugefügt. Teilbereiche wie die Abbruchsplanung und die Außenanlagen werden aus Zeitgründen vorerst nicht modelliert. Hierfür werden 2D Pläne aus der konventionellen Vorplanung im Datenmodell verlinkt und in den jeweiligen Planansichten überblendet (Abb. 27).

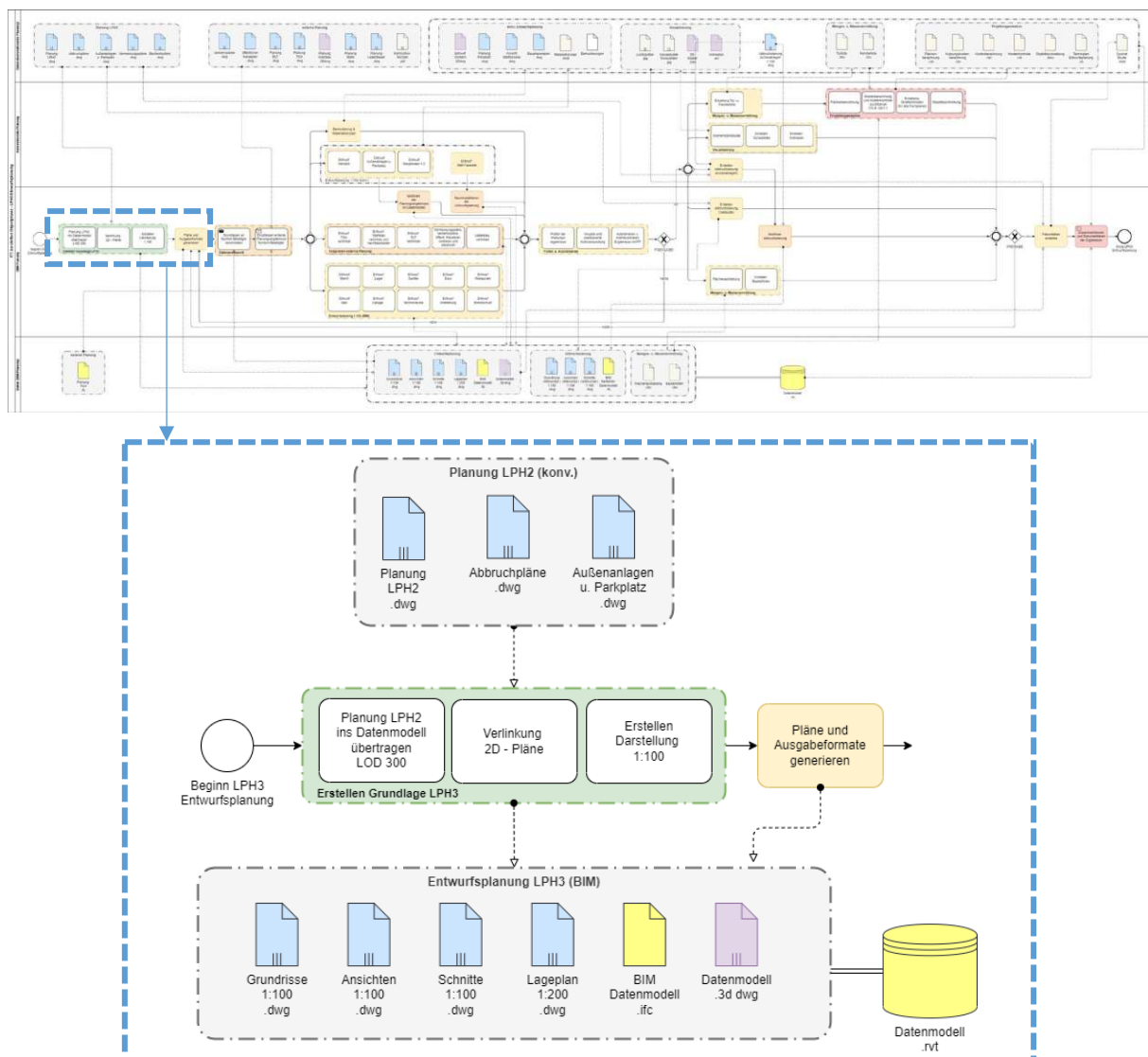


Abbildung 27: Subprozess - Erstellen Grundlagendatenmodell LPH3; Projekt 177 BPMN (III)

Auch zu Beginn der LPH5 wird eine Grundlage für die weitere BIM Planung erstellt, die der Maßstabsänderung zuzuschreiben ist. Dabei wird die Darstellung im Datenmodell auf anhand vorgefertigter Darstellungsvorlagen auf den neuen Maßstab 1:50 zügig umgestellt. Des Weiteren werden die Fußbodenaufbauten im Datenmodell adaptiert, da diese bis zum

jetzigen Zeitpunkt als ein gesamter mehrschichtiger Bauteil modelliert waren und für die Ausführungsplanung in Rohdecke und Fertigfußboden getrennt werden müssen (Abb. 28).

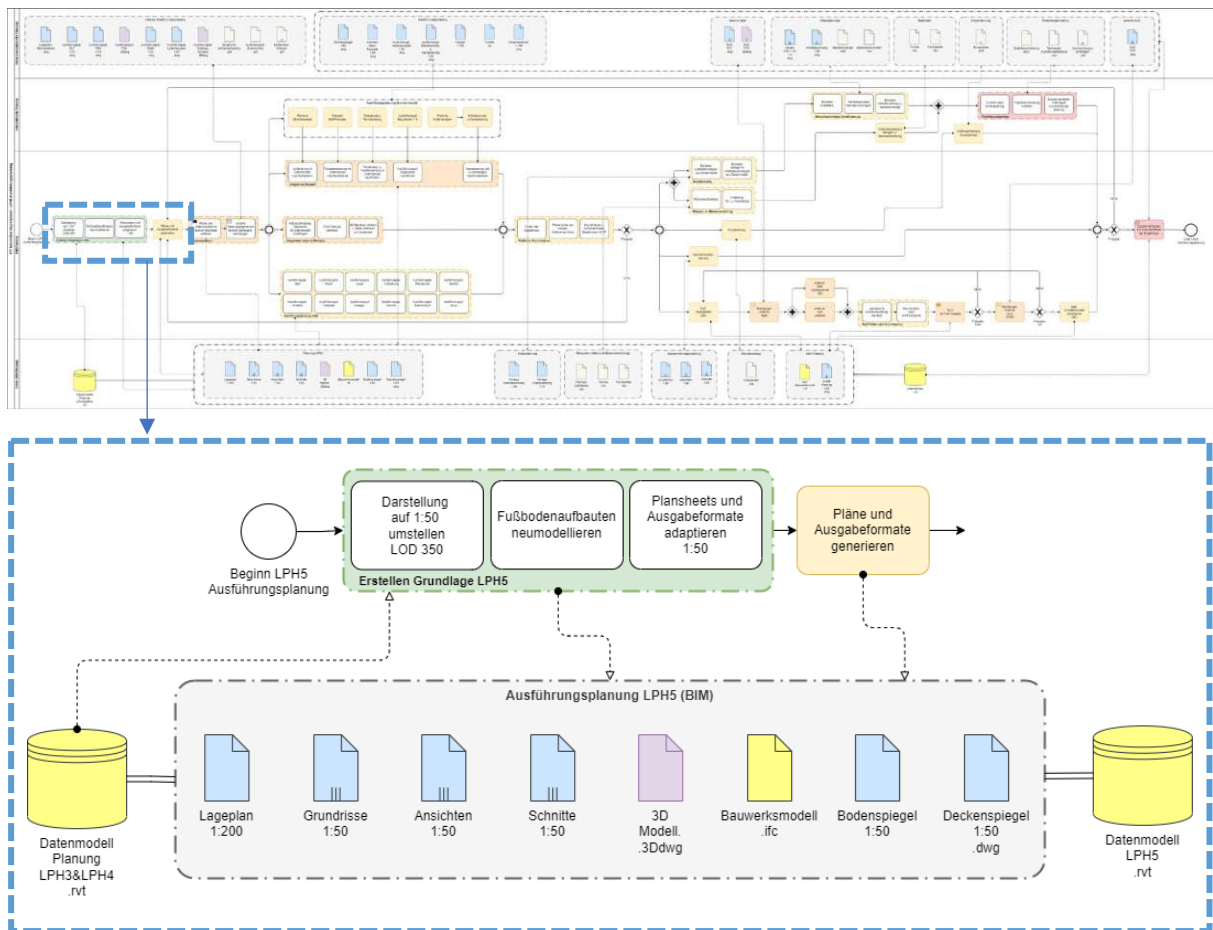


Abbildung 28: Subprozess - Erstellen Grundlage LPH5; Projekt 177 BPMN(III)

Hauptplanungsphasen

Ab der LPH3 werden die Hauptplanungsphasen primär in BIM Planungsmethodik geplant. Dabei wird die Planung sukzessive ins Datenmodell eingearbeitet, aus denen konsistente Pläne aber auch 3D Modelle erstellt werden. Dennoch weisen die LPH3 und LPH5 hybride Arbeitsprozesse auf. Das Vermischung der beiden Planungsmethoden hat unterschiedliche Ursachen: Zum einen wird zwecks freierer Entwurfsfindung zuerst in externer 3D Software geplant und danach das Ergebnis als 3D Geometriedateiformat in das Datenmodell importiert, wie es beim Entwurf des Vordachs in der Hauptplanungsphase der LPH3 zu sehen ist. Die importierten Geometriedaten werden dabei im Datenmodell als reine Volumenkörper dargestellt und sind in allen Planansichten konsistent sichtbar. Anders als BIM Objektdaten,

sind sie weder parametrisch noch assoziativ und beinhalten außer Größen-, Flächen- und Volumenangaben keine weiteren Parameter (Abb. 29).

Zum anderen lässt sich die Mall-Fassade in der BIM Software schwer handhaben, weswegen der Entwurf hierfür zuerst in konventioneller Methode erstellt wird und in weiterer Folge im Datenmodell nachmodelliert wird (Abb. 29).

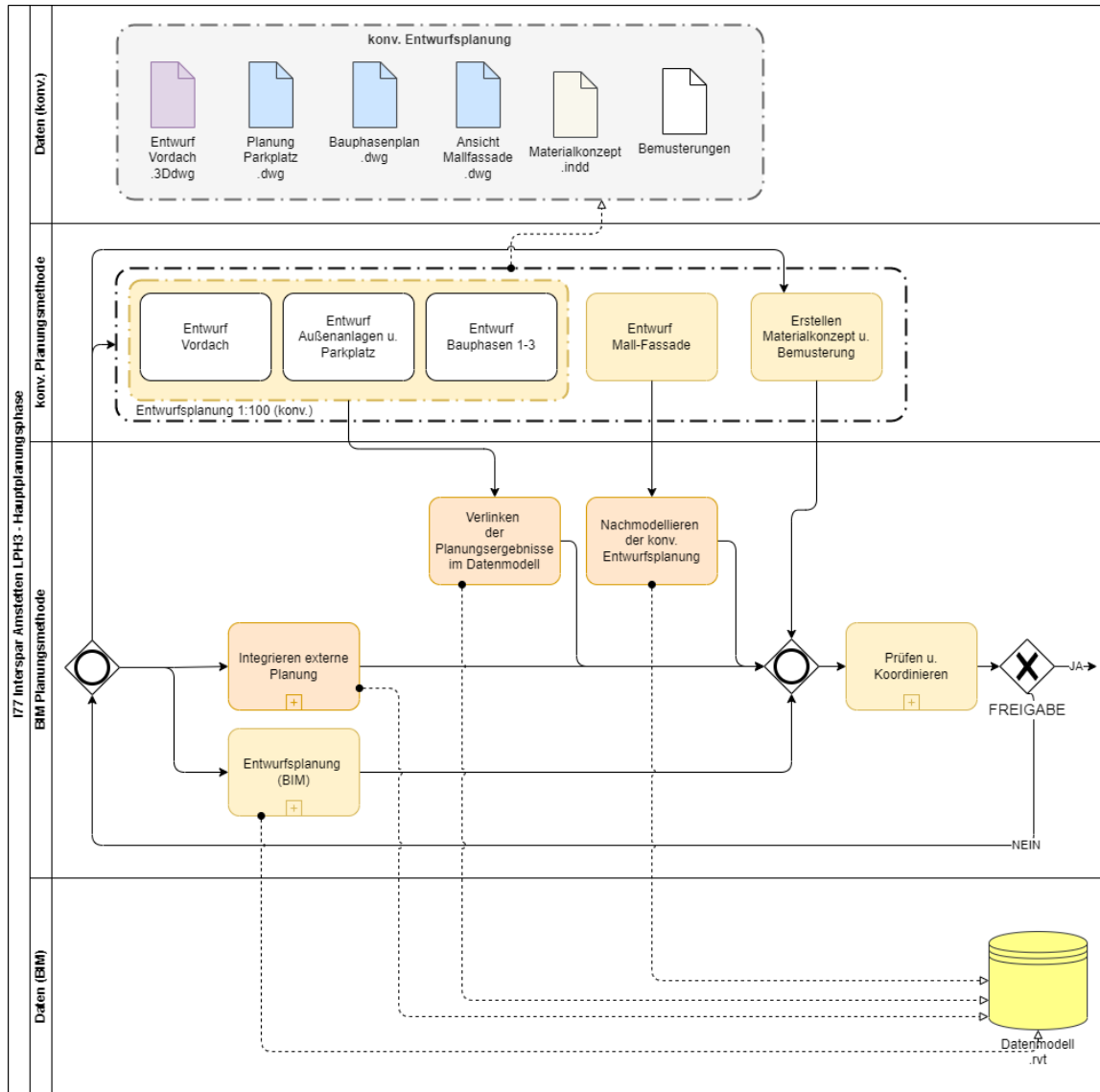


Abbildung 29: Hauptplanungsphase LPH3; Projekt I77 BPMN(III)

Aber auch die zeitliche Komponente führt zu hybriden Arbeitsprozessen. Denn um Zeit zu sparen, werden bereits erstellte 2D Planungszeichnungen aus früheren Phasen in das Datenmodell verlinkt und in den jeweiligen Planansichten überblendet, anstatt diese im Datenmodell zu modellieren. Dadurch werden hybride Pläne aus dem Datenmodell generiert,

die zu einem Teil das konsistente Datenmodell und zum anderen Teil die eingebettete konventionelle Planung abbilden, wie es im Entwurf der Außenanlagen und Parkplatz in der LPH3 zu sehen ist (Abb. 29).

Durch die konventionelle Planung der Fachplaner entstehen in der Hauptplanung der LPH3 und LPH5 ebenso hybride Arbeitsprozesse. 2D Vektordaten und 3D Geometriedaten werden dabei in das Datenmodell integriert und überblendet. Die unterschiedlichen Dateiformate führen dabei auch zu Mehraufwand durch den Integrationsprozess, denn in manchen Fällen müssen diese Daten auch nachbearbeitet werden (Abb. 30). Wegen den größtenteils fehlenden Geometriedaten findet die Überprüfung der externen Planungsergebnisse hauptsächlich visuell in den Planansichten statt.

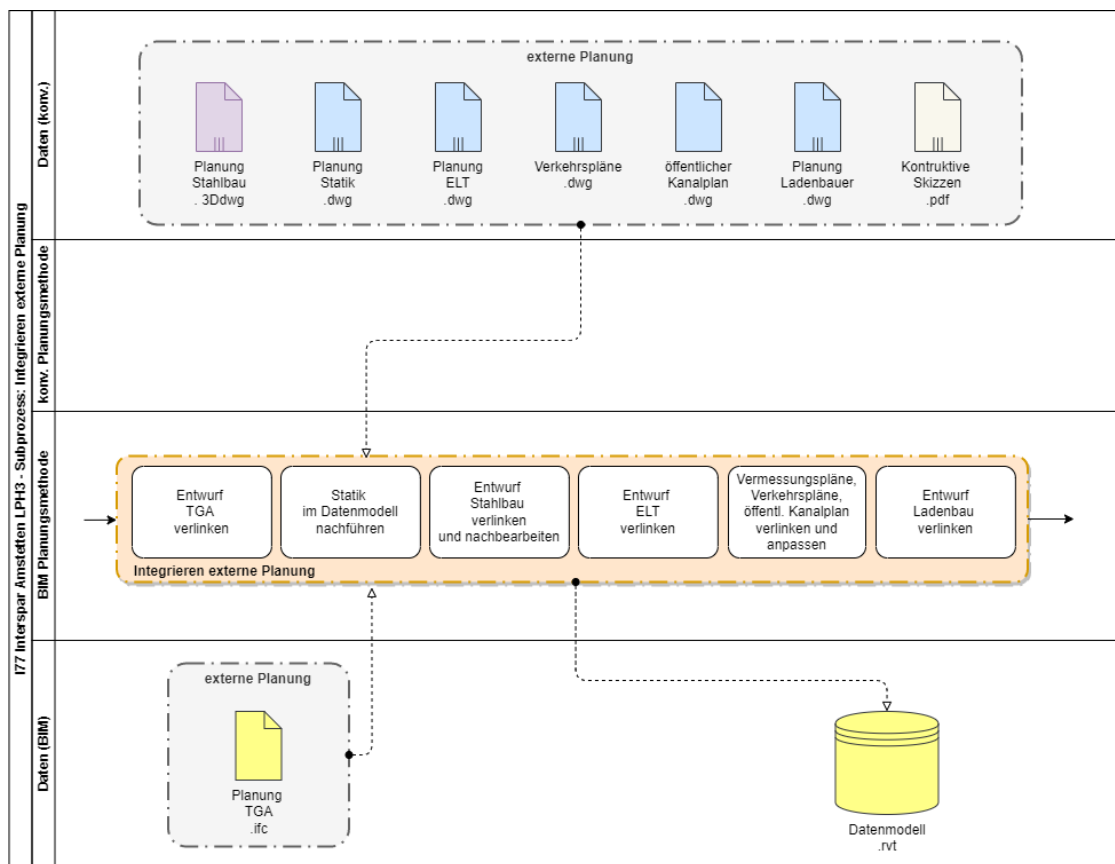


Abbildung 30: Subprozess - Integrieren externe Planung LPH3; Projekt 177 BPMN(III)

Detailplanungsphasen

Die Detailplanungsphasen werden im Projekt I77 bis zur LPH3 konventionell erstellt. Dabei werden z.B. die Flächenaufstellung und die MuM für die Budgetübersicht manuell aus der CAD-Planung entnommen und ebenso manuell in Excel Tabellen übertragen. Ab der Implementierung der BIM Methode werden die Detailplanungsphasen bewusst in hybrider Methode ausgeführt. In der LPH5 werden Vorlagen für die Leitdetails, Wandabwicklungen und

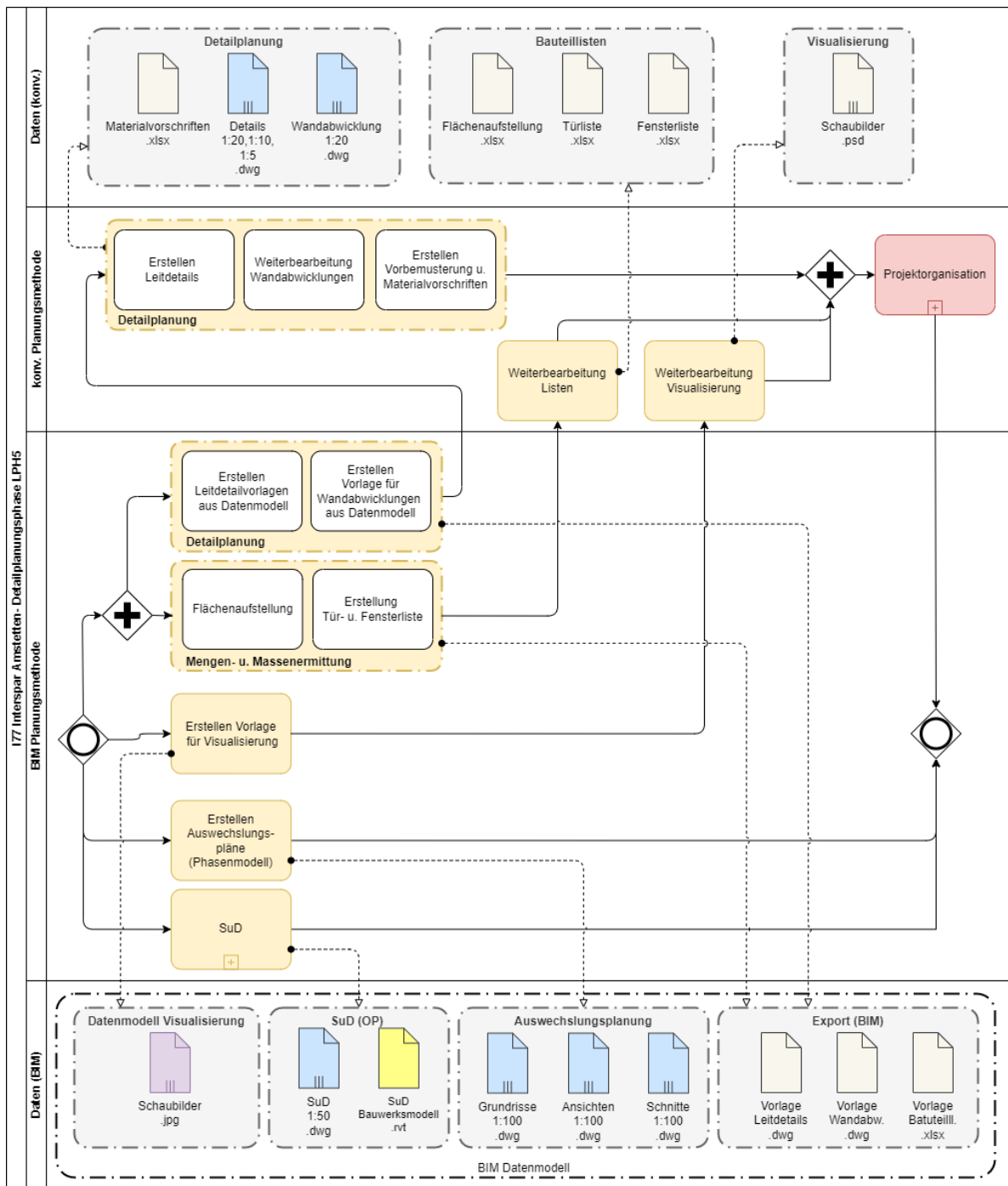


Abbildung 31: Detailplanungsphase LPH5; Projekt I77 BPMN(III)

Visualisierungen aus dem Datenmodell generiert und dann in konventioneller Methode weiterbearbeitet (Abb. 31). Die MuM werden aus dem Datenmodell für die Flächenaufstellung und Bauteillisten generiert in Excel Tabellen exportiert und dort dann weiterbearbeitet. Diese hybride Anwendungsmethode weist keinen Mehraufwand auf und nimmt ebenso keinen Einfluss auf die Funktionalität des Datenmodell. Durch die externe Weiterbearbeitung der Detailplanung (Leitdetails, Wandabwicklung) wird ein zu hoher Detaillierungsgrad im Datenmodell vermieden was sich auch als ressourcenschonend erweist (Abb. 31).

Die SuD in der LPH5 (Abb. 32) ist speziell zu betrachten, denn diese wird zwar in BIM Software ausgeführt, jedoch wird keine BIM Methodik angewendet. Die komplette SuD wird mit den Fachplanern in konventioneller Methode abgewickelt. Die externen 2D SuD der Fachplaner

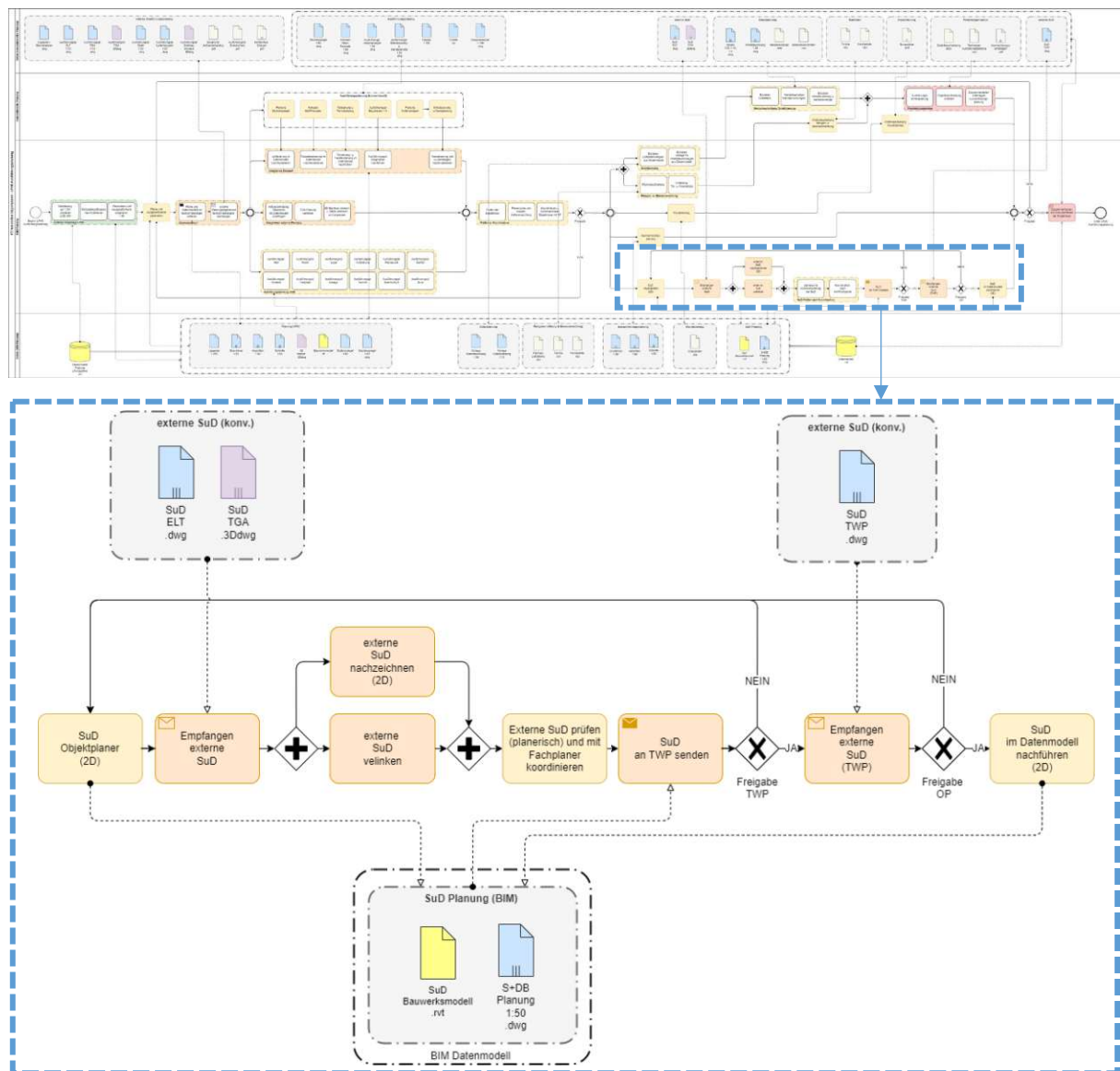


Abbildung 32: Subprozess - SuD LPH5; Projekt 177 BPMN(III)

werden zunächst im Datenmodell verlinkt und in den Grundrissebenen überblendet. Diese werden dann visuell in den jeweiligen Planansichten geprüft und koordiniert. Anschließend wird die SuD mit 2D-Darstellungselementen den adaptiven Planansichten vom OP bemaßt, Pläne und 2D-DWG Dateiformate aus dem Datenmodell generiert und zwecks statischer Überprüfung an den TWP versendet. Diese Arbeitsprozesse wiederholen sich in Schleife bis zur Freigabe vom OP. Planänderungen müssen dabei jedes Mal in den relevanten Planansichten nachgeführt werden. Diese hybride Anwendungsmethodik ist in diesem Projekt deswegen als nicht nachhaltig zu werten. Durch die sehr geringe Anzahl der Durchbrüche hält sich jedoch der Mehraufwand in Grenzen.

In der LPH6 wird die MuM für die Ausschreibung fast ausschließlich in BIM Methode erstellt. Mit Hilfe des Plugins „BIM Booster“ vom Softwarehersteller Mensch und Maschine werden die Leistungsverzeichnisse für die Ausschreibung generiert. Dabei wird die MuM bis auf die Türen und Fenster aus dem Datenmodell bezogen und automatisch in die richtige Leistungspositionen der Leistungsverzeichnisse exportiert. Die Angaben aus den in hybrider Methode erstellten Türen- und Fensterlisten in der LPH5 werden in die LVs manuell übertragen (Abb. 33).

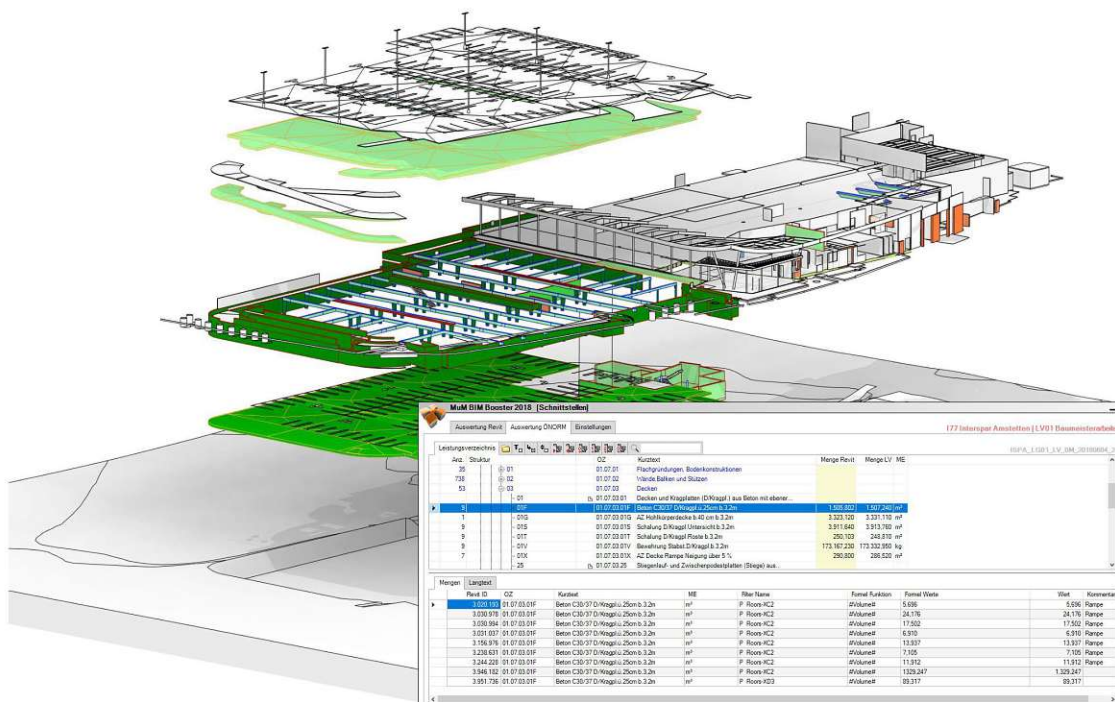


Abbildung 33: Automatisierte MuM für LVs mit externer Anbindung LPH 6, Projekt 177

3.4 Projekt Zebra Frankfurt

3.4.1 Projektbeschreibung

Der Büroneubau Zebra ist das neue Headquarter für das Prüf- und Beratungsunternehmen Deloitte im neuen Frankfurter European Business District. Im siebengeschossigen Gebäude mit 30.000 m² Bruttogesamtfläche wurden innovative Büroflächen und multifunktional nutzbare Bereiche errichtet. Ein großzügiges Foyer dient auch als Veranstaltungszone. Der erdgeschossig gelegene Konferenzbereich für 200 Personen samt Gastronomiebereich kann flexibel genutzt werden.

Das Grün- und Freiraumkonzept umfasst großzügig angelegte Terrassenflächen für Kommunikation und Bewegung im 1. Obergeschoss sowie Lichthöfe im Erdgeschoss. Eine umwebende Textilfassade prägt das Erscheinungsbild der Fassade. Das Gebäude wurde in höchstem ökologischem Standard errichtet und besitzt eine DGNB Gold Zertifizierung (hochform, 2022)



Abbildung 34: Zebra; Quelle: hochform Architekten ZT GmbH, 2022

Planung

Die LPH1 und LPH2 werden von einem externen Objektplaner in konventioneller Planungsmethodik geplant. Mit der LPH3 wird die Planung neu beauftragt. Dabei wird seitens AG eine BIM Planung verlangt. Das Leistungsbild für das Projekt Zebra wird vertraglich auf Basis des deutschen Leistungsmodells HOAI 2014 festgelegt. Eine Bau- und Ausstattungsbeschreibung und ein Projekthandbuch, welches sich an konventionelle Planung anlehnt, werden vom AG den Projektbeteiligten überstellt. Ein BIM-Abwicklungsplan (BAP) wird gemeinsam vom OP und TWP in reduzierter Version erstellt und beschreibt den Datenaustausch zwischen den beiden Fachplanern (FP). Der Datenaustausch mit den weiteren FP wird nicht schriftlich definiert, lediglich ein offener BIM Datenaustausch wird mündlich vereinbart. BIM Auftraggeber-Informationen werden vom AG nicht definiert.

Die Planung wird mit der Projektübernahme in der LPH3 vom OP in BIM Planungsmethodik mit der Software Revit 2019 bis zum Ende der LPH5 durchgeführt. Nach nicht erreichten Zielen entscheidet der Bauherr, dass die Planung ab der LPH6 wieder in konventioneller Methode weitergeführt werden soll. Die LPH6 ist als Übergangsphase zu definieren, da in dieser LPH die Planung von BIM Methode in konventionelle Methode umgestellt wird und beide Planungsmethoden verwendet werden. Die LPH7 und LPH8 werden ausschließlich in konventioneller Planungsmethodik durchgeführt (Abb. 36.)

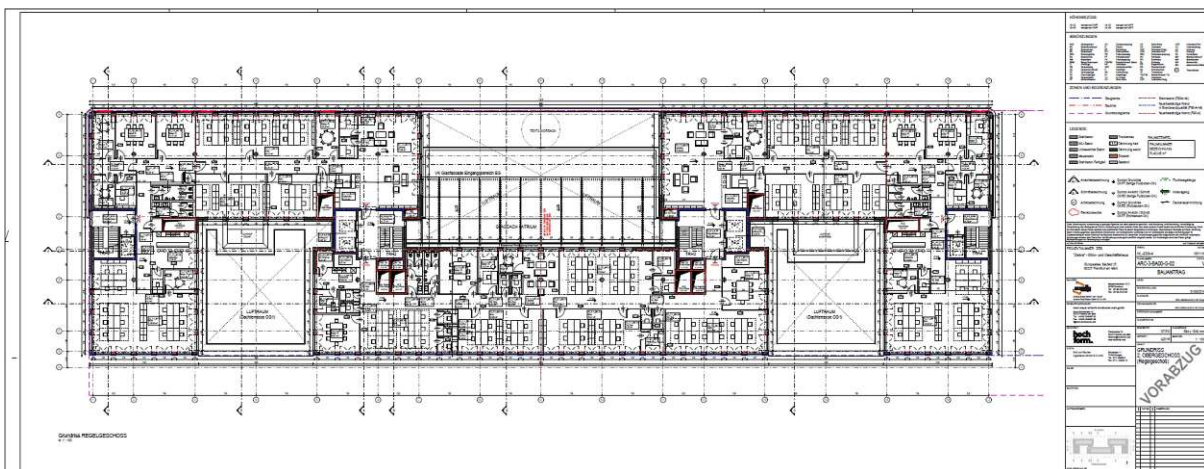
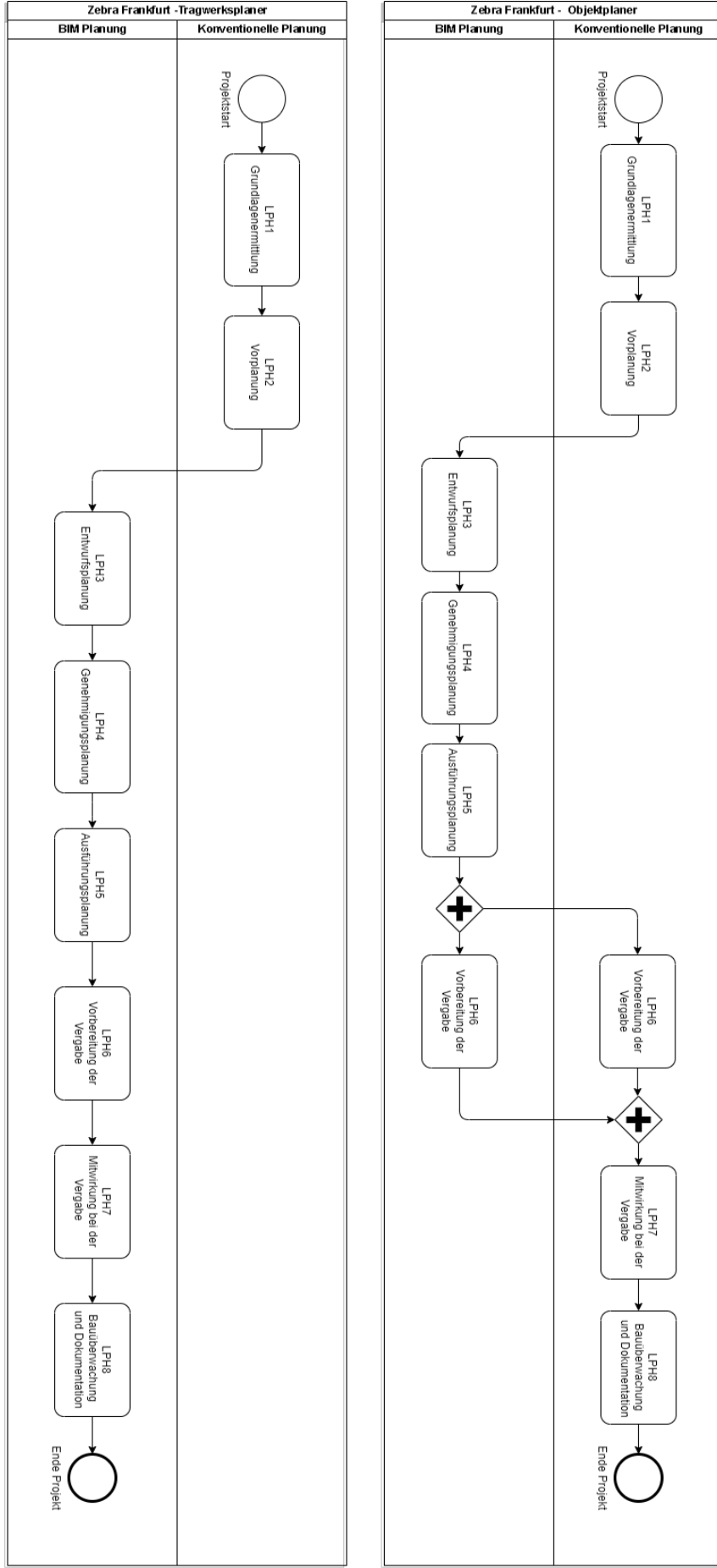


Abbildung 35: Grundriss Regelgeschoss LPH3; Projekt Zebra

Die Datenintegritätsstrategie im Projekt Zebra wird als Big Open-Closed BIM definiert. Die Fachplaner TWP, TGA und ELT sowie der OP planen ab der Neubeauftragung in BIM Planungsmethode (Big BIM). Der Datenaustausch zwischen OP und TWP findet im Closed BIM Verfahren statt. Hierbei wird das Rohbaumodell entkoppelt und die Bearbeitungsrechte an die TWP übergeben. Das Änderungsmanagement mit dem TWP wird über BIM Collaboration Format Daten (BCF) koordiniert. Der Datenaustausch mit den anderen Fachplanern findet im Open BIM Verfahren statt. Neben dem offenen 3D-Objektdatenformat IFC werden dafür auch 3D-Geometrieformate, 2D-Vektorformate und Rasterformate ausgetauscht. Die Koordinationen in konventioneller Planungsmethode über E-Mail und Telefon koordiniert.

Abbildung 36: Gesamtübersicht: Projekt Zebra BPMN(I)



3.4.2 Arbeitsprozesse nach Leistungsphasen

Leistungsphase 3

Zu Beginn der LPH3 findet die Projektorganisation statt, dabei werden die Grundlagen zusammengestellt. Weiters wird BIM System eingerichtet, was das Einrichten des Datenservers und der Software umfasst. Parallel dazu wird auf Grundlage der konventionellen Vorplanung ein Bauwerksdatenmodell modelliert und die Planbeschriftung und Bemaßung in den Planansichten hinzugefügt. Nach dem Erstellen der Grundlagen werden die Pläne und weitere Ausgabeformate aus dem Datenmodell generiert. In einem ersten Datenaustausch werden dann die Grundlagen mit den Fachplanern ausgetauscht (Abb. 37).

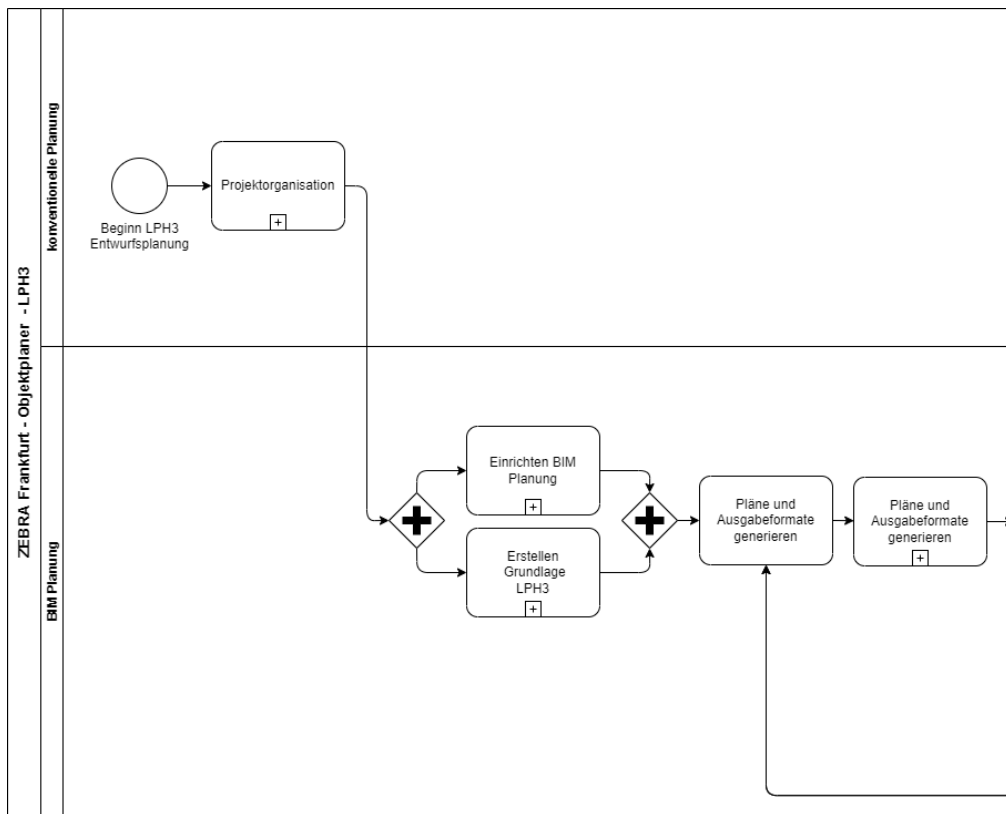


Abbildung 37: Erstellen der Grundlagen LPH3; Projekt Zebra BPMN(II)

Nach dem Datenaustausch beginnt die Hauptplanung der LPH3. Hierbei werden die externen Planungsergebnisse der Fachplaner in das Datenmodell integriert, koordiniert und in den Entwurf eingearbeitet. Die Entwurfsplanung wird primär in BIM Planungsmethodik erarbeitet.

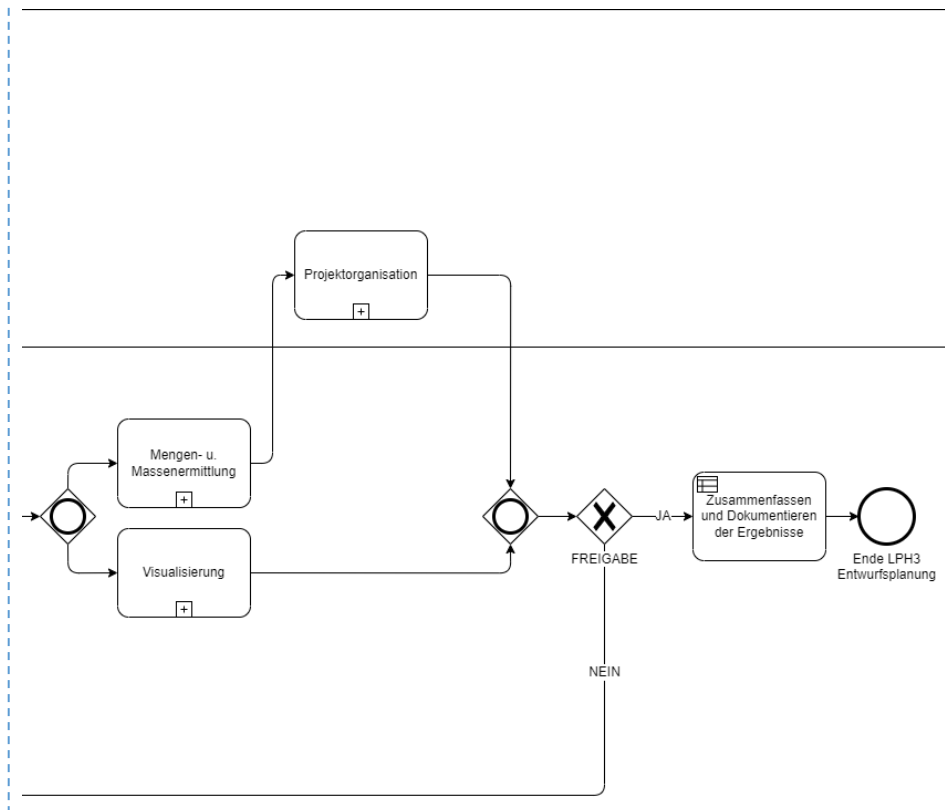
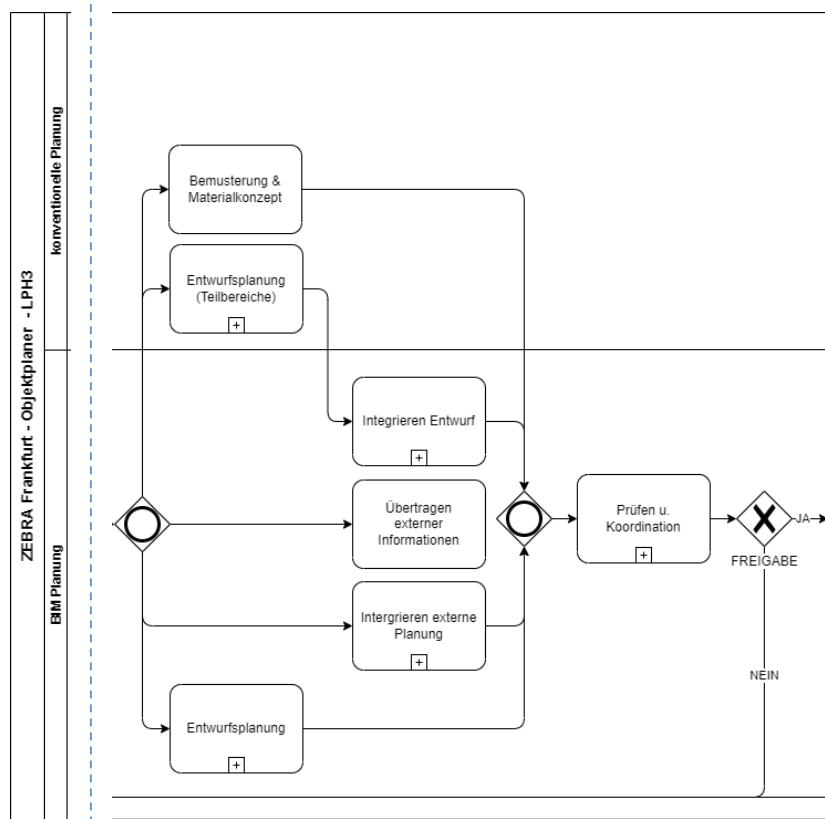


Abbildung 38: Hauptplanungsphase LPH3, oben; Detailplanungsphase LPH3, unten; Projekt Zebra BPMN(II)

Teilbereiche, wie die Planung der Fassade und die Entwässerungsplanung werden zuerst in konventioneller Methode geplant und danach in das Datenmodell integriert. Der Rest der Entwurfsplanung wird in BIM Methode ausgeführt. Die Arbeitsprozesse der Hauptplanungsphase wiederholen sich bis zur Freigabe des OP (Abb. 38).

In der darauffolgenden Detailplanungsphase werden Visualisierungen und MuM für die Kostenberechnung und Flächenberechnung in BIM Methode erstellt. Die weitere Projektorganisation wird konventionell ausgeführt und umfasst neben dem Erstellen der Kostenberechnung und Flächenberechnung, das Erstellen des Grobterminplans und der Objektbeschreibung (Abb. 38). Die Arbeitsprozesse werden ab dem Datenaustausch bis zur endgültigen Freigabe in Schleife wiederholt. Nach der Freigabe werden alle Ergebnisse zusammengefasst und dokumentiert.

Leistungsphase 4

In der LPH4 wird die Entwurfsplanung für die Einreichung der Baugenehmigung in BIM Planungsmethodik ausgearbeitet, überprüft und abgestimmt. Benötigte Vorlagen und Nachweise werden zusammengestellt und mit der Freigabe des Bauherrn als Gesamtpaket eingereicht (Abb. 39).

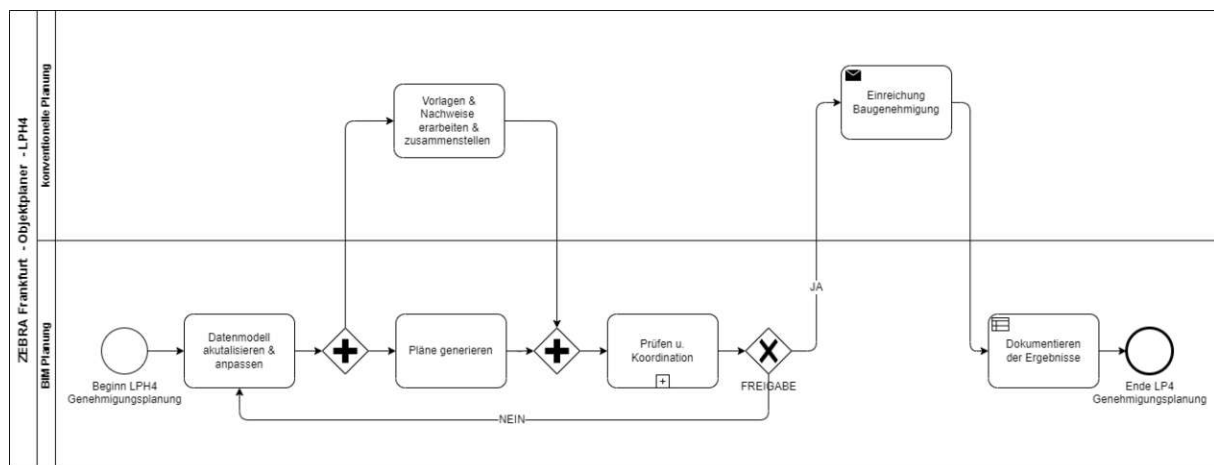


Abbildung 39: Arbeitsprozesse LPH4; Projekt Zebra BPMN(II)

Leistungsphase 5

Die LPH5 beginnt mit der Erstellung der Grundlagen für die weitere Planung, was der Planmaßstabsänderung zu verschulden ist. Hierbei wird primär die Darstellung und Beschriftung der Planansichten vom Maßstab 1:100 auf 1:50 umgestellt. Im Zuge des Datenaustausches werden die erstellten Grundlagen an die Fachplaner versendet und externe Planungsergebnisse empfangen (Abb. 40).

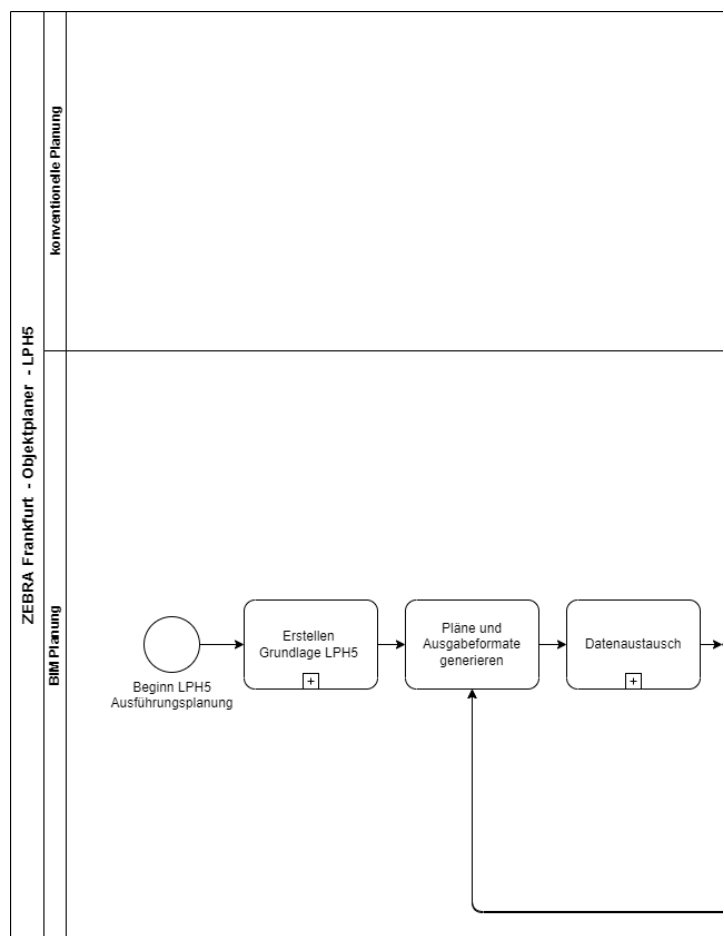


Abbildung 40: Erstellung der Grundlagen LPH5; Projekt Zebra BPMN(II)

In der Hauptplanungsphase der LPH5 wird die Ausführungsplanung primär in BIM Planungsmethode erstellt und die externen Ergebnisse ins Datenmodell integriert, visuell überprüft und koordiniert. Ähnlich wie in der LPH3 wird die Fassaden- und Entwässerungsplanung konventionell erarbeitet und in das Datenmodell verlinkt. Die Arbeitsprozesse der Hauptplanungsphase wiederholen sich bis zur Freigabe des Objektplaners (Abb. 40)

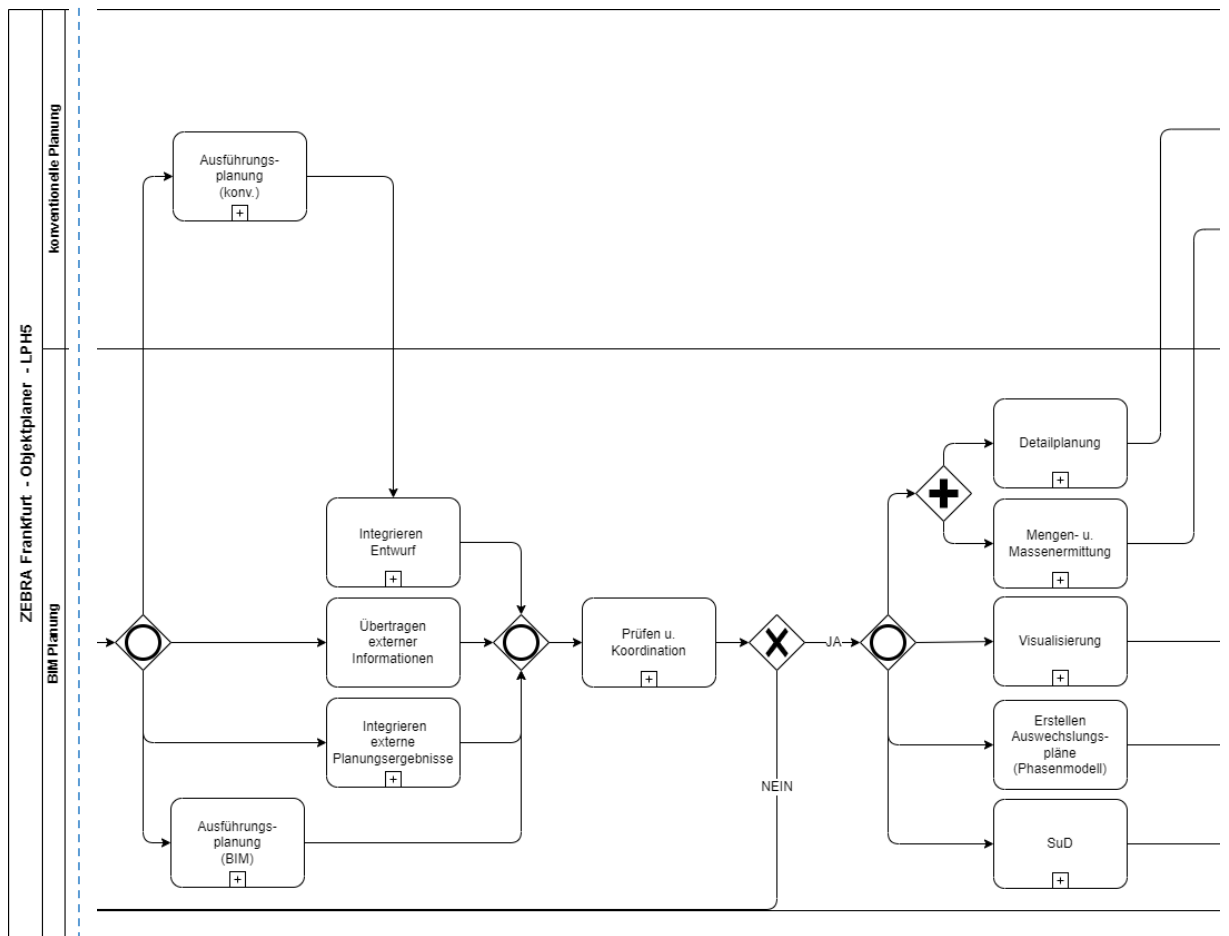


Abbildung 41: Hauptplanungsphase und Detailplanungsphase LPH5; Projekt Zebra BPMN(II)

Nach der Freigabe beginnt die Detailplanungsphase. Diese umfasst die Leitdetailplanung, die MuM, die SuD, die Visualisierung, die Projektorganisation, sowie das Erstellen von Auswechslungsplänen und wird in BIM Planungsmethodik ausgeführt. Die Weiterbearbeitung der Detailplanung sowie die Projektorganisation finden in konventioneller Methode statt (Abb. 41).

Die Hauptplanungsphase und die Detailplanungsphase werden in der Schleife wiederholt, bis die Planungsergebnisse vom OP freigegeben werden. Mit dem Ende der LPH5 werden Auswechslungspläne generiert und konventionell eingereicht. Abschließend werden die Planungsergebnisse der LPH5 zusammengefasst und dokumentiert (Abb. 42).

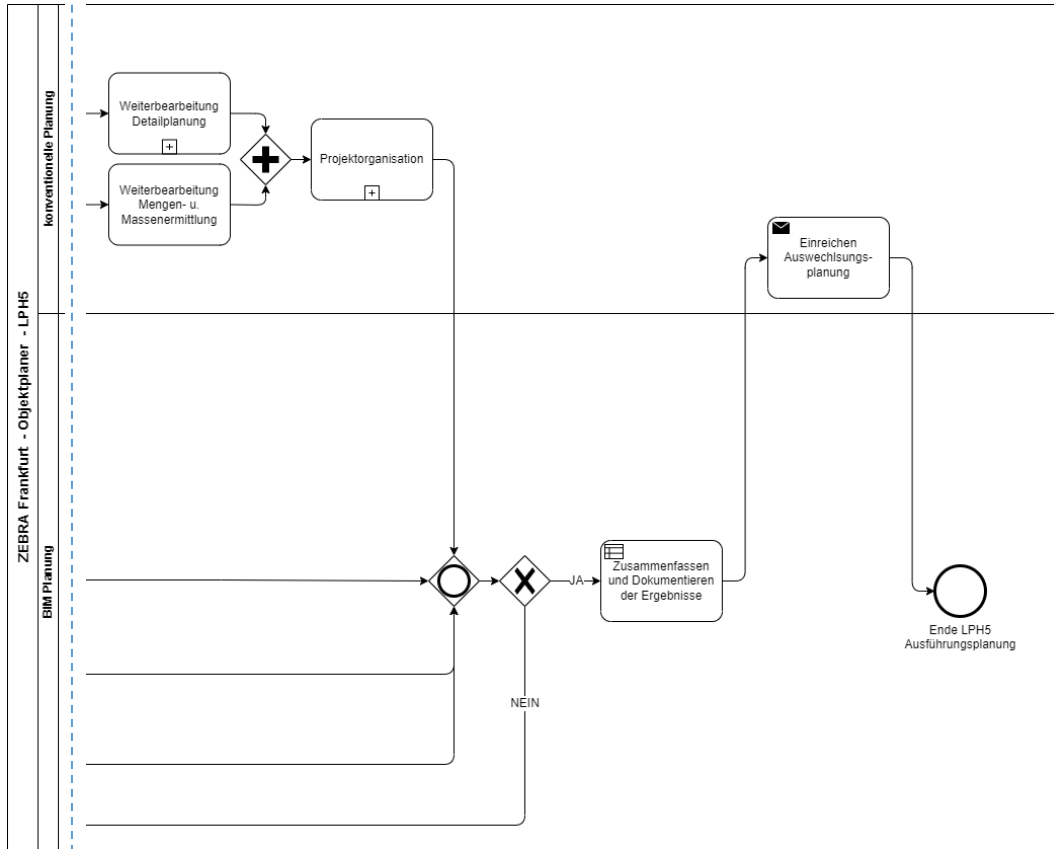


Abbildung 42: Detailplanungsphase und Abschluss LPH5; Projekt Zebra BPMN(II)

Leistungsphase 6 & 7

In der LPH6 wird die Planung von BIM Methode auf konventionelle Planungsmethode umgestellt. Sie wird daher als Übergangsphase definiert. Parallel zu der Umstellung des Planungssystems wird die MuM und die damit verbundene Erstellung der Bau-Ausschreibung in konventioneller Methode erarbeitet. Die LPH7, die Mitwirkung der Vergabe, wird komplett konventionell abgewickelt (Abb. 42).

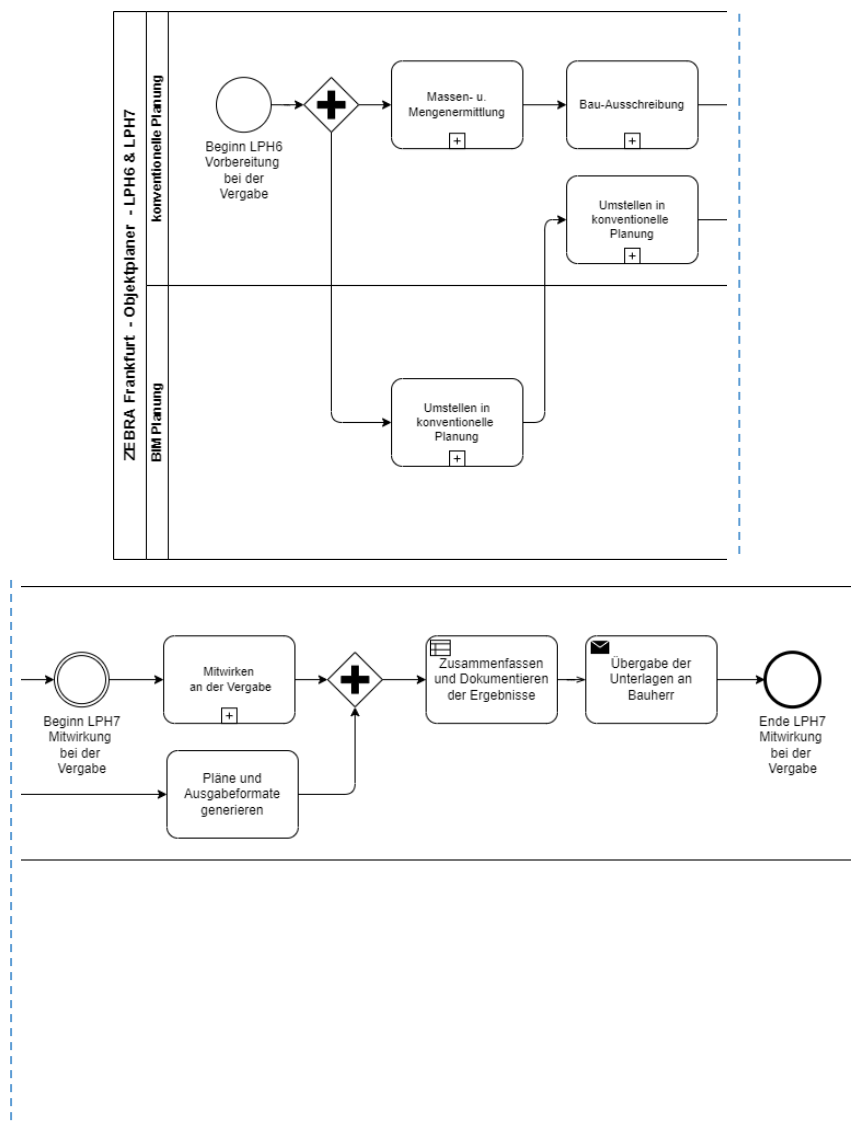


Abbildung 43: Arbeitsprozesse LPH6, oben; Arbeitsprozesse LPH7, unten; Projekt Zebra BPMN(II)

Leistungsphase 8

Die LPH8 ist die letzte Planungsphase und wird ausschließlich in konventioneller Planungsmethode durchgeführt. Diese setzt sich aus der Vorbereitung Bauausführung, der Örtlichen Bauaufsicht, der Planerischen Begleitung der Bauausführung sowie Abschlussorganisation und der Übergabe des Objektes zusammen (Abb. 43).

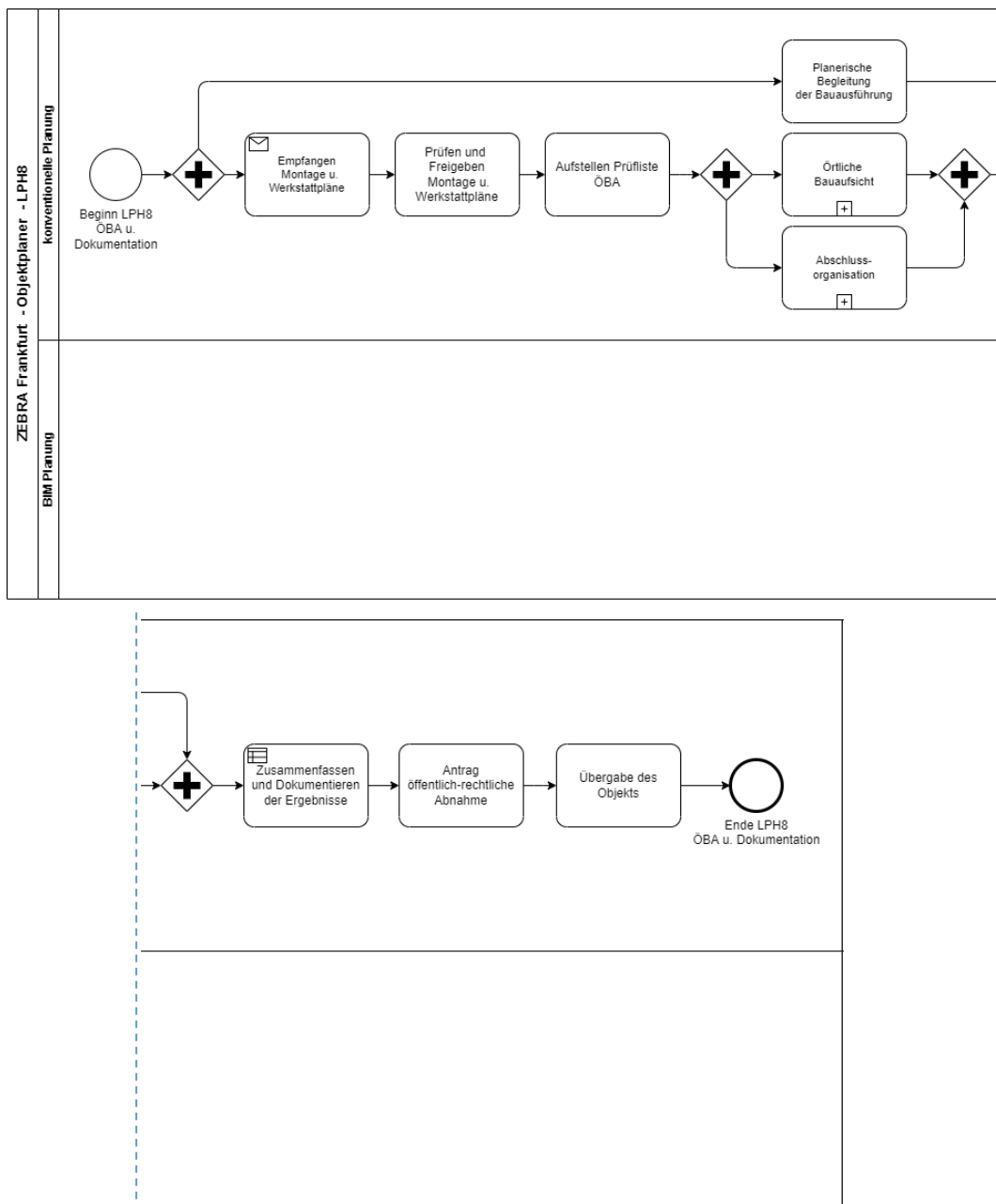


Abbildung 44: Arbeitsprozesse LPH8; Projekt Zebra BPMN(II)

3.4.3 Vertiefte Analyse der Arbeitsgruppen

Erstellung der Planungsgrundlagen

Im Projekt Zebra werden die Planungsgrundlagen jeweils zu Beginn der LPH3 und der LPH5 in BIM Planungsmethode erstellt. Nach der Übernahme des Projektes in der LPH3 wird dabei einerseits das BIM Planungssystem eingerichtet, andererseits wird die bestehende konventionelle Vorplanung in das Bauwerksdatenmodell übertragen (Abb. 46). Das Erstellen des Datenmodells beansprucht zusätzliche Arbeitsressourcen. Dennoch zeigt sich, dass die orthogonale Form, die Symmetrie des Gebäudes und die Regelgeschosse, sowie die große Anzahl an geometrischen Wiederholungen bei der Modellierung des Grundlagendatenmodells zugutekommt. Anschließend werden in den konsistenten Planansichten die Bemaßungen und Beschriftungen hinzugefügt. Dabei zeigen sich einige Vorteile bei der Erstellung der Darstellungen in der BIM Planungsmethodik. Denn die Tür-, Fenster-, Raum- und Wandstempel werden durch einen automatisierten Vorgang in die jeweiligen Planansichten platziert. Die Positionen der Beschriftungselemente müssen zwecks Planungslesbarkeit in manchen Fällen manuell angepasst werden. Die Parameter werden jeweils aus den Bauteilelementen entzogen. Zum Nachteil zeigt sich dabei, dass Fehler in der Modellierung auch in den Planansichten dargestellt werden. Diese lassen sich nicht einfach retuschieren, sondern müssen im Ursprung (Datenmodell) ausgebessert werden.

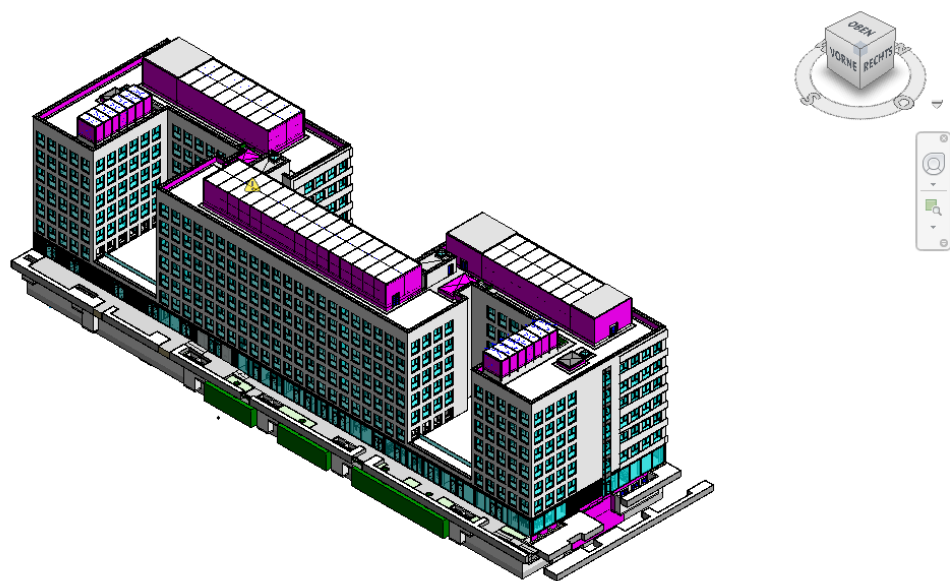


Abbildung 45: BIM Grundlagendatenmodell LPH3; Projekt Zebra

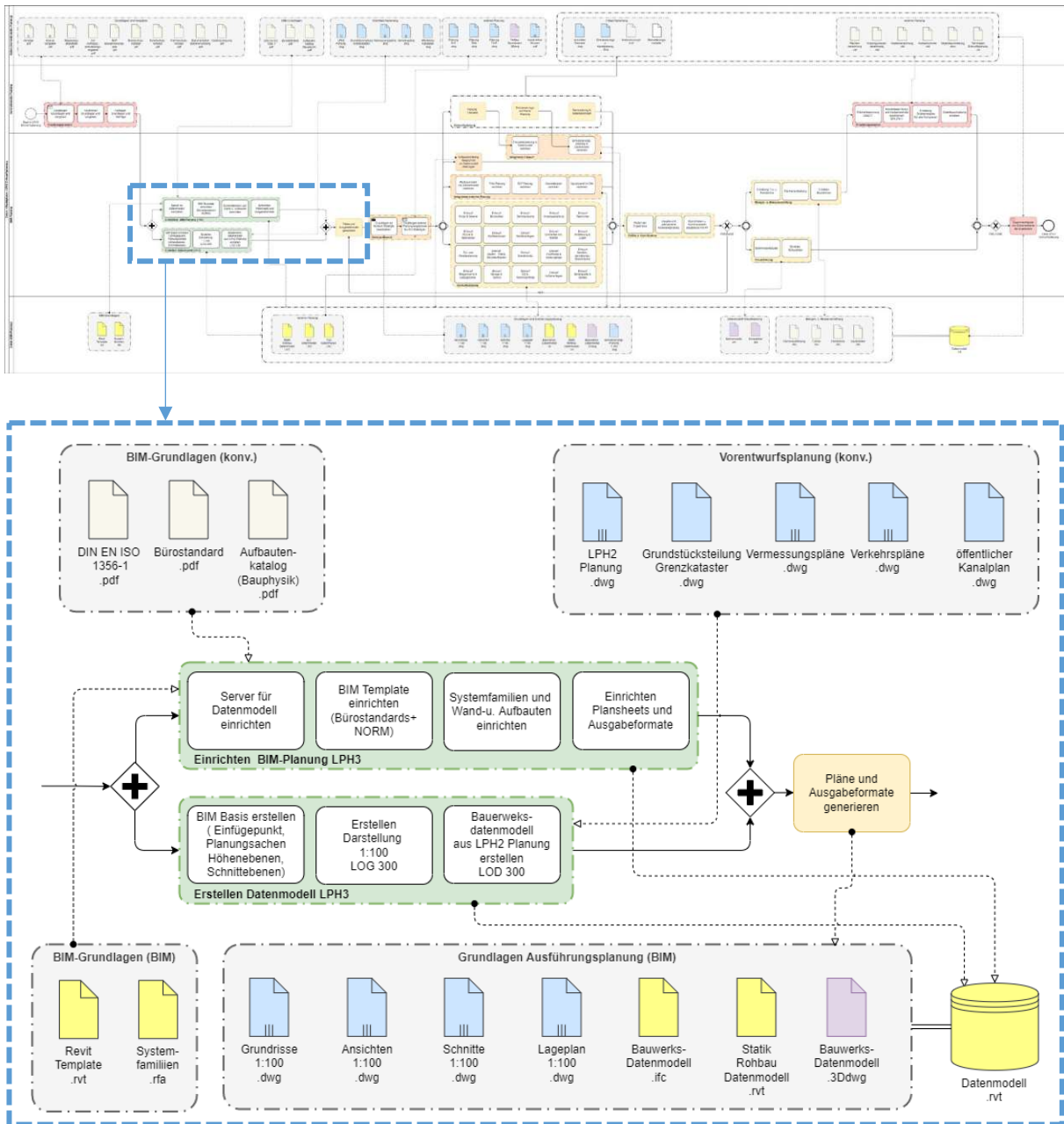


Abbildung 46: Subprozess - Erstellen der Grundlagen LPH3; Projekt Zebra BPMN(III)

Ebenso werden in der LPH5 die Grundlagen im Zuge der Maßstabsänderung erstellt. Hierbei wird mithilfe eines Darstellungstemplates die Vorplanung von dem Planungsmaßstab 1:100 in 1:50 umgestellt. Weitere benötigte Beschriftung, Bemaßung, sowie Systemfamilien werden hinzugefügt. Nachdem die Plansheets und Ausgabeformate eingerichtet sind, werden die

benötigten Plandaten für die weitere Planung generiert. Die Umstellung des Planmaßstabes erweist sich in der BIM Planungsmethode daher als sehr effizient (Abb. 47).

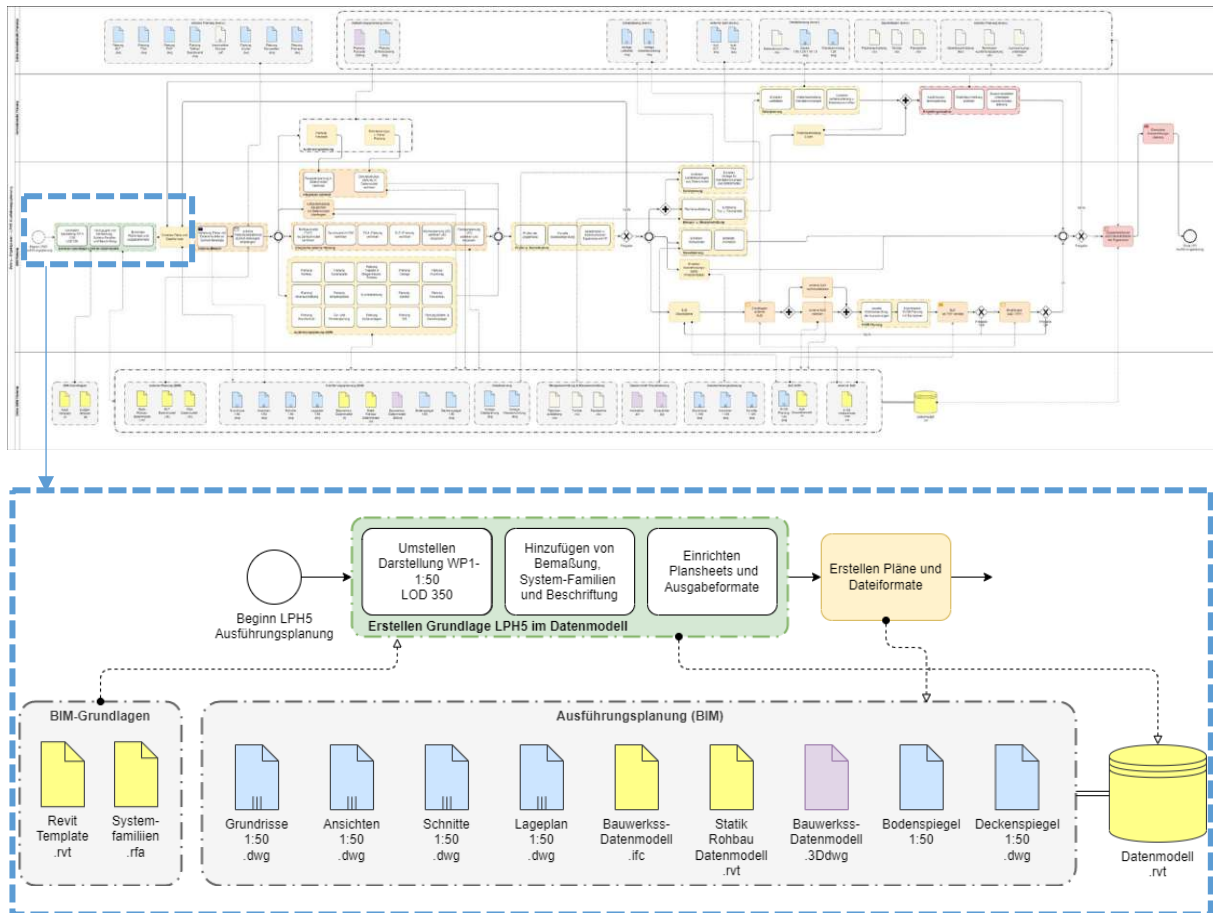


Abbildung 47: Subprozess - Erstellen der Grundlagen LPH5; Projekt Zebra BPMN(III)

Hauptplanungsphasen

Die Hauptplanungsphase der LPH5 im Projekt Zebra wird primär in BIM Methodik geplant. Einzelbereiche wie die Fassadenplanung und Entwässerungs- u. Kanalplanung werden konventionell erarbeitet. Anschließend wird die Entwässerungs- u. Kanalplanung im 2D Vektordateiformat DWG und der Fassadenentwurf als 3D-DWG ins Datenmodell importiert (Abb. 48). Neben der Planung im Datenmodell und vereinzelter Planung in konventioneller Methode, werden in der Hauptplanungsphase die vom Bauphysiker neuangepassten Aufbauten in den softwareinternen Aufbautenkatalog übertragen. Die Adaptierungen wirken sich dabei auf alle im Datenmodell verwendeten Bauteile aus.

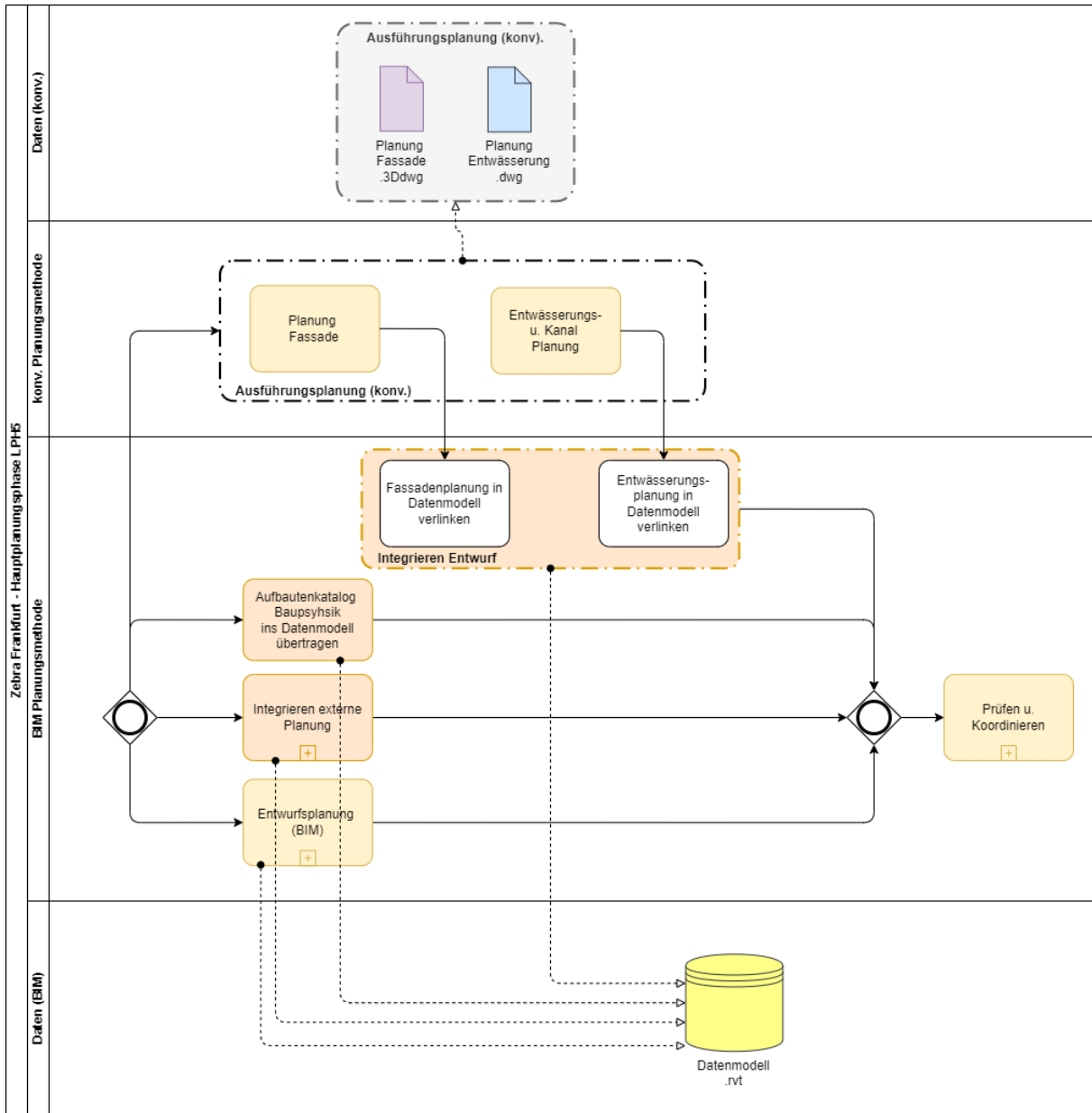


Abbildung 48: Hauptplanungsphase LPH5; Projekt Zebra BPMN(III)

Anschließend werden die externen Planungsergebnisse der Fachplaner integriert und. Die externen Planungsergebnisse der TWP-, TGA-, und der ELT-Planung werden als 3D-Objektdateien übermittelt. Einige dieser Daten erweisen sich als unbrauchbar, da sie unterschiedliche Dateiquitäten aufweisen und werden auch im konventionellen 2D-Datenformat DWG übermittelt. Da diese erst angepasst werden müssen entsteht ein Mehraufwand für den OP (Abb. 49).

Die unterschiedlichen Dateiformate führen auch dazu, dass das Prüfen und Koordinieren der externen Planungsergebnisse im Datenmodell nicht ermöglicht wird und daher auch planbasierend durchgeführt wird.

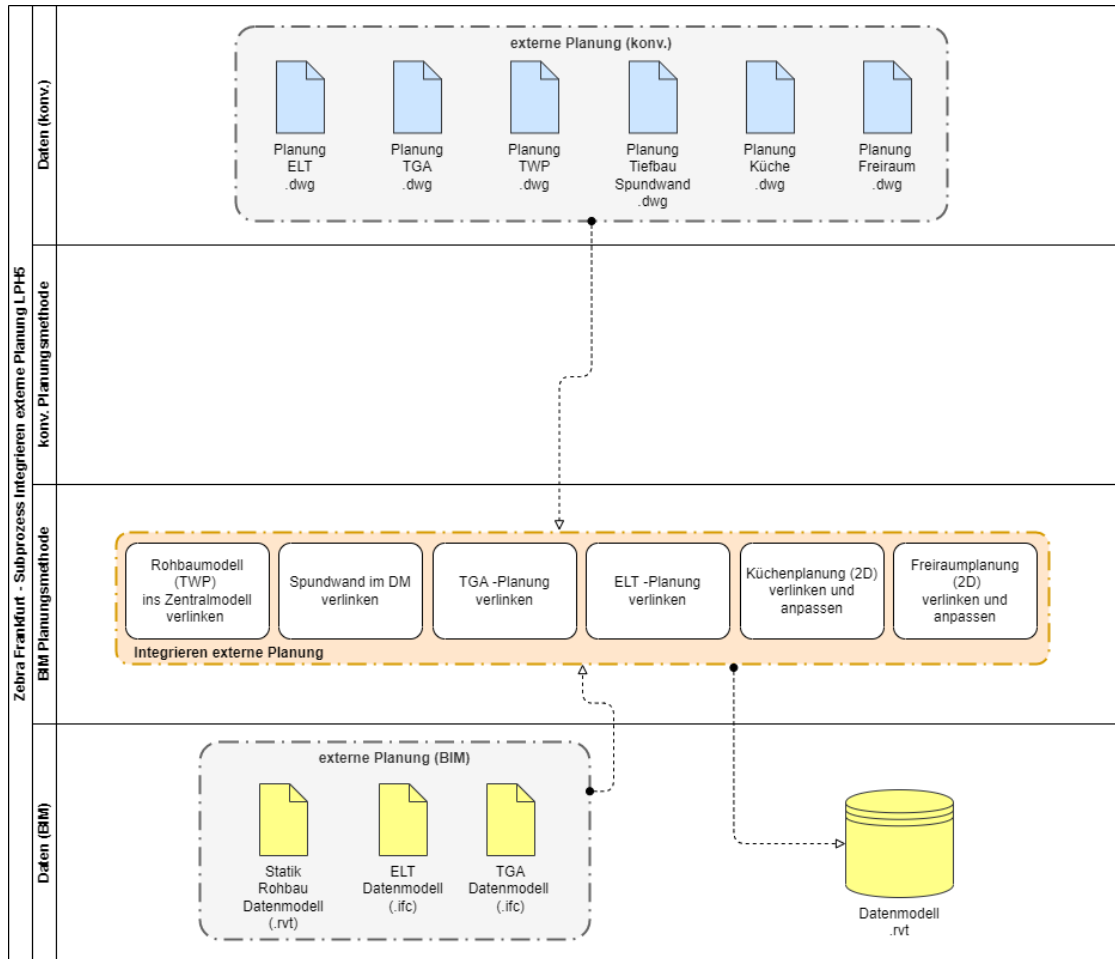


Abbildung 49: Subprozess - Integrieren externe Planung LPH5; Projekt Zebra BPMN(III)

Detailplanungsphasen

In den Detailplanungsphasen der LPH3 und LPH5 werden die MuM aus dem Datenmodell erhoben und später in konventioneller Planungsmethodik weiterbearbeitet. Die Visualisierungen werden zur Gänze in BIM Planungsmethodik erstellt. Wegen der Umstellung in konventionelle Planungsmethodik in der LPH6 wird die MuM für die Leistungsbeschreibung in konventioneller Planungsmethode auf Grundlage von den erstellten 2D-Plänen, Detailzeichnungen und Produktblättern erstellt. Eine MuM aus dem Datenmodell wird für die Ausschreibung nicht erstellt (Abb.50).

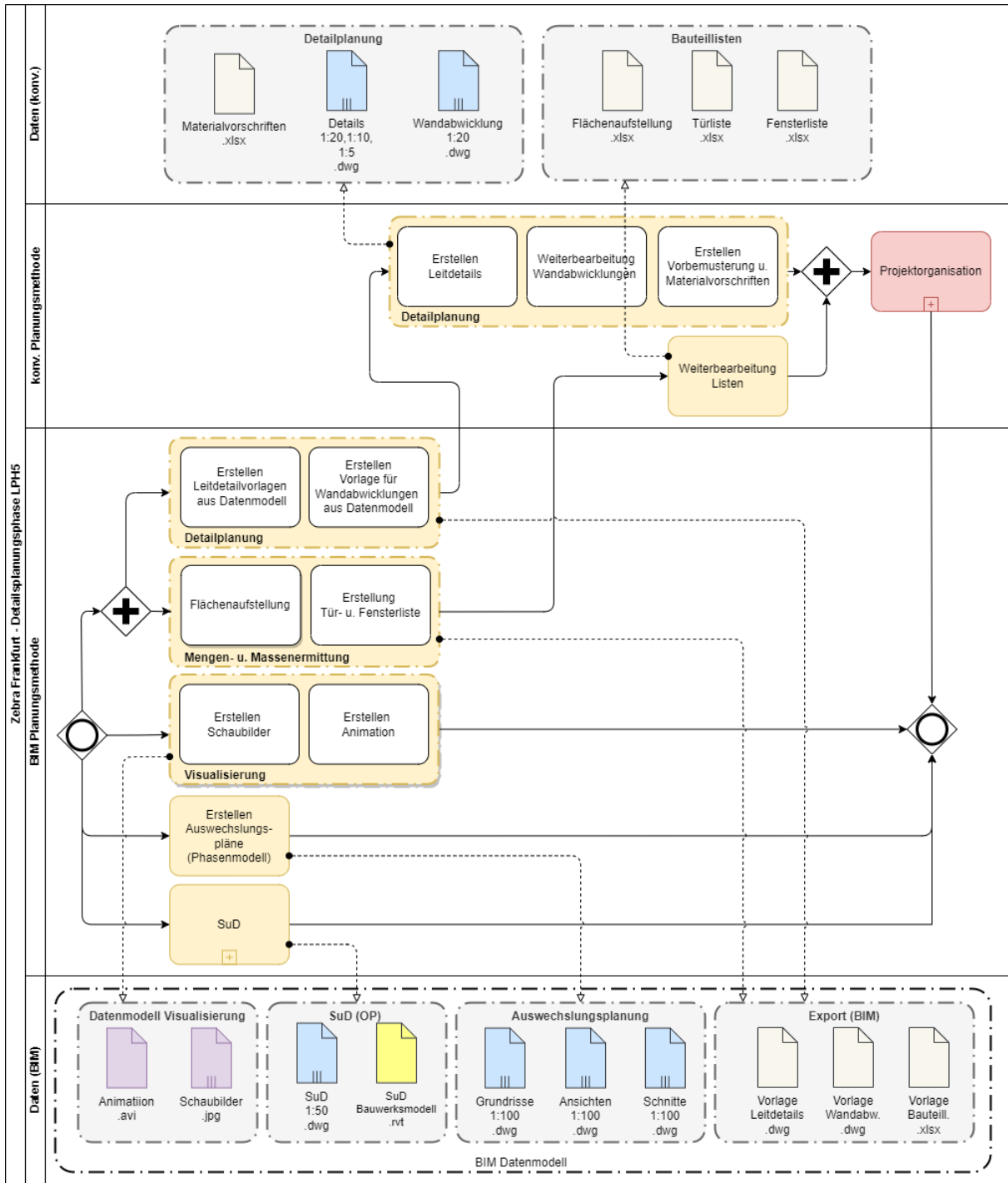


Abbildung 50: Detailplanungsphase LPH5; Projekt Zebra BPMN(III)

Wegen fehlender Standardisierung weisen die übermittelten Objektdaten für die SuD unterschiedliche Qualitäten auf und sind deswegen für die weitere Verwendung unbrauchbar. Die SuD Planung der fachlich Beteiligten TGA und ELT wird daher komplett in 2D-Dateiformat DWG übermittelt wodurch hybride Arbeitsprozesse und ein enormer Mehraufwand für den OP entstehen. Denn der OP muss anhand der externe 2D SuD Planung die Aussparungskörper im Datenmodell nachmodellieren. Ein Vorteil zeigt sich durch die Closed-BIM Zusammenarbeit

mit dem TWP, denn dieser kann die vom OP eingearbeiteten Durchbruchselemente im Rohbaummodell übernehmen und prüfen (Abb. 51).

Die Kollisionsprüfung sowie die Überprüfung der SuD wird vom OP visuell im Datenmodell

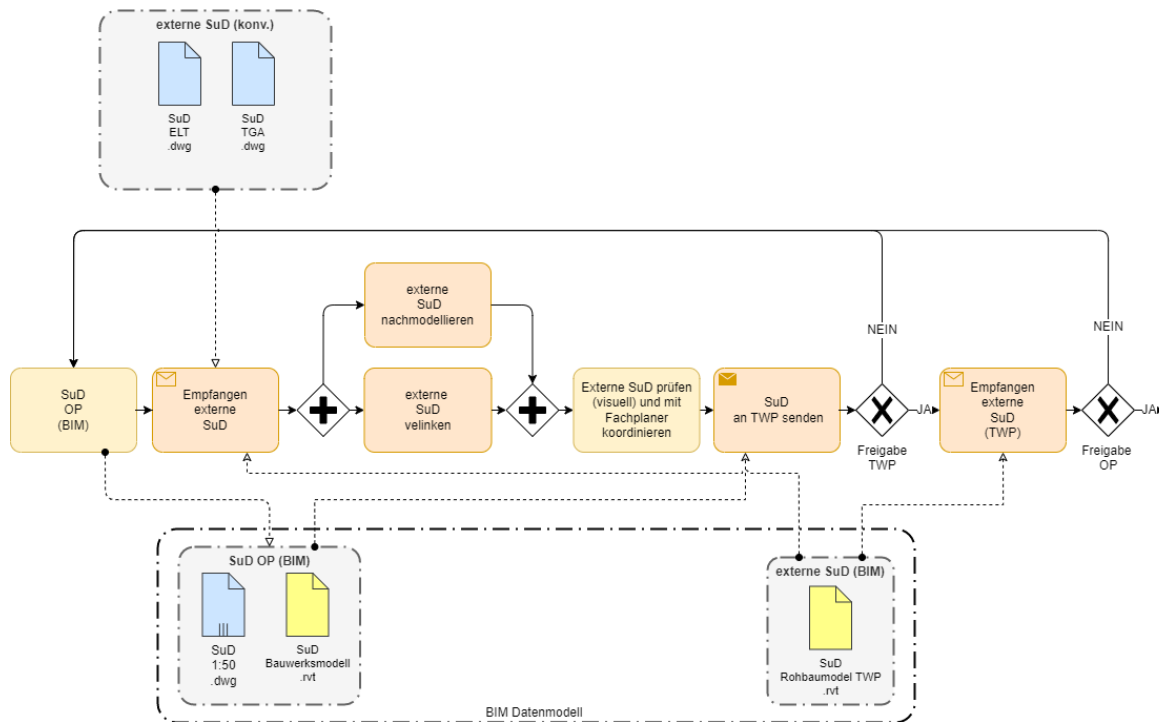


Abbildung 51: Subprozess SuD LPH5; Projekt Zebra BPMN(III)

durchgeführt. Hierfür werden Darstellungsvorlagen benützt. Diese zeigen im Datenmodell die Parameter der Aussparkkörper an und erleichtern so die visuelle Überprüfung (Abb. 52). Zusätzlich werden Prüfungslisten aus dem Datenmodell generiert und sind mit den Durchbrüchen dynamisch verknüpft, was sich als großer Vorteil für die Kontrolle der Durchbrüche erweist. Dadurch lassen sich die Durchbrüche im Datenmodell besser kontrollieren. Die SuD wird geschossweise geplant und nach Abschluss ins abgekoppelte Rohbaummodell aktualisiert und durch den TWP einer statischen Prüfung unterzogen. Die geprüften SuD Daten werden anschließend im Modell vom TWP freigegeben und vom OP nochmals überprüft. Die SuD wiederholt sich in Schleife bis am Ende der OP die komplette Freigabe erteilt.

3.5 Projekt Alte Post

3.5.1 Projektbeschreibung

Der denkmalgeschützte Gebäudekomplex der ehemaligen K.u.K. Hauptpostzentrale auf einem 22.000 m² großen Areal in der Wiener Innenstadt besteht aus fünf Bauteilen unterschiedlichen Alters, die 1849–1954 nach Plänen des Hofarchitekten Paul Sprenger umgebaut und mit einer einheitlichen Fassade versehen wurden. Das Areal soll zu einem lebendigen Stadtquartier entwickelt werden. Die Innenhöfe werden begrünt, die bislang ungenutzte Erdgeschosszone wird aktiviert, und der größte der drei Innenhöfe wird als halböffentliche Passage vorgesehen. Mittels umfassender, bestandsschonender Renovierung und Dachgeschossausbau wird im Gebäudekomplex ein Nutzungsmix aus Hotel, Wohnen, Co-Working, Gastronomie, Shopping sowie Freizeit und Fitness etabliert. Insgesamt entstehen 80 Wohn- und Hoteleinheiten. Unter dem Dominikanerhof wird eine neue fünfgeschossige Tiefgarage hergestellt. Das Projekt befindet sich zum Zeitpunkt der Untersuchung noch in der Bauausführungsphase (hochform 2022)



Abbildung 53: Alte Post Wien; Quelle: hochform Architekten ZT GmbH, 2022

Planung

Das Leistungsbild für den OP im Projekt Alte Post wird auf Basis des Leistungsmodells LM.VM 2014 vertraglich vereinbart. Die Planung des OP wird in allen LPH in konventioneller Planungsmethodik primär mit der Planungssoftware AutoCAD von Autodesk durchgeführt. Für Teilbereiche, wie z.B. beim Dachstuhl wird zusätzlich ein 3D Modell mit Rhino McNeel erstellt.



Abbildung 54: Grundriss Obergeschoss 2 LPH4 (Teilbereich); Projekt Alte Post

Die TWP und TGA planen hingegen in BIM Planungsmethodik. Anhand von Bestandsunterlagen und Vermessungsgrundlagen erstellt der TWP zu Beginn der Planung ein Bestandsdatenmodell. Der Dachstuhl wird anhand von 3D-Laserscanndaten durch einen automatisierten Modellierungsprozess rekonstruiert. Dieser wird auch für die Ausführungsplanung dem OP im offenen Objektdatenformat IFC zur Verfügung gestellt (Abb. 53). Der restliche Datenaustausch zwischen OP und den Fachplanern findet hauptsächlich über das 2D-Vektordateiformat DWG statt. Deswegen ist das Projekt seitens TWP als Little-Closed BIM zu definieren (Insellösung).

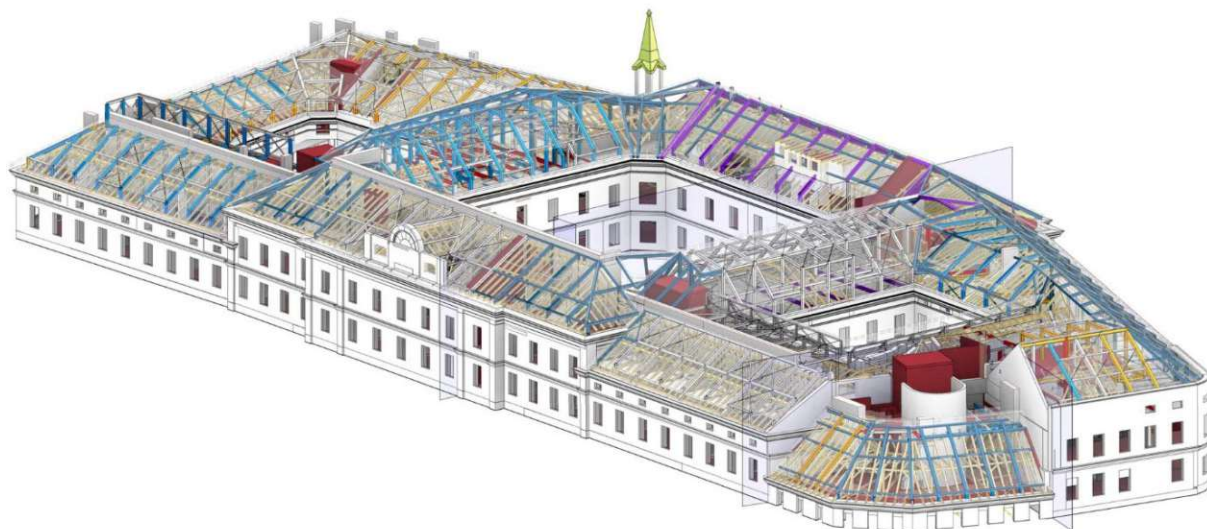
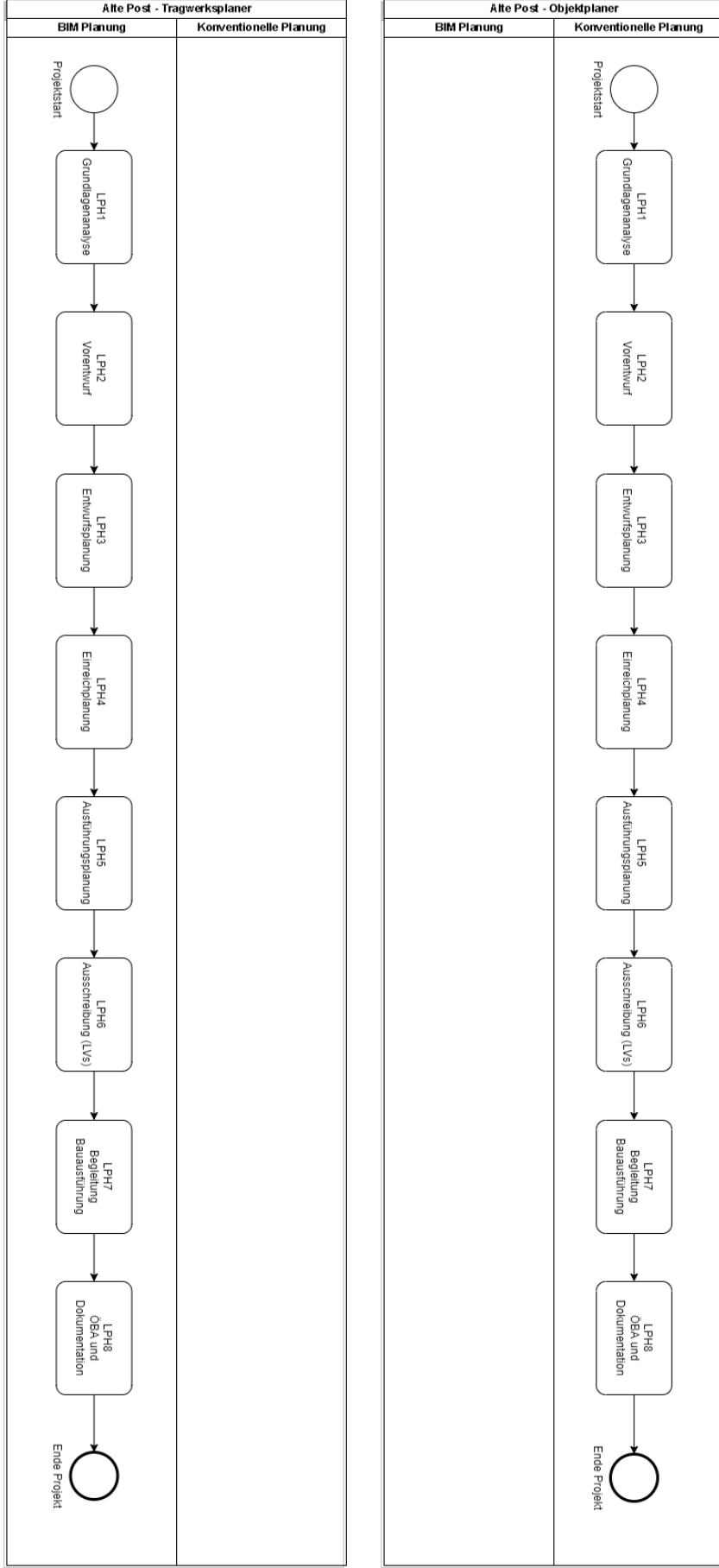


Abbildung 55: Alte Post, Bestandsmodell und Neuplanung Statik Dach; Bildquelle: FCP Statik

Abbildung 56: Gesamtübersicht; Projekt Alte Post BPMN(I)



3.5.2 Arbeitsprozesse nach Leistungsphasen

Leistungsphase 5

Die LPH5 beginnt mit dem Erstellen der Grundlagen für die weitere Planung, die der Maßstabsänderung der Ausführungsplanung zuzuschreiben ist. Hierbei werden alle Pläne in der Darstellung an den Maßstab 1:50 angepasst. Auch die Beschriftung und Bemaßung wird für den neuen Maßstab ergänzt und adaptiert. Danach folgt der Datenaustausch mit den Fachplanern (Abb.57).

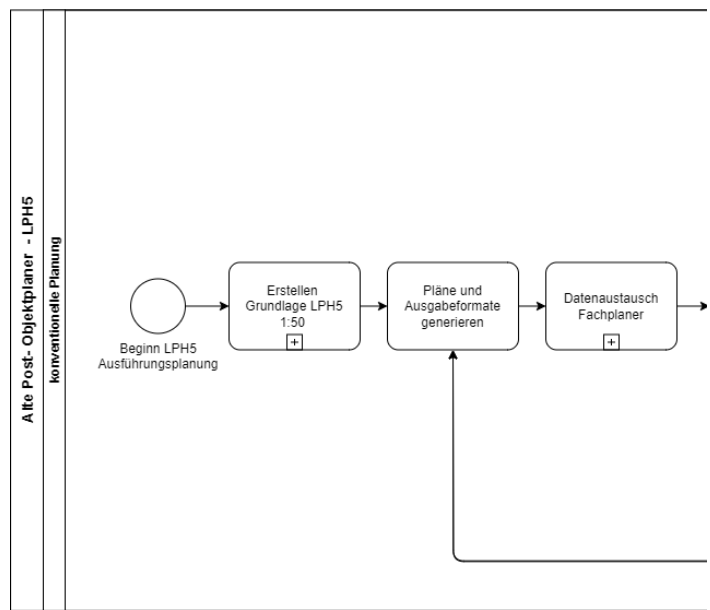


Abbildung 57: Arbeitsprozesse LPH5; Projekt Alte Post BPMN (II)

Nach dem Datenaustausch werden die externen Planungsergebnisse in das CAD-System integriert, überprüft und koordiniert. Weiters werden in der Hauptplanungsphase die Ausführungsplanung primär konventionell in 2D ausgeführt und Teilbereiche des Dachausbaus in 3D geplant, die später in das CAD-System wieder übertragen werden (Abb.58).

Nach der Freigabe der Hauptplanungsphase durch den OP beginnt die Detailplanungsphase. Hierbei wird die Detailplanung, MuM, Auswechslungsplanung und Projektorganisation konventionell erstellt. Die SuD wird auch konventionell erstellt, jedoch wird hier eng mit der

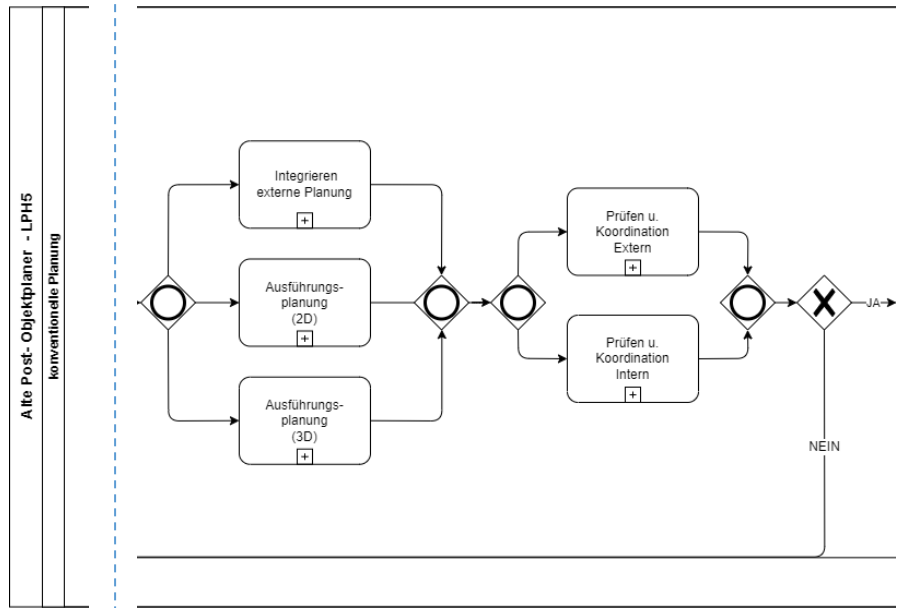


Abbildung 58: Arbeitsprozesse LPH5; Projekt Alte Post BPMN (II)

TWP zusammengearbeitet der dem OP bei der Koordination der SuD. Der Fachplaner überträgt nämlich die SuD sukzessive in das eigene BIM Datenmodell, prüft diese mit automatischen Vorgängen auf Kollisionen und sendet seine Ergebnisse in Form von generierten 2D Teilplänen und Screenshots an den OP (Abb. 59).

Nach mehreren Durchläufen der Haupt- und der Detailplanungsphase wird die LPH5 freigegeben und einer Auswechslungsplanung eingereicht.

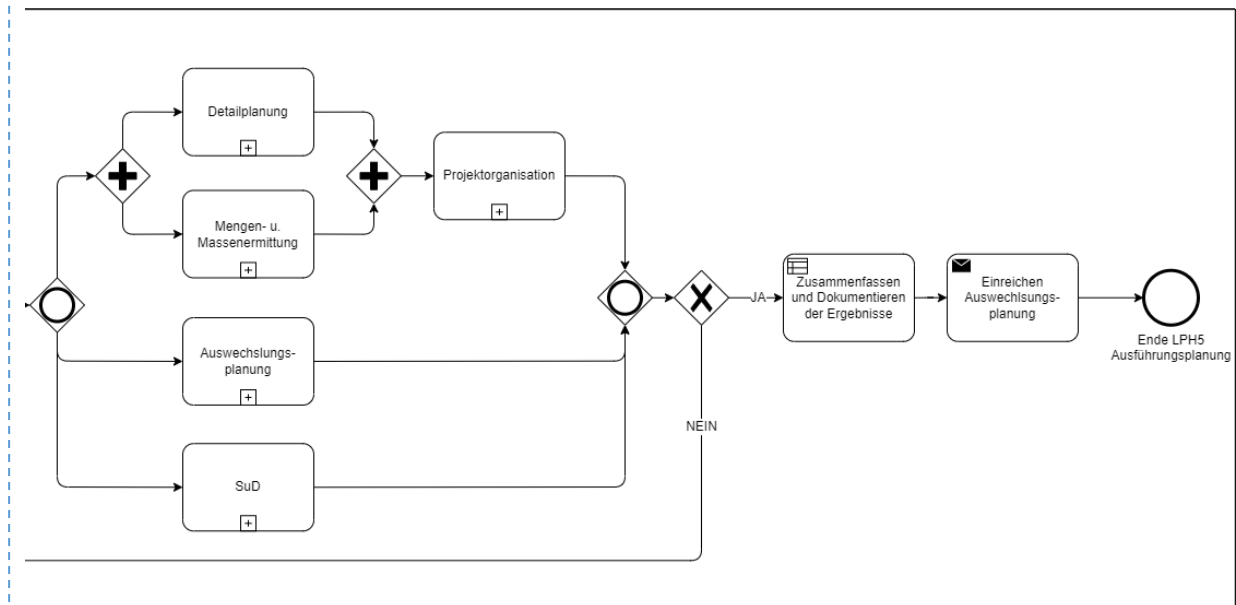


Abbildung 59: Arbeitsprozesse LPH5; Projekt Alte Post BPMN (II)

3.5.3 Vertiefte Analyse der Arbeitsgruppen

Erstellen der Planungsgrundlage

Mit dem Beginn der LPH5 wird die konventionelle Planungsgrundlage für die Ausführungsplanung eingerichtet (Abb. 60). Dabei werden alle Planansichten jeweils einzeln in ihrer Darstellung an den Planungsmaßstab 1:50 adaptiert. Die für die Ausführungsplanung benötigten Beschriftungen sowie Bemaßungen werden zusätzlich hinzugefügt und Planlayouts mit den dazugehörigen Planköpfen werden eingerichtet. Nachdem die Grundlage für die Ausführungsplanung erstellt ist, werden die Pläne generiert und an die projektbeteiligten Fachplanern verteilt.

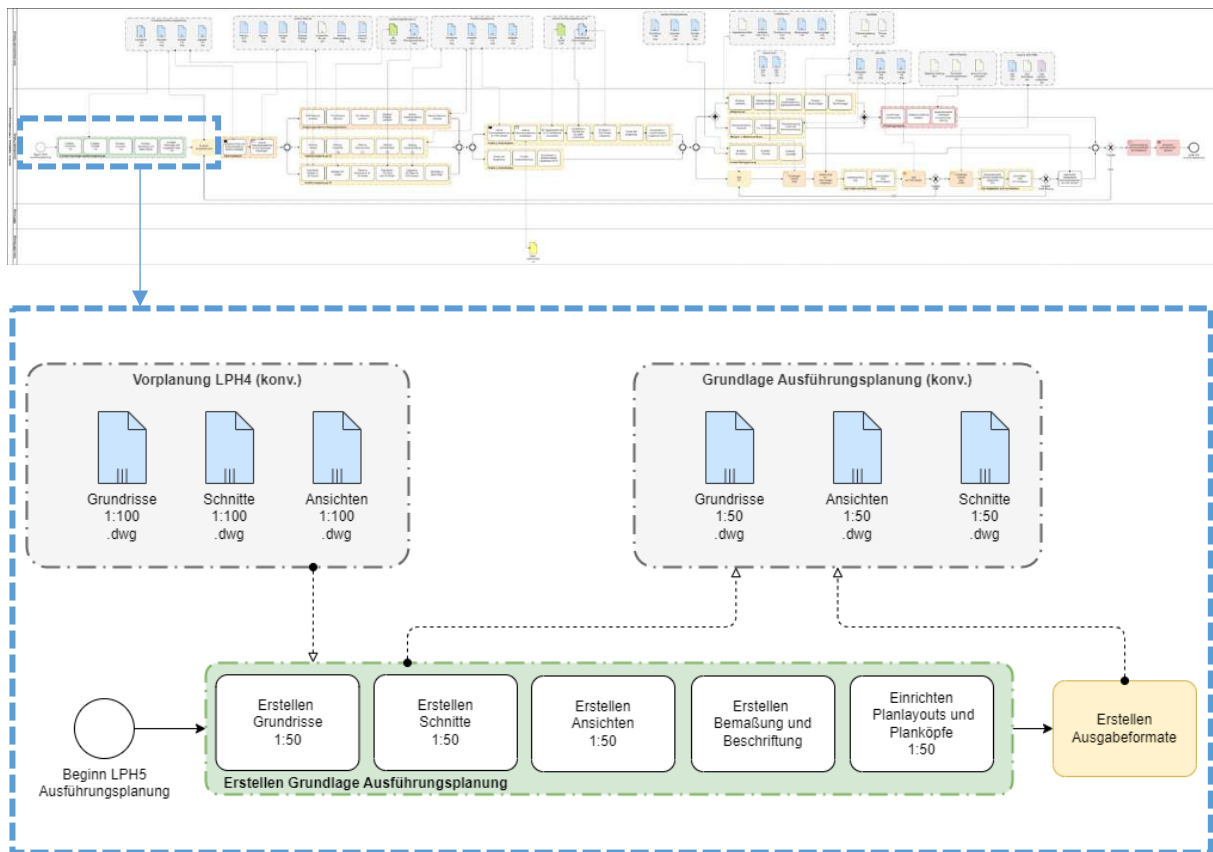


Abbildung 60: Subprozess - Erstellen der Planungsgrundlagen LPH5; Projekt Alte Post BPMN(III)

Hauptplanungsphase

Nach dem Datenaustausch werden die externen Planungsergebnisse in das CAD-System verlinkt. Da es sich dabei um gleiche Dateiformate (DWG) handelt, weist der Integrierungsprozess keinen Mehraufwand auf. Die Hauptplanungsphase wird primär in einer 2D Planung erarbeitet und in fünf Planungsbereiche unterteilt. Hierfür werden Grundrisse, Schnitte, Ansichten und Klappschnitte jeweils einzeln und durch jeweils einen Bearbeiter angefertigt. Planänderungen werden ebenfalls jeweils in allen relevanten Planzeichnungen nachgeführt. Für den Dachgeschossausbau werden Teilbereiche im 3D Modell angefertigt, um ein besseres Verständnis bei Verschneidungen und Konstruktionsschnittstellen zu bekommen. Diese werden auf Basis der 2D Vermessungsplanung modelliert. Anschließend werden die Informationen aus dem 3D Modell exportiert und für die weitere Planung in das CAD-System integriert (Abb. 61).

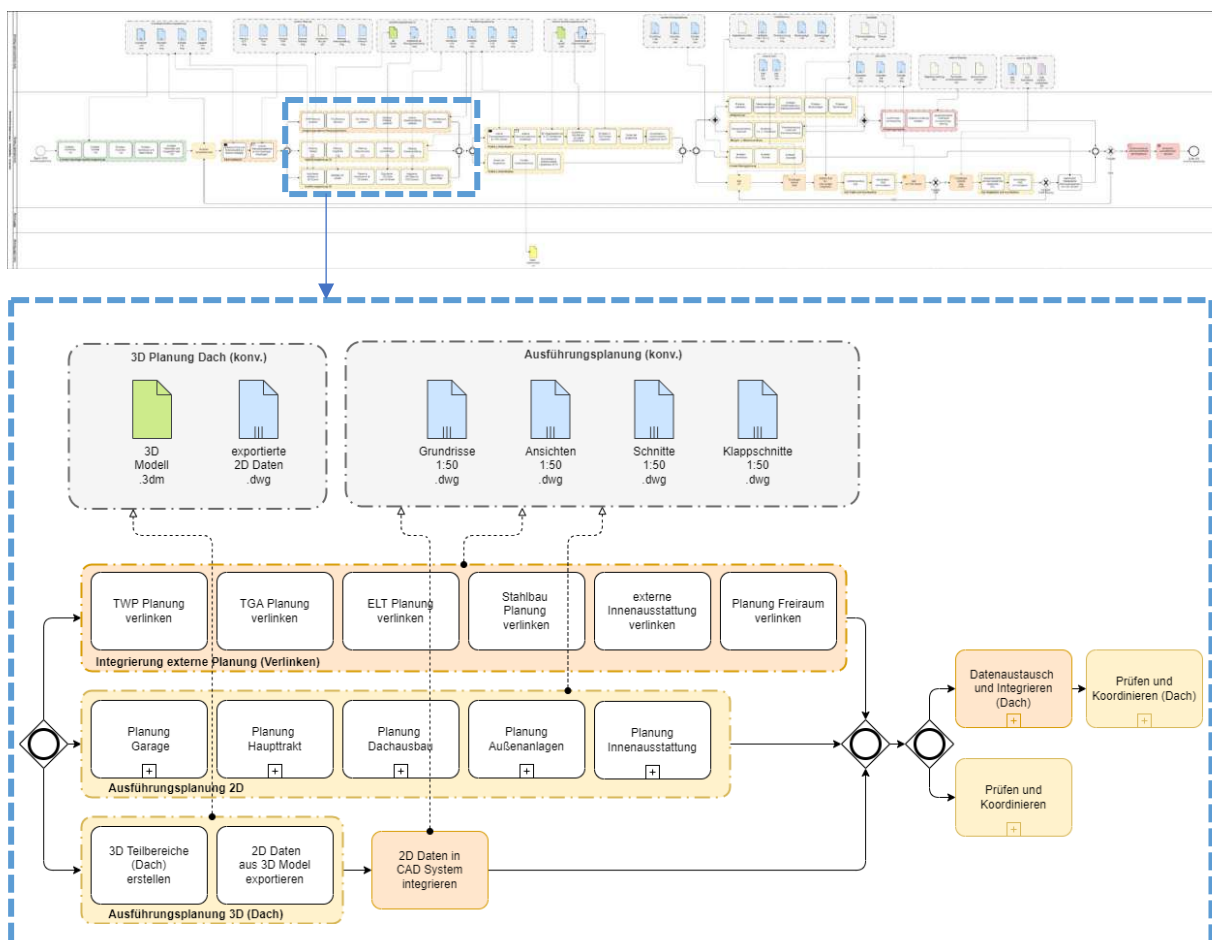


Abbildung 61: Hauptplanungsphase LPH5; Projekt Alte Post BPMN(III)

Im zweiten Abschnitt der Hauptplanungsphase (Abb. 62) werden die externen Planungsergebnisse geprüft, koordiniert und in die Planung eingearbeitet. Der Dachausbau wird gesondert behandelt. Hierfür wird die Dachplanung an den TWP versendet. Dieser arbeitet die Planung in sein Datenmodell ein, prüft sie auf Kollisionen und sendet anschließend die Ergebnisse als Objektdateiformat wieder zurück an den OP. Die empfangene IFC-Datei wird zunächst in ein Geometrieformat umgewandelt. Danach werden aus dem umgewandelten 3D Modell die benötigten 2D Plandaten generiert und in das konventionelle Planungssystem integriert. Dort werden dann die Ergebnisse geprüft und anschließend koordiniert. Die Hauptplanungsphase wiederholt sich in Schleife bis zur Freigabe.

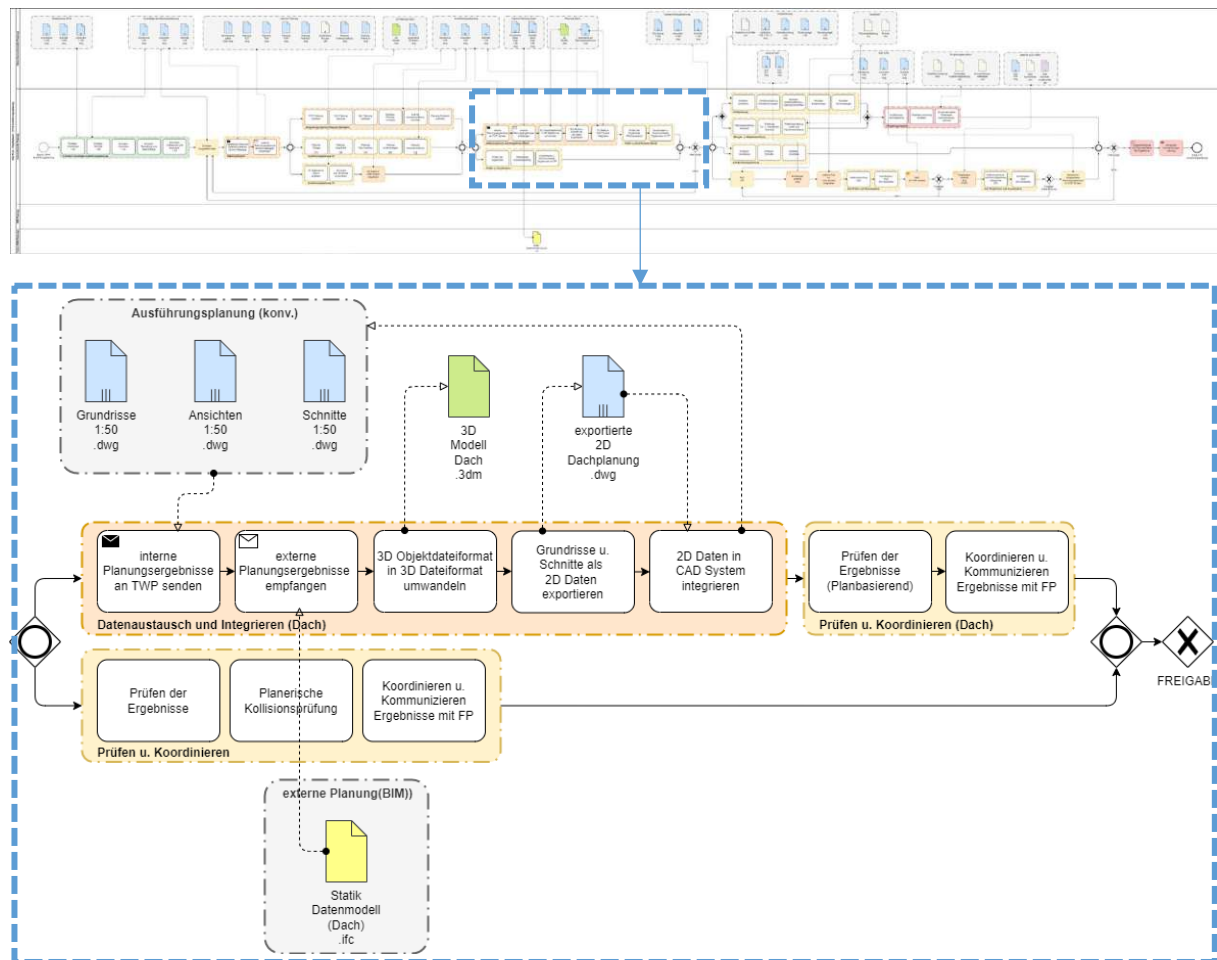


Abbildung 62: Subprozess; Prüfen und Koordinieren LPH5; Projekt Alte Post BPMN(III)

Detailplanungsphase

In der Detailplanungsphase (Abb. 63) werden die Leitdetails, die Wandabwicklungen, der Bodenspiegel, die Deckenspiegel sowie die abschließende Projektorganisation erstellt. Die MuM wird manuell aus den 2D Plänen ermittelt und manuell in externe Excel Tabellen übertragen. Zusätzlich werden Typenlisten erstellt, die aus zeichnerischen und textlichen Anforderungsinformationen für die Türen und Fenster beinhalten. Der Arbeitsablauf bei der Erfassung MuM aus den 2D Plänen erweist sich durch die Projektgröße als sehr arbeitsintensiv und fehleranfällig. Im Gegensatz dazu ermittelt der TWP alle benötigten Mengen und Massen direkt aus dem Datenmodell und erstellt seine Detailpläne im Datenmodell (LOD 400).

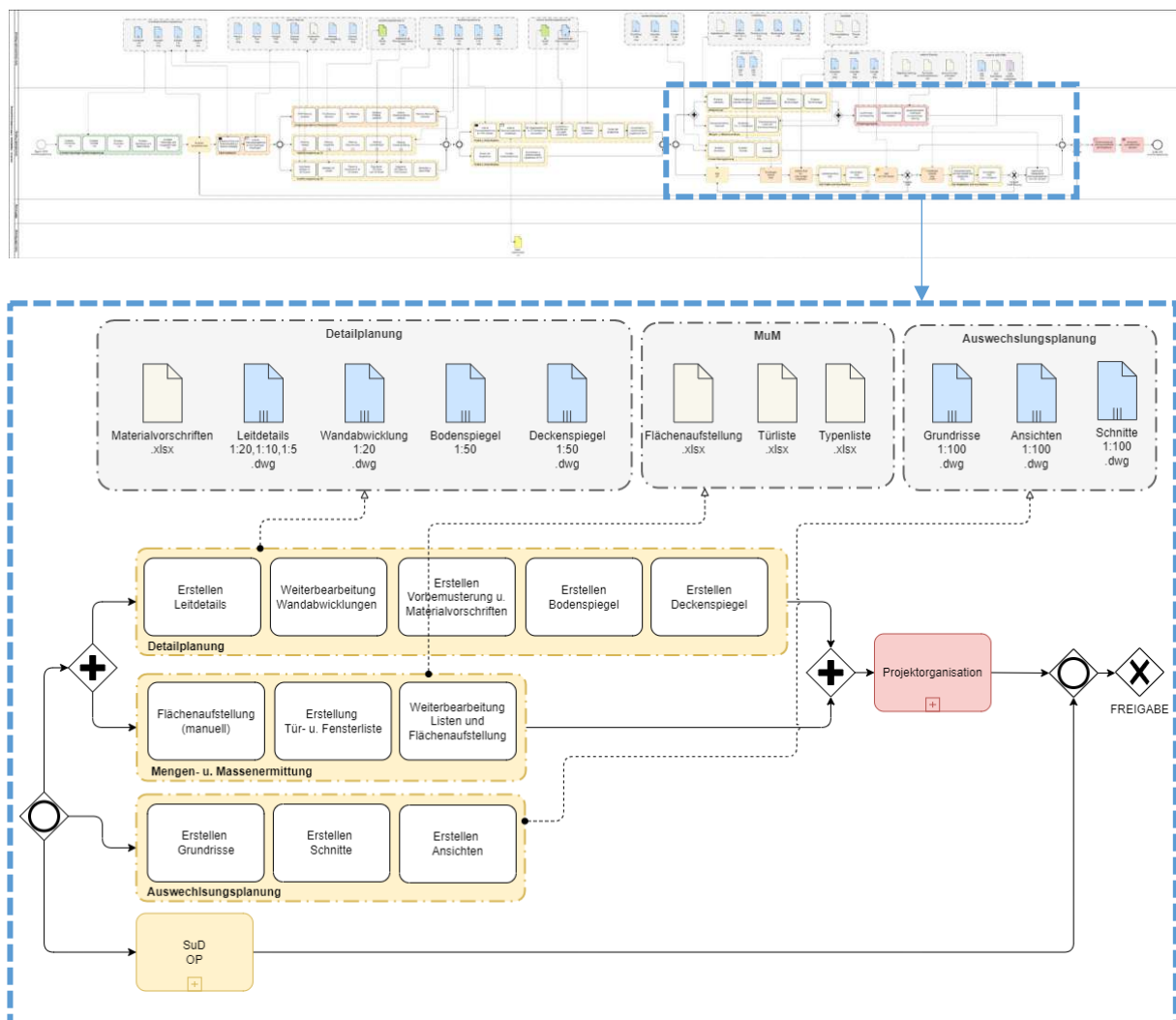


Abbildung 63: Detailplanungsphase LPH5; Projekt Alte Post BPMN(III)

Die SuD (Abb. 64) wird in enger Zusammenarbeit mit dem TWP erarbeitet und umfasst eine doppelte Kollisionsprüfung. Diese wird in erster Instanz durch den Objektplaner in konventioneller Methode durchgeführt. Zu Beginn erarbeitet der Objektplaner die SuD in den 2D Plänen und versendet diese anschließend an die externen Fachplaner. Danach werden die externen SuD empfangen, in das CAD System integriert, in 2D überprüft und mit den Fachplanern koordiniert. In zweiter Instanz werden die Planungsergebnisse an den TWP gesendet. Der TWP arbeitet die SuD in das eigene Datenmodell ein und führt unter anderem eine automatisierte Kollisionsprüfung (Clash-Detection) durch. Danach werden statische Berechnungen im Datenmodell durchgeführt. Anschließend leitet der TWP seine Planungsergebnisse in Form von 2D-Plänen aus dem Datenmodell ab. Zusätzlich werden Kontrolllisten und Screenshots aus dem Datenmodell generiert und wieder an den Objektplaner gesendet. Der Objektplaner prüft nochmal die Ergebnisse, koordiniert etwaige Änderungen und trägt die Freigabe in den übermittelten Kontrolllisten ein. Die freigegebene Planung wird im Anschluss nochmal in der konventionellen Planung nachgeführt.

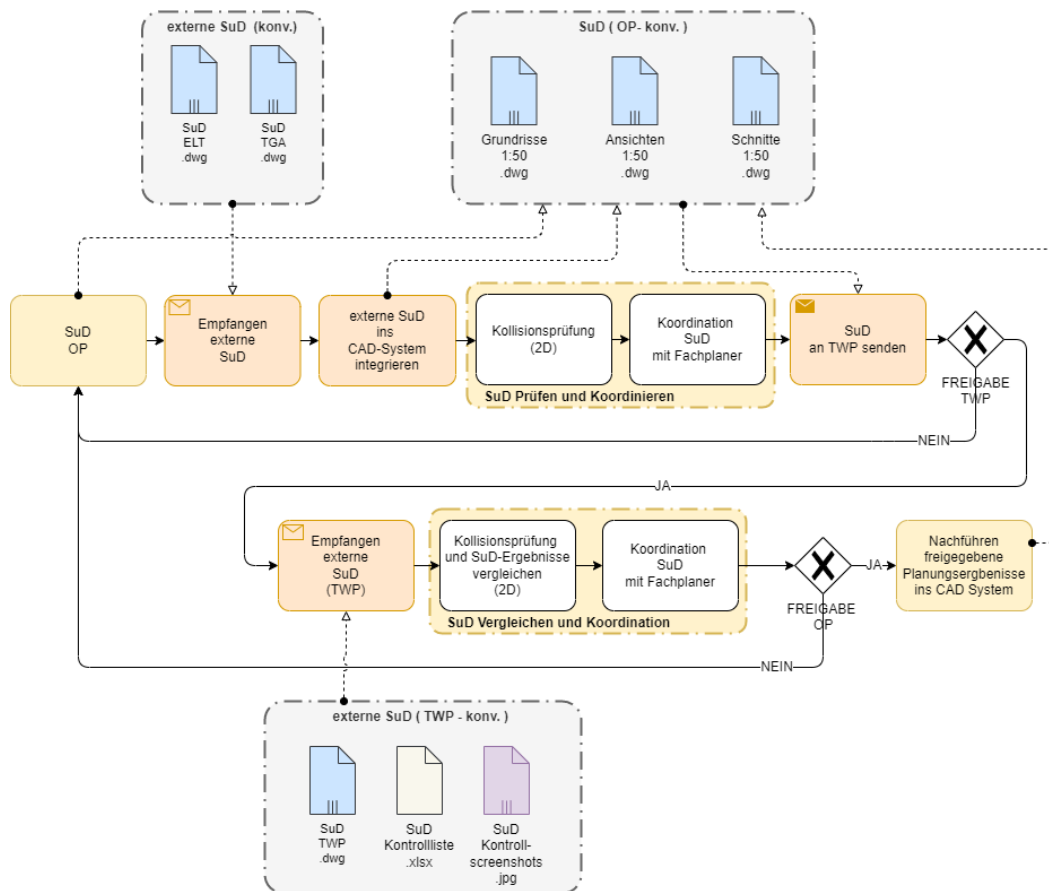


Abbildung 64: Subprozess SuD, Detailplanungsphase LPH5; Projekt Alte Post BPMN(III)

3.6 Vergleichende Analyse

Im folgenden Kapitel werden projektübergreifende Muster der Arbeitsprozesse miteinander verglichen.

Erstellen der Projektgrundlagen

Die Ergebnisse der untersuchten Fallstudien zeigen, dass in der konventionellen Planungsmethode, sowie auch in der BIM Planungsmethode zu Beginn der Planung die Grundlagen eingerichtet werden. Hierbei muss man zwischen dem Einrichten des Planungssystems und dem Erstellen der Grundlagen folglich einer Maßstabsänderung unterscheiden. Vergleicht man die Arbeitsprozesse beim Erstellen der konventionellen Grundlagen in der LPH1 im Projekt I77 mit der Erstellung der BIM Grundlagen im Projekt Zebra zu Beginn der LPH3, wird jedoch sichtbar, dass das Einrichten des Planungssystems in BIM Methode komplexer ausfällt und für das Bauvorhaben individuell angepasst werden muss (Abb. 65). Dabei zeigt sich, dass anders als in der konventionellen Planungsmethode, für die BIM Planung die Höhen- und Schnittebenen schon im Vorfeld definiert werden müssen, da sich diese auf das Erstellen des Datenmodells auswirken. Ebenso müssen die BIM Systemfamilien (Bauteile) je nach Projekt individuell angepasst werden. In der konventionellen zeichenorientierten 2D CAD-Planung hingegen kann auch ohne dem Einrichten des Planungssystems gearbeitet werden.

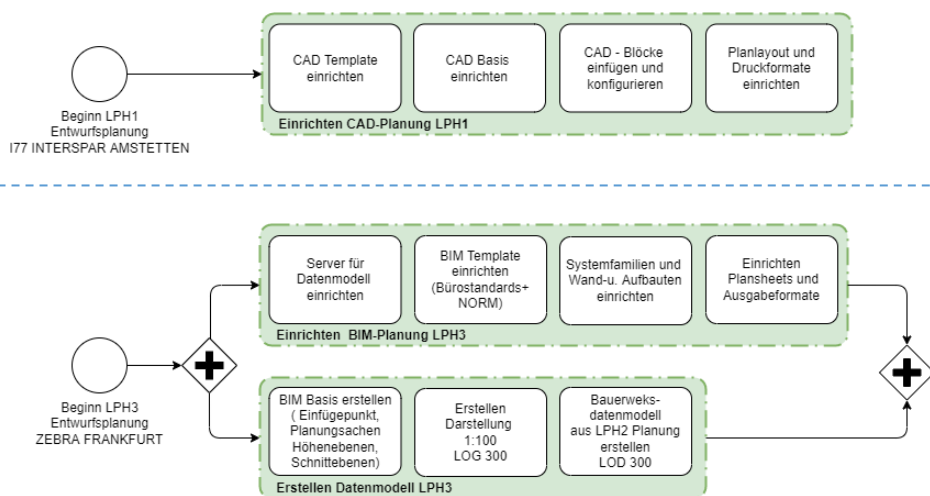


Abbildung 65: Subprozesse - Erstellen Grundlagen: Projekt I77 LPH1 (konventionell), oben; Projekt Zebra LPH3 (BIM), unten

Weiters zeigt die Untersuchung, dass wenn es sich nicht um eine komplette Neuplanung handelt, in BIM ein Datenmodell erstellt werden muss. Dies ist in der konventionellen Planungsmethodik nicht nötig, und ist daher als Mehraufwand zu werten. Bei der Erstellung dieser Datenmodelle werden einige Faktoren sichtbar die das Modellieren beeinflussen:

Im Projekt Zebra wird zu Beginn, mit der Implementierung von BIM, ein Bauwerksmodell auf Basis der konventionellen Vorplanung erstellt. Die orthogonale Form, die Symmetrie des Gebäudes, die Regelgeschosse, die große Anzahl an geometrischen Wiederholungen und vor allem die qualitative Vorplanungsgrundlagen in 2D (Grundrisse, Schnitte, Ansichten) begünstigen die Modellierung, wodurch sich das Datenmodell zügig erstellen lässt.

Da es sich im Projekt I77 um einen Umbau handelt werden hierfür zwei Datenmodelle erstellt. Mit der Implementierung der BIM Methode wird zu Beginn der LPH3 vorerst ein Datenmodell auf Basis der Vorentwurfsplanung erstellt, die als Basis für die weitere Planung dient. Nach der Entwurfsfindung wird dann in der Detailplanungsphase nochmal ein zusätzliches Datenmodell auf Basis der Bestandpläne, das den ursprünglichen Bestand vor der Planung darstellt. Dadurch lässt sich in weiterer Folge über die softwarespezifische Phasenplanung eine Abbruchplanung im Datenmodell erstellen. Zwar lassen sich beide Datenmodelle problemlos modellieren, dennoch die Erstellung beider Datenmodelle einen zusätzlichen Arbeitsaufwand für die Planung auf.

Im Projekt Alte Post kann der OP in der konventionellen Planungsmethodik direkt auf den Bestandsplänen weiterarbeiten. Der TWP erstellt hingegen in diesem Projekt ein Datenmodell auf der Vorlage von 2D- und 3D-Vermessungsdaten. Hierbei wird seitens des TWP die Erstellung des Bestandmodells bis zum Dachgeschoss wegen der komplexen Bestandsgeometrie als sehr aufwendig beschrieben. Unregelmäßigen Wand-Nischen, unterschiedliche Höhensprünge im Fußboden, die variierenden Größen von Öffnungen, und die Gewölbe im Massivbau erschweren dabei die Modellierung. Als besonders hilfreich erweist sich hingegen für den Dachbereich die automatisierte Generierung der Bestandssparen mithilfe einer aus dem Laserscan erstellten 3D Punktwolke.

Erstellung der Grundlage - Planmaßstäbsänderung

Neben dem Erstellen der Grundlagen zu Beginn der Planung müssen auch im Zuge der Planmaßstäbsänderung jeweils zu Beginn der LPH3 und der LPH5 die Grundlagen für die weitere Planung erstellt werden, die auch als Basis für die fachlich Beteiligten dienen. Dabei werden in der LPH3 die Planung von 1:200 auf 1:100 und in der LPH5 die Planung von 1:100 an den neuen Maßstab 1:50 angepasst. Hierbei zeigt sich eine Überlegenheit in der BIM Planungsmethodik gegenüber der konventionellen Planungsmethodik, da die Bauteilelemente in der BIM Planungsmethodik adaptiv sind und sich diese an den Maßstab anpassen (Abb. 66).

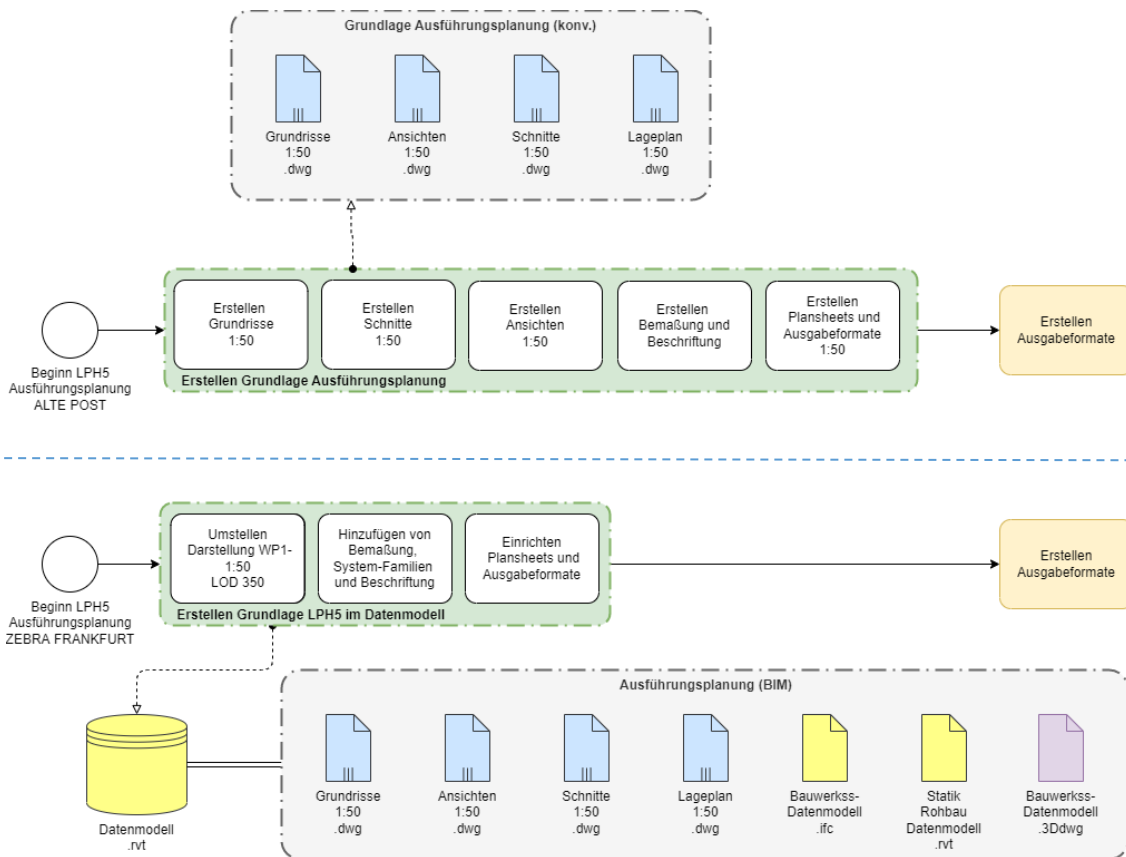


Abbildung 66: Erstellen Grundlagen: Alte Post LPH5 (konventionell), oben; Zebra LPH5 (BIM), unten; BPMN (III)

Im Projekt Alte Post müssen hingegen für den neuen Planmaßstab alle Planzeichnungen einzeln nachgeführt werden: Raum- und Bauteilstempel werden mit zusätzlichen Informationen manuell adaptiert, Bemaßungen werden hinzugefügt, Wand- und Fußbodenaufbauten werden in dem höheren Detailierungsgrad neu gezeichnet und Planlayouts sowie Plot-Stile werden neu erstellt. In den BIM Projekten Zebra und I77 Interspar Amstetten wird der Detailierungsgrad über Darstellungsoptionen gesteuert, die sich auf alle

konsistente Planansichten im Datenmodell auswirken. Dabei werden je nach Maßstab die benötigten Informationen aus den Bauteilen ausgelesen und automatisch in die Raum- und Bauteilstempel eingetragen. Zusätzlich werden vereinzelt Bemaßungen, Beschriftungen und System-Familien hinzugefügt und die Planlayouts werden für den neuen Maßstab eingerichtet (Abb. 66).

Interoperabilität

Im Bereich der Interoperabilität kommt es in den untersuchten Projekten unabhängig von der Planungsmethode zu einem hohen Mehraufwand. Dieser entsteht bei dem Integrierungsprozess der externen Planungsergebnisse. Dabei sind in der BIM Planung, wie auch in der konventionellen Planung ähnlich Muster zu erkennen. Werden unterschiedliche Dateiformate ausgetauscht oder ist die Qualität der Daten für weitere Bearbeitung nicht gegeben, müssen sie über Umwege in das System implementiert werden.

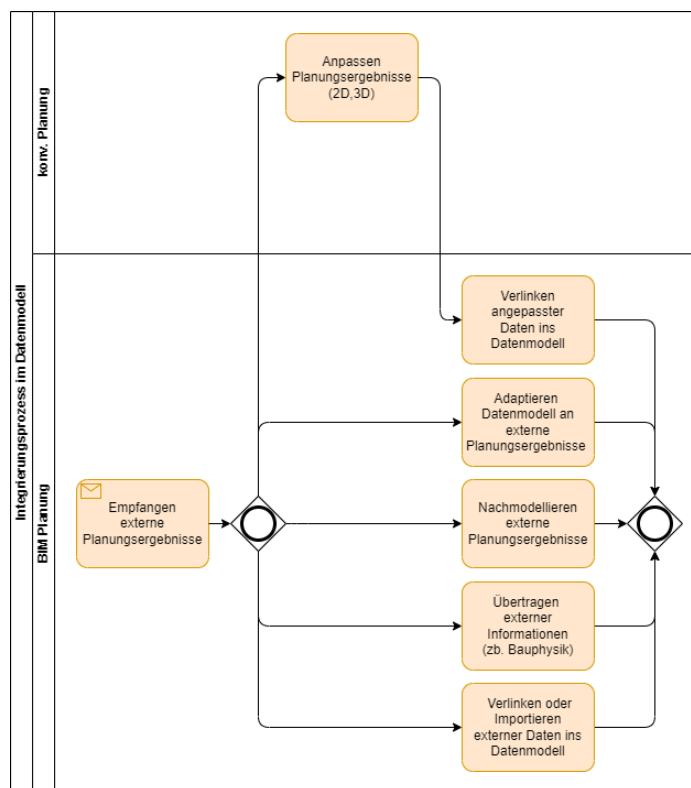


Abbildung 67: Integrierungsprozess in BIM Planungsmethode; BPMN (III)

Dabei zeigen sich in den BIM Projekten Zebra und I77 Interspar Amstetten die unterschiedlichen Arbeitsschritte, die bei der Integrierung der externen Daten entstehen: Je nach empfangenen Dateiformat und je nach Qualität werden die Daten in das Datenmodell verlinkt, nachbearbeitet und/oder nachmodelliert. Durch das Integrieren der externen Daten entstehen hybride Arbeitsprozesse. Denn in einigen Fällen müssen die Planungsergebnisse zuerst in konventioneller Methode bearbeitet werden, bevor sie anschließend ins Datenmodell implementiert werden (Abb.67).

Im konventionellen Projekt Alte Post ist in der LPH5 gut zu erkennen, dass ein Datenaustausch im selben Dateiformat keine Integrierungsprozesse verursacht und dadurch ein Mehraufwand vermieden wird. Die externen Planungsergebnisse im konventionellen DWG-Dateiformat werden ohne Bearbeitung direkt in die 2D CAD-Planung verlinkt. Sieht man sich im selben Projekt den Datenaustausch in der Dachgeschossplanung an, die im Objektdateiformat (Statik Datenmodell) übermittelt wird, ist wiederum ein aufwendiger Integrierungsprozess zu erkennen. Denn die externen Daten durchlaufen mehrere Arbeitsschritte, bevor diese in der 2D CAD-Planung weiterbearbeitet werden können (Abb. 68).

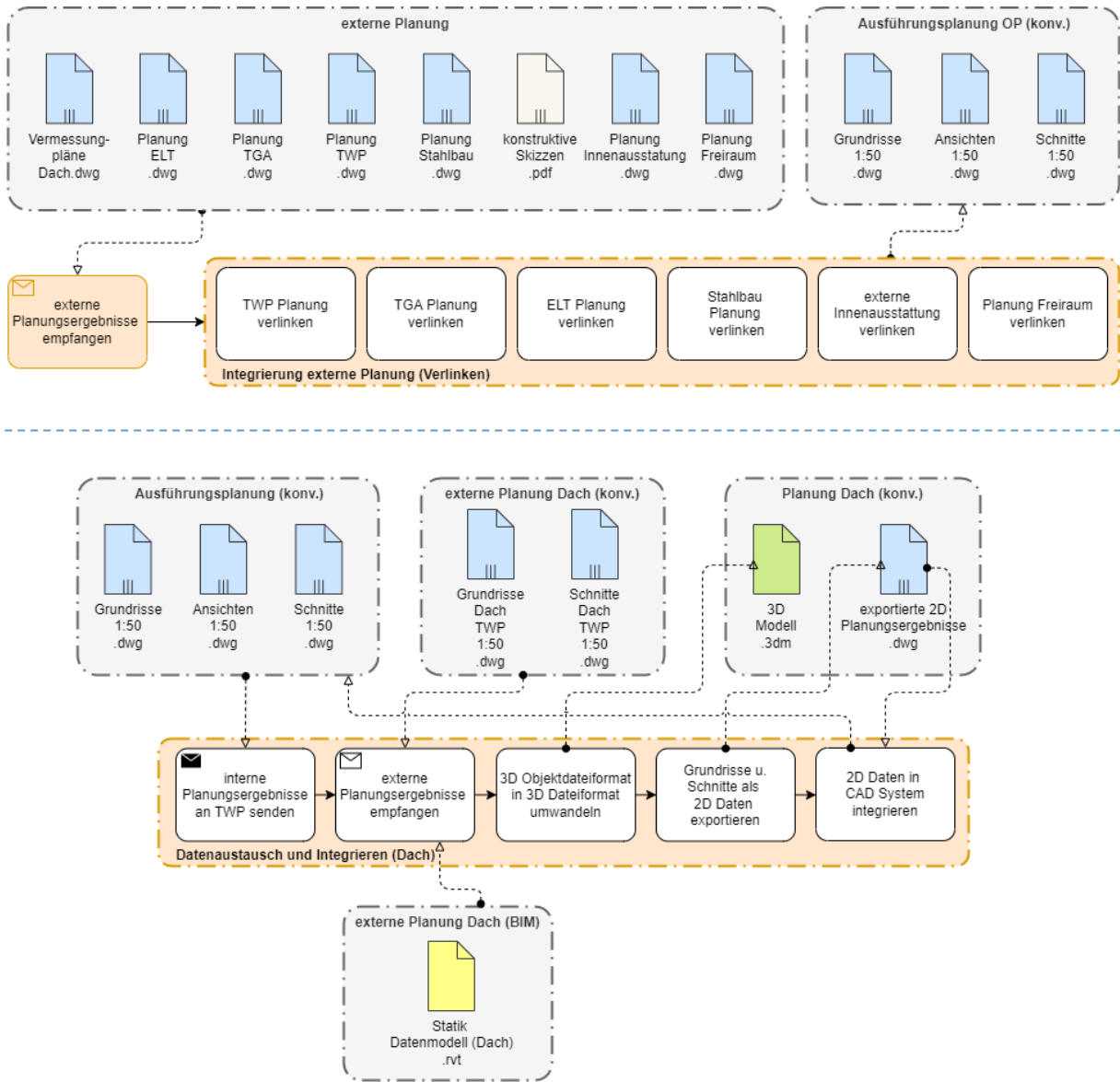


Abbildung 68: Integrierung externe Planung, oben; Integrierung Dachplanung, unten; Projekt Alte Post LPH5 BPMN(III)

Hybride Arbeitsprozesse

Die Projekte Zebra und I77 Interspar Amstetten weisen bei der Planung mit BIM Methodik ähnliche hybride Arbeitsprozesse auf. Diese haben unterschiedliche Gründe und wirken sich auch unterschiedlich auf die Planung aus.

Eine der hybriden Anwendungsbereiche ist das Überblenden von 2D Plänen im Datenmodell. 2D Pläne werden dafür in die jeweilige Planansicht des Datenmodells in richtiger Position eingebettet und hybride Pläne aus dem Datenmodell generiert, die sich zum einen Teil aus den Informationen des Datenmodells und zum anderen Teil aus den 2D Informationen zusammensetzen. So werden z.B. im Projekt I77 für die Außenanlagen und die Parkplatzplanung 2D-Pläne aus der Vorplanung und aus den Vermessungsgrundlagen der Bestandsarchitektur im Datenmodell überblendet. Dadurch wird der Modellierungsprozess dieser Bereiche umgangen, was zu Beginn der LPH3 zu einer Zeitersparnis führt. Jedoch zeigt sich im späteren Verlauf der Planung, dass sich diese hybride Anwendungsmethodik durch die Steigerung der Planungskomplexität als nicht nachhaltig erweist. Einerseits werden die 2D Daten nur in der jeweiligen eingebetteten Planansicht dargestellt und sind daher inkonsistent. Datenermittlungen können aus diesen 2D Daten bezogen werden. Andererseits müssen Planänderungen externer Software nachgeführt werden, wodurch ein zusätzlicher Arbeitsaufwand entsteht und dadurch das Fehlerpotential erhöht wird. Zusammenfassend wird durch diese hybride Methodik temporär Zeit gespart, doch mit der Steigerung der Planungskomplexität steigert sich auch der Arbeitsaufwand durch das Änderungsmanagement (Abb. 69).

Ein weiterer hybrider Anwendungsbereich ist in den Projekten in den Hauptplanungsphasen im Zuge der Entwurfsfindung festzustellen. Hierfür werden Teilbereiche in konventioneller Methode in externer Software entworfen, wodurch eine bessere Bearbeitung ermöglicht wird. Das ist bei der Entwurfsfindung der Fassade im Projekt Zebra in der LPH5 (Abb.69) oder beim Vordach im Projekt I77 in der LPH3 (Abb. 70) der Fall. Dabei wird der Entwurf in externer Software erstellt. Die Ergebnisse werden danach als 3D Dateiformate in das Datenmodell integriert.

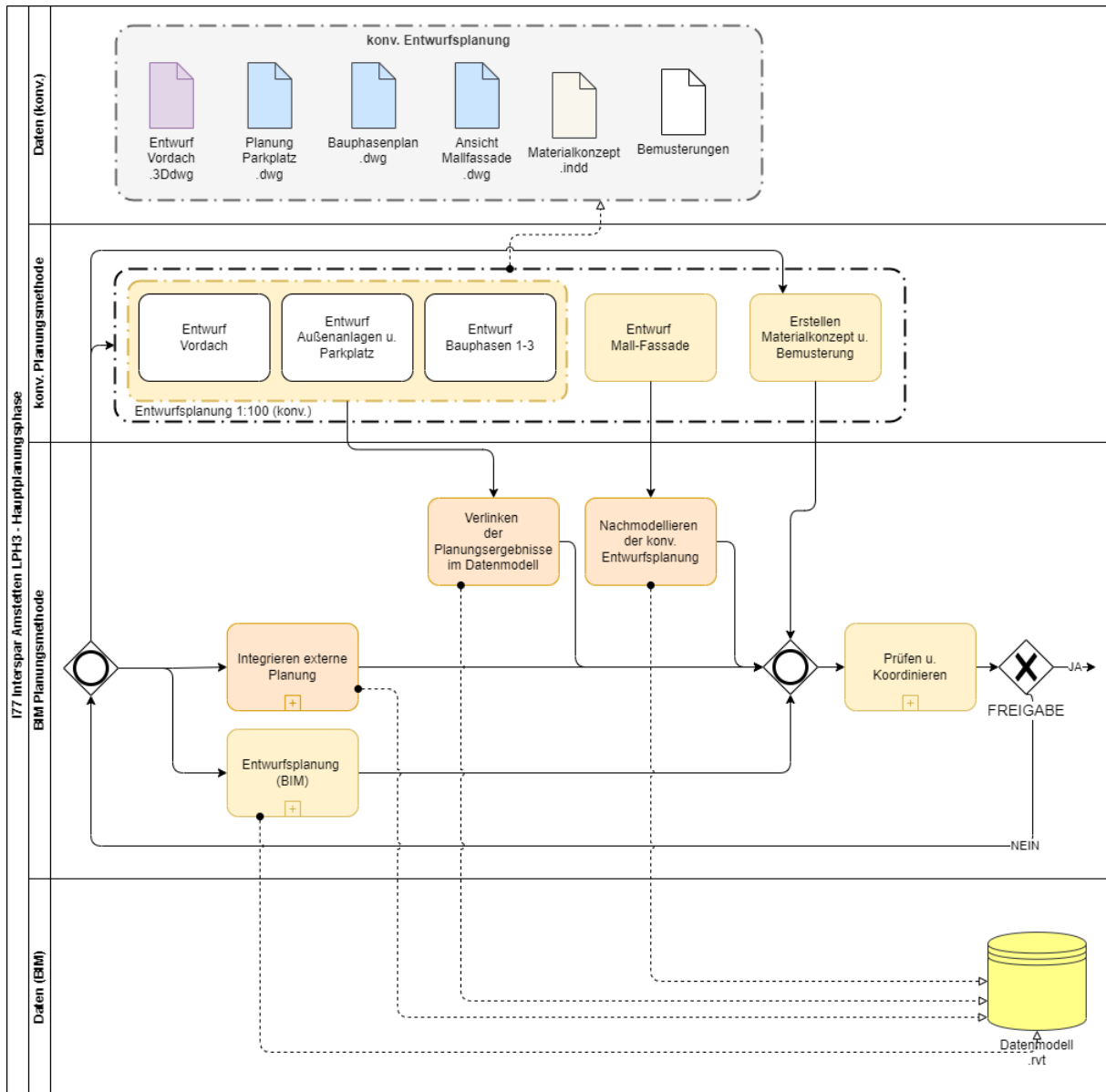


Abbildung 69: Hybride Prozesse: Hauptplanungsphase LPH3; Projekt I77 BPMN(III)

Diese sind dann im Datenmodell primitive Projektkörper ohne alphanummerische Informationen. Das Volumen und die Flächen können dennoch aus den 3D Objekten ausgelesen werden. Ebenso werden die integrierten 3D Objekte konsistent in allen Ansichten dargestellt. Die Integrierung der Daten und etwaige Änderungen führen zwar zu zusätzlichen Arbeitsprozessen, die externen Tools ermöglichen jedoch eine freiere Formfindung und fördern den Entwurfsprozess.

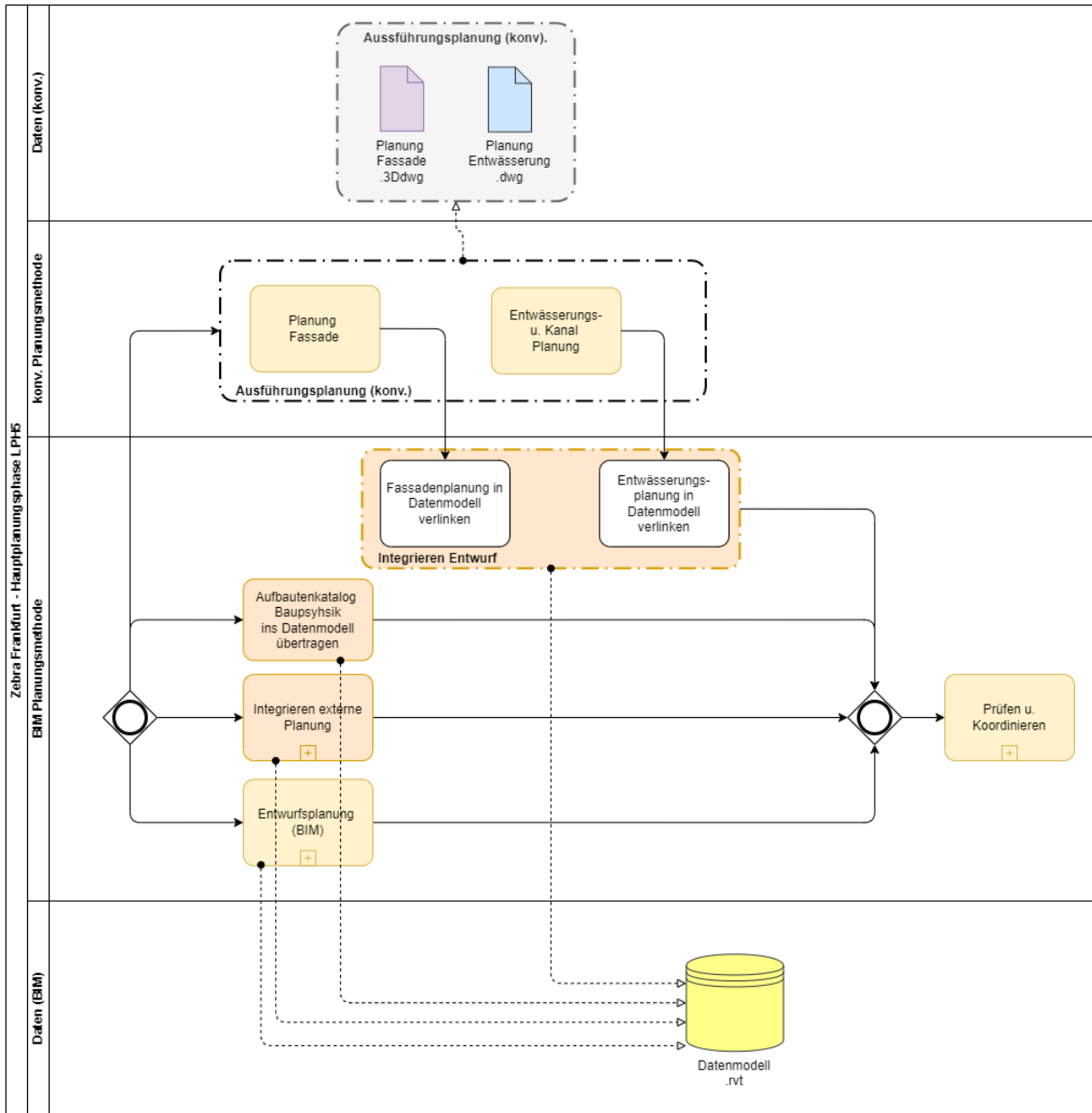


Abbildung 70: Hybride Prozesse: Hauptplanungsphase LPH5; Projekt Zebra BPMN(III)

Ein ähnliches Anwendungsbeispiel für den Einsatz von hybriden Prozessen lässt sich bei der Planung der Mall Fassade im Projekt I77 (Abb. 69) und bei Entwässerungs- und Kanalplanung im Projekt Zebra feststellen (Abb. 70). Hierbei wird die Unterteilung der Pfostenriegelkonstruktion bzw. die Kanalplanung in externer 2D Software (AutoCAD) erstellt. Der Grund für die hybride Anwendung ist jedoch nicht die freiere Entwurfsfindung, sondern die mühevollere Bearbeitungsmöglichkeit in der BIM Software. Deswegen wird in diesem Fall die Planung zuerst konventionell erstellt und nachträglich im Datenmodell nachmodelliert.

Die Untersuchung der Projekte weist auch in den Detailplanungsphasen hybride Prozesse auf. Da die BIM Planung zwecks Ressourcenoptimierung grundsätzlich den Modellierungsgrad LOG300 nicht überschreiten sollte, erweist sich das Vermischen von konventioneller und BIM Planungsmethodik bei der Erstellung der Leitdetails und Wandabwicklungen, wie das z.B. im Projekt Zebra in der LPH5 zu sehen ist, als guter Lösungsansatz. Dabei werden 2D Vorlagen aus dem Datenmodell generiert und anschließend in externer 2D Software (AutoCAD) weiterbearbeitet. Die erstellten Detailzeichnungen werden dann im Datenmodell verortet. Der Nachteil, der sich bei diesem Arbeitsablauf ergibt, zeigt sich dabei im Planmanagement, denn die extern erstellten Planzeichnungen erscheinen nicht in der Planliste des Datenmodells und können daher dort nicht verwaltet werden.

Schlitz- und Durchbruchsplanung (SuD)

Die SuD weist in allen der untersuchten Projekten hybride Prozesse auf, die einen Mehraufwand verursachen. Diese sind auf die fehlenden Datenintegritätsstrategien, auf die fehlende Standardisierung der Daten und auf die nicht gefestigten Arbeitsabläufe zurückzuführen.

Die SuD im Projekt I77 (Abb. 71) wird zwar in der BIM Software durchgeführt, jedoch wird wegen der nicht vorhandenen 3D Daten keine BIM Methodik angewendet. Stattdessen werden die externen Informationen als 2D Symbole eingearbeitet und im Datenmodell überblendet. Die relevanten Informationen werden manuell eingetragen. Dadurch ist die SuD im Modell dysfunktional und inkonsistent. Informationen können nicht abgeleitet werden und sämtliche Planänderungen müssen in allen Ansichten nachgeführt werden. Der Austausch der SuD findet in diesem Projekt unter allen Fachplanern auf reiner 2D Basis statt. Der OP generiert hierfür hybride Pläne aus dem Datenmodell mit den überblendeten 2D Informationen. Diese Anwendungsmethodik ist in diesem Projekt deswegen als nicht nachhaltig zu werten. Durch die sehr geringe Anzahl der Durchbrüche hält sich jedoch der Mehraufwand in Grenzen.

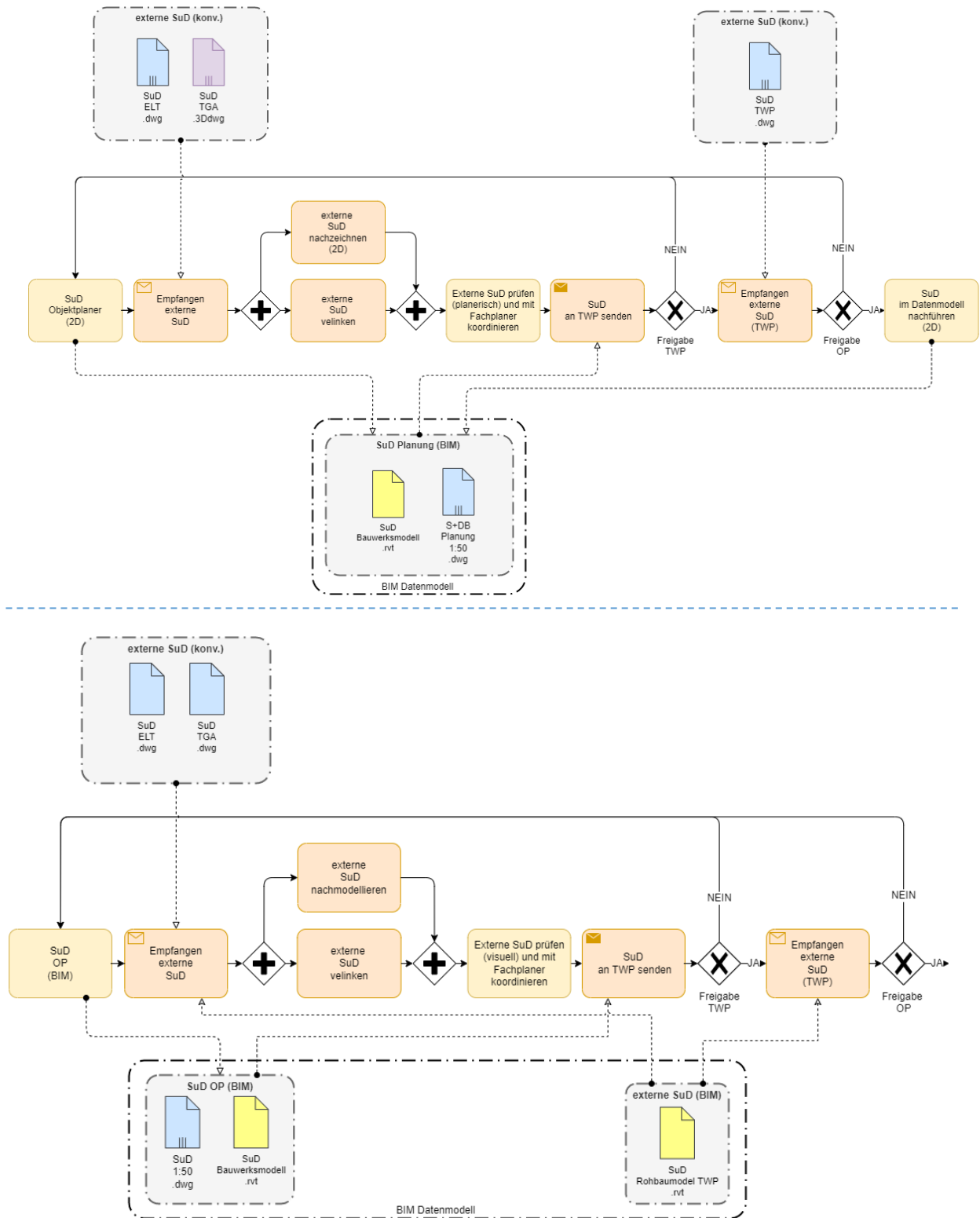


Abbildung 71: Subprozesse SuD (BIM) LPH5: Projekt I77, oben; Projekt Zebra, unten; BPMN(III)

Im Projekt Zebra (Abb. 71) wird die SuD in BIM Planungsmethodik durchgeführt. Die externe SuD Planung (TGA, ELT) wird zu Beginn im Objektdateiformat von den Fachplanern übermittelt. Da diese unterschiedliche Ausparungskörper beinhalten, die nicht einem

Standard entsprechen, lassen sich diese nur schwer in das Datenmodell des OP integrieren. Dies führt dazu, dass auch 2D Pläne mitgesendet werden und der OP auf Grundlage der 2D Daten die kompletten externe SuD im Datenmodell nachführt. Dadurch entsteht ein enormer Mehraufwand für den OP. Dennoch werden auch Vorteile sichtbar:

Durch die Closed-BIM Zusammenarbeit mit dem TWP, kann dieser die vom OP eingearbeiteten Durchbruchselemente im gemeinsamen Rohbaumodell übernehmen und prüfen. Ebenso lassen sich Kollisionen im Datenmodell leichter identifizieren, und über die verknüpften Kontrolllisten können die Durchbrüche effizient koordiniert und auf ihre Abmessung und Position geprüft werden.

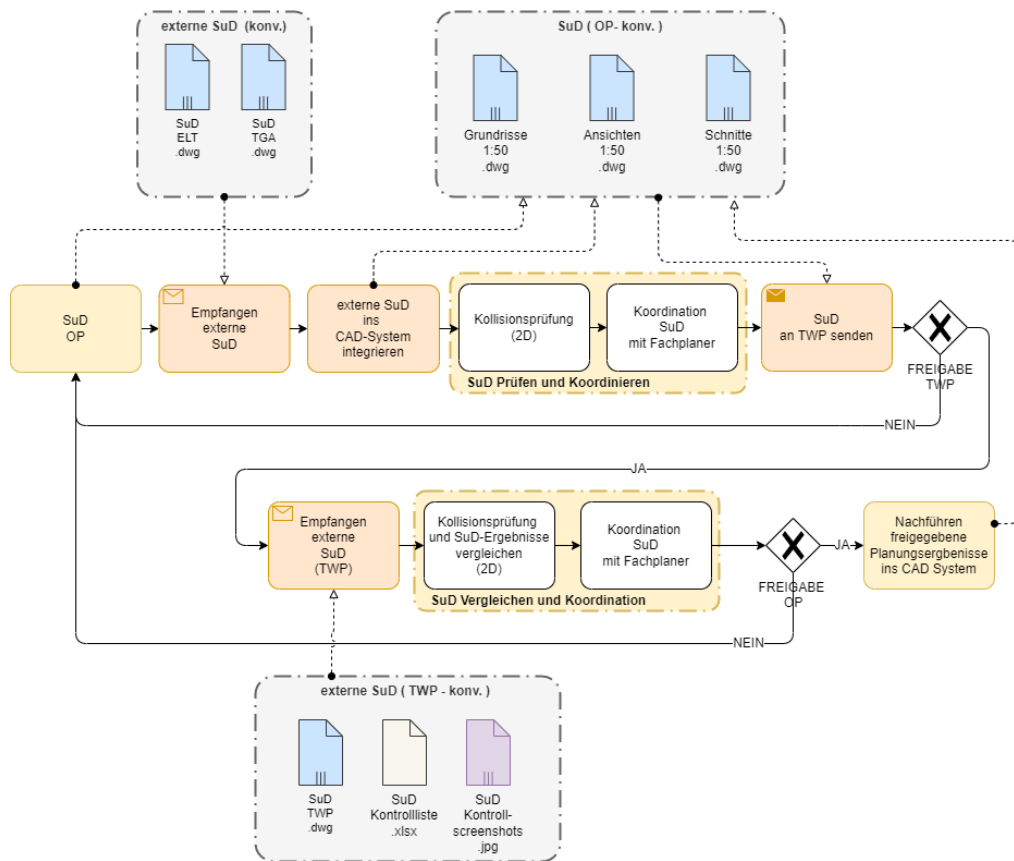


Abbildung 72: Subprozess SuD (konventionell) LPH5: Projekt Alte Post BPMN(III)

Das Projekt Alte Post (Abb. 72) zeigt hingegen den aufwendigen Arbeitsablauf bei Verwendung von Unterschiedlichen Planungsmethoden aus Sicht der konventionellen Methode dar. Die SuD Planung wird zuerst vom OP konventionell erstellt und in den CAD-Plänen eingetragen und bemaßt. Danach werden diese an den TWP übermittelt. Dieser führt dann im eigenen BIM Datenmodell die benötigten Aussparungen nach und prüft diese mit automatisierten

Verfahren auf Kollisionen und statische Gegebenheiten. Danach generiert der TWP die relevanten Planansichten und Prüfungsprotokolle und sendet die Ergebnisse wieder zurück an OP zur Freigabe. Wird die SuD OP freigegeben, wird dann diese in die konventionelle Planung nachgeführt.

Konventionelle Planzeichnung vs. BIM Modellierung

Die untersuchten Fallstudien weisen große Unterschiede bei der Erstellung der Bauzeichnungen in den jeweiligen Planungsmethoden auf. Dabei nehmen der jeweilige Bautyp und die unterschiedliche Komplexität der Architektur Einfluss auf die Erstellung der Pläne. Das Erstellen der Plangrafik in konventioneller Planungsmethode erweist sich als besonders zeichnungsintensiv (Abb. 73). Im konventionellen Projekt Alte Post werden die

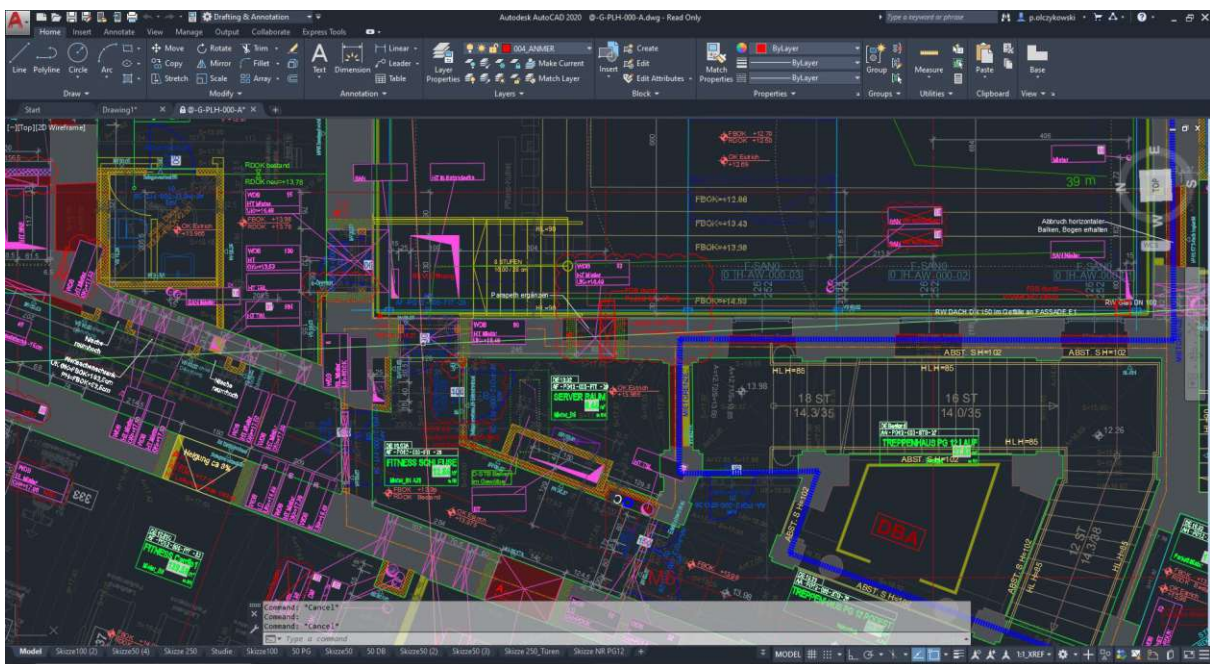


Abbildung 73: Planzeichnung konventionell 2D-CAD, Projekt Alte Post

Planansichten jeweils nur von einem Planzeichner bearbeitet, ein gemeinsames Arbeiten im CAD-System ist nicht möglich. Planungsänderungen müssen in allen relevanten Planansichten einzeln nachgeführt werden, was zu einem hohem Zeichnungs- und Koordinationsaufwand führt. Primär wird mit Polylinien gezeichnet. Zusätzlich werden statische CAD-Blöcke und dynamische CAD-Blöcke verwendet (Abb.74). Diese beinhalten Parameter und lassen sich in Größe oder Konfiguration ändern. Sie sind jedoch nicht assoziativ müssen händisch

nummeriert und mit den nötigen Informationen befüllt werden, wodurch Eingabefehler entstehen können.

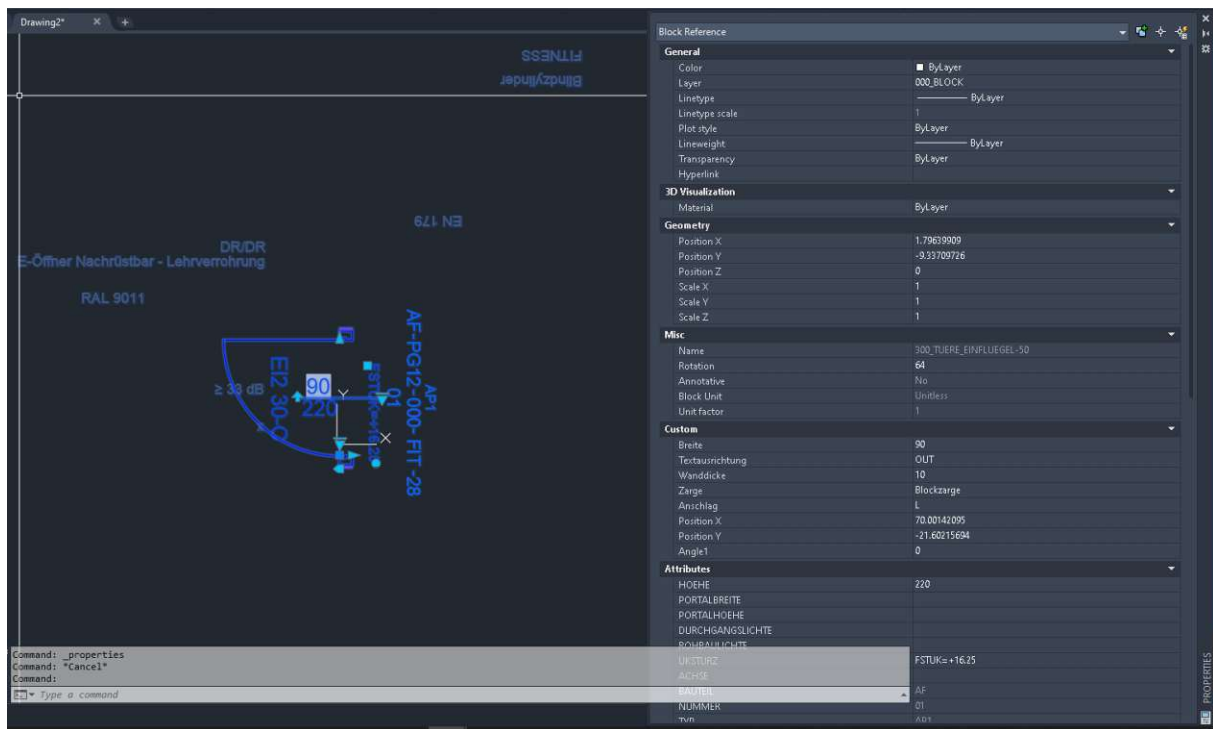


Abbildung 74: CAD Block, konventionelle Planungsmethode

Die Auswertung der Planinformationen ist in der konventionellen Planung sehr begrenzt. Flächenermittlungen werden ausgelesen, dafür sind aber geschlossene Polylinien die Voraussetzung. Alle weiteren Parameter der Zeichnungselemente werden manuell ausgelesen. Insgesamt zeigt sich die Inflexibilität der 2D-Planung daher sehr arbeitsintensiv. Die manuelle Übertragung der Informationen bei der MuM führt zusätzlich zu Informationsverlust und erweist sich demnach als potenzielle Fehlerquelle.

Anders als in konventioneller Planungsmethodik wird bei der BIM Planung in einem Zentralmodell bauteilorientiert modelliert. Die Bauteile oder auch System-Familien sind adaptive und parametrische Modellelemente mit geometrischen und alphanumerischen Ausprägungen. Diese lassen sich in Bauteillisten bearbeiten, und Änderungen wirken sich auf alle relevanten Bauteile im Datenmodell aus. (Abb. 75).

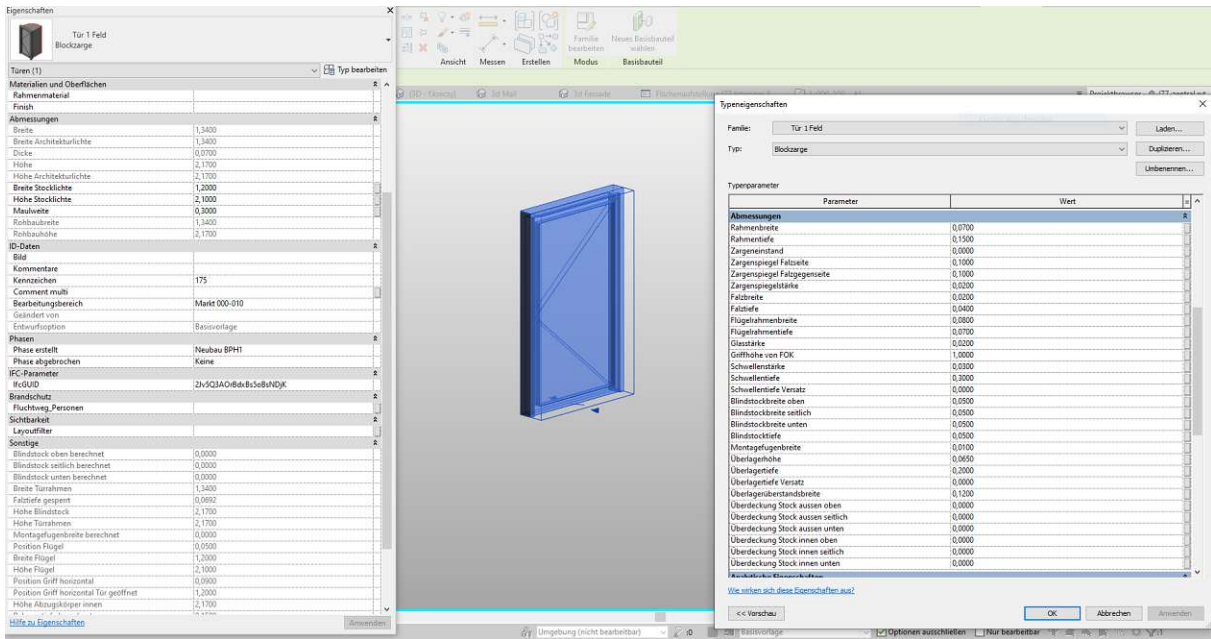


Abbildung 75: System-Familie/Bauteil Tür, BIM Planungsmethodik

Planansichten bilden in der BIM Methodik konsistent das Datenmodell ab, wodurch Änderungen in allen Ansichten aktualisiert werden und dadurch enorm Zeit eingespart wird (Abb. 76).



Abbildung 76: Datenmodell und abgeleitete Planansicht BIM, Projekt Zebra

Die Modellierung des Datenmodells wird dabei besonders durch die die Komplexität des Bauvorhabens beeinflusst. Im Projekt Zebra kommt die orthogonale Form, die Symmetrie des Gebäudes und die Regelgeschosse, sowie die große Anzahl an geometrischen Wiederholungen dem Modellieren entgegen. Anders hingegen zeigt sich die Modellierung im Bestand wie es im Projekt I77 und in der Bestandsmodellierung des TWP Fachdatenmodells im Projekt Alte Post zu sehen ist. Denn für die Bestandsmodellierung werden individuelle Bauteile erstellt. Unregelmäßigkeiten, unterschiedliche Größen und Höhen, komplexe Geometrien, erschweren dabei die Bestandsmodellierung (Abb. 77).

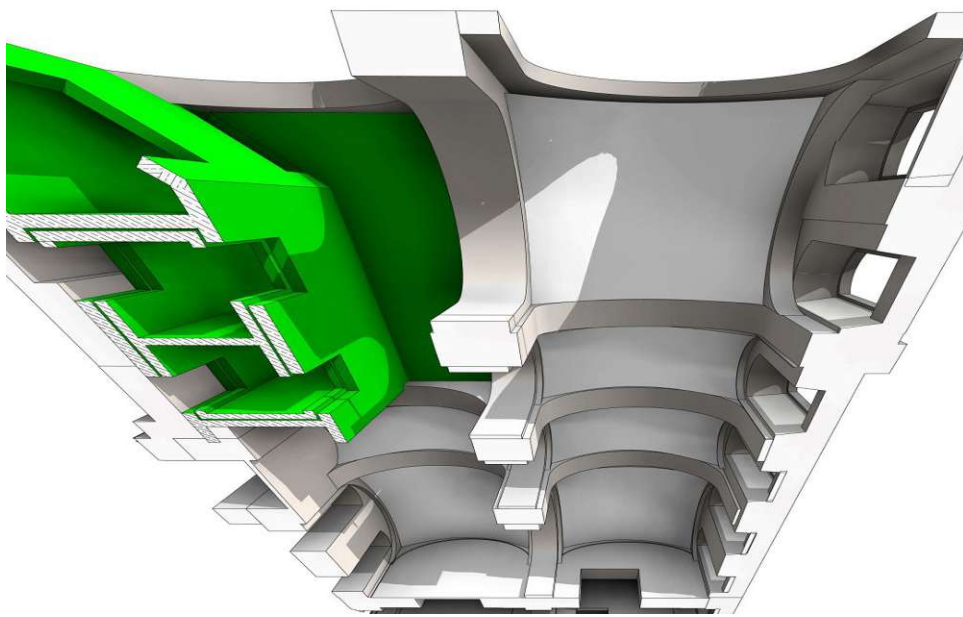


Abbildung 77: Bestandsmodellierung der TWP: Gewölbe; Projekt Alte Post; Bildquelle: FCP Statik

Dennoch zeigt sich in der BIM Planungsmethode, dass die Erstellung der Planzeichnungen wesentlich effizienter ist als in der bisherigen konventionellen Planzeichnung. Tür-, Fenster-, Raum- und Wandstempel können über automatisierte Vorgänge in den jeweiligen Planansichten automatisch platziert werden. Die benötigten Parameter für die Baustempel werden dabei automatisch aus dem Datenmodell bzw. aus den Bauteilen bezogen und passen sich an den Planungsmaßstab an. Besonders bei einer hohen Anzahl an Bauelementen im Projekt erweist sich diese Automatisierung beim Erstellen der Plangrafik als großer Vorteil, wodurch manuelle Arbeitsprozesse, wie das Einfügen und Beschriften, erspart bleiben. Umso weiter die Planung voranschreitet und desto mehr Informationsgehalt im Datenmodell besteht, umso mehr werden die Stärken der BIM Planungsmethodik erkenntlich. Das Generieren von dynamisch assoziierten Kontrolllisten mit den Bauwerksdaten und

Planinformationen, wie auch die Möglichkeit, die Planinformationen über diese zu steuern, weisen einen enormen Mehrwert bei Planungsänderungen und im Koordinationsmanagement auf. Dabei werden z.B. die Eigenschaften aus dem Aufbautenkatalog des Bauphysikers in verknüpfte Listen übertragen, die sich automatisch auf alle Bauelemente im Datenmodell auswirken. Auch für die große Anzahl der Türen und Fenstern in diesem Projekt erweisen sich die verknüpften Listen als enormer Vorteil, da sich die Bauteile über diese steuern und bearbeiten lassen.

Die kollaborativen Arbeit am Datenmodell ermöglicht es, gleichzeitig im Datenmodell zu arbeiten. Besonders in der LPH5 wirkt sich das positiv auf die Arbeitseffizienz aus. Mit bis zu zehn Mitarbeitern wird in dem Projekt Zebra intern gemeinsam im Datenmodell geplant. Jedoch wird sichtbar, dass durch die steigende Komplexität der Planung die Qualitätssicherung eine große Rolle spielt und ausschlaggebend für die Funktionalität in der BIM Planungsmethodik ist. Die Untersuchung zeigt auch, dass immer wieder Modellier- und Anwendungsfehler entstehen, die sich auf die Plandarstellung und Planung auswirken. Besonders in der LPH5 steigt dadurch der Aufwand der Fehlerbehebung, was sich negativ auf den Planungsfortschritt auswirkt. Die Software ermöglicht zwar das Retuschieren der Fehler in den Planansichten, diese werden aber nicht behoben. Dadurch wird die Planung inkonsistent und beeinflusst auch die MuM.

4 Diskussion

Wie ist das Verhältnis zwischen konventioneller und BIM Planung in der Praxis?

Die Ergebnisse der untersuchten BIM Pilotprojekte zeigen, dass sich oft die Arbeitsprozesse aus BIM und konventioneller Planungsmethoden vermischen. Dadurch entstehen hybride Prozesse. In vielen Fällen führen diese hybriden Arbeitsprozesse zu Mehraufwand und zu einem dysfunktionalen Datenmodell. Dabei zeigen die Fallstudien auf, dass die Ursachen unter anderem auf Zeitmangel, nicht geregelte Arbeitsabläufe, nicht definierte Datenintegrationsstrategien und fehlende Standardisierung der Dateiformate zurückzuführen sind.

So werden zum Beispiel im Projekt I77 in der LPH3 aus Zeitgründen für den Bereich Außenanlagen und Parkplatz, anstatt diesen Bereich zu modellieren, 2D-CAD Planungszeichnungen aus der konventionellen Vorplanung (LPH2) in das Datenmodell verlinkt und in den jeweiligen Planansichten überblendet. Aus dem Datenmodell werden hybride Pläne generiert, die zu einem Teil die Informationen aus dem Datenmodell und zum anderen Teil die eingebettete 2D Planung abbilden. Planänderungen in diesem Bereich müssen daher in konventioneller Methode durchgeführt werden, sprich in externer CAD-Software. Da der Außenbereich im Datenmodell nicht modelliert wird, wird vorerst viel Zeit gespart, jedoch erweist sich diese Methode später als weniger nachhaltig. Denn die überblendeten 2D Daten werden nicht konsistent in allen Planansichten dargestellt und Mengen und Massen können nicht für diesen Bereich bezogen werden. Der Bearbeitungsaufwand der 2D Daten steigert sich zusätzlich mit der Komplexität des Planungsverlaufs und weist durch die Verwendung von beiden Planungsmethoden erhöhtes Fehlerpotential auf.

Eine weitere Beobachtung zeigt, dass besonders durch unzureichende Datenintegritätsstrategien und fehlenden Standardisierung der Dateiformate in allen untersuchten Projekten gezwungenermaßen hybride Arbeitsprozesse beim Datenaustausch entstehen, die dadurch einen Mehraufwand und dysfunktionales Datenmodell verursachen.

Da im Projekt I77 der OP in einer BIM-Insellösung (Little BIM) plant und die Fachplaner in konventioneller Planungsmethode planen, müssen die externen Planungsergebnisse erst in

das BIM System integriert werden. Dabei werden 2D Vektordaten und 3D Geometriedaten in das Datenmodell importiert und nachbearbeitet. In manchen Fällen werden die externen Planungsergebnisse auch komplett nachmodelliert.

Das Projekt Zebra wird als Big Open-Closed BIM Lösung geplant, doch auch hier kommt es zu einer ähnlichen Situation. Denn der offene Datenaustausch mit den Fachplanern scheitert an der fehlenden Qualität und Standardisierung der externen Daten. Die Planungsergebnisse werden fehlerhaft oder in einer zu hohen Detailstufe dargestellt. Aus diesem Grund wird teilweise wieder zu konventionellen Dateiformaten gegriffen, wodurch ebenfalls ein aufwendiger Integrierungsprozess für den OP entsteht.

Im konventionellen Projekt Alte Post ist in der LPH5 gut zu erkennen, dass ein Datenaustausch im selben Dateiformat keine zusätzlichen Integrierungsprozesse verursacht und dadurch ein Mehraufwand vermieden wird. Die externen Planungsergebnisse im DWG-Dateiformat werden ohne Bearbeitung direkt in die CAD-Planung verlinkt. Sieht man sich im selben Projekt den Datenaustausch in der Dachgeschossplanung an, bei der unterschiedliche Dateiformate ausgetauscht werden, ist wiederum ein aufwendiger Integrierungsprozess zu erkennen. Denn die externen Planungsergebnisse müssen mehrere Arbeitsschritte durchlaufen, bevor diese in der CAD-Planung weiterbearbeitet werden können.

Die Untersuchung zeigt aber, dass auch durch intentionale Entscheidungen hybride Arbeitsprozesse entstehen:

Beispielweise bei der Planung der Pfostenriegelfassade im Projekt I77 in der LPH3 stößt die BIM Software nämlich an ihre Grenzen und erweist sich bei der Modellierung als schwer bedienbar. Um dieses Problem zu lösen, werden konventionelle und BIM Arbeitsprozesse bewusst vermischt. Wegen der aufwendigen Bearbeitungsmöglichkeit in Revit, wird die Pfostenriegelfassade zuerst in konventionell in externer 2D-Software vordefiniert und später in BIM nachmodelliert.

Eine bewusste Vermischung von konventionellen und BIM Arbeitsprozessen zeigt sich in den untersuchten Projekten auch in der Entwurfsfindung. So werden zum Beispiel das Vordach im Projekt I77 in der LPH3 und die Fassade im Projekt Zebra in der LPH3 in externer 3D Software geplant und danach als 3D Geometriedateiformat in das Datenmodell importiert. Die

importierten Geometriedaten werden als reine Volumenkörper in allen Planansichten konsistent dargestellt. Größen, Flächen und Volumen lassen sich daraus für die Mengen und Massenermittlung (MuM) entziehen. Zwar entsteht ein leichter Mehraufwand durch die externe Bearbeitung, eine Beeinträchtigung der Funktionalität im Datenmodell ist nicht festzustellen. Der Vorteil dieser hybriden Anwendungsmethode ist, dass dadurch eine freiere Entwurfsfindung ermöglicht wird, da der Planer nicht an die Modellierungsgegebenheiten der BIM Software gebunden ist.

Auch in den Detailplanungsphasen der untersuchten Projekte wird eine hybride Methode bewusst angewendet und erweist sich als guter Lösungsansatz. Dabei werden Vorlagen für Leitdetails, Wandabwicklungen oder Visualisierungen aus dem Datenmodell generiert und konventionell weiterbearbeitet. Dadurch wird ein zu hoher Detaillierungsgrad im Datenmodell vermieden. Das schont die Datenmenge und Hardware-Performance und sorgt für eine bessere Lesbarkeit der Pläne, die sonst durch einen zu hohen Informationsgehalt beeinträchtigt werden. Da die Weiterbearbeitung keinen direkten Einfluss auf das Datenmodell nimmt, wird auch die Funktionalität des Datenmodells daher nicht beeinflusst.

Zusammenfassend ist die durchgängige Planung in BIM Methode nicht zwingend, jedoch ratsam. Hybride Anwendungen können in einzelnen Fällen Vorteile schaffen, müssen jedenfalls mit Bedacht und gewollt verwendet werden. Denn das Vermischen der Planungsmethoden beeinträchtigt die Funktionalität des Datenmodells und führt meistens zu Mehraufwand. Mit der Steigerung der Komplexität im Planungsverlauf wird die Nachbearbeitung von den durch hybride Arbeitsprozesse entstandenen Fehlern im Datenmodell immer aufwendiger. Zusätzlich wird der Koordinationsaufwand und die visuelle Prüfung durch ein dysfunktionales und fehlerhaftes Datenmodell erschwert. Weiters resultiert aus der Untersuchung, dass generell bei Little BIM Lösungen (Insellösungen) durch die Verwendung verschiedener Dateiformaten und Planungsmethoden hybride Arbeitsprozesse entstehen.

Welche Faktoren beeinflussen die Strukturierung der Arbeitsprozesse?

In den Fallstudien wird deutlich sichtbar, dass die BIM Planungsmethode einen hohen Bearbeitungsaufwand erfordert und eine hohe Anwendungskomplexität aufweist. Im Gegensatz zur konventionellen Planungsmethode müssen bei der BIM Planung mehr Faktoren bedacht werden, andernfalls können ungewollt hybride Arbeitsprozesse entstehen, die zu Mehraufwand führen. Ebenso kann dadurch ein dysfunktionales Datenmodell entstehen. Handelt es sich beim Bauvorhaben um Umbau oder Bauen in Bestand, wird durch die Individualität des Gebäudes zusätzlich das Modellieren im Datenmodells erschwert, wie es sich im Projekt I77 und TWP Datenmodell in der Alten Post erweist. Um von den Vorteilen der BIM Methode profitieren zu können, erfordert es daher eine geregelte Strukturierung der Arbeitsprozesse. Aus der Untersuchung geht hervor, dass folgende Faktoren die Strukturierung der Arbeitsprozesse beeinflussen:

- BIM Regelwerke
- Datenintegritätsstrategie und Datenstandard
- Qualitätssicherung
- Bürostandards

Gerade wegen der komplexen Arbeitsprozesse in der BIM Methode benötigt man einen vorgegebenen Plan für die Arbeitsabläufe und definierte Ziele. Diese werden in den BIM Regelwerken festgelegt, welche als Handbuch für Auftraggeber (AG) und Auftragnehmer (AN) dienen. BIM Regelwerke schaffen Klarheit zwischen AG und AN. Sie helfen, zu erkennen, welche Informationen zum Erreichen der Projektziele notwendig sind. Sie legen den Projektbeteiligten die Anforderungen, die Rollen und Vorgehensweisen für eine erfolgreiche Umsetzung der BIM Planungsmethodik fest. Sind sie vertraglich relevant, schützen sie den AN vor unerwarteten Mehraufwand und vereinfachen das Nachvergüten von zusätzlich entstandenen Leistungen (Eichler et al. 2021).

Die Untersuchung der Fallstudien zeigt, dass Regelwerke wie Auftrags- Informationsanforderungen (AIA) und BIM-Abwicklungsplan (BAP) in allen untersuchten Projekten fehlen. Ein Grund für das Fehlen der Regelwerke ist unter anderem, dass die Regelwerke noch nicht verpflichtend sind.

Ein Bereich, der deutlich wegen unzureichender BIM Regelwerke die Planung in BIM Methode beeinträchtigt, weisen die Fallstudien in der Interoperabilität auf. In den behandelten Projekten wird lediglich für das Projekt Zebra gemeinsam vom OP und TWP eine reduzierte BAP erstellt, welche den nativen Datenaustausch (Closes-BIM) zwischen den beiden Fachplanern beschreibt. Für den offenen Datenaustausch mit den restlichen Fachplanern werden in diesem Projekt jedoch keine spezifischen Regeln definiert. Dies führt dazu, dass die externen Planungsergebnisse keiner Standardisierung entsprechen und unterschiedliche Qualitäten aufweisen, wodurch ein aufwendiger Integrierungsprozess für den OP entsteht, der nicht nur hybride Arbeitsprozesse und Mehraufwand verursacht, sondern sich auch als potenzielle Fehlerquelle bei der Übertragung der externen Planungsergebnisse entpuppt.

In den Projekten I77 und Alte Post werden gar keine Regelungen und Strategien hinsichtlich BIM Datenaustausch definiert und lehnen sich auf konventionelle Planungsmethode an. Die Interoperabilität findet daher im Try & Error -Prinzip statt, und wird während der Planung je nach Bedarf angepasst. Das führt ebenfalls, wie im Projekt Zebra, zu unerwarteten Ergebnissen und zu einem Mehraufwand für den OP im Datenaustausch durch den dadurch entstandenen Integrierungsprozess.

Die nicht definierten Regelwerke werden auch besonders in der Schlitz- und Durchbruchplanung (SuD) in den Projekten I77 und Zebra sichtbar. Denn die für die SuD benötigten Ausparungselemente weisen durch die fehlende Standardisierung unterschiedliche Qualitäten auf, wodurch sich ihre Verwendung unbrauchbar macht. Das zwingt den OP auf konventionelle Planungsergebnisse der Fachplaner (2D Planung) zurückzugreifen. Durch den Integrierungsprozess entstehen nicht nur hybride Planungsprozesse, die zusätzlich einen erhöhten Kontrollbedarf erfordern, sondern es entsteht ein enormer Mehraufwand für den OP, da die SuD im Datenmodell nachmodelliert werden muss.

Weiters zeigt die Untersuchung, dass die Qualitätssicherung für die Strukturierung der Arbeitsprozesse und damit für eine funktionale BIM Planung ein maßgeblicher Faktor ist. Sie wird ebenfalls in den Regelwerken definiert und beschreibt das fertigungsgerechte Konstruieren des Datenmodells, die Instandhaltung eines funktionalen Datenmodells, sowie das Einhalten der Anwendungsabläufe. Wird die Qualitätssicherung außer Acht gelassen

entstehen unregelmäßige und hybride Arbeitsprozesse, die zu Mehraufwand und einem dysfunktionalen Datenmodell führen. Um die Qualitätssicherung zu gewährleisten, wird in der BIM Theorie hierfür die Rolle eines BIM Koordinators definiert. Dieser soll auf die Einhaltung der Arbeitsabläufe und die Instandhaltung des Modells achten und unterstützt die Planer bei der Anwendung der BIM Software. In den untersuchten Projekten wird die Rolle des BIM Koordinators zwar vergeben, jedoch zeigt sich, dass diese Rolle unterschätzt wird, da die BIM Koordinatoren auch gleichzeitig in der Planung involviert sind und daher nicht ausreichend Ressourcen frei haben, um Qualität der Planung und Datenmodell im vollen Umfang sicherzustellen.

Die Bürostandards sind ein weiterer Faktor, der maßgeblich für eine optimale BIM Planung und für die Optimierung der Arbeitsprozesse ist. Bürostandards helfen dabei den Planungsablauf durch Systemvoreinstellungen zu optimieren und dadurch wiederholende Arbeitsprozesse zu vermeiden. Sie stellen ein vorgefertigtes Baukastensystem für den Anwender in der verwendeten Planungssoftware zur Verfügung. Bürostandards werden grundsätzlich zu Beginn der BIM Planung eingerichtet und sind individuell auf den bürointernen Arbeitsablauf angepasst. Zu den Bürostandards zählen in den untersuchten Projekten unter anderem Systemeinstellungen, Vorlagen, Darstellungstemplates, System-Bauteilbibliotheken, vorgefertigte Planlayouts und voreingestellte Übersetzungsvorlagen zum Generieren von diversen Dateiausgabeformaten. Bürostandards müssen evaluiert und angepasst werden. Da es sich in den Fallstudien um Pilotprojekte handelt, sind die Bürostandards daher noch nicht vollständig ausgereift. Dennoch zeigen sie ihre Effektivität. Besonders zu Beginn der Planung im Projekt Zebra und I77 kann durch die Bürostandards Zeit eingespart werden, denn gerade zu Beginn einer Planung weist die BIM Planungsmethode einen hohen administrativen Aufwand auf. Die durch die Bürostandards voreingerichteten Systemfamilien, Beschriftungselemente, sowie Darstellungsvorlagen helfen deswegen die BIM Planungsmethode zügig und fertigungsgerecht zu implementieren, sodass das Augenmerk auf die Planung gerichtet werden kann. Auch bei der Umstellung des Planmaßstabes zeigt sich in den Projekten, dass durch die vorgefertigten Darstellungsvorlagen die Planung sehr zügig auf den neuen Maßstab umgestellt werden kann, was einen großen Mehrwert mit sich bringt.

Welche strategischen Muster sind bei der BIM Implementierung erkennbar?

Die Ergebnisse der Arbeitsprozesse zeigen auf, dass schon zu Beginn bei der BIM Implementierung mit dem Erstellen der Grundlagen (Projekt I77 LPH2 und LPH3, Projekt Zebra LPH3) ein erhöhter Arbeitsaufwand festzustellen ist und diese maßgeblich für eine funktionale BIM Planung sind. Anders als in der konventionellen Methode, bei der das Erstellen der Grundlagen nicht zwingend nötig ist bzw. auch zu einem späteren Zeitpunkt nachgeführt werden kann, wie es in der konventionellen Planung im Projekt I77 in der LPH1 sichtbar ist, ist eine Planung in der BIM Methode ohne dem Einrichten der Grundlagen kaum möglich. Das Einrichten der Grundlagen setzt sich in den untersuchten BIM Projekten aus Softwareadministration und je nach Bauvorhaben aus dem Erstellen eines Grundlagendatenmodells zusammen. Je nach Datenintegrationsstrategie und Bauvorhaben muss das Planungssystem individuell eingerichtet werden. BIM Regelwerke und ausgearbeitete Bürostandards helfen bei der BIM Implementierung. Denn BIM Regelwerke erläutern den Arbeitsverlauf und definieren die Ziele und die Bürostandards liefern vordefinierte Systemvoreinstellungen und Systembauteil-Bibliotheken.

Handelt es sich bei dem Bauvorhaben nicht um eine Neuplanung, sondern um einen Umbau, oder wird die BIM Methode erst in einer späteren Phase implementiert, wie es beim Projekt Zebra der Fall ist, muss in der BIM Planungsmethodik als Basis für weitere Planung ein Datenmodell erstellt werden. Je nach Anforderung wird dabei die Bestandsarchitektur oder die Vorplanung ins Datenmodell übertragen. Die Komplexität, die Größe und die Grundlagen des Bauvorhabens beeinflussen dabei den Modellierungsprozess. Besonders bei Altbauten, wie es beim Modellieren des Datenmodells durch die TWP in der Alten Post zu sehen ist, erschweren Unregelmäßigkeiten in den Wänden, unterschiedliche Höhen und Aufbauten, individuelle Formen und historische Bauteile, wie zum Beispiel Bogendecken und Spitzbogenfenster etc., die Modellierung. Bei symmetrischen, orthogonalen und oft wiederholenden architektonischen Gegebenheiten, wie es sich im Projekt Zebra zeigt, können hingegen die Stärken der bauteilorientierten Modellierung in BIM Planungsmethodik ausgereizt werden. Automatisierte Modellierungsprozesse erleichtern dabei die Erstellung des Datenmodells.

Sind 3D Vermessungsdaten (Punktwolke) vorhanden, lassen sich diese in der BIM Planungsmethodik sogar automatisch durch die BIM Software rekonstruieren, was sich bei der Erstellung des Dachstuhls in der Alten Post (TWP) erkenntlich macht. Dadurch können komplexe Geometrien sehr genau erstellt werden.

Im Gegensatz zur BIM Planungsmethode, kann in der konventionellen Planungsmethode hingegen direkt mit vorhandenen konventionellen Bestandsdaten oder auf einer bereits erstellten konventionellen Vorplanung weitergearbeitet werden (siehe Projekt I77 LPH1). Der Grund dafür liegt im Stand der Technik. Denn heutzutage bestehen die Grundlagen (wie z.B. Bestandspläne, Bebauungspläne, Vermessungsdaten, div. Plandokumente, etc.) noch aus konventionellen 2D- und 3D- Dateiformaten, Rasterformaten oder gar Papierformaten. Objektdateiformate werden noch selten als Grundlage von AG oder Behörden übermittelt. Dadurch müssen in der BIM Methode die konventionellen Grundlagendaten und Dokumente erst in das BIM Planungssystem integriert und angepasst werden, wodurch in der BIM Methode ein Mehraufwand zu Beginn der Planung entsteht.

Zu welchem Zeitpunkt ist die BIM Implementierung am sinnvollsten?

Da bei der Implementierung ein erhöhter Arbeitsaufwand festzustellen ist und dieser von einigen Faktoren abhängt ist ein möglicher Zeitpunkt einer geregelten BIM Planung nach einer ausgearbeiteten Vorplanung.

In der Untersuchung wird sichtbar, dass sich dadurch das Datenmodell fertigungsgerechter erstellen lässt und die BIM Planungsmethode geregelter implementiert werden kann, wenn bereits eine ausgearbeitete und definierte Vorplanung existiert, wie es zu Beginn im Projekt Zebra zu sehen ist. So werden Modellier- und Anwendungsfehler aus der Vorplanung vermieden und es lässt sich besser in der Vorplanung auf die Entwurfsfindung fokussieren. Zwar entsteht ein zusätzlicher Mehraufwand beim Erstellen des Datenmodells, aber es steht in keiner Relation zu dem Mehraufwand, der durch die Nachbearbeitung und Dysfunktionalität eines fehlerhaften Datenmodell aus der Vorplanung entsteht.

Das bedeutet, dass aber auch die Vorplanung schon in BIM Planungsmethode erstellt werden kann, aber die Qualitätssicherung und sonstige Maßnahmen, die für eine funktionale BIM Planung essenziell sind, nicht eingehalten werden müssen.

In welchen Bereichen profitiert die Planung von der BIM Methode?

Die Untersuchung zeigt, dass die gesamte Planung prinzipiell vom Modellieren im Datenmodell profitiert. Durch die visuelle Kontrolle im Datenmodell wird ein höheres Verständnis der Planung ermöglicht und es fördert die Kommunikation intern und wie auch mit den Fachplanern. Insbesondere schafft dabei das konsistente Ableiten des Datenmodells und die Verwendung von Bauteilelementen einen großen Mehrwert für die Planung.

Denn anders als in der konventionellen Planungsmethode, bei der Planänderungen in jeder relevanten Planansicht einzeln von einem Anwender nachgeführt werden, was in der konventionellen Planung im Projekt Alte Post zu sehen ist, kann das BIM Datenmodell von mehreren Anwendern gleichzeitig bedient werden und Änderungen im Datenmodell wirken sich konsistent auf alle Planansichten aus. Besonders bei großen Bauvorhaben kann dadurch BIM effektiv eingesetzt werden. Im Projekt Zebra arbeiten so bis zu 10 Mitarbeiter gleichzeitig im Datenmodell und durch die konsistente Abbildung des Datenmodells werden bei Änderungen die Vielzahl an Planansichten automatisch adaptiert.

Das Modellieren mit Bauteilen in BIM Planungsmethode ermöglicht eine präzise Mengen- und Massenermittlung (MuM). So zeigt sich in den behandelten Projekten, dass dadurch die Variantenfindung in der Entwurfsphase begünstigt wird. Im Gegensatz zur konventionellen Planungsmethode können so schon in frühen Phasen eine genaue MuM erstellt werden die für die Kostenschätzung herangezogen werden, was sich im Projekt I77 in der LPH3 und im Projekt Zebra in der LPH3 erkenntlich macht. Umso weiter die Planung voranschreitet und umso mehr Informationsgehalt im Datenmodell daher besteht, desto wirkungsvoller zeigt sich das Auslesen der Parameter aus den Modellelementen. So werden im Projekt I77 in der LPH6 die Leistungsverzeichnisse (LVs) für die Ausschreibung zügig und präzise erstellt. Die Daten aus der MuM werden dabei über automatisierte Vorgänge in die richtigen Positionen der LVs ausgelesen.

Die Verwendung der alphanummerischen Modellelemente ermöglicht außerdem eine effiziente Produktverwaltung. So lassen sich z.B. die hohe Anzahl an Türen und Fenstern im Projekt Zebra über Bauteillisten übersichtlich und genau verwalten. Änderungen werden über die Parameter gesteuert und wirken sich auf alle im Datenmodell eingesetzten Elemente aus. Die Nummerierungen der Bauteilelemente und die Bauteilkennzeichen werden dabei automatisch generiert. Ebenso lässt sich bei der Planzeichnung davon sehr profitieren. So werden im Projekt Zebra Tür-, Fenster-, Raum- und Wandstempel über automatisierte Vorgänge in den jeweiligen Planansichten automatisch platziert. Die Planungssoftware bezieht die benötigten Parameter für die Baustempel automatisch aus den Bauteilen und der Informationsgehalt passt sich je nach Planungsmaßstab an. In konventioneller Planungsmethode, wie es im Projekt Alte Post zu sehen ist, müssen diese Daten hingegen manuell eingegeben werden, wodurch ein großer Aufwand benötigt wird und Fehlerpotential durch die manuellen Eingaben gegeben ist.

Die adaptive Eigenschaft der Bauteilelemente ermöglicht außerdem über Darstellungsvorlagen zügig Planmaßstabsänderungen auszuführen. In den Projekten I77 und Zebra kann dadurch jeweils zu Beginn der LPH5 enorm Zeit eingespart werden. Um einen höheren Detaillierungsgrad zu erreichen, müssen daher nicht, wie im konventionellen Beispiel Alte Post, alle Planansichten einzeln nachgeführt werden.

Zusätzlich führt die bauteilorientierte Modellierung dazu, dass durch den Detaillierungsgrad der Bauteile schon in früher Phase Problemstellen erkenntlich werden. Das zeigt sich in der Übergangsphase im Projekt I77. Dort werden schon in der LPH2 und LPH3 beim Übertragen der Planung das BIM System benötigte Konstruktionsmaßnahmen ersichtlich. Ein Nachteil, der durch die bauorientierte Modellierung in den untersuchten Projekten zeigt, ist, dass durch den hohen Detaillierungsgrad die freie Entwurfsfindung beeinflusst wird.

So zeigt die Untersuchung der Pilotprojekte, dass die BIM Planungsmethode umso effektiver ist, je weiter die Planung voranschreitet. Voraussetzung dafür sind jedoch ein funktionales Modell und geregelte Arbeitsprozesse.

Ein weiterer Bereich, von dem die Planung in BIM profitiert, ist das Closed-BIM Verfahren. Im Projekt Zebra planen und arbeiten der OP und TWP bis zur LPH6 im selben Datenmodell. Über die in der Software festgelegten Bearbeitungsbereiche können die Planer jeweils an ihrem

zugehörigen Teil im Datenmodell zugreifen. Über ein Änderungsmanagementtool werden Anmerkungen vergeben und sind direkt im Modell verknüpft. Da es sich beim Projekt Zebra um ein Pilotprojekt handelt, treten immer wieder noch Problemstellungen und unregelte Arbeitsprozesse auf. Dennoch weist das Closed-BIM Verfahren hohes Potential in der interdisziplinären und kollaborativen Zusammenarbeit auf. Zusätzlich entfällt durch die Zusammenarbeit in einem Datenmodell das Thema der Standardisierung, was mitunter einer der Faktoren für ungewollte hybride Prozesse und den damit verbundenen Mehraufwand ist.

5 Ausblick

Die Ergebnisse unterstreichen das Potenzial von BIM und zeigen gleichzeitig auf, dass der Aufwand wesentlich größer und komplexer ist, als erwartet. Es entstehen neue zusätzliche Arbeitsprozesse, die bisher in der konventionellen Planungsmethode nicht bekannt waren. Gleichzeitig verschieben sich die Leistungen in den LPH, wodurch die Planung und auch die Honorierung neugedacht werden muss. Der komplexe Arbeitsverlauf in der BIM Planung ist fehleranfällig, wodurch schnell ein Mehraufwand entstehen kann. Umso wichtiger ist es deswegen, BIM Regelwerke und eine Zielsetzung zu definieren. Misserfolge sind beim Implementieren einer neuen Planungsmethode unumgänglich und sollten zur Evaluierung effektiv genutzt werden.

Die BIM Planungsmethode löst einen Änderungsprozess in der Bauindustrie aus und zeigt, dass die Zeit der konventionellen Planung definitiv abgelaufen ist. Um diesen Änderungsprozess zu meistern, benötigt es den Willen aller Beteiligten. Von Mitarbeiter über Geschäftsführung, bis hin zur Forschung, Industrie und Politik.

Gerade bei einer solchen Entwicklung ist es wichtig, dass die Digitalisierung, die Automatisierung und die wirtschaftlichen Interessen die Architektur nicht zu sehr in Richtung Generalisierung der Bauplanung (Generalunternehmen, Totalunternehmen) lenken. Die Planungsmethodik sollte eine Bereicherung sein, ein Werkzeug, das den Architekten unterstützt. Das Gleichgewicht zwischen technischer und gestalterischer Innovation sollte ausgeglichen sein, sodass die Qualität der gestalterischen und freien Architekturplanung nicht verloren geht.

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Reifegradmodell nach Mark Brew und Mervin Richards, Quelle: bimpedia.eu	11
Abbildung 2: BIM Dimensionen, Quelle: www.baunetzwissen.de	12
Abbildung 3: Datenintegritätsstrategien.....	15
Abbildung 4: Level of Geomertry LoG, Quelle: www.bimpedia.eu.....	17
Abbildung 5: BIM Regelwerke; Quelle: Platform 4.0, buildingSmart	19
Abbildung 6: Datenaustauschformate (Eastman 2011, S. 109)	20
Abbildung 7: Leistungsphasen nach HOAI 2013 und LM.VM 2014.....	24
Abbildung 8: Kernelemente BPMN; Quelle: Freund et al. 2010, S. 21.....	26
Abbildung 9: Prozessdiagramm Detailstufe 1 - BPMN (I).....	29
Abbildung 10: Prozessdiagramm Detailstufe 2 - BPMN (II).....	30
Abbildung 11: Prozessdiagramm Detailstufe 3 – BPMN (III), oben; Legende Prozessdiagramme BPMN(III), unten.....	31
Abbildung 12: Arbeitsgruppen in einer LPH.....	32
Abbildung 13: I77 Interspar Amstetten; Quelle: hochform Architekten ZT GmbH, 2022.....	35
Abbildung 14: Grundriss Erdgeschoss LPH3; Projekt I77	36
Abbildung 15: Gesamtübersicht; Projekt I77 BPMN(I).....	38
Abbildung 16: Arbeitsprozesse LPH1; Projekt I77 BPMN(II)	39
Abbildung 17: Erstellung Grundlagen und Hauptplanungsphase LPH2, oben; Detailplanungsphase und Abschluss LPH2, unten; Projekt I77 BPMN(II)	40
Abbildung 18:Erstellung der Grundlagen und Hauptplanungsphase LPH3; Projekt I77 BPMN(II).....	41
Abbildung 19: Detailplanungsphase und Abschluss LPH3; Projekt I77 BPMN(II).....	42
Abbildung 20: Arbeitsprozesse LPH4; Projekt I77 BPMN(II)	43
Abbildung 21: Erstellung Grundlagen LPH5; Projekt I77 BPMN(II)	44
Abbildung 22: Hauptplanungsphase LPH5, oben; Detailplanungsphase und Abschluss LPH5, unten; Projekt I77 BPMN(II).....	45
Abbildung 23: Arbeitsprozesse LPH6; Projekt I77 BPMN(II)	46
Abbildung 24: Arbeitsprozesse LPH7, oben; Arbeitsprozesse LPH8, unten; Projekt I77 BPMN(II).....	47
Abbildung 25: Subprozess - Einrichten des konventionellen Planungssystems LPH1; Projekt I77 BPMN(III)	48
Abbildung 26: Subprozess - Einrichten des BIM Planungssystems LPH2; Projekt I77 BPMN(III)	49
Abbildung 27: Subprozess - Erstellen Grundlagendatenmodell LPH3; Projekt I77 BPMN (III)	50
Abbildung 28: Subprozess - Erstellen Grundlage LPH5; Projekt I77 BPMN(III)	51
Abbildung 29: Hauptplanungsphase LPH3; Projekt I77 BPMN(III)	52
Abbildung 30: Subprozess - Integrieren externe Planung LPH3; Projekt I77 BPMN(III).....	53
Abbildung 31: Detailplanungsphase LPH5; Projekt I77 BPMN(III)	54
Abbildung 32: Subprozess - SuD LPH5; Projekt I77 BPMN(III).....	55
Abbildung 33: Automatisierte MuM für LVs mit externer Anbindung LPH 6, Projekt I77	56
Abbildung 34: Zebra; Quelle: hochform Architekten ZT GmbH, 2022	57
Abbildung 35: Grundriss Regelgeschoss LPH3; Projekt Zebra.....	58
Abbildung 36: Gesamtübersicht; Projekt Zebra BPMN(I).....	60
Abbildung 37: Erstellen der Grundlagen LPH3; Projekt Zebra BPMN(II).....	61
Abbildung 38: Hauptplanungsphase LPH3, oben; Detailplanungsphase LPH3, unten; Projekt Zebra BPMN(II)	62
Abbildung 39: Arbeitsprozesse LPH4; Projekt Zebra BPMN(II)	63
Abbildung 40: Erstellung der Grundlagen LPH5; Projekt Zebra BPMN(II).....	64

Abbildung 41: Hauptplanungsphase und Detailplanungsphase LPH5; Projekt Zebra BPMN(II)	65
Abbildung 42: Detailplanungsphase und Abschluss LPH5; Projekt Zebra BPMN(II)	66
Abbildung 43: Arbeitsprozesse LPH6, oben; Arbeitsprozesse LPH7, unten; Projekt Zebra BPMN(II)...	67
Abbildung 44: Arbeitsprozesse LPH8; Projekt Zebra BPMN(II)	68
Abbildung 45: BIM Grundlagendatenmodell LPH3; Projekt Zebra.....	69
Abbildung 46: Subprozess - Erstellen der Grundlagen LPH3; Projekt Zebra BPMN(III)	70
Abbildung 47: Subprozess - Erstellen der Grundlagen LPH5; Projekt Zebra BPMN(III)	71
Abbildung 48: Hauptplanungsphase LPH5; Projekt Zebra BPMN(III).....	72
Abbildung 49: Subprozess - Integrieren externe Planung LPH5; Projekt Zebra BPMN(III)	73
Abbildung 50: Detailplanungsphase LPH5; Projekt Zebra BPMN(III)	74
Abbildung 51: Subprozess SuD LPH5; Projekt Zebra BPMN(III)	75
Abbildung 52: SuD im Datenmodell LPH5; Projekt Zebra	76
Abbildung 53: Alte Post Wien; Quelle: hochform Architekten ZT GmbH, 2022	77
Abbildung 54: Grundriss Obergeschoss 2 LPH4 (Teilbereich); Projekt Alte Post	78
Abbildung 55: Alte Post, Bestandsmodell und Neuplanung Statik Dach; Bildquelle: FCP Statik	79
Abbildung 56: Gesamtübersicht; Projekt Alte Post BPMN(I)	80
Abbildung 57: Arbeitsprozesse LPH5; Projekt Alte Post BPMN (II)	81
Abbildung 58: Arbeitsprozesse LPH5; Projekt Alte Post BPMN (II)	82
Abbildung 59: Arbeitsprozesse LPH5; Projekt Alte Post BPMN (II)	82
Abbildung 60: Subprozess - Erstellen der Planungsgrundlagen LPH5; Projekt Alte Post BPMN(III)	83
Abbildung 61: Hauptplanungsphase LPH5; Projekt Alte Post BPMN(III).....	84
Abbildung 62: Subprozess; Prüfen und Koordinieren LPH5; Projekt Alte Post BPMN(III)	85
Abbildung 63: Detailplanungsphase LPH5; Projekt Alte Post BPMN(III).....	86
Abbildung 64: Subprozess SuD, Detailplanungsphase LPH5; Projekt Alte Post BPMN(III).....	87
Abbildung 65: Subprozesse - Erstellen Grundlagen: Projekt I77 LPH1 (konventionell), oben; Projekt Zebra LPH3 (BIM), unten	88
Abbildung 66: Erstellen Grundlagen: Alte Post LPH5 (konventionell), oben; Zebra LPH5 (BIM), unten; BPMN (III)	90
Abbildung 67: Integrierungsprozess in BIM Planungsmethode; BPMN (III)	91
Abbildung 68: Integrierung externe Planung, oben; Integrierung Dachplanung, unten; Projekt Alte Post LPH5 BPMN(III)	93
Abbildung 69: Hybride Prozesse: Hauptplanungsphase LPH3; Projekt I77 BPMN(III)	95
Abbildung 70: Hybride Prozesse: Hauptplanungsphase LPH5; Projekt Zebra BPMN(III)	96
Abbildung 71: Subprozesse SuD (BIM) LPH5: Projekt I77, oben; Projekt Zebra, unten; BPMN(III)	98
Abbildung 72: Subprozess SuD (konventionell) LPH5: Projekt Alte Post BPMN(III).....	99
Abbildung 73: Planzeichnung konventionell 2D-CAD, Projekt Alte Post.....	100
Abbildung 74: CAD Block, konventionelle Planungsmethode.....	101
Abbildung 75: System-Familie/Bauteil Tür, BIM Planungsmethodik	102
Abbildung 76: Datenmodell und abgeleitete Planansicht BIM, Projekt Zebra	102
Abbildung 77: Bestandsmodellierung der TWP: Gewölbe; Projekt Alte Post; Bildquelle: FCP Statik..	103

7 Literaturverzeichnis

- Austrian Standards. 2022. *Building Information Modeling (BIM)*. <https://www.austrian-standards.at/de/themengebiete/bau-immobilien/building-informatin-modeling/alles-zu-bim>. Zugegriffen: 11. Mai 2022
- Baldwin Mark (Hrsg.). 2018. *Der BIM-Manager. Praktische Anleitung für das BIM-Projektmanagement*. Berlin, Wien, Zürich: Beuth Verlag GmbH.
- Block Marlena und Philipp Hagedorn. 2019. *Durchgängige Interoperabilität in BIM-basierten Workflows durch den Einsatz von Webschnittstellen*.
- Borrmann André, Markus König, Christian Koch und Jakob Beetz. 2015. *Building Information Modeling*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Both Petra, Volker Koch und Andreas Kindsvater. 2013. *BIM - Potentiale, Hemmnisse und Handlungsplan. Analyse der Potentiale und Hemmnisse bei der Umsetzung der integrierten Planungsmethodik Building Information Modeling - BIM - in der deutschen Baubranche und Ableitung eines Handlungsplanes zur Verbesserung der Wettbewerbssituation*. Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verl.
- Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort. 2016. *Digital Roadmap Austria*. Wien: Bundeskanzleramt und Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft.
- Coates Paul Stephen. 2013. *BIM Implementation strategy framework for small architectural practices*. Salford University: School of the Built Environment
- Eichler Christoph Carl. 2019. *BIM Leistungsbilder für Hoch- und Tiefbau*. Building SMART Austria.
- Eichler Christoph Carl, Schranz Christian, Krischmann Tina, Urban Harald und Gratzl Markus. 2021. *BIMcert Handbuch. Grundlagenwissen openBIM*. Building SMART Austria. Deutschland: Mironde-Verlag.

Freund Jakob, Bernd Rücker und Thomas Henninger. 2010. *Praxishandbuch BPMN. Inklusive BPMN 2.0*. München, Wien: Hanser.

Goger Georg, Piskernik Melanie und Urban Harald. 2017. *Studie: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Analyse der Potenziale und Herausforderungen durch die zunehmende Digitalisierung der österreichischen Baubranche, Ableitung von Handlungsfeldern für zukünftige Forschung aus Sicht von Wissenschaft und Praxis*.

Goger Georg und Reismann Wilhelm. 2018. *Roadmap Digitalisierung. Von Planen Bauen und Betreiben in Österreich. Building sMART*. Wien: TU-MW Media

Hausknecht Kerstin und Thomas Liebich. 2016. *BIM-Kompodium. Building Information Modeling als neue Planungsmethode*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.

hochform Architekten ZT GmbH. 2022. <http://www.hochform.com>. Zugegriffen: 20. August 2022.

Jung Youngsoo und Joo Mihee. 2010. *Building Information Modeling (BIM) Framework for Practical Implementation, Automation in Construction*.

Kammer der Ziviltechniker/innen. 2022. *BIM-Pilotprojekte - Meinungen und Erfahrungen*. https://www.arching.at/mitglieder/building_information_modeling_bim/bim_pilotprojekte_meinungen_und_erfahrungen.html. Zugegriffen: 14. August 2022.

Lechner Hans. 2017. *Ergänzungsheft für Building Information Modeling, LM. Leistungsmodell, VM. Vergütungsmodell, Objektplanung Architektur (OA.BIM)*. Graz: Verlag der Technischen Universität Graz.

Schober Kai-Stefan und Hoff Phillip. 2016. *Die Digitalisierung der europäischen Bauwirtschaft*. München: Roland Berger GmbH

Simmendinger Heinz. 2013. *HOAI 2013. Praxisleitfaden für Ingenieure und Architekten ; inkl. Verordnungstext. BfB - Baurecht für Bauingenieure*. Berlin: Ernst.

Succar Bilal und Kassem Mohamad. 2016. *Building Information Modelling: Point of Adoption*.

8 Anhang – BPMN

Im nachstehenden Anhang befinden sich die Prozessmodell-Diagramme BPMN (III) in voller Ansicht.

I77 Amstetten LPH1 – Grundlagenanalyse	S.122
I77 Amstetten LPH2 – Vorentwurf	S.123
I77 Amstetten LPH3 – Entwurfsplanung	S.124
I77 Amstetten LPH4 – Einreichplanung	S.125
I77 Amstetten LPH5 – Ausführungsplanung	S.126
I77 Amstetten LPH6 - Ausschreibung und Mitwirkung an der Vergabe	S.127
I77 Amstetten LPH7 – Begleitung der Bauausführung & LPH8 ÖBA und Dokumentation	S.128
Zebra Frankfurt – LPH3 Entwurfsplanung	S.129
Zebra Frankfurt – LPH4 Genehmigungsplanung	S.130
Zebra Frankfurt – LPH5 Ausführungsplanung	S.131
Zebra Frankfurt – LPH6 Ausschreibung & LPH7 Mitwirkung bei der Vergabe	S.132
Zebra Frankfurt – LPH8 ÖBA und Dokumentation	S.133
Alte Post Wien – LPH5 Ausführungsplanung	S.134

