

Wir ersuchen um kurze und prägnante Ausführungen in den einzelnen Abschnitten (Richtwert: 10 bis 20 Seiten).

ENDBERICHT		Angaben zum Projekt	
FFG-Projektnummer		879573	
eCall-Antragsnummer		34996592	
Kurztitel des Projekts		Interdisziplinäres BIM_basiertes Planungs-, Bau- und Betriebsprozessmanagement im Tunnelbau	
Förderungsnehmer oder Förderungsnehmerin		Österreichische Bautechnikveranstaltungs GmbH	
Berichtsnummer		1	
Berichtszeitraum		[01.07.2020 bis 30.06.2021	
Bericht erstellt von		Michael Pauser Jürgen Silberknoll Robert Galler Robert Wenighofer Alexandra Mazak-Huemer	

1 ZIELE UND ERGEBNISSE

Wurden die dem Förderungsvertrag zugrundeliegenden Ziele erreicht?

JA

NEIN

Bei JA: Vergleichen Sie die Ziele mit den erreichten Ergebnissen.

Beschreiben Sie Highlights und aufgetretene Probleme bei der Zielerreichung.

Aus der Umfrage der Projektpartner nach den in Planung, Bau und Betrieb eingesetzten Softwaretools wurde eine Anzahl von mehr als 50 genutzten Tools identifiziert (Abbildung 1). Das Ergebnis zeigt, dass es eine große Vielfalt von Anbietern am Markt gibt. Dabei bilden die unterschiedlichen proprietären Datenformate eines der größten Hindernisse bei der Umsetzung der Open BIM Version und dem nahtlosen (medienbruchfreien) Datenaustausch zur Umsetzung eines "Common Data Environments" (CDE).

Alle Projektpartner haben sich darauf verständigt, prototypische Lösungen am Beispiel des Zentrums am Berg (ZaB) zu erarbeiten. Dafür wurde beschlossen die Aufzeichnungen (Daten) rund um die Errichtung des ZaBs zu verwenden. Man hat sich

geeignet im Sinne der BIM Methodik die ZaB Tunnelbauanlage digital “nachzubauen”, um einen nahtlosen digital durchgängigen Prozess von der Planung in die Ausschreibung, Ausführung und schlussendlich in die Abrechnung – im Sinne eines “End-to-End Engineerings” – digital abzubilden.

Zur Umsetzung wurde mit unterschiedlichen Teilbereichen begonnen:

Auf Basis der durchgeführten Erhebung wurde ein Leitfaden für die 3D-Modellierung in der Planung mittels Revit am Beispiel ZaB erarbeitet. Zudem wurde im Modell eine Attributierung mit den für die Abrechnung relevanten Parametern vorgenommen und das Modell mit adaptiven Bauelementen versehen, sodass ein Ausschreibungs- und ein Bestandsmodell mit verringertem Zeitaufwand erzeugt werden können. Die Implementierung dieses 3D BIM Modells erfolgte mittels des Softwaretools Revit.

Die Durchsicht der Ausschreibungsunterlagen des ZaB, was den Status-Quo des Planungsprozesses darstellt, ergab, dass zirka 40 % aller Leistungspositionen des Bauprojekts nicht in dem begleitenden 2D-Planungsoperat vorkommen. Diese Zahl deutet quantitativ an, wie viele Leistungspositionen mit 3D-BIM-Modellen abgedeckt werden können.

Zudem wurde und wird ein digitales Dokumentationssystem zur digitalen Aufzeichnung der einzelnen Tasks im zyklischen Tunnelvortrieb durch die wissenschaftlichen Partner konzipiert und (bereits gestartet) prototypisch implementiert, der sogenannte “Digitale Poliercontainer”. Damit trägt das Projekt dem Umstand, einer frühzeitigen digitalen Datenerfassung im NATM-Vortrieb, Rechnung. Zudem arbeiten die Forschungspartner an der Überleitung vom Poliercontainer in die Abrechnung.

Hinsichtlich des Datenaustauschs basierend auf AIA und BAP wurde das Konzept der Data Drops näher beleuchtet. Dabei wurden die Varianten des VDI Standards, von Siemens und ASFINAG gegenübergestellt. Nach Einigung mit den Projektpartnern wurde auf Basis des ASFINAG Standards eine Indexstruktur für das Konzept der Data Drops prototypisch umgesetzt. Diese Struktur (Metadatenannotation) dient der effizienten Auffindbarkeit und Nachvollziehbarkeit der in den Data Drops enthaltenen und ausgetauschten Artefakte (Modelle, Objekte, etc.) in einem CDE.

Im Bauwesen zeichnet sich das IFC-Format als wichtigstes Datenaustauschformat der Zukunft ab. Daher ist eine Abstimmung mit VertreterInnen von buildingSMART für eine Berücksichtigung der Anforderungen seitens der Bauindustrie unverzichtbar. Daher wird durch den wissenschaftlichen Partner MUL diese Arbeit in der buildingSMART Geotechnical Subgroup hinein in die Technical Group aktiv forciert. Zudem ist die MUL-Forschungsgruppe auch im DAUB (Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e.V.) aktiv vertreten.

Bei NEIN: Beschreiben Sie die Ergebnisse und begründen Sie die Änderungen oder Abweichungen. Hinweis: Änderungen von Zielen erfordern eine Genehmigung durch die FFG.

Keine Änderungen oder Abweichungen

2 ARBEITSPAKETE UND MEILENSTEINE

2.1 Übersichtstabellen

Beschreiben Sie kurz den aktuellen Projektstand hinsichtlich der einzelnen Arbeitspakete und Meilensteine. Die Arbeitspakete sind inklusive Meilensteine analog dem Förderungsansuchen anzuführen.

Bei „Fertigstellungsgrad“ sind Prozentwerte einzutragen.

Tragen Sie unter „geplant“ den Zeitraum laut Förderungsansuchen und laut Vertrag gültigem Projektplan ein (zB 03/2020 bis 12/2020).

Tragen Sie unter „aktuell“ den Zeitraum der zum Zeitpunkt der Berichtslegung gültigen Planung ein (zB 04/2020 bis 01/2021).

Kommentieren Sie die erreichten Ergebnisse und Meilensteine oder Abweichungen.

2.1.1 Arbeitspakete (AP)

Duplizieren Sie die Tabelle je Arbeitspaket und achten Sie auf die Übereinstimmung mit den Angaben im eCall.

AP 1: Projektmanagement		geplant: [06.2020] – [06.2023]
Fertigstellungsgrad: [33,3%]		aktuell: [06.2020] – [06.2023]
Erreichte Ergebnisse und Meilensteine, Abweichungen	Das Kick-Off-Meeting, die Zwischensitzung, die kaufmännische Koordination unter den Projektpartnern wurde durchgeführt, der Kurzbericht wurde ohne Abweichungen übermittelt.	

AP 2: wiss. Projektleitung		geplant: [06.2020] – [06.2023]
Fertigstellungsgrad: [33,3%]		aktuell: [06.2020] – [06.2023]
Erreichte Ergebnisse und Meilensteine, Abweichungen	Das Projekt wurde intern, wissenschaftlich, inhaltlich und terminlich koordiniert, MS Teams als Plattform für die Projektkommunikation aufgebaut, das Projektcontrolling vorgenommen, sowie das Berichtsmanagement ohne Abweichungen umgesetzt.	

AP 3: BIM-Readiness		geplant: [06.2020] – [01.2021]
Fertigstellungsgrad: [100%]		aktuell: [06.2020] – [01.2021]
Erreichte Ergebnisse und Meilensteine, Abweichungen	Die Erfahrungen mit der Umsetzung von BIM, die relevanten Softwaretools, sowie deren Eignung zur Nutzung in prototypischen Implementationen von Addins und deren Optionen des Datenaustauschs wurden eruiert. Die IST-Prozesslogik und -Prozessmodelle des Tunnelbaus liegen erhoben vor. In diesem AP liegt keine Abweichung vom Arbeitsplan vor. Die Informationsverläufe in Infrastrukturprojekten wurden anhand des Projekts A26 erfasst.	

AP 4: Nutzungsanforderung		geplant: [10.2020] – [09.2021]
Fertigstellungsgrad: [75%]		aktuell: [10.2020] – [09.2021]
Erreichte Ergebnisse und Meilensteine, Abweichungen	Der Anforderungskatalog des BIM-basierten Referenzprozesses sowie der Digitalisierung des NATM-Vortriebs zur Implementierung des "digitalen Poliercontainers" wird fortlaufend erarbeitet. Der BAP für verschiedene AwF wird anhand der AIA des Projekts A26 fortgeschrieben, das im Sinne eines BIM Referenzprozesses zur Anwendung kommt.	

AP 5: Implementierung		geplant: [04.2021] – [12.2022]
Fertigstellungsgrad: [25%]		aktuell: [04.2021] – [12.2022]
Erreichte Ergebnisse und Meilensteine, Abweichungen	In AP5 wurde gemäß dem Arbeitsplan noch kein Meilenstein erreicht. Jedoch wurden bereits Implementationen durchgeführt, die unter anderem eine Digitalisierung des NATM-Vortriebs prototypisch ermöglicht, den Freigabeprozess zwischen Bauunternehmen und örtlicher Bauaufsicht unterstützt.	

2.1.2 Veränderungen im Arbeitsplan oder in der Methodik

Beschreiben Sie die im Berichtszeitraum durchgeführten Arbeiten strukturiert nach den Arbeitspaketen. Konnten die Arbeitsschritte und -pakete gemäß Plan erarbeitet werden? Gab es wesentliche Abweichungen?

Projektmanagement AP1:

Im gegenständlichen Projektzeitraum wurden das Kick-Off Meeting, die Kurzberichte für die ÖBV-Vorstandssitzungen, die kaufmännische Koordination und die Zwischensitzungen des Projektkonsortiums kontinuierlich quartalsweise abgehalten und entsprechende Präsentationen erstellt.

Wiss. Projektmanagement AP2:

Das Projekt wurde intern, wissenschaftlich, inhaltlich und terminlich koordiniert, MS Teams als Plattform für die Projektkommunikation aufgebaut, das Projektcontrolling vorgenommen, sowie das Berichtsmanagement ohne Abweichungen umgesetzt.

BIM-Readyness AP3:

Als Teilergebnis des Status-Quo-Berichts über BIM-Pilotprojekte und der Erfahrungen mit diesen durch die Projektpartner, hat sich ergeben, dass zusätzlich zur Planung mit BIM nach wie vor parallel herkömmliche Ausschreibungen mittels LV und 2D-Plänen durchgeführt werden. Die dadurch entstehenden Medienbrüche zwischen 2D und 3D stellen ein BIM-Prozess-Hindernis dar und konterkarieren die gewünschten Vereinfachungen. Diese Parallelsysteme führen in der momentanen Entwicklung zu erhöhtem Aufwand für alle Stakeholder.

Die aktuelle IST-Prozesslogik in der Abrechnung impliziert als elementaren Bestandteil die Zuordnung zwischen dem Bauwerksmodell und dem LV. Sie erfolgt aktuell zeitaufwändig händisch. Es wurden drei Arten der Zuordnung in der derzeitigen Praxis identifiziert:

Die händische Zuordnung ist eine Möglichkeit. Diese steht jedoch im Widerspruch zur angestrebten Automatisierung von Prozessen und stellt daher lediglich eine Behelfslösung für Sonderfälle dar.

Die zweite Variante der Verknüpfung zwischen Modell und LV erfolgt über sogenannte Match-Keys. Dabei handelt es sich um einen Schlüssel, der sowohl in der Modellierungssoftware als auch in der Auswertungssoftware übereinstimmen muss. Diese Match-Keys sind nur unternehmensintern vereinheitlicht, allerdings nicht zwischen Planung und Bauausführung, um sie für die Auswertungssoftware im jeweiligen Bauteil als Merkmal verwenden zu können. Es fehlt somit die nötige Vereinheitlichung (Standardisierung).

Bei der dritten Option kommen Auswahlgruppen zum Zuge, wobei es sich um Filter handelt, die Bauteile nach den im Modell vorhandenen spezifischen Attributen und Merkmalen einteilen. Die Filter können auf die vorhandenen LV-Positionen abgestimmt werden, sodass die Verknüpfung zwischen Element und LV-Position über die Auswahlgruppe eindeutig hergestellt wird. Dieser Systematik folgend, werden die allgemeinen BIM-Elementkataloge im Einklang mit den Standardleistungsbüchern weiterentwickelt. Hierzu befindet sich das Konsortium in Abstimmung mit der zuständigen FSV-Arbeitsgruppe.

Nationale bauvertragliche Gegebenheiten wie z.B. die Vortriebsklassen in der Vortriebsphase bilden beispielsweise wesentliche Bestandteile der Ist-Prozesslogik der Abrechnung. Bauvertragliche nationale Rahmenbedingungen werden in dem Projekt als BIM-Hindernisse erachtet, zumal sie übernationale

Standardisierungsbestrebungen behindern. Die automatisierte Herleitung von Vortriebsklassen ist in Softwareprodukten nicht erfasst, was den Einsatz eigens für diesen Zweck erstellter Exceldateien erfordert. Die Komplexität der Exceldateien sowie die Anzahl nötiger Tabellenblätter erschweren die Weiterverwendung bei anderen Projekten bzw. durch andere Mitarbeiter. Ein Umstand, der als BIM-Hindernis beurteilt werden kann.

Im Projektzeitraum wurden des Weiteren der aktuelle Stand der Prozesslogik, Prozessmodelle und Datenverläufe in Tunnelbauprojekten erhoben und die Prozessdokumentationen auf Schwachstellen analysiert. Thematisch wurden sie in Abschlussarbeiten bearbeitet. Die Abschlussarbeiten sind unter der wissenschaftlichen Verwertung gelistet.

Ein Ist-Prozessmodell bildet einen Teil des Erhebungsberichts. Dieses stellt die Ausgangsbasis für die Erstellung einer zielgerichteten Softwareanwendung für die tunnelbautechnische Dokumentation dar. Dies ist Voraussetzung eines Anforderungskatalogs für die Digitalisierung des NATM-Vortriebs für AP4 und dient auch als Überleitung der Daten in die Bauabrechnung. Ausgehend von der Diplomarbeit von Katharina Zach wurde der aktuelle Stand der Baudokumentation und die wesentlichen Parameter der einzelnen Prozessschritte des Tunnelbaus und dort speziell des zyklischen Vortriebs erhoben. Mit dieser Beschreibung der Prozessschritte und der zeitlichen Abfolgen liegen die Grundlagen zur Generierung des Abschlagblattes und Tagesdiagramms als Datenmodell vor, die unter anderem die Datenschemata des "digitalen Poliercontainers" darstellen.

Im Projektzeitraum wurden die BIM-Readiness gängiger Softwaretools wie bspw. Civil3D, Revit und deren Annotierbarkeit mit IFC-PropertySets sowie die Synchronisierung mit externen Datenbanken untersucht. Dies erfolgte für die Erstellung eines Anforderungskatalogs und die Anwendungsfälle (AwF) der Ausschreibungen und bilden einen Bestandteil des Leitfadens für die 3D-Modellierung (AP5).

Anhand der Ausschreibungsunterlagen des Projekts ZaB wurde untersucht, welche Positionen der LBVI (Standardisierte Leistungsbeschreibung Verkehr und Infrastruktur) in einer herkömmlichen Ausschreibung direkt den Zeichenelementen in den 2D-Plänen zuordenbar und welche nicht zuordenbar sind, d.h. keinen objekthaften Charakter besitzen. Im Planoperat der ZaB Ausschreibungsunterlagen kommen zirka 40 % der LV-Positionen nicht als Zeichenelemente vor. Anhand zweier Leistungsgruppen der LBVI (Leistungsgruppe 66 „Betonarbeiten UT“ und Leistungsgruppe 67 „Nebearbeiten UT“) wird aufgezeigt, welche BIM-Prozess-Hindernisse in Kombination mit den standardisierten Positionstexten des Tunnelbaus auftreten und welcher Modifikationen vorhandener Leistungspositionen es bedarf, um eine modellbasierte Abrechnung mittels BIM-Modellen zu ermöglichen. Im Arbeitsausschuss "Allgemeiner Elementkatalog AEK" - TV09 werden bei anderen Leistungsgruppen ähnliche Problemstellungen behandelt. Im vorliegenden Projekt befindet man sich im Informationsaustausch mit diesem Ausschuss zur Vermeidung von Doppelgleisigkeiten.

Betreffend die Open-BIM-Tauglichkeit und IFC-Kompatibilität liegen infolge der Struktur des IFC BIM Hindernisse vor. So kann ein IfcBuildingElement nicht geschachtelt werden kann, weswegen keine Taxonomie bspw. hinsichtlich der Umsetzung eines Data Drops Konzepts gebildet werden. Es können nur individuell IfcElemente des Hochbaus verwendet werden, es gibt hier jedoch keine einheitliche Vorgehensweise. Dieses Problem wurde auch in der Technical Group von buildingSMART International dargelegt, mit der man sich in Abstimmung befindet (siehe AP 5 Implementierung).

Für den Status-Quo-Bericht über Pilotprojekte und Erfahrungen mit BIM-Softwaretools sind die verwendeten Softwaretools der über den gesamten Lebenszyklus eines Tunnels angesiedelten Projektpartner mittels Fragekatalog erhoben worden, aus diesem geht eine Anzahl von mehr als 50 Tools hervor (Abbildung 1). Am stärksten unter diesen ist dabei der Hersteller Autodesk vertreten. Ein vergleichbarer Anbieter von Software wie Bentley kommt in dem Fragekatalog weniger häufig vor. Von den ermittelten Softwaretools zählt wiederum Autodesk zu jenen, die am häufigsten eine API (=Application Programming Interface) anbieten, die eine benutzerdefinierte Adaption der Softwareprodukte und einen benutzerdefinierten Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Plattformen ermöglichen. Unter den ermittelten Softwaretools sind die meisten Standalone-Applikationen, während das erhobene FIDES Infrastructure Tool im Gegensatz eine App ist, die ausschließlich auf einer Revit-Installation und deren API aufbaut.

Aus dem Fragekatalog gehen zusätzlich von den Projektpartnern entwickelte Softwaretools hervor, wie z.B. Kronos von Geodata und TUGIS von Geoconsult, von denen vertiefende Erfahrungen in BIM-Pilotprojekten sowie Hindernisse des BIM-Prozesses vorliegen. TUGIS ermöglicht die vollständig digitale Erfassung von geologisch-hydrogeologisch-geotechnischen Daten im Tunnelbau. Als Pilotprojekt dient für das gegenständliche Projekt die Bauphase des ZaB, wo eine frühere Version der Software von den geologischen Bearbeitern während der Vortriebsarbeiten eingesetzt wurde und die Projektdetails vorliegen. Die Geometrien wurden in der Datenbank georeferenziert und semantisch attribuiert und mit 3D-Koordinaten versehen.

TUGIS ermöglicht die vollständig digitale Erfassung von geologisch-hydrogeologisch-geotechnischen Daten im Tunnelbau. Als Pilotprojekt dient für das gegenständliche Projekt die Bauphase des ZaB, wo eine frühere Version der Software von den geologischen Bearbeitern während der Vortriebsarbeiten eingesetzt wurde und die Projektdetails vorliegen. Die Geometrien wurden in der Datenbank georeferenziert und semantisch attribuiert und mit 3D-Koordinaten versehen.

Die Datenbank enthält knapp 350 geologische Ortsbrustaufnahmen. Im Zuge des gegenständlichen Forschungsprojektes wurden die in der früheren Version vorliegende geologische Dokumentation in die Datenstruktur der aktuellen Version der Software überführt und die Merkmale in PropertySets übernommen. Die aktuelle Version von TUGIS.NET implementiert das BIM Austauschformat IFC4 intern für die Erstellung dreidimensionaler und attribuerter Modelle und hat daher einen hohen Grad der Open-BIM-Tauglichkeit. Ein Hindernis bei der Umsetzung von BIM sind noch fehlende Standards. Daher können geologische Befunde derzeit nur auf generische Objekte, `IfcBuildingElementProxy`, gemappt werden.

Die Anwendungen Eupalinos und Kronos des Projektpartners Geodata weisen auf die Verwendung von Koordinatensystemen und deren Projektionsverzerrungen als Hindernisse im BIM-Prozess hin, die für die Linienbauwerke wie die Infrastruktur relevant sind. Die Auswirkungen sind dabei höchst unterschiedlich, während die Effekte der Projektionsverzerrungen in der Massenberechnung von z.B. Spritzbeton infolge der allgemeinen Unschärfe des Bauprozesses untergehen, wirken sie dennoch auf z.B. die Anzahl zu stellender Tübbingringe im maschinellen Tunnelbau zurück, sofern das Tunnelprojekt die ausreichende Länge (Koralmtunnel) aufweist.

Im gegenständlichen Projektzeitraum erfolgten die Erhebung und Aufbereitung der fachspezifischen Informationen über den Stand der Digitalisierung im geotechnischen Monitoring, von Aufnahmesystemen zur digitalen Ortsbrustdokumentation bei Geodata. Die Ermittlung und Analyse der existierenden und für den Tunnelbau maßgeblichen Standards, Normen und Richtlinien aus den Fachbereichen Geodäsie, Geotechnisches Monitoring, Informationstechnologie und BIM liegen für die weiteren APs vor und werden in den Erhebungsbericht der IST-Prozesslogik im Bereich des geotechnischen Monitorings übernommen. Des Weiteren sind abgeschlossen:

- Ermittlung und Analyse der existierenden und für den Tunnelbau maßgeblichen Standards, Normen und Richtlinien aus den Fachbereichen Geodäsie, Geotechnisches Monitoring, Informationstechnologie und BIM
- Ermittlung zum Stand der BIM-Normen und insb. BIM-Datenformate (Ifc Tunnel,...) und ihrer Anwendung in den o.a. Fachbereichen, insb. im geotechnischen Monitoring
- Aufbereitung und Bereitstellung der Literatur und Standards, Normen und Richtlinien in der Projektplattform und Bereitstellung im Konsortium
- Ermittlung zum Stand der BIM-Normen und insb. BIM-Datenformate (Ifc Tunnel,...) und ihrer Anwendung in den o.a. Fachbereichen, insb. im geotechnischen Monitoring

- Aufbereitung und Bereitstellung der Literatur und Standards, Normen und Richtlinien in der Projektplattform (MS Teams)

Nutzungsanforderung AP4:

Im Zuge einer durchgeführten Umfrage bei führenden österreichischen Tunnelbauunternehmen wurde ein Anforderungskatalog für die Digitalisierung des NATM-Vortriebs zusammengestellt. Unter diesen Anforderungen befinden sich die folgenden 10 Punkte, die ermöglichen, Tunnelbaustellen effizienter zu gestalten. Die Reihenfolge bildet den bewerteten Rang ab:

- Durchführung der digitalen Datenerstufnahme direkt an der Ortsbrust
- Aufhebung analoger Redundanzen
- Einführung eines digitalen Qualitätsmanagements
- Nutzung des digitalen Betonlieferscheins
- Konzeption einer digitalen Werkstattorganisation
- Anwendung einer digitalen Inventur
- Nutzung vorhandener Maschinendaten
- Bildung von digitalen Schnittstellen zu Vermessungsdaten
- Definierung einer Ausführungsprozesslandkarte
- Anpassung der Aufgabenbereiche der Schichtbauleitung und PolierInnen

Die Durchführung einer digitalen Datenerstufnahme direkt an der Ortsbrust bedarf eines Datenmodells, damit ein digitaler Baudokumentationsprozess, ein „digitaler Poliercontainer“ implementiert werden kann. Im Zuge dessen wurden Klassen- und Objektdiagramme gewählt, um die Datenstruktur des Dokumentationsprozesses im Tunnelbaubetrieb grafisch darzustellen. Dieses Datenmodell stellt die Grundlage für die Implementierung einer IT-Anwendung inklusiver darunter liegender Datenbanken dar. Das Datenmodell beschreibt, welche Daten der Bauausführung für die Baudokumentation relevant sind und wie diese Daten zusammenhängen. Für eine automatisierte Überleitung der Daten in die Abrechnung wurde im Zuge der Arbeit das Leistungsverzeichnis abstrahiert dargestellt. Dabei werden die Struktur von Leistungsverzeichnissen und dessen Inhalte mit Hilfe von Klassendiagrammen modelliert. Dies bildet die Grundlage zur automatisierten Zuordnung der erfassten Mengen zu den entsprechenden LV-Positionen.

In Abstimmung mit einer digitalen Datenerfassung direkt an der Ortsbrust werden die Anforderungen für die geometrische Modellierung zusammengestellt. Das 3D-Modell bildet ein Element des BIM-basierten Referenzprozesses, wofür Anforderungen ermittelt wurden. Sie schließen parametrisierbare Bauelemente ein. Diese erlauben eine einfache Modifikation einzelner Dimensionen des Bauteils, damit zum Beispiel eine Abschlagslänge entsprechend den Gebirgsverhältnissen angepasst werden kann, sich prognostizierte und angetroffene Gebirgsverhältnisse abbilden lassen, Einbauten

wie Monitoringtargets oder Schächte für Kabelschutzrohre einfach positionieren oder verschieben lassen. Die parametrisierbaren Bauteile müssen auch der Anforderung genügen, sie entlang einer Tunnelachse georeferenziert situieren zu können. Zu den Anforderungen gehört eine beliebige Erweiterbarkeit mit (bezeichnet nach dem softwarespezifischen Terminus) Attributen, damit für jeden Laufmeter Tunnel relevante Parameter wie z.B. Vortriebsklasse oder z.B. Ankeranzahlen als Gleitkommazahl gespeichert werden können, weil in der Ausschreibungsphase die Verteilung der von den Gebirgsverhältnissen abhängigen Vortriebsklassen über die Länge des Tunnels nicht preisgegeben wird und somit nur eine durchschnittliche Anzahl von Ankern je Laufmeter aufscheint. Die beliebige Erweiterbarkeit mit Attributen spricht zudem der Anforderung einer durchgängigen Massenermittlung zu, womit auch nicht objekthafte Parameter speicherbar sind. Kein Modellieren im Bauprozess wieder entfernter Bauteile (Ortsbrustanker, temp. Kalottensohle), hohe Automatisierbarkeit der Software für die Generierung eines Linienbauwerks und umfangreiche Optionen zur Weiterverarbeitung der Daten ohne Medienbruch stellen zusätzliche Anforderungen seitens des BIM-basierten Referenzprozesses dar.

In diesem müssen auch Baugrund, Boden und Gebirge integriert werden. Diese gehören insbesondere bei Tunnelbauvorhaben zum Anforderungskatalog des digitalisierten NATM-Vortriebs, weil Bauwerk und Baugrund bei unterirdischen Infrastrukturprojekten ein zusammengehöriges Ganzes bilden. Eine vollständige Repräsentation in Form eines „Digitalen Zwillings“ muss daher – insbesondere bei Anwendung der NATM – den Baugrund vollständig berücksichtigen. Ziel ist es dem Auftraggeber für den Betrieb ein „As Built Modell“ zur Verfügung zu stellen, das als Quelle von Informationen beispielsweise bei Erhaltungsmaßnahmen oder Erweiterungen des Bestandes rasch und vollständig zur Verfügung steht.

Die LV-Positionen des für den Bau des ZaB ausgeschriebenen geotechnischen Monitorings (GTM) wurden erhoben und entsprechend den Kategorien in Abbildung 2 klassifiziert.

Kategorien von <u>GTM-LVPos</u> :	Anz
a) Objekthafte <u>GTM-LVPos</u> mit Raumbezug - Messbolzen 3/8“ liefern, <u>Bireflexmarken</u> liefern, Adapter liefern	3
b) Objekthafte <u>GTM-LVPos</u> ohne Raumbezug - Messausrüstung beistellen	5
c) Nicht-objekthafte <u>GTM-LVPos</u> mit Raumbezug - Einrichten Baubüro, Installation zentraler Server, Messungen durchführen - Halbtagesbesprechung im Projektgebiet/in Leoben	15
d) Nicht-objekthafte <u>GTM-LVPos</u> ohne Raumbezug - Regieleistungen, Winterabgang, Osterabgang, Beistellen Software	6



Abbildung 2: Klassifikation der GTM-LV-Positionen am ZAB

Im TUGIS.VIEWER ist eine Exportfunktion in das IFC4 Format vorhanden, daher können die Daten nunmehr in Zusammenschau mit anderen BIM kompatiblen Datensätzen in Standardsoftwareprodukten analysiert und kombiniert werden. Die Daten bilden eine wesentliche Grundlage für ein Baugrundmodell des umgebenden Gebirges.

Um bereits die digitale Erfassung der geologischen Information an Ortsbrust und Tunnellaubung zu unterstützen, werden photogrammetrische Auswertungen und Laserscannerdaten für die Ableitung geologischer Strukturen herangezogen, sie können mittels TUGIS.NET analysiert und ebenfalls ins BIM Austauschformat überführt werden.

Für das Konzept der Data Drops wurde eine Indexstruktur entwickelt. Diese dient für die Speicherung semantischer Information und zur Abfrage. Es wurden 3 Varianten basierend auf den Vorgaben VDI, ASFINAG und Siemens exemplarisch gezeigt und auf Basis des ASFINAG Standards näher ausgeführt. Die semantischen Informationen sind jedem beliebigen volumetrischen Objekt zuordenbar. Volumetrische Objekte könnten unter anderem Stützmittel wie z.B. Anker oder eine Kalotte sein. Zusätzlich wurde die Indexstruktur auf IFC in Version 4.3 gemappt, um einen nahtlosen Datenaustausch zu ermöglichen. Ein Hindernis stellt dar, dass das IfcBuildingElement nicht geschachtelt und dadurch keine Taxonomie aufgebaut werden kann. Diese Vorgabe auf Basis des ASFINAG Standards kann daher zurzeit nur mittels dem IFC Property Set (IfcComplexProperty) prototypisch gelöst werden.

In Zusammenhang mit den Data Drops werden aktuell die BIM Abwicklungspläne betreffend den AwF "Baugrund" und "Bauwerk" anhand der AIA der A26 in Linz erstellt. Sie sichern die Repräsentativität der Ergebnisse und die Abbildung eines BIM-Referenzprozesses für das vorliegende Forschungsprojekt.

Implementierung AP5:

In AP5 erfolgen die Abstimmungen der MUL-Forschungsgruppe mit Vertretern von buildingSMART International und den DAUB Arbeitsgruppen hinsichtlich Erweiterung und Standardisierungen des IFC Datenmodells für tunnelbauspezifische Anforderungen. Eine Erweiterung des IFC ist exklusiv für den Tunnelbau nötig, die die Identifizierung der typischen Merkmale von Objekten und Abbildung der Objekte in IFC-Entities und IFC-Merkmalen vorausbedingt.

Die Festlegung der für die Phase des Vortriebs relevanten Objekte bzw. Bauteile umfasst Typen wie Kalotte, Strosse, Sohle, Kalotte mit Nische und Strosse mit Nische, und diese wiederum mit und ohne Messquerschnitte. Ihre Abbildung ist nötig, damit das 3D-BIM-Modell den tatsächlichen Bauablauf wiedergeben kann. Sie sind Bestandteile der Tunnelaußenschale. Zudem wurde die geometrische Modellierung des Tunnels auf Einrichtungen der Innenschale (Widerlager, Gewölbebeton, Kabelschutzrohre, Schächte) ausgedehnt. Die Bauteile sind mit Autodesk Revit erstellt. Seine benutzerdefinierte Erweiterbarkeit, die Anbindung der FIDES Infrastructure Toolbox und des MuM BIM Boosters gestatten die Schaffung einer

durchgängigen Datenkette von der Bestimmung der VKL-Klasse in einer Exceldatei bis zur Mengenermittlung in der Software ABK.

Einen geeigneten Standard für den Themenkomplex Baugrund/Geologie zur Verfügung zu haben, ist Gegenstand intensiver Bestrebungen bei buildingSMART Deutschland. GEOCONSULT und GEORESEARCH sind in der entsprechenden Arbeitsgruppe vertreten. Dadurch erfolgt die Abstimmung in Hinblick auf IFC und es ergeben sich zahlreiche Synergien mit der Tätigkeit im Rahmen des vorliegenden Projekts, sodass dessen Breitenwirksamkeit erhöht werden kann.

Anhand der Sichtung der GTM-Ausschreibungsunterlagen für das ZaB wurden die räumlichen Positionen geplanter 3D-Verschiebungsmessquerschnitte sowie sonstiger geotechnischer Instrumentierungen und die Attributdaten ermittelt, sodass die Positionen der Targets koordinativ korrekt in einem 3D-BIM-Modell dargestellt werden können.

In Zusammenarbeit mit der TU Wien - Institute of Information Systems Engineering wurde demnach die Idee des digitalen Poliercontainers weiterentwickelt, da nicht alle Informationen aus dem Gebäudemodell für einen durchgehenden End-to-End Prozess entnommen werden können. Die Konzeption der Datenaufnahme folgt dabei den sechs wesentlichen Stufen für Baudatenmonitoringsysteme:

1. Digitale Verfügbarkeit von Baustellendaten
2. Kontrolle & Freigabeprozess
3. Integriertes Bauprozessmanagement (mit sequenziertem Prozessvorschlag basierend auf Gerätedaten)
4. Stakeholder-abhängige Key-Performance-Indizes (KPI) und Monitoring der Bauzeit
5. Automatische Zuordnung zu Abrechnungspositionen
6. Geeignete Schnittstelle oder API an übergeordnete Bau-ERP Systeme

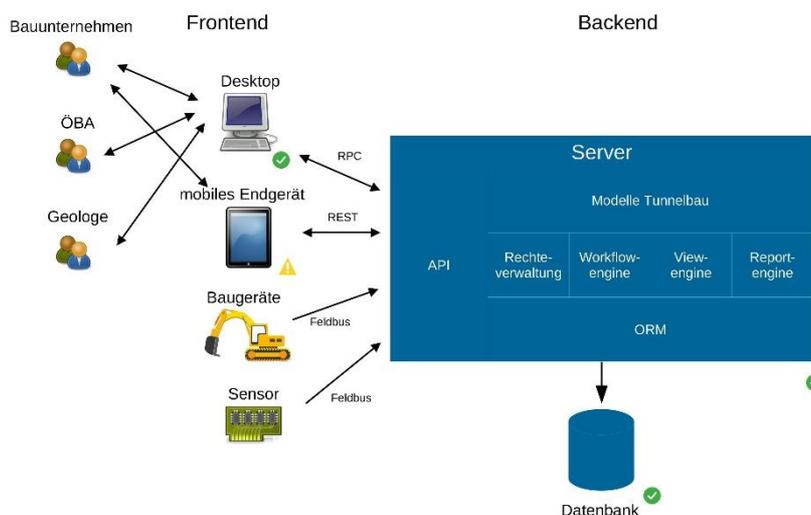


Abbildung 3: Softwarearchitektur des digitalen Poliercontainers.

Die Abbildung 3 zeigt die Softwarearchitektur des digitalen Poliercontainers. Kernstück ist dabei der Server der Funktionalität zur Rechteverwaltung, einem Workflow-Engine, einem View-Engine und einem Report-Engine beinhaltet. Darüber hinaus verfügt der Server über einen Object-Relation-Mapper (ORM), der sich um die Persistierung in eine Datenbank kümmert. Aufbauend auf der Masterthesis von Katharina Zach wurden tunnelbauspezifische Modelle implementiert. Eine entwickelte REST-Schnittstelle (API) ermöglicht den plattformübergreifenden Zugriff. Die Implementierung wurde modular aufgebaut, d. h. Workflows können flexibel gestaltet werden und Rechte und Rollen lassen sich den Bedürfnissen entsprechend anpassen. Der Server dient als Single-Point-of-Truth und ermöglicht Unternehmen einen reibungslosen Datenaustausch – beispielsweise zwischen dem bauausführenden Unternehmen und der ÖBA.

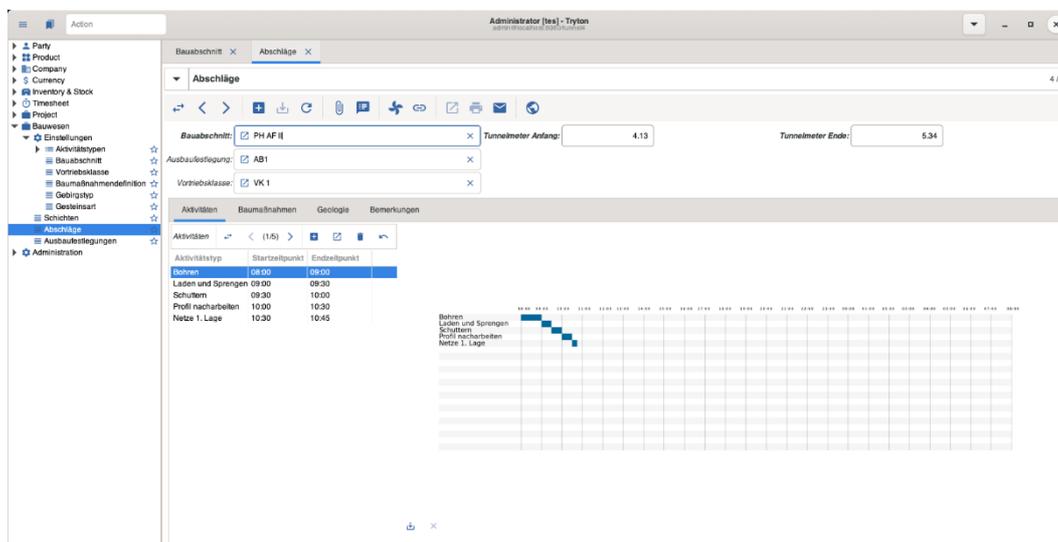


Abbildung 4: Desktopansicht des Frontends des digitalen Poliercontainers.

Die Abbildung 4 zeigt die Desktopversion des Frontends, das gerade auf Tauglichkeit getestet wird. Ein für mobile Endgeräte zugeschnittenes Frontend befindet sich momentan in Entwicklung. Dieses Frontend ermöglicht eine digitale Aufnahme der Daten aus der Bauausführung direkt an der Ortsbrust, ist damit ein wesentlicher Beitrag zu einem digitalen End-to-End-Prozess und stützt die Digitalisierung des NATM-Vortriebs.

Im Zusammenhang mit dem digitalen Poliercontainer und dem damit zusammenhängenden Abrechnungsprozess werden nach ihrem Start im ersten Projektjahr folgende Forschungsthemen im zweiten Forschungsjahr weiterbearbeitet:

- Evaluierung der Standardleistungspositionen für den digitalen Poliercontainer (LBVI-006)
 - o Hierbei wird die neue Version des Standardleistungsverzeichnisses für Verkehr und Infrastruktur herangezogen und dahingehend

beurteilt, welche Abrechnungspositionen welcher Datengrundlage bedürfen.

- Digitaler Abrechnungsprozess beim konventionellen Tunnelvortrieb
 - o In dieser Forschungsarbeit wird der Abrechnungsprozess bei einem konventionellen Tunnelvortrieb hinsichtlich der Implementierung des Bau-ERP Systems ITWO bei einem Tunnelbauunternehmen untersucht.
- Evaluierung des digitalen Abrechnungsprozesses mit pauschalierten Elementen
 - o Im Zuge einer Evaluierung eines BIM Pilotprojektes mit automatisiertem Abrechnungsprozess im Hochbau werden Schlüsse gezogen und die Ergebnisse in den Bauprozess im Tunnelbau umgelegt.
- Rolle der ÖBA in der digitalen Bauabwicklung
 - o Hinsichtlich des Freigabe- und Kontrollprozesses wird das Rollenbild der ÖBA verifiziert und bei der digitalen Abwicklung von Tunnelbauprojekten in der Zukunft evaluiert.
- BIM Elementkatalog
 - o Aufbauend auf den vorgeschlagenen Properties der Projektpartner wie ÖBB, ASFINAG und Wiener Linien wird mit Hilfe der Bausoftware ABK ein BIM-Elementkatalog für LG 62 Ausbruchsarbeiten und LG 63 Stützmaßnahmen erstellt. Diese Vorlage dient in weitere Folge auch der Standardisierung im FSV (Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene – Verkehr)

Gab es abseits der bereits dargestellten Terminalsituation Veränderungen im Arbeitsplan oder in der Methodik? Hinweis: Änderungen von Zielen erfordern eine Genehmigung durch die FFG.

JA

NEIN

Bei JA: Beschreiben und begründen Sie die aufgetretenen Veränderungen. Welche Auswirkungen hatten oder haben diese? Wie musste die Planung adaptiert werden?

Keine Änderungen

3 PROJEKTTEAM UND KOOPERATION

Gab es wesentliche Veränderungen im Projektteam (interne Schlüsselmitarbeiter*innen und externe Partner oder Drittleister)? Gehen Sie auf Änderungen in der Arbeitsaufteilung ein.

Generelle Auswirkungen: Gibt es Auswirkungen auf die Kosten- bzw. Finanzierungsstruktur und die Zielsetzung?

Bei wissenschaftlichen Kooperationen: Gab es Änderungen im Umfang oder in der Arbeitsaufteilung? Gab es Probleme in der Zusammenarbeit?

JA

NEIN

Bei JA: Beschreiben und begründen Sie hier die Änderungen und die eingeleiteten Maßnahmen.

Als Schlüsselmitarbeiter an der TU Wien wurde anstatt von Herrn Dipl.-Ing. Marco Huymajer, der im Projektzeitraum zum Lehrstuhl für Subsurface Engineering an die Montanuniversität Leoben gewechselt ist, Herr Dipl.-Ing. Dr.techn. Leopold Winkler ab 07.2020 mit diesem Projekt betraut. Er studierte Bauingenieurwesen an der TU Wien, sowie am Politécnica de Madrid und arbeitete für unterschiedliche Bauunternehmen, bevor er am Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement bei Univ.-Prof. Dip.-Ing. Dr.techn. Gerald Goger promovierte. In seiner Forschung als Post-Doc an der TU Wien beschäftigt er sich mit dem digitalen Prozessmanagement auf Baustellen und den verbundenen Prozessänderungen. Für Unternehmen und Start-ups betreut er die Evaluierung von Digitalisierungspotentialen und die Implementierung von digitalen Baustellentools. Gutachterliche Tätigkeiten zur Bauabwicklung und zum Claim-Management komplettieren seine Erfahrung.

In der Zeit zwischen 12.04.2021 und 31.04.2021 wurde Herr Dipl.-Ing. Nedzad Sabanovic im gegenständlichen Projekt an der TU Wien angestellt. Er studierte Architektur und Bauingenieurwesen an der TU Graz und ist seit über zehn Jahren als Teamleiter und BIM Manager in unterschiedlichen Unternehmen tätig. Leider wurde das Dienstverhältnis nach dieser Zeit einvernehmlich gelöst.

Frau Dipl.-Ing. Galina Paskaleva wechselte als Schlüsselmitarbeiter*in von der TU-Wien an den Lehrstuhl für Subsurface Engineering der Montanuniversität. Ebenso Schlüsselmitarbeiter*in an der Montanuniversität ist Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Mag. Dr.techn. Alexandra Mazak-Huemer. Sie hat eine umfangreiche Expertise und langjährige Erfahrung in den Bereichen daten- und modellgetriebene Systemanalyse und des Digital Twin Engineerings sowie der Anwendung offener Standards auf industrielle Prozesse. Als weitere Schlüsselmitarbeiter*in an der Montanuniversität Leoben ist im gegenständlichen Projektjahr Katharina Langer BSc. zu nennen, die statt Johannes Waldhart BSc. an der Fortentwicklung des Baugrundinformationsmodells und an der Aufbereitung der Bauprozessdaten des ZaBs zur digitalen Verwendbarkeit mitwirkt. Die Personalwahl tritt der Unterrepräsentation von Frauen im Bauwesen entgegen und entspricht der im Förderansuchen angeführten Anhebung des Frauenanteils seitens der universitären Partner. Dies führt zu keiner Auswirkung auf die Kosten- bzw. Finanzierungsstruktur und die Zielsetzung des Projekts.

Die Änderungen von Schlüsselmitarbeitern, die sich vorallem durch einen Personalwechsel innerhalb der wissenschaftlichen Projektpartner ergibt, haben keine Auswirkungen auf Umfang oder Arbeitsteilung. Probleme in der Zusammenarbeit liegen nicht vor.

4 WIRTSCHAFTLICHE UND WISSENSCHAFTLICHE VERWERTUNG

Beschreiben Sie die bisherigen Verwertungs- und Weiterverbreitungsaktivitäten.
Ist eine Verwertung möglich?

Listen Sie Publikationen, Dissertationen, Diplomarbeiten sowie etwaige Patentmeldungen, die aus dem Projekt entstanden sind, auf.

Sind weiterführende F&E-Aktivitäten nötig und geplant?

Wie werden die im Projekt geschaffenen Prototypen weiterverwendet?

Die Weiterverbreitungsaktivitäten erfolgen mittels der wissenschaftlichen Verwertung anhand der unterhalb angeführten Publikationen und Abschlussarbeiten. Des Weiteren erstrecken sich diese auf die am ZaB – Zentrum am Berg teilnehmenden Mineure der Tunneltechnikerausbildung, wohin alle österreichischen im Tunnelbau beschäftigten Bauunternehmen Mitarbeiter entsenden und deren Anforderungen erhoben werden. Auf Grund der Verwendung von Bauprozessdaten des für untertägige Infrastrukturprojekte repräsentativen Projekts ZaB und des Planungsprozesses für die A26 ist auch die Initiative zur wirtschaftlichen Verwertung der Projektergebnisse gesetzt, worauf im Projekt die BIM Abwicklungspläne für verschiedene AwF anhand der AIA prototypisch übertragen werden.

Die bei den wissenschaftlichen Partnern entstandenen und entstehenden Diplomarbeiten sind:

- Köninger (2020): “Prozessorientierte Leistungsbeschreibung im Tiefbau”, Diplomarbeit
- Strehl (in Bearbeitung): “Automatisierte Abrechnung mit Teilpauschalen”, Diplomarbeit
- Stift (in Bearbeitung): “Digitaler Abrechnungsprozess beim konventionellen Tunnelvortrieb”, Diplomarbeit
- Zach (2021): „Ein Datenmodell zur digitalen Dokumentation des Bauprozesses im Tunnelbau“, Diplomarbeit
- Eder (in Bearbeitung): „Ein 3D BIM Ausschreibungsmodell“, Diplomarbeit
- Speckmoser (2021): „Überprüfung der Ausschreibungsunterlagen des Projekts „ZAB - Zentrum am Berg“ auf BIM-Fähigkeit“, Bachelorarbeit

- Schiefer (2021): „DIGITALISIERUNG, Verwendung von benutzerdefinierten Eigenschaftssätzen für tunnelbautechnisch relevante Parameter in Civil 3D-Projekten“, Bachelorarbeit
- Alexander Allacher (in Bearbeitung): „ISA-95 Modelle für den Tunnelbau“, Bachelorarbeit
- Jovan Petrovic (in Bearbeitung): „Eine Benutzerschnittstelle für den Digitalen Poliercontainer“, Bachelorarbeit
- Bauaktuell 1 (2021): „Entwicklungsstufen zur automatisierten Bauabrechnung“
- Bauaktuell 2 (2021): „Künstliche Intelligenz im Baubetrieb“
- Bauaktuell 4 (2020): „Digitalisierungsmaßnahmen als Problemlöser in der Bauwirtschaft“
- Tagungsband (2021): „Zukunftsfragen des Baubetriebs: Komplexe Baubetriebssysteme“
- Winkler et al (in Bearbeitung): „Workflow für den automatisierten Abrechnungsprozess“
- Galler et al (in Bearbeitung): „Adaptive and parameterized BIM-based tendering and billing for NATM tunnel projects“
- Mazak-Huemer et al. (eingereicht 07/2021 im Bauingenieur): „Die NÖT im Lichte der Digitalisierung“
- Mazak-Huemer et al. (2020): „BIM-basierte digitale Transformation im Untertagebau anhand von zwei anwendungsorientierten Forschungsprojekten“, Berg Huettenmänn. Monatsh. 165, 658–665

5 KOSTEN UND FINANZIERUNG

Beachten Sie die für Ihr Projekt gültigen Ausschreibungsunterlagen und den [FFG-Kostenleitfaden](#). Tragen Sie in die folgende Tabelle die angefallenen Kosten ein. Die Abrechnung erfolgt direkt im eCall bzw. bei bis September 2015 eingereichten Projekten via Excel. Im eCall wird Ihnen automatisch die für Sie richtige Variante präsentiert.

Hinweis: Befüllen Sie die leeren Felder der Tabelle und aktualisieren Sie danach die Berechnungen durch Markieren der Tabelle und Drücken der Taste „F9“.

Des Weiteren sind von den jeweiligen wissenschaftlichen Partnern, welche In Kind-Leistungen erbracht haben, die angefallenen Kosten im [detaillierten Abrechnungsformular](#) auszufüllen und im eCall anzuhängen.

[Partner eintragen]	Genehmigt laut Vertrag	Ist-Kosten	Ist/genehmigt
Personalkosten	9272	9402	101 %
F&E-Infrastrukturnutzung			0 %
Sach- und Materialkosten			0 %
Drittkosten	195737	203774	104 %
Reisekosten			0 %
GESAMT	€ 195.737	€ 203.774	105 %

Abweichungen vom Kostenplan sind an dieser Stelle zu beschreiben und zu begründen.

Die entstandenen Mehrkosten werden durch die ÖBV bzw. deren Mitgliedsunternehmen übernommen.

6 PROJEKTSPEZIFISCHE SONDERBEDINGUNGEN UND AUFLAGEN

Gehen Sie auf projektspezifische Sonderbedingungen und Auflagen (laut §6 des Förderungsvertrags) in der relevanten Tabellenzeile ein, sofern diese im Förderungs- oder Werkvertrag vereinbart wurden.

Auswahl	Beschreibung	Detailausführung
<input type="checkbox"/>	Keine Auflagen	Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.
<input checked="" type="checkbox"/>	Auflagen wurden berücksichtigt	Die Projektergebnisse wurden veröffentlicht und sind auf der Web-Site der ÖBV (www.bautechnik.pro) frei zum Download erhältlich.
<input type="checkbox"/>	Sonstiges (zum Beispiel Abweichungen von den Auflagen)	Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

7 MELDUNGSPFLICHTIGE EREIGNISSE

Gibt es besondere Ereignisse, die einen Einfluss auf das geförderte Projekt haben oder der FFG mitzuteilen sind (siehe auch FFG-Richtlinien; Kapitel 8, Punkt 8.1.3)?

Zum Beispiel:

- Änderungen der rechtlichen und wirtschaftlichen Einflussmöglichkeiten beim Förderungsnehmer oder der Förderungsnehmerin
- Insolvenzverfahren
- Ereignisse, die die Durchführung der geförderten Leistung verzögern oder unmöglich machen
- Weitere Förderungen für dieses Projekt

JA

NEIN

Bei JA: Beschreiben Sie hier die Ereignisse und deren Auswirkungen.

entfällt