



---

**Handreichung  
zur Erstellung von  
Anwenderinformations-  
Anforderungen und  
Anwendung von  
BIM im Betrieb und  
der Erhaltung von  
Straßentunnel**

---



---

# Handreichung zur Erstellung von Anwenderinformations- Anforderungen und Anwendung von BIM im Betrieb und der Erhaltung von Straßentunnel

---

**Verfasser:**

Dr.-Ing. Ingo Kaundinya  
Dipl.-Wirt.-Ing. Anne Lehan  
Hendrik Wahl, M.Sc.

**Unter Mitwirkung des Konsortiums  
des Forschungsprojekts FE 15.0623/2016/RRB  
„BIM (Building Information Modeling) im Tunnelbau“**

**Lehrstuhl für Tunnelbau,  
Leitungsbau und Baubetrieb:**  
Prof. Dr.-Ing. Markus Thewes  
Dr.-Ing. Götz Vollmann

**Lehrstuhl für Informatik im Bauwesen:**  
Prof. Dr.-Ing. Markus König  
Marcel Stepien, M.Sc.

**BUNG Ingenieure AG:**  
Dipl.-Ing. Werner Riepe  
Ferdinand Weißbrod, M.Eng.

Stand: März 2023





# Inhalt

Glossar	8
---------	---

## 1.

Einleitung	13
1.1 Problemstellung und Zielsetzung	13
1.2 Struktur dieser Handreichung	15

## 2.

BIM-basiertes Betriebs- und Erhaltungsmanagement für Straßentunnel	17
2.1 Allgemeines	17
2.2 Ausschreibung und Vergabe von BIM-Leistungen	21
2.2.1 Erstellung eines BIM-Betriebsmodells	21
2.2.2 Übersicht betriebs- und erhaltungsspezifischer Anwendungsfälle für Straßentunnel	24
2.3 Modellbasiertes Arbeiten	27
2.3.1 Grundlagen	27
2.3.2 Prüfungen und Qualitätssicherung	30
2.3.3 Zwischenfazit	33

# 3.

Beispiel-AIA (Auftraggeber-Informationsanforderungen) zur Erstellung eines Betriebsmodells	35
<b>3.1 Erläuterungen zur Struktur und Anwendung der Beispiel-AIA</b>	<b>35</b>
<b>3.2 Einleitung</b>	<b>36</b>
3.2.1 Geltungsumfang und Inhalt	36
3.2.2 Übersicht der Informationen zum Bauwerk	38
<b>3.3 BIM-Ziele und Anwendungsfälle</b>	<b>40</b>
3.3.1 BIM-Ziele	40
3.3.2 BIM-Anwendungsfälle	42
<b>3.4 Bereitgestellte digitale Grundlagen</b>	<b>45</b>
<b>3.5 Digitale Liefergegenstände und Lieferzeitpunkte</b>	<b>47</b>
<b>3.6 Organisation und Rollen</b>	<b>49</b>
3.6.1 Organisation für die Betriebsphase	49
3.6.2 BIM-Rollen und Verantwortlichkeiten	51
<b>3.7 Strategie der Zusammenarbeit</b>	<b>53</b>
3.7.1 Informationsmanagement	53
3.7.2 Betriebsmodell erstellen und BIM-Koordination	55
<b>3.8 Qualitätssicherung</b>	<b>56</b>
3.8.1 Qualitätssicherung des Auftragnehmers	57
3.8.2 Überprüfung und Freigabe durch den Auftraggeber	59
<b>3.9 Modellstruktur und Modellinhalt</b>	<b>60</b>
3.9.1 Modellierungsgrundsätze	61
3.9.2 Informationsbedarfstiefe	62
3.9.3 Koordinatensysteme	68
3.9.4 Einheiten	69

<b>3.10 Technologien</b>	<b>70</b>
3.10.1 Gemeinsame Datenumgebung	70
3.10.2 Softwarewerkzeuge und Lizenzen	71
3.10.3 Datenaustauschformate	73
3.10.4 Vorgaben zum Testlauf	75
3.10.5 Datensicherheit	77
<b>3.11. Geltende Normen und Richtlinien</b>	<b>78</b>

## 4.

Zusammenfassung und Ausblick	81
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>84</b>

## Glossar

---

<b>Anwender- Informations- anforderungen (AIA)</b>	Spezifizieren, welche Daten zu welchem Zeitpunkt benötigt werden.
<b>Anwendungsfall (AWF)</b>	Der „Masterplan BIM Bundesfernstraßen“ des BMDV (MR BIM) <sup>→1</sup> bzw. BIM4INFRA <sup>→7</sup> beschreiben derzeit mit Fokus auf die Planung und Ausführung insgesamt 20 beispielhafte Anwendungsfälle, wobei die Betriebsphase als einzelner Anwendungsfall (Nr. 200 – „Nutzung für Betrieb und Erhaltung“) zusammengefasst wird. Den Anwendungsfall 200 gilt es für den Tunnelbetrieb relevanten aufzugleisen (z. B. Störfallmanagement, Wartung, Inspektion). Das BIM-Betriebsmodell muss in der Konsequenz alle wesentlichen Informationen enthalten, die für den jeweiligen Anwendungsfall benötigt werden.
<b>Wie-gebaut-Modell</b>	Das „Wie-gebaut“ bzw. „as-built“-Modell ist die überprüfte digitale Abbildung des tatsächlich gebauten Bauwerkes. Sämtliche Modellelemente sind in der realisierten Version mit tatsächlicher Abmessung, Form, Lage und Ortsbezug modelliert.
<b>(As-built-Modell)</b>	Das „Wie-gebaut“-Modell wird häufig aus den relevanten Fachmodellen der Ausführungsplanung durch die Einarbeitung der Abweichungen zum tatsächlich gebauten Bauwerk erstellt. Zusätzlich kann eine Überprüfung durch ein digitales Aufmaß erfolgen <sup>→11</sup> .
<b>BIM-Betriebsmodell</b>	Das „BIM-Betriebsmodell“ („as-maintained“) stellt eine Vereinfachung des „as-built“-Modells dar, welches mit Informationen für den Betrieb und die Erhaltung des Bauwerks ergänzt wird. Es enthält per Definition alle notwendigen Informationen zur Durchführung von betriebsspezifischen Aufgaben, weshalb dieses Datenmodell die wesentliche Verwendung in der Betriebsphase findet.
<b>Attribut</b>	Attribute beschreiben den Informationsgehalt z. B. eines Bauteils. Ein Attribut beschreibt lediglich ein einziges Detail eines Merkmals oder einer Merkmalsgruppe <sup>→12</sup> .
<b>BIM-Abwicklungs- plan (BAP)</b>	Im Rahmen des BIM-Abwicklungsplans (BAP) werden die Prozesse zur Herstellung der geforderten Daten festgelegt. Er kann sowohl vom Auftraggeber im Rahmen der Ausschreibung zur Verfügung gestellt werden oder der Auftragnehmer hat dies im Zuge des Vergabeverfahrens als „Vorab-BAP“ zu erstellen.
<b>Building Information Modeling: BIM</b>	BIM ist eine kooperative Arbeitsmethode, bei der auf Basis digitaler Bauwerksmodelle die für ihren gesamten Lebenszyklus relevanten Informationen und Daten konsistent erfasst, verwaltet und in einer transparenten Kommunikation zwischen den Beteiligten ausgetauscht oder für die weitere Bearbeitung übergeben werden <sup>→1</sup> .

<b>BIM-Modell</b>	Unter einem BIM-Modell wird ein digitales dreidimensionales Bauwerksmodell gemäß BIM-Masterplan bzw. digitales Bauwerksinformationsmodell gemäß <sup>→4</sup> verstanden und ist mit semantischen Informationen angereichert.
<b>BIM-Portal</b>	Im BIM-Portal sollen zukünftig Informationen, Anwendungen sowie einheitliche BIM-Daten für Anwender zur Verfügung stehen: <a href="https://via.bund.de/bim/infrastruktur/landing">https://via.bund.de/bim/infrastruktur/landing</a>
<b>CDE</b>	Common Data Environment – Gemeinsame Datenumgebung  Für die Etablierung der BIM-Methode ist eine gemeinsame Datenumgebung (CDE nach DIN 19650-1) erforderlich. Dabei handelt es sich um einen digitalen Projektraum zur Nutzung über den gesamten Lebenszyklus des Bauwerks mit Anwendungen zum Zusammenführen, Verwalten und Austauschen von Informationen. Als Informationen sind in diesem Kontext alle in einer BIM-Umgebung erstellten Dateien wie Modelle und Dokumente anzusehen. Eine CDE erlaubt allen Projektbeteiligten einen standardisierten Datenzugriff und einen durchgehenden sowie verlustfreien Datenaustausch.
<b>CSV</b>	Das Dateiformat CSV (Comma-separated values) beschreibt den Aufbau einer Textdatei zur Speicherung oder zum Austausch einfach strukturierter Daten. CSV Dateien sind Textdateien, die sowohl von Menschen als auch von Maschinen lesbar sind.
<b>Fachmodelle</b>	Innerhalb des BIM-Prozesses arbeitet jede Fachdisziplin bzw. jedes Gewerk in der eigenen fachspezifischen Software anhand von BIM-Fachmodellen, welche in einem Koordinationsmodell zu spezifischen Planungsständen zusammengeführt werden <sup>→11</sup> .
<b>Funktionale Teile Functional parts</b>	Das BIM-Modell muss alle wesentlichen Informationen enthalten, die für den jeweiligen Anwendungsfall benötigt werden. Im Fall von Wartung und Inspektion wären dies beispielsweise die Seriennummer, das Prüfdatum sowie Informationen zu den durchgeführten Leistungen wie Prüfung oder Reinigung. Die Informationsanforderungen stellen somit eine Verbindung zwischen Betriebsprozessen (bzw. entsprechenden Anwendungsfällen) und Daten dar und werden im BIM-Modell durch einzelne Modellobjekte und Merkmale umgesetzt, den sog. „Functional Parts“.
<b>Handover</b>	Das Handover beschreibt den Prozess der Informationslieferung aller relevanten Bestands- und Betriebsinformationen, genauer formuliert, die Erstellung des Betriebsmodells auf Basis des As-built-Modells.
<b>IFC</b>	Industry Foundation Classes – beschreibt ein herstellerneutrales, standardisiertes Datenaustauschformat zum Austausch von BIM-Informationen bzw. Modellen im Sinne eines open-BIM-Ansatzes.

<b>ICDD</b>	<p>ICDD - Information Container for Linked Document Delivery</p> <p>Um einzelne Betriebs- bzw. Erhaltungsprozesse im Kontext des Building Information Modeling (BIM) durchzuführen, kann der Austausch zwischen den Akteuren (bspw. Verwaltungsbehörde und Wartungsnehmer) z. B. durch das ICDD-Format erfolgen. ICDD ermöglicht einen heterogenen Austausch sowie die Speicherung und Archivierung von Informationen im Bauwesen. Der ICDD-Standard wird in der ISO 21597-1 beschrieben. Durch Verwendung von ICDD wird ein Linked-Data-Ansatz ermöglicht, sodass ein Austausch von Anforderungen über ein BIM-Modell (IFC) und XML-Dokumente realisiert werden kann.</p>
<b>Koordinationsmodell</b>	Das Koordinationsmodell entsteht durch das Zusammenfassen sämtlicher Fachmodelle für die modellbasierte Koordination und ist daher das zentrale Modell im modellbasierten Planungs- und Bauprozess <sup>→11</sup> .
<b>Linked-Data-Ansatz</b>	Der Linked Data Ansatz beschreibt die Vernetzung von unterschiedlichen Datenbeständen aus heterogenen Quellen.
<b>LOIN</b>	Level of Information Need entspricht der „Informationsbedarfstiefe“ nach DIN EN 17412-1 und DIN EN ISO 19650-1
<b>Merkmal</b>	<p>Inhärente oder erworbene Eigenschaft eines Datenelements<sup>→12</sup>. Merkmale werden mit Attributen (z. B. Name, Datentyp, Einheit, Werte etc.) beschrieben.</p> <p>Oft werden Merkmale nach DIN 23386 auch als Attribut bezeichnet.</p>
<b>Modellierungsrichtlinie</b>	Eine Modellierungsrichtlinie stellt neben den AIA und dem BAP eine der wichtigsten Arbeitsgrundlage der BIM-Methode dar. Sie liefert in Abhängigkeit der vom Auftraggeber definierten Ziele den Projektbeteiligten Informationen über die Art der Modellierung sowie Inhalte und Detaillierungsgrade der Bauwerksdatenmodelle.
<b>MVD</b>	Model View Definition- beschreibt einen Standard, der sowohl zur Modell-Dokumentation als auch zur Validierung von Modellen genutzt wird. MVDs werden als XML-basiertes Format angelegt, das Informationen für den Validierungs-Regelsatz enthält. Im Detail wird bspw. konkret gegen definierte und zusammengetragene Merkmale und Merkmalsgruppen validiert <sup>→3</sup> .

<b>PSD</b>	Property Set Definition (Merkmals- oder Eigenschaftssetdefinitionen). Wird benutzt, um Merkmalsets außerhalb des IFC-Schemas bereitstellen zu können. Organisationen wie z. B. Building Smart stellt dazu eine XML-Schema-Definition bereit, die auf den Merkmalssetdefinitionen innerhalb des IFC-Schemas basiert. Ein PSD-Schema bezieht sich immer auf eine bestimmte IFC-Version (z. B. IFC2x3 oder IFC4). Damit bereitgestellte PSDs sind kompatibel zu IFC-Modellen der jeweiligen Version. Es gibt vordefinierte PSDs, die von BuildingSMART für die jeweilige IFC-Version bereitgestellt werden.
<b>RDF / OWL</b>	Resource Description Framework / Ontology Web Language – sind ein Format zur Definition von Ontologien, die im Rahmen der BIM-basierten Arbeitsweise eine Verlinkung von Dokumenten mit IFC-Objekten des BIM-Modells ermöglichen. Die Ontologien enthalten entsprechende Meta-Informationen sowie Hinweise zu den Angaben der Zuordnung von Dokumenten zu Objekten <sup>→3</sup> .
<b>Teilmodelle</b>	Die fach- bzw. gewerkspezifische Unterteilung von Modellen ist für die Umsetzung der BIM-basierten Arbeitsweise in der Betriebs- und Erhaltungsphase von Straßentunneln nicht praktikabel, da Arbeiten am Modell aus den einzelnen Prozessen bzw. Leistungen (bspw. Instandhaltung der betriebstechnischen Ausstattung, Bauwerksprüfung etc.) hervorgehen. Demnach empfiehlt sich für die einzelnen Prozesse die Definition und Ableitung von sog. Teilmodellen, die alle erforderlichen Informationen enthalten.
<b>xsd</b>	Schemata; mittels xsd-Vorlagen können notwendige Dokumente wie z. B. Arbeitskarten oder Prüfungsprotokolle in digitalisierter Form beigelegt und anschließend als XML-Dokument von dem entsprechenden Bearbeiter maschinenlesbar ausgefüllt werden.







---

# 1. Einleitung

---

## 1.1 Problemstellung und Zielsetzung

---

Der Betrieb und die Erhaltung eines Tunnelbauwerks des Bundesfernstraßennetzes stellen eine hohe Herausforderung für das Betriebspersonal bzw. den Betreiber dar. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund einer immer wichtiger werdenden ökonomischen Optimierung im Hinblick auf die Lebenszykluskosten des Bauwerks und der Aufrechterhaltung bzw. der Erhöhung seiner Verfügbarkeit im Netz.

In Zeiten zunehmender Digitalisierung und gefördert durch politische Initiativen wie den „Stufenplan Digitales Planen und Bauen“<sup>→1</sup> und den daran anknüpfenden „Masterplan BIM Bundesfernstraßen“<sup>→2</sup> – beide veröffentlicht durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr – gewinnt die kooperative Arbeitsmethodik Building Information Modelling (BIM) zunehmend an Bedeutung. Neben der Unterstützung der Planungs- und Ausführungsphase kann ein konsistentes Datenmodell im Rahmen einer ganzheitlichen Lebenszyklusbetrachtung auch Betriebs- und Erhaltungsprozesse optimieren. Der „Masterplan BIM Bundesfernstraßen“ gibt darüber hinaus vor, dass die Anwendung der BIM-Methode bis 2025 flächendeckend als Regelprozess einzusetzen ist und adressiert dabei auch explizit den Betrieb der Bundesfernstraßeninfrastruktur.

BIM-Modelle können dazu genutzt werden, korrespondierende Informationen während des gesamten Lebenszyklus systematisch und konsistent zu erfassen, zu verwalten sowie diese für das Betriebs- und Erhaltungsmanagement (bspw. Instandhaltung der betriebstechnischen Ausstattung, Störfallmanagement, Bauwerksprüfung) zur Verfügung zu stellen<sup>→1→2</sup>.

Zur Umsetzung eines BIM-basierten Betriebs- und Erhaltungsmanagement unter Berücksichtigung der Anwendung der BIM-Methodik über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks hinweg, gelten die Randbedingungen, dass für die Planungs- und Ausführungsphase entworfenes BIM-Modell eines Straßentunnels eine Erweiterung hinsichtlich betriebs- und erhaltungsrelevanter Informationen und gleichzeitig eine Übernahme der Bestandsinformationen aus Planung und Ausführung (u. a. gemäß ZTV-ING Teil 1 und ZTV-ING Teil 7 „Tunnelbau“) erfordert. Hierfür ist die Entwicklung einer Modellierungsrichtlinie auf Basis spezifischer Informationsanforderungen des Auftraggebers (sogenannter Anwenderinformationsanforderungen – AIA) für die Betriebsphase von Straßentunneln erforderlich.

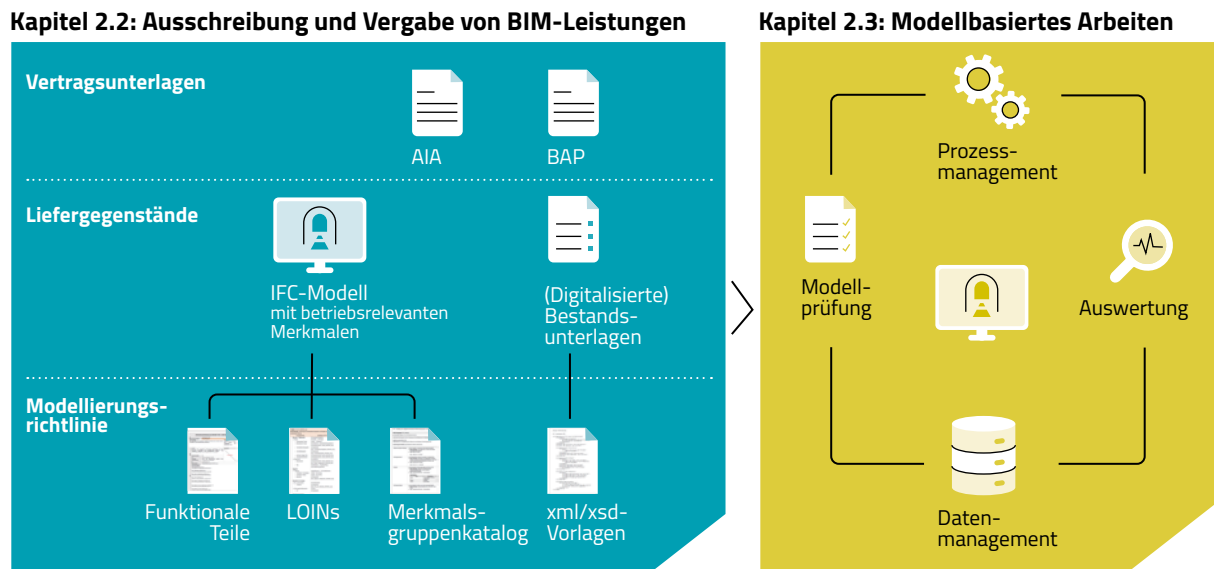
Ziel dieser Handreichung ist es daher, die spezifischen Informationsanforderungen bzw. die Modellierungsrichtlinie für die Betriebsphase von Straßentunneln darzustellen und in Ergänzung dazu auf administrativer bzw. organisatorischer Ebene Empfehlungen zur Umsetzung eines BIM-basierten Betriebs- und Erhaltungsmanagements zu formulieren. Dies umfasst insbesondere die Erstellung von Vertragsunterlagen zur Ausschreibung von BIM-spezifischen Leistungen für die Betriebsphase sowie den Umgang mit BIM-Modellen und dessen Inhalten im Zuge von Standardprozessen des Tunnelbetriebs sowie der Erhaltung.

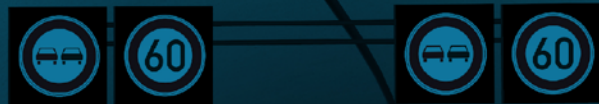
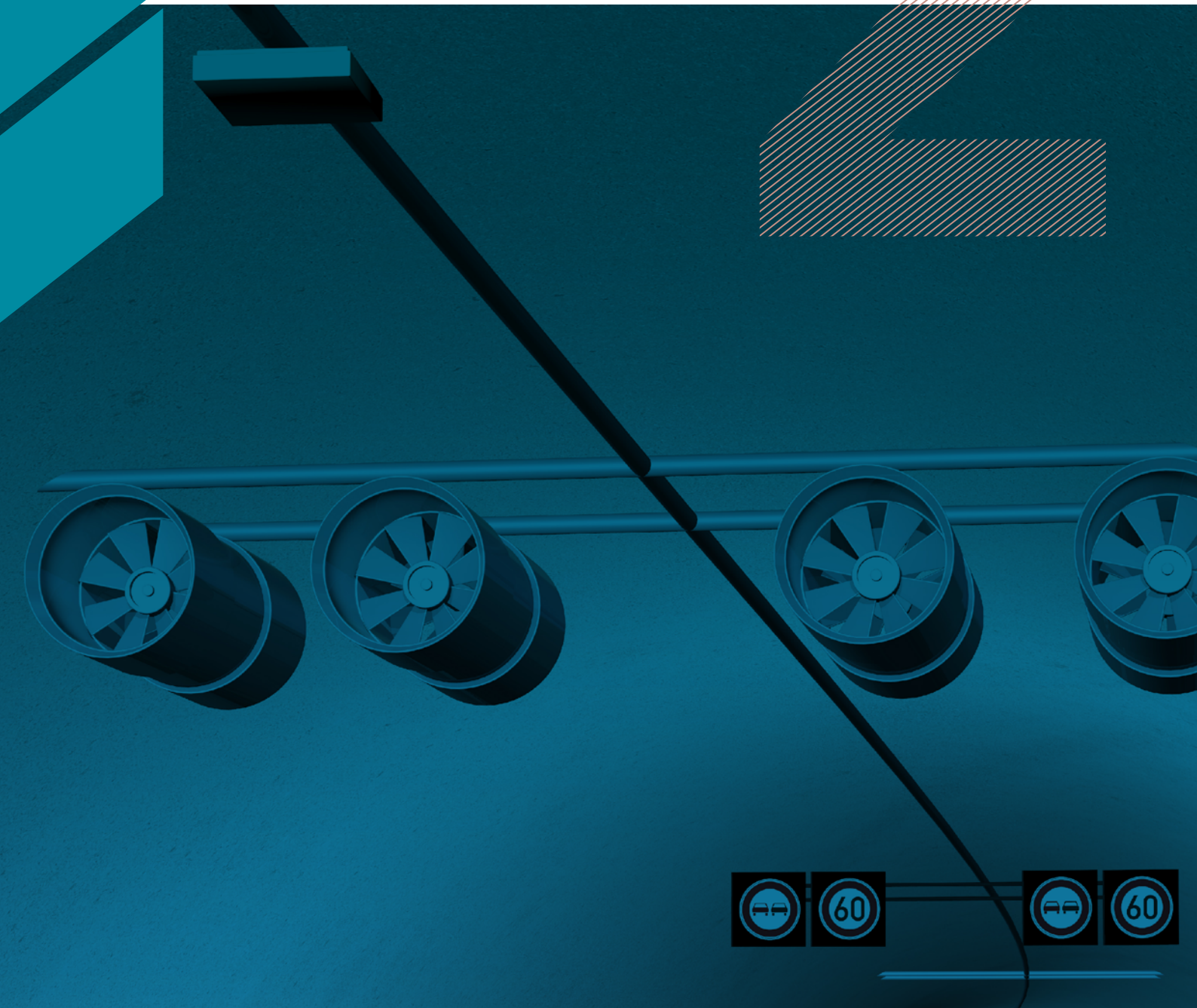
Die Handreichung wurde auf Grundlage der Ergebnisse des Forschungsprojekts FE 15.0623 „BIM (Building Information Modeling) im Tunnelbau“ erstellt<sup>→3</sup>. Zudem wurden die aktuellen Entwicklungen des Masterplan BIM Bundesfernstraßen<sup>→2</sup> berücksichtigt. Eine Übersicht bezüglich geltender Normen, Regelwerke, Richtlinien und Empfehlungen ist zudem in Kapitel 3.11 enthalten.

## 1.2 Struktur dieser Handreichung

Die vorliegende Handreichung soll dem Anwender einen Einstieg zur Umsetzung der BIM-basierten Arbeitsweise zum Aufbau von BIM-Betriebsmodellen – u. a. zur Ausschreibung und Vergabe als BIM-Leistung (Kapitel 2.2) – für das BIM-basierten Betriebs- und Erhaltungsmanagements ermöglichen. Ein besonderer Fokus liegt hierbei auf den Anwenderinformationsanforderungen (AIA), welche bei Ausschreibungen von BIM-basierten Leistungen gemeinsam mit dem BIM-Abwicklungsplan (BAP) die Grundlage zur Erstellung der Vertragsunterlagen darstellen. Darüber hinaus wird auf die digitalen Liefergegenstände eingegangen und die für die Tunnelbetriebsphase bisher erstellten / verfügbaren Modellierungsrichtlinien vorgestellt. In Kapitel 2.3 werden Beispiele für eine praxisingerechte Umsetzung eines BIM-basierten Betriebs- und Erhaltungsmanagements aufgezeigt, insbesondere hinsichtlich des modellbasierten Arbeitens aus Sicht des Bauwerkseigentümers bzw. des Betreibers (u. a. Modellprüfungen, Auswertungen).

Abbildung 1.1: **Struktur und Inhalte der Handreichung**





---

## 2. BIM-basiertes Betriebs- und Erhaltungsmanagement für Straßentunnel

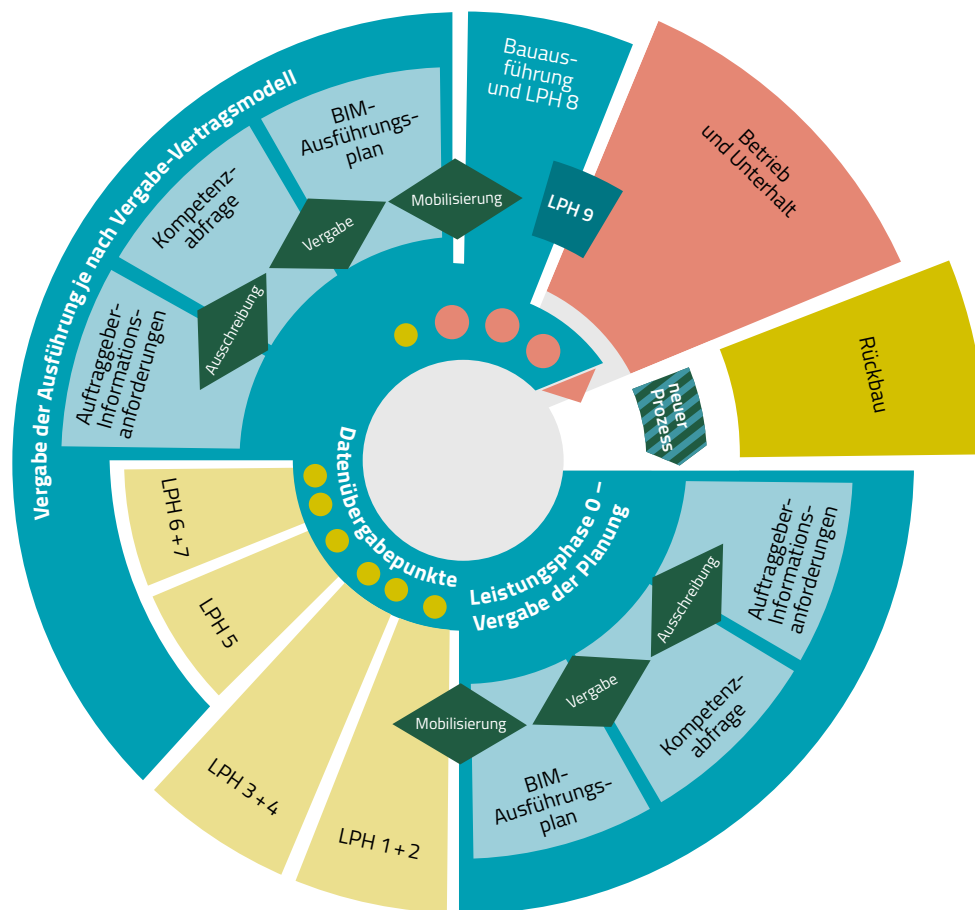
---

### 2.1 Allgemeines

---

Abbildung 2.1 zeigt einen übergeordneten BIM-Referenzprozesses auf Basis der HOAI-Leistungsphasen. Zur Ausschreibung einer BIM-Leistung sind dazu vom Auftraggeber die Informationsanforderungen (AIA) festzulegen, in denen genauer zu spezifizieren ist, welche Daten zu welchem Zeitpunkt benötigt werden. Er ist zudem verantwortlich für die Erstellung eines BIM-Abwicklungsplan (BAP), in dem die Prozesse zur Herstellung der geforderten Daten festgelegt sind. Zudem ist durch den Auftraggeber die BIM-Kompetenzabfrage des Auftragnehmers zur Erbringung der BIM-Leistungen durchzuführen. Die gelben Punkte in der Abbildung stellen den Zeitpunkt zur Übergabe der Daten an den Auftraggeber während der unterschiedlichen Leistungsphasen dar.

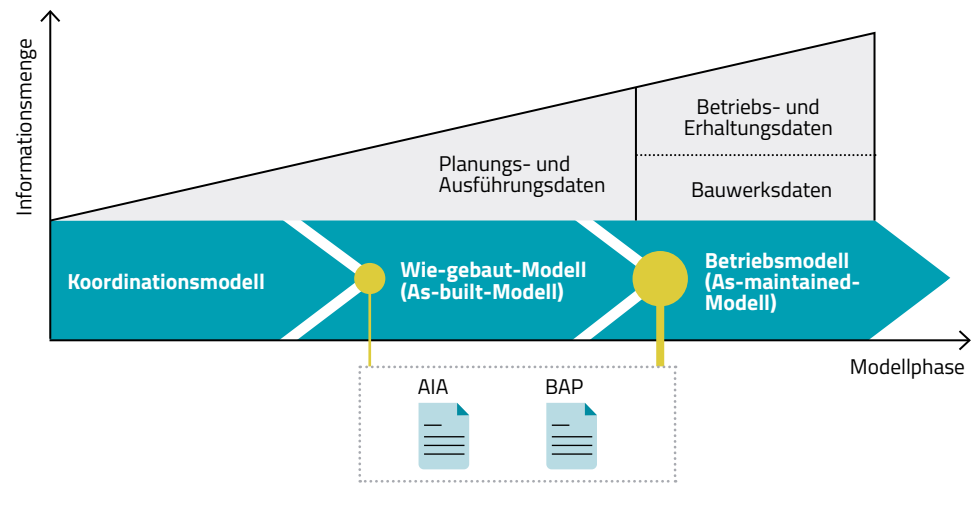
Abbildung 2.1: **BIM-Referenzprozess entlang der HOAI-Leistungsphasen** <sup>→1</sup>



Der Referenzprozess mit Bezug auf die Vergabe von BIM-Leistungen ist auf die Betriebsphase übertragbar, insbesondere um das sog. Handover – also die Modellübergabe von der Ausführungs- zur Betriebsphase – reibungsfrei und ohne Wissensverlust realisieren zu können (hier orangene Übergabepunkte).

Abbildung 2.2 gibt eine Übersicht über den Verlauf des Informationsmanagementprozesse mit der BIM-Methodik in Anlehnung an die DIN EN ISO 19650-1 <sup>→4</sup>. Während der Planungs- und Ausführungsphase steigt die Informationsmenge linear an. Mit Abschluss der Ausführungsphase liegen alle Informationen in einem Wie-gebaut-Modell vor. Diese Informationen sind in der Regel nicht alle relevant für die Betriebsphase. Zudem werden für den Betrieb weitere Informationen erforderlich, die nicht während der Planung und Ausführung erfasst wurden. Diesbezüglich ergibt sich im Rahmen der BIM-Methodik die Anforderung an ein Betriebsmodell, abgeleitet aus dem Wie-gebaut-Modell, dass sich nicht ändernde Daten Bauwerksdaten (in Anlehnung an die ASB-ING 2013 <sup>→5</sup>, ableitbar aus dem Wie-gebaut-Modell) sowie entsprechende Betriebs- und Erhaltungsdaten übernimmt, die während des Betriebs entsprechend zu ergänzend sind (linearer Anstieg der Informationsmenge).

Abbildung 2.2: **Lebenszyklus von BIM-Modellen in Anlehnung an DIN EN ISO 19650-1** <sup>→24</sup>



Hinsichtlich des Betriebs- und Erhaltungsmanagements für Straßentunnel ergeben sich je nach Einsatz der BIM-Methodik unterschiedliche Vorgehensweisen und daraus resultierende Anforderungen:

➤ **Variante A: Durchgehende Anwendung der BIM-Methodik**

Die BIM-Methodik wird kontinuierlich über alle HOAI-Leistungsphasen bzw. Lebenszyklusphasen hinweg angewendet. Nach Abschluss der Ausführungsphase (inkludiert bei der Betrachtung von Straßentunneln auch die Werks- und Montageplanung für die betriebstechnische Ausstattung) liegt ein Wie-gebaut-Modell vor. Auf Basis dieses Modells kann ein Betriebsmodell abgeleitet werden. Sofern dieses Modell nicht vom Betreiber / Bauwerkseigentümer selbst erstellt wird, kann die Leistung im Zuge einer Ausschreibung (mit AIA, BAP) vergeben werden (siehe Kapitel 2.3). Wichtige Anforderung an den Auftragnehmer ist gemäß BIM-Referenzprozess der Nachweis entsprechender Kompetenzen.

➤ **Variante B: Aufbau eines BIM-Betriebsmodells im Bestand**

Es wird ein BIM-Betriebsmodell für ein bestehendes Straßentunnelbauwerk erstellt. In der Regel empfiehlt sich diese Vorgehensweise – sofern eine Notwendigkeit eines BIM-Betriebsmodells identifiziert wurde – im Zuge der Instandsetzung bzw. des Austausches der betriebstechnischen Ausstattung oder baulicher Instandsetzungsmaßnahmen. Als Grundlage zum Aufbau der geometrischen Repräsentation können je nach Bedarf vorhandene Pläne (idealtypisch im digitalen Format) oder Punktwolken aus Laserscans herangezogen werden. Je nach verfügbaren Ressourcen des Betreibers / Bauwerkseigentümers können Modelle selbst erstellt werden oder die Leistung zur Bestandsmodellierung im Zuge einer Ausschreibung (mit AIA, BAP) vergeben werden (analog zu BIM-Referenzprozess bzw. Variante A). Methoden zur (teil-) automatisierten Bestandsmodellierung auf Basis von Methoden der künstlichen Intelligenz sind Gegenstand aktueller Forschungsprojekte wie bspw. TwinGen <sup>→6</sup> oder BIMKIT <sup>→7</sup>.



Bei beiden Varianten stellt das BIM-Betriebsmodell die Grundlage für das Betriebs- und Erhaltungsmanagement dar. Hinsichtlich einzelner Prozesse (bspw. Wartung und Inspektion der betriebstechnischen Ausstattung, Störfallmanagement oder Bauwerksprüfung) empfiehlt es sich Teilmodelle mit den notwendigen geometrischen und semantischen Informationen zur weiteren Bearbeitung aus dem BIM-Betriebsmodell abzuleiten. Diese sind nach Abschluss jedes Prozesses (bspw. nach einer Wartung, einem Störfall oder einer Bauwerksprüfung) mit dem übergeordneten BIM-Betriebsmodell zu konsolidieren.

Ansätze im Bereich des Facility Managements für den Hochbau zeigen derzeit eine Ausrichtung hinsichtlich sog. BIM-Profile<sup>→8</sup>. Diese liefern auf Basis des Austauschstandards IFC (Industry Foundation Classes) sog. „anwenderspezifische Standardausschnitte aus Sicht von Zielgruppen oder für Teilprozesse“.

BIM-Profile bauen in der Regel auf definierten Merkmalen bzw. Merkmalsgruppen auf und filtern je Anwendungsfall die erforderlichen Informationen. Die geometrische Repräsentation des IFC-Modells bleibt unverändert. Auf Basis der Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt<sup>→3</sup> hat sich gezeigt, dass Betreiber bzw. Bauwerkseigentümer für die Betriebsphase insbesondere mit Blick auf die Teilprozesse einen hohen geometrischen Detaillierungsgrad als nicht sinnvoll bzw. notwendig betrachten. Als Begründung wurde in der Regel angegeben, dass bei einer geometrisch hoch detaillierten Auflösung des Bauwerks keine Verbesserung der durchzuführenden Leistung erwartet wird. Der Fokus liegt hier insbesondere auf den semantischen Informationen. Zur strategischen Auswertung der Teilprozesse wird jedoch für das BIM-Betriebsmodell ein Mehrwert eines hohen Detaillierungsgrades zwecks besserer Nachvollziehbarkeit gesehen. Aufgrund dessen empfiehlt sich nach derzeitigem Stand für das Betriebs- und Erhaltungsmanagement die Anwendung von Teilmodellen für die einzelnen Anwendungsfälle der Betriebsphase und die entsprechende Konsolidierung im BIM-Betriebsmodell (vergleichbar mit dem Ansatz der Fachmodelle und des Koordinationsmodells in der Planungs- und Ausführungsphase).



## 2.2 Ausschreibung und Vergabe von BIM-Leistungen

---

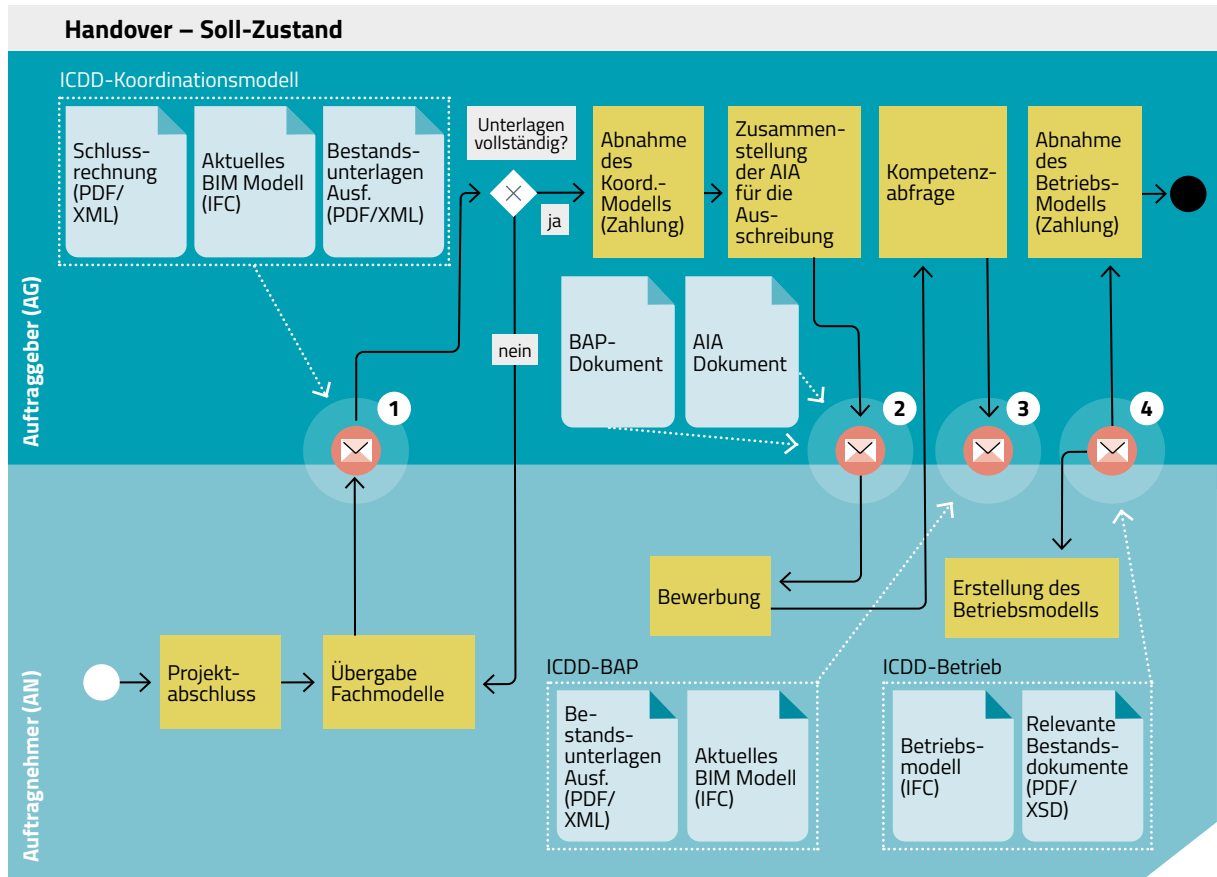
Durch die Einführung der BIM-Methodik kommt es zu wesentlichen Prozessänderungen sowohl bei der Übergabe von Bestandsinformationen als auch bei nachgelagerten Teilprozessen. Nachfolgend werden die Anforderungen an die Ausschreibung und Vergabe von BIM-Leistungen im Zuge der Betriebsphase von Straßentunneln am Beispiel der Erstellung eines BIM-Betriebsmodells beschrieben.

### 2.2.1 Erstellung eines BIM-Betriebsmodells

In Abbildung 2.3 wird ein Referenzbeispiel zur Erstellung eines BIM-Betriebsmodells für Straßentunnel auf Basis einer BIM-basierten Planung und Ausführung (Variante A, siehe Kap. 2.1) dargestellt.

Grundlage bildet die (konventionelle) Vorgehensweise zur Übergabe der Ausführungs- und Bestandsunterlagen gemäß ZTV-ING Teil 1<sup>9</sup>. Der abgebildete Ausschreibungs- und Vergabeprozesses orientiert sich dabei an den Handreichungen der Arbeitsgemeinschaft BIM4INFRA (hier Teil 1<sup>2</sup>) und dazu ergänzend am Rahmendokument „BIM-Anwendungsfälle und rechtliche Rahmenbedingungen“<sup>10</sup> des Masterplan BIM Bundesfernstraßen<sup>2</sup>. Diesbezüglich sind die AIA sowie der BAP die zentralen Dokumente im Zuge der Ausschreibung und Vergabe von BIM-Leistungen und sie beinhalten alle Anforderungen aus Sicht des Auftraggebers bzw. der geplanten Umsetzung durch den Auftragnehmer (siehe Kap. 2.1). Im Rahmen des Vergabeprozesses soll in der Regel zudem eine Kompetenzabfrage von Seiten des Auftraggebers erfolgen, um sicherzustellen, dass der vorgesehene Auftragnehmer in der Lage ist, die Anforderungen zu erfüllen. Ist diese erfolgreich, wird der Auftragnehmer beauftragt und ihm werden über entsprechende Austauschformate (hier z. B. innerhalb eines ICDDs) das aktuelle BIM-Modell sowie die Bestands- und Ausführungsunterlagen übermittelt. Nach Fertigstellung des BIM-Betriebsmodells ist dieses wieder an den Auftraggeber mit allen geforderten Betriebsinformationen zu übermitteln.

Abbildung 2.3: **Übersicht des SOLL-Prozesses zur Erstellung eines BIM-Betriebsmodells**



1 Abschluss der Ausführungsphase 2 3 Ausschreibung für das Betriebsmodell 4 Erstellung des Betriebsmodells

Im Rahmen der Leistungserbringung sind vom Auftragnehmer grundsätzlich folgende Liefergegenstände zu erstellen:

- BIM-Betriebsmodell auf Basis von IFC, mit allen betriebsrelevanten Merkmalen und Verlinkung der betriebsrelevanten Unterlagen
- Digitalisierte Bestandsunterlagen (bspw. PDF, XML)

Zur Erstellung der Liefergegenstände gemäß Anforderungen empfiehlt sich der Aufbau und der entsprechende Verweis auf eine Modellierungsrichtlinie durch den Auftraggeber (in diesem Fall der Bauwerkseigentümer bzw. Betreiber des Tunnelbauwerks). Im Rahmen des Forschungsprojekts<sup>➔3</sup> wurde eine Modellierungsrichtlinie für ein BIM-basiertes Betriebs- und Erhaltungsmanagement erstellt, das sich aus nachfolgenden Dokumenten zusammensetzt. Die Dokumente sind der Homepage der BAST zu entnehmen.

### **Funktionale Teile**

Enthält eine Strukturierung aller betriebs- und erhaltungsrelevanten Objekte für Straßentunnel mit entsprechender Substituierung korrespondierender IFC-Klassen (aktuell IFC Version 4). Zukünftig ist durch buildingSmart (Herausgeber des IFC-Standards) die Einführung von IFC Tunnel geplant. Die aktuellen Entwicklungen bezüglich IFC Tunnel wurden im Rahmen dieses Dokuments berücksichtigt und hinsichtlich nationaler Anforderungen ergänzt (bspw. Aufbau des konstruktiven Tragwerks gemäß ASB-ING 2013). Diese Auflistung kann bis zur Veröffentlichung von IFC Tunnel als Modellstruktur für Straßentunnel verwendet werden (siehe Kap. 3.9.2.1 in AIA).

### **Level of Information Need (LOINs)**

Enthält beispielhafte Vorlagen zur Beschreibung des Informationsbedarfs gemäß DIN EN 17412-1<sup>→11</sup>. Die Festlegung des Informationsbedarfs ist Bestandteil der AIA (siehe Kap. 3.9.2.2) und ist projektspezifisch anzupassen bzw. zu erweitern.

### **Merkmalsgruppenkatalog**

Enthält Merkmale und Merkmalsgruppen gemäß DIN EN ISO 23386<sup>→12</sup> zur semantischen Beschreibung einzelner Objekte. Hinsichtlich der Betriebsphase von Straßentunneln wird zwischen aufgabenorientierten (bspw. Wartung, Reinigung), objektspezifischen (bspw. allgemeine Bestandsinformationen der betriebstechnischen Ausstattung) und strukturspezifischen Merkmalsgruppen (Informationen zur Konstruktion des Tragwerks) unterschieden. Der Katalog kann je nach Anforderungen angepasst werden. Eine entsprechende Funktionalität zur Pflege und Bereitstellung von Merkmalen und Merkmalsgruppen bietet auf Bundesebene das sog. BIM-Portal<sup>→13</sup>. Es stellt u. a. eine zentralisierte Merkmalsdatenbank zur Verfügung.

### **xml / xsd-Vorlagen**

Enthält Vorlagen für digitale Arbeitskarten (im Zuge der Wartung und Inspektion) und ein Protokoll für Bauwerksprüfung (auf Basis der RI-EBW-PRÜF<sup>→14</sup>). Die digitalen Unterlagen ermöglichen eine maschinenlesbare Auswertung von entsprechenden Prozessinhalten (bspw. Wartungsergebnissen). Im Rahmen des Forschungsprojekts<sup>→3</sup> wurden die Schemata in ein entsprechendes Datenmodell überführt und in ein Web Interface eingebunden, wodurch eine Bearbeitung über ein mobiles Endgerät (bspw. Tablet) ermöglicht wird. Eine Analyse der aktuellen Prozesser der Wartung und Inspektion zeigt, dass derzeit eine analoge Erfassung auf papierbasierten Arbeitskarten erfolgt, dessen Ergebnisse im Anschluss digital eingepflegt werden<sup>→3</sup>. Durch die Nutzung entsprechender Vorlagen und der Einbindung in Datenmodelle lässt sich die Erfassung des Anlagen- bzw. Bauwerkszustandes zukünftig optimieren.

### 2.2.2 Übersicht betriebs- und erhaltungsspezifischer Anwendungsfälle für Straßentunnel

Die Anwendung der BIM-Methodik ist in der Regel mit Zielen verknüpft, die sowohl übergeordnet (bspw. Optimierung der Betriebsphase) als auch projekt- bzw. leistungsspezifisch (bspw. Unterstützung des Betriebsmanagements) definiert werden können. Auf Basis dieser Ziele ergeben sich sog. Anwendungsfälle für ein BIM-Modell, die primär beschreiben, auf welche Art (und mit welchen Informationen) ein modellbasiertes Arbeiten erfolgen soll. Hinsichtlich der Betriebsphase von Straßentunneln ist die Erstellung des BIM-Betriebsmodells zur Nutzung für den Betrieb und die Erhaltung als einzelner Anwendungsfall zu betrachten. Zudem empfiehlt sich ggf. die Verwaltung des BIM-Betriebsmodells, d. h. insbesondere die Konsolidierung des übergeordneten Modells auf Basis der Betriebs- und Erhaltungsprozesse (mit entsprechenden Teilmodellen, siehe auch Kapitel 2.1), insbesondere dann, wenn entsprechende Ressourcen auf Seiten der Betreiber bzw. Bauwerkseigentümer nicht zur Verfügung stehen.

Zukünftig ist zu klären, in welcher Form die Anwendungsfälle für die regelmäßigen Prozesse während der Betriebsphase vereinbart werden. Die Analyse der Betreiberanforderungen zeigt, dass bspw. bei der Instandhaltung der betriebstechnischen Ausstattung in der Regel Wartungsfirmen oder vereinzelt Service-Personal der Straßenmeistereien zum Einsatz kommen. Bei fremdvergebenen Leistungen empfiehlt es sich somit, die Umsetzung von BIM vertraglich (z. B. im Rahmen des Instandhaltungsvertrags) mit entsprechenden Anforderungen zu vereinbaren. Hier kann eine AIA zukünftig als Anlage des Vertrags zum Vertragsbestandteil werden, um die Informationsanforderungen von Seiten des Betreibers und Bauwerkseigentümers festzulegen. Dementsprechend ist auch ein BAP zu erstellen, idealtypisch vom Auftragnehmer (ggf. auf Basis einer Vorlage des Auftraggebers). Hinsichtlich der Leistungen die durch den Betreiber bzw. Bauwerkseigentümer in Eigenverantwortung durchgeführt werden, sind entsprechende BIM-Schulungen für das Personal erforderlich. Dabei ist festzuhalten, dass direkte Änderungen am IFC-Modell nicht zwangsläufig durch den Auftragnehmer der einzelnen Leistungen erforderlich sind, sondern dieser nur entsprechende Verknüpfungen (Merkmale sowie digitale Unterlagen) erstellt. Die Übernahme ins BIM-Betriebsmodell sollte übergeordnet durch den Auftragnehmer oder den Betreiber bzw. Bauwerkseigentümer durchgeführt werden, der für die Verwaltung des Modells verantwortlich ist. Eine entsprechende Übersicht bezüglich daraus resultierender Rollen ist in Kapitel 3.6 enthalten.

Im Rahmen des Forschungsprojekts<sup>→3</sup> wurden auf Basis der identifizierten Betreiberanforderungen für einzelne Prozesse der Betriebsphase von Straßentunneln eine Übersicht potenzieller Anwendungsfälle erarbeitet. Diese ist in Tabelle 2.1 dargestellt.

Tabelle 2.1: **Übersicht potenzieller BIM-Anwendungsfälle für Betrieb von Straßentunneln**

BIM-Ziel	Anwendungsfall	Beschreibung	Anforderungen an die Geometrie	Anforderungen an die semantischen Informationen	Priorität der Umsetzung	Komplexität
<b>Handover zur Nutzung für Betrieb und Erhaltung</b>	Betriebsmodell	Erstellung des Betriebsmodells auf Grundlage des As-built Modells	Hoher Detaillierungsgrad, abgeleitet aus dem As-built Modell	Vollständige Informationen, sowie Verknüpfung, bspw. mit Bestands- und Betriebsunterlagen gemäß ZTV-ING	Kurzfristig	Mittel
	Verwaltung	Aktualisierung und Verwaltung des Betriebsmodells			Kurzfristig	Gering
<b>Unterstützung des Erhaltungs- und Instandhaltungsmanagements</b>	Digitalisierte Zustandserfassung	Digitale Dokumentation von Instandhaltungsmaßnahmen	Detailliertere geometrische Darstellung der Objekte, vereinfachte Darstellung des Tunnelbauwerks	Informationen der Instandhaltung (siehe bspw. Arbeitskarten)	Kurzfristig	Mittel
	Einsatzplanung	Ableitung und Koordinierung von weiteren Instandsetzungsmaßnahmen	Keine bis geringe Anforderungen je nach Umsetzung	Termininformationen, Zuständigkeiten etc.		Gering
	Visualisierung und Auswertung	Visualisierung und Auswertung von Instandhaltungsdaten)	Hoher Detaillierungsgrad, abgeleitet aus dem As-built Modell	Entsprechende Instandhaltungsdaten (bspw. Wartungszyklen, Prüftermine)	Kurzfristig	Hoch
	Störfalldatenbank	Aufbau einer Störfalldatenbank mit Informationen zu vergangenen Störfällen und den Lösungen zur Behebung	Keine	Störfallinformationen (Datum, Art, Lösung etc.)	Mittelfristig	Mittel
	Prädiktive Instandhaltung	Erfassung v. Informationen zur vorausschauenden Instandhaltung bzw. Erhaltung	Detailliertere geometrische Darstellung der Objekte, vereinfachte Darstellung des Tunnelbauwerks	Erweiterte Zustandsdaten (bspw. Betriebsdauer)	Langfristig	Hoch

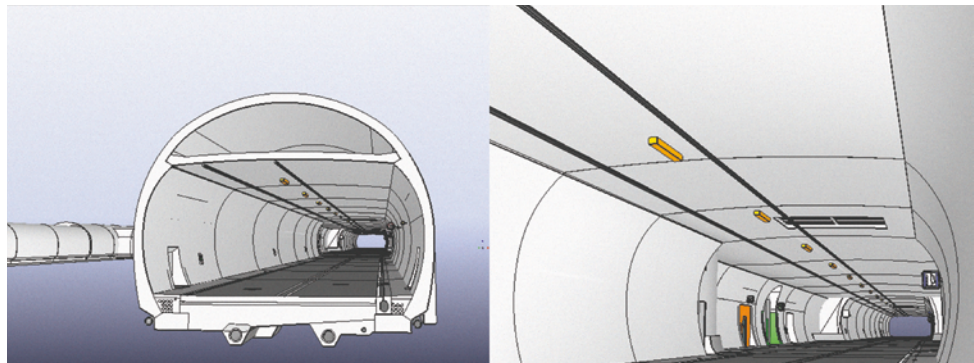
BIM-Ziel	Anwendungsfall	Beschreibung	Anforderungen an die Geometrie	Anforderungen an die semantischen Informationen	Priorität der Umsetzung	Komplexität
<b>Unterstützung des Erhaltungs- und Instandhaltungsmanagements</b>	Mängelmanagement	Organisation des Gewährleistungsmanagements	Keine bis geringe Anforderungen je nach Umsetzung	Informationen zur Gewährleistung (bspw. Inbetriebnahme,	Kurzfristig	Mittel
<b>Unterstützung des Betriebsmanagements</b>	Schulung	Planung / Durchführung von Schulungen für Einsatzkräfte	Hoher Detaillierungsgrad, abgeleitet aus dem As-built Modell	Bspw. Informationen aus der Sicherheitsdokumentation, Ablauf des Notfallbetriebs etc.	Mittelfristig	Gering
	Visualisierung und Auswertung	Visualisierung und Auswertung von Betriebsdaten	Hoher Detaillierungsgrad, abgeleitet aus dem As-built Modell	z. B. Energieverbrauch	Mittelfristig	Mittel
	Ticketsystem	Ticketsystem mit übergreifenden Schnittstellen zur Störungsbeseitigung	Objekt / Komponenten als detaillierte Modellansicht	Störungsinformationen, Gewährleistungsabfrage, Verantwortlichkeiten	Kurzfristig	Gering
	Digitaler Zwilling	Digitaler Zwilling zur Simulation von Betriebsprozessen	Hoher Detaillierungsgrad, abgeleitet aus dem As-built Modell	Detaillierte Informationen über Anlagen und Bauwerk, weitere Anwendungsfälle möglich	Langfristig	Sehr Hoch
<b>Prüfungen hinsichtlich betrieblicher Belange (bspw. früh in der Planungsphase)</b>	Modellprüfung	Modellprüfung hinsichtlich der Datenintegrität bzw. Vollständigkeit von Unterlagen	Hoher Detaillierungsgrad, abgeleitet aus dem As-built Modell	Lageinformationen, Verkehrsrauminformationen etc.	Mittelfristig*	Gering
	Kollisionsprüfung	Kollisionsprüfung verschiedener Gewerke			Mittelfristig	Mittel

## 2.3 Modellbasiertes Arbeiten

Durch das übergeordnete BIM-Betriebsmodells werden Betreiber bzw. Bauwerkseigentümer von Straßentunneln dabei unterstützt, zukünftig auf Basis einer zentralisierten und einheitlichen Datengrundlage Prozesse des Betriebs- und Erhaltungsmanagements zu verwalten, zu analysieren und ggf. zu steuern. Im Rahmen des Forschungsprojekts<sup>→3</sup> wurden die Potentiale der modellbasierten Arbeitsweise identifiziert und anhand eines IFC-Modells (siehe Abbildung 2.4) eines Straßentunnels exemplarisch veranschaulicht.

Abbildung 2.4:

### Verschiedene Ansichten des verwendeten IFC-Modells zur Demonstration



Nachfolgend werden die Grundlagen für das modellbasierte Arbeiten im Rahmen eines BIM-basierten Betriebs- und Erhaltungsmanagement beschrieben. Darauf aufbauend werden Möglichkeiten zur Prüfung von Prozessergebnissen sowie einer grundsätzlichen Qualitätssicherung auf Basis eines BIM-Betriebsmodells dargestellt.

### 2.3.1 Grundlagen

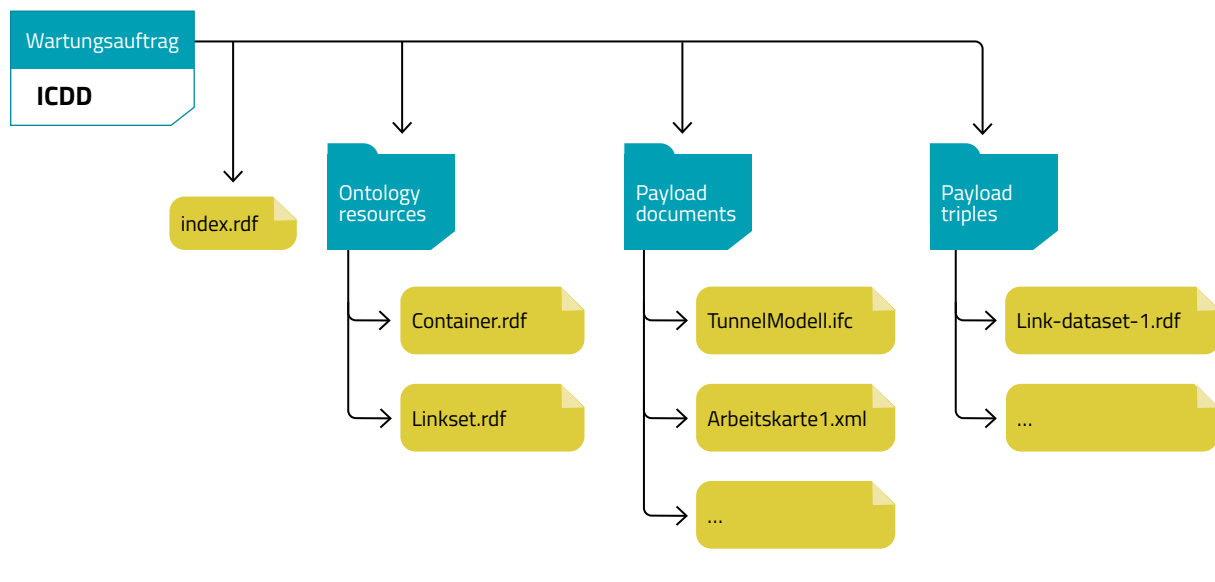
#### 2.3.1.1 Informationscontainer

Bezüglich des Austauschs von Modellen und weiteren Dokumenten im Kontext des Building Information Modeling empfiehlt sich die Anwendung von Informationscontainern (ICDD-Information Container for Linked Document Delivery) gemäß ISO 21597-1<sup>→15</sup>, um einen verlustfreien Informationsaustausch zwischen mehreren Beteiligten zu ermöglichen. Der Ansatz der ICDD-Container ist dabei konzeptionell und beschreibt einen strukturierten Aufbau, stellt jedoch allein keine softwarebasierte Umgebung zur Datenhaltung dar (bspw. in Form einer Common Data Environment (CDE)). ICDDs ermöglichen einen heterogenen Austausch sowie die Speicherung und Archivierung von Informationen im Bauwesen. Durch die Verwendung wird ein Linked-Data-Ansatz ermöglicht, sodass ein Austausch von Anforderungen über ein BIM-Modell (IFC basiert) und damit verknüpften Dokumente (XML, PDF, DWG etc.) realisiert werden kann.

Die Verknüpfung der Dokumente wird über RDF/OWL Ontologien beschrieben und sind ebenfalls im ICDD enthalten. Der Aufbau eines Containers folgt der Definition aus ISO 21597 (siehe Abbildung 2.5).

Zur Erweiterung herkömmlicher Betriebsabläufe besteht somit die Möglichkeit, zentrale Dokumente in digitaler Form einem IFC-Modell für den Betrieb bzw. die Erhaltung beizulegen und nach durchgeführter Leistung auf Vollständigkeit zu prüfen. Die Prüfung kann mit einer Regelsprache durchgeführt werden, so ermöglicht bspw. SPARQL eine Überprüfung von RDF/OWL in Kombination mit ifcOWL. Eine detaillierte Beschreibung des Funktionsprinzips erfolgt im Forschungsbericht<sup>→3</sup>.

Abbildung 2.5: **Beispielhafter Inhalt eines ICDD Wartungsauftrags**



### 2.3.1.2 Prototypische Implementierung

Es erfolgte eine prototypische Implementierung von Prüf- und Hilfswerkzeugen, um den Nutzen und die Funktionalität eines BIM-basierten Betriebs- und Erhaltungsmanagements zu demonstrieren. Daraus entstand übergeordnet die Anwendung „ICDD-Inspektor“, die mit Blick auf die formulierten Informationsanforderungen folgende Funktionalitäten unterstützt:

- Initialisierung von Informationscontainern für den Informationsaustausch
- Erstellung/Verwaltung von semantischen Verknüpfungen in Form von RDF-Graphen, bspw. einzelner Dokumente und Modellobjekte
- Erstellen und Ausführen von Abfragen auf Basis von SPARQL
- Implementierung von Model View Definitions (MVDs)

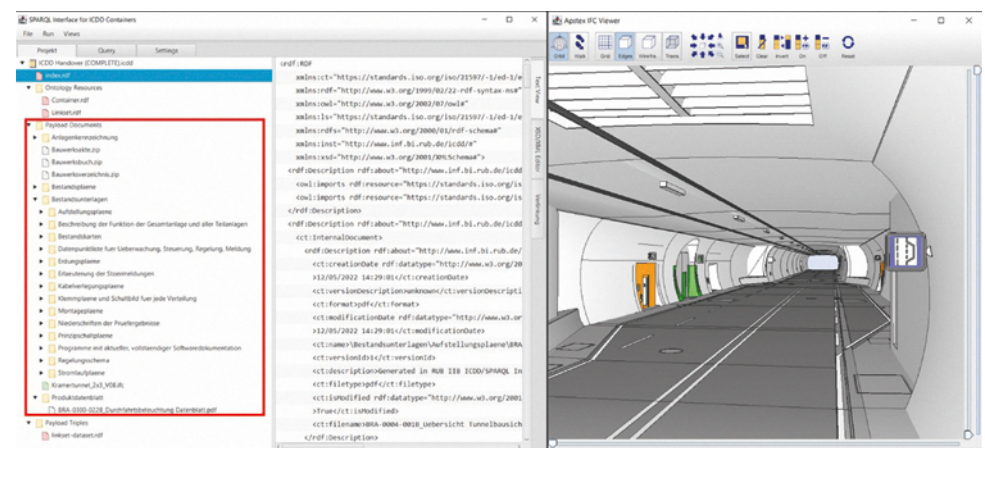


Der „ICDD-Inspektor“ wurde lediglich zwecks Nachweises bzw. Demonstration im Rahmen des Forschungsprojekts<sup>→3</sup> entwickelt und ist nicht frei verfügbar. Dennoch zeigt er Anforderungen an vergleichbare Software und es lässt sich der entsprechende Nutzen bezüglich der zukünftigen Umsetzung einer BIM-basierten Arbeitsweise ableiten.

### 2.3.1.3 Aufbau des BIM-Betriebsmodells

Das Betriebsmodell setzt sich sowohl aus dem semantisch angereicherten IFC-Modell sowie den erforderlichen Dokumenten gemäß LOIN zusammen. In einem ersten Schritt ist dazu das vorhandene IFC-Modell mit den erforderlichen Merkmalsgruppen (u. a. MG\_Bestandsinformationen) zu verknüpfen (siehe auch Kapitel 2.2.1.3). Aus dem angereicherten IFC-Modell ist zusammen mit den weiteren Unterlagen ein ICDD-Container zu erzeugen. Die eigentliche Initialisierung des Betriebsmodells erfolgt im ICDD-Inspektor (siehe Abbildung 2.6), durch das Einbinden des zuvor erzeugten Containers. Verknüpfung der Unterlagen mit dem Modell im Sinne des Linked-Data Ansatzes erfolgen über manuelle Verknüpfungen zwischen einzelnen Dokumenten und Modellobjekten auf Basis erzeugter RDF-Graphen. Abschließend kann der Container initialisiert und das vollständige Betriebsmodell mit allen angereicherten Informationen übermittelt werden.

Abbildung 2.6: Initialisierung eines Betriebsmodells im ICDD-Inspektor



Nachfolgend wird auf Basis des BIM-Betriebsmodells das modellbasierte Arbeiten mit Fokus auf die Prüfung und Qualitätssicherung ausgewählter Prozesse dargestellt.

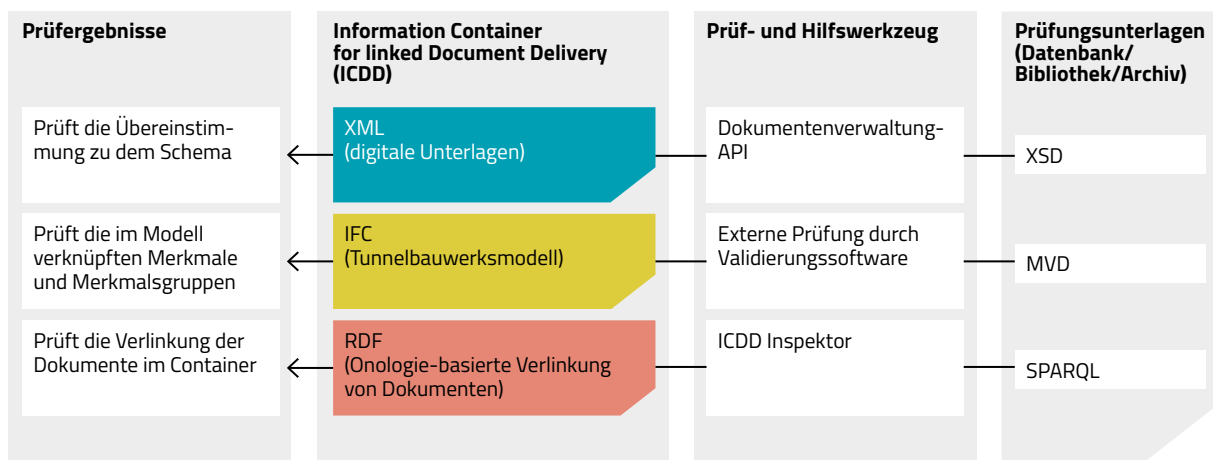
### 2.3.2 Prüfungen und Qualitätssicherung

Idealtypisch bildet das Betriebsmodell die Grundlage für alle weiteren Anwendungsfälle. Umso wichtiger ist aus Sicht des Betreibers eine vollumfängliche Prüfung des Betriebsmodells hinsichtlich der Umsetzung aller Anforderungen gemäß AIA. Darüber hinaus kann durch weitere Anwendungsfälle auf Grundlage von Betriebs- und Erhaltungsprozessen eine Überprüfung der durchgeführten Arbeiten bzw. erbrachten Leistungen und somit im weiteren Sinne eine Qualitätssicherung auf Basis des Modells erfolgen.

Einzelne Prüfmechanismen auf Basis der im Forschungsprojekt<sup>3</sup> entwickelten Prüf- und Hilfswerkzeuge (u. a. ICDD-Inspektor) werden nachfolgend beschrieben.

Insgesamt wurden für drei unterschiedliche Containerinhalte (digitale Unterlagen, angereichertes IFC-Modell sowie RDF-Graphen) Prüfmechanismen entwickelt. Abbildung 2.7 gibt eine Übersicht bezüglich einzelner Prüfgegenstände der Informationscontainer im Zusammenhang mit den dazu entwickelten Prüf- und Hilfswerkzeugen.

Abbildung 2.7: **Übersicht über Containerinhalte, Prüfwerkzeuge und der benötigten Prüfungsunterlagen**



Durch die Prüfmechanismen wird der Betreiber bei der Prüfung und Qualitätssicherung der im Prozess auszutauschenden Informationscontainer unterstützt. Hierdurch wird nicht nur ein verlustfreier Informationsaustausch gewährleistet, sondern durch die größtenteils automatisierte Prüfung besteht ein deutlich geringerer Zeitaufwand im Vergleich zur konventionellen Prüfung von Bestandsunterlagen. Nachfolgend wird die Funktionsweise der einzelnen Prüfmechanismen beschrieben:

### 2.3.2.1 Quantitative Prüfung des Containers bzw. der verlinkten Dokumente

Die quantitative Prüfung der verlinkten Dokumente erfolgt auf Basis der RDF-Graphen. Demnach enthält die Datei linkset-dataset.rdf (siehe auch Kap. 2.3.1.1) im Informationscontainer explizite Verlinkungen bestehend aus der Zuordnung der einzelnen Dokumente mit den jeweiligen IFC-Objekten bzw. deren Identifikationsnummer (Globally Unique Identifier). Auf Basis einer entsprechenden Abfrage (hier SPARQL) können dann die im Container enthaltenen Dokumente bzw. die Anzahl der angegebenen Verlinkungen in einer Übersicht dargestellt werden. Das Ergebnis kann dann mit den Vorgaben aus den AIA gegengeprüft werden.

Sind beispielsweise 23 Tunnelleuchten verbaut, muss in der Regel die gleiche Anzahl an Verlinkungen zu Bestands- und Betriebsunterlagen (bspw. Bestandskarte, Montagepläne, technisches Datenblatt) vorhanden sein. Andernfalls liegt wahrscheinlich eine fehlerhafte Verlinkung bzw. Initialisierung des Containers vor und wäre vom Auftragnehmer entsprechend zu beheben.

### 2.3.2.2 Qualitative Prüfung digitaler Dokumente

Neben dem quantitativen Umfang der Dokumente, sind diese auch formal zu prüfen. Hierzu ist eine individuelle Betrachtung einzelner Unterlagen erforderlich. Voraussetzung dafür ist, dass die Dokumente maschinenlesbar sind und bspw. als XSD-Schema oder XML-Dokument vorliegen. Hierzu wurden analoge Unterlagen aus den Betriebsprozessen (z. B. Arbeitskarten zur Wartung und Inspektion) in ein digitales XSD-Schema überführt. Auf Basis der Schemata können XML-basierte Dokumente generiert werden. Die formale Prüfung wurde auf Basis einer entwickelten Programmierschnittstelle durchgeführt. Das erzeugte Schema einzelner Arbeitskarten wurde dabei in ein objektorientiertes Modell überführt, welches je nach vorliegendem Dokumententyp folgende Validierung ermöglicht:

- Prüfung der XML-Dokumente gegen das XSD-Schema, bei dem versucht wird, einzelne Objekte aus der Programmierschnittstelle (Dokumentenverwaltung-API) zu erzeugen. Bei erfolgreicher Erzeugung entsprechen die XML-Dokumente den Vorgaben.
- Abgleich einzelner, selektierter XSD-Schemata (aus ausgetauschtem Informationscontainer) mit XSD-Schema der Programmierschnittstelle. Falls diese äquivalent sind, wird eine Ansicht zur weiteren Bearbeitung erzeugt.

Eine inhaltliche Prüfung der Unterlagen, bspw. hinsichtlich plausibler Einträge, wird an dieser Stelle nicht durchgeführt. Hier sind zukünftig weitere Mechanismen zu entwickeln, welche die fachliche Nachvollziehbarkeit der dokumentierten Ergebnisse ermöglichen (z. B. Gewährleistung richtiger Angaben durch digitale Unterschrift des verantwortlichen Personals, Stichprobenprüfung durch Betreiber).

Zusätzlich zur Prüfung der Dokumente ermöglicht es die Programmierschnittstelle bzw. das entwickelte Datenmodell auch, den Betreiber bei der digitalen Erstellung und Bearbeitung von Unterlagen zu unterstützen. Die Schnittstelle wurde zu Demonstrationszwecken in den ICDD-Inspektor integriert.

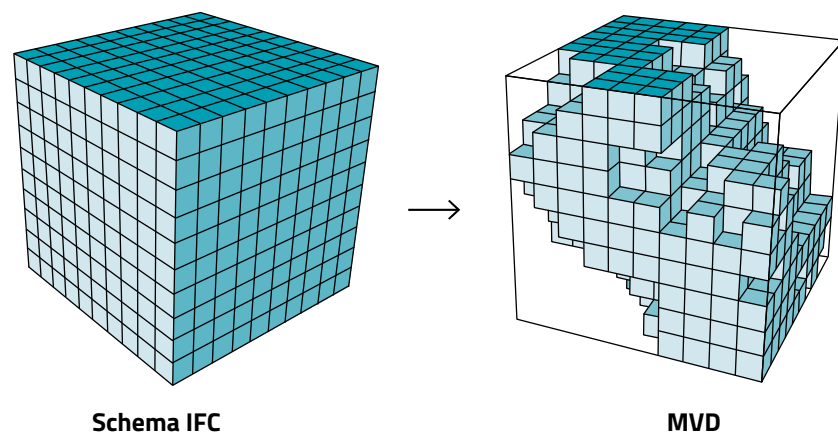
Die Übertragung von Ergebnissen ins Betriebsmodell und umgekehrt ist prinzipiell ebenfalls möglich. Hierzu müssen in der Regel entsprechende Routinen geschrieben werden, die eindeutig festlegen, wo Informationen im Modell mit Angaben im digitalen Dokument zu verknüpfen sind.

### 2.3.2.3 Prüfung der verknüpften Eigenschaftssätze

Innerhalb des übermittelten IFC-Modells sind im Zuge der Betriebsphase auch die angereicherten semantischen Informationen bzw. verknüpften Eigenschaftssätze auf Basis der Merkmalsgruppen zu überprüfen.

In der BIM-basierten Arbeitsmethodik wird hierzu in der Regel die sog. Model View Definition (MVD) als Prüfroutine angewendet, die für jedes geprüfte IFC-Objekt ein Prüfergebnis erzeugt. MVDs werden als XML-basiertes Format angelegt und enthalten Informationen für einen Validierungs-Regelsatz als Teil-Datensatz aus dem IFC-Gesamt-schema, der am Modell angewendet werden soll (siehe Abbildung 2.8). Konkret wird dabei gegen die definierten bzw. mit dem Modell verknüpften Merkmalen und Merkmalsgruppen validiert, sodass die Vollständigkeit gemäß Angaben aus den AIA modellbasiert untersucht werden kann. Resultate dieser Prüfung können die Zustände „Passed“, „Not Passed“ oder „Not Applicable“ sein.

Abbildung 2.8: Initialisierung eines Betriebsmodells im ICDD-Inspektor <sup>→16</sup>



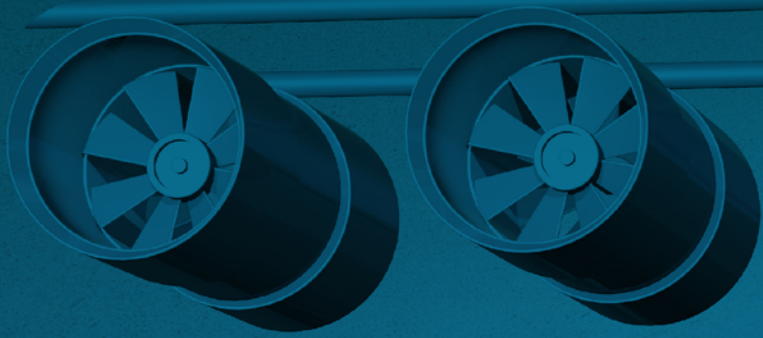
Ein umfangreicher Katalog an MVD-Spezifikationen ermöglicht somit festgelegte Informationsanforderungen am Modell zu kontrollieren und somit potenzielle Fehler im Rahmen der weiteren Modellbearbeitung zu vermeiden.

### 2.3.3 Zwischenfazit

In diesem Abschnitt mit Bezug zum Forschungsvorhaben<sup>→3</sup> wurden Grundlagen und Anforderungen für ein BIM-basiertes Betriebsmodell von Straßentunneln aufgezeigt. Es wurde dargestellt wie betriebs- und erhaltungsrelevante Prozesse in ein BIM-basiertes Modell übertragen werden können und Modellierungsrichtlinien vorgestellt, die den erforderlichen Detaillierungsgrad für ein BIM-Betriebsmodell vorgeben sowie BIM-basierte Prozessabläufe abbilden.

Ein wesentlicher Vorteil der BIM-basierten Arbeitsweise für den Betrieb und die Erhaltung bietet die zentralisierte, digitalgestützte Datenhaltung. Es konnten aber auch Optimierungspotentiale aufgezeigt werden, die sich insbesondere im Bereich des Informationsaustauschs in Verbindung mit der Prüfung der gelieferten Informationen und somit der Qualitätssicherung von Leistungen im Rahmen des Betriebs und der Erhaltung zeigten. Es wurde jedoch auch deutlich, dass wesentliche grundlegende Strukturen, Regeln und Plattformen zu schaffen sind, um eine BIM-basierte Arbeitsweise im Rahmen des Betriebs und der Erhaltung zu ermöglichen. Hervorzuheben ist an dieser Stelle, dass es sich bei den Prüf- und Hilfswerkzeugen um prototypische Anwendungsbeispiele handelt, welche die Potenziale eines BIM-basierten Betriebs- und Erhaltungsmanagements für Straßentunnel aufzeigen. Für den praktischen Einsatz wird empfohlen, die beschriebenen Ansätze und Paradigma (u. a. RDF- / OWL-Ontologien, SPARQL-Abfragen, MVDs etc.) zu übernehmen. Beim Einsatz von BIM-Anwendungen sollten entsprechende Funktionalitäten berücksichtigt werden.





3



---

# 3. Beispiel-AIA (Auftraggeber-Informations- anforderungen) zur Erstellung eines Betriebsmodells

---

## 3.1 Erläuterungen zur Struktur und Anwendung der Beispiel-AIA

---

Das Rahmendokument „Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA)“ der Muster-richtlinie BIM (MR BIM)<sup>→17</sup> im Zuge des Masterplan BIM Bundesfernstraßen des BMDV stellt eine Muster-AIA zur Verfügung. Diese legt gemäß aktuellem Stand den Fokus auf die Planungs- und Ausführungsphase von Projekten der Bundesfernstraßeninfrastruktur und soll zukünftig bei der Erstellung von AIAs im Zuge der Ausschreibung unterstützen und kann ebenfalls die Grundlage für künftige Ausschreibungen zur Umsetzung eines BIM-basierten Betriebs- und Erhaltungsmanagement für Straßentunnel bilden.

Für die Betriebsphase von Straßentunnel sind entsprechende Anpassungen vorzunehmen, da sich die Organisation des Betriebs in der Regel maßgeblich von Projekten in der Planung und Ausführung unterscheidet. Dies zeigt sich insbesondere in der Anzahl von beteiligten Akteuren (bspw. Verwaltungsbehörde, Sicherheitsbeauftragte, Tunnelmanager, Straßenmeistereien, Wartungsfirmen) in den einzelnen Prozessen sowie die Projekt- bzw. Prozesslaufzeiten: während im Zuge der Planung und Ausführung viele unterschiedliche Fachplaner zur Bearbeitung der spezifischen Fragestellungen erforderlich sind und aufgrund der linearen Projekteigenschaften über einen längeren Zeitraum Abhängigkeiten entstehen, sind Betriebsprozesse in der Regel zyklische Aufgaben, die über einen langen Zeitraum regelmäßig auftreten, aber in sich geschlossen und in der Einzelbetrachtung deutlich kürzer sind. Somit ergeben sich insbesondere Unterschiede in der Zusammenarbeit bzw. der Organisation eines BIM-basierten Betriebs- und Erhaltungsmanagements.

Aus diesen Gründen setzt sich die nachfolgende, betriebsspezifische Beispiel-AIA auf Basis des Rahmendokuments „Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA)“ des Masterplan BIM Bundesfernstraßen folgendermaßen zusammen:

- Texte ohne farbliche Markierung können als Vorlage für Ausschreibungstexte einer betriebsspezifischen AIA verwendet werden und basieren auf den Ausführungen der Muster-AIA<sup>→17</sup>. Die Texte wurden dabei an einzelnen Stellen hinsichtlich der Unterschiede zur Betriebsphase angepasst.
- Analog zu den Ausschreibungstexten wurden die Tabellen aus der Muster-AIA ebenfalls übernommen und hinsichtlich eines fiktionalen Beispiels für den Straßentunnelbetrieb in Anlehnung an der Erstellung eines BIM-Betriebsmodells übernommen.
- Die farblich markierten Texte (Hinweiskästchen) enthalten Hintergrundinformationen und sind in der Regel nicht für eine betriebsspezifische AIA zu übernehmen. Hier werden sowohl allgemeine Hinweise aus der Muster-AIA mit Anpassung an die Modellinhalte, sowie den Einsatz von Technologien gegeben.

## 3.2 Einleitung

### 3.2.1 Geltungsumfang und Inhalt

#### Hinweise zum Geltungsumfang und Inhalt

AIA sind in der Regel projektspezifisch bzw. betriebsspezifisch zu definieren und im Rahmen der Ausschreibung den Anbietern zur Verfügung zu stellen. Weitere Dokumente können neutral erstellt und in den AIA und dem BAP referenziert werden. Wichtig ist, die Versionierung der Dokumente ordnungsgemäß durchzuführen.

Es wird empfohlen, eigene AIA-Vorlagen zu erstellen und diese im Rahmen der Ausschreibung und Vergabe von Leistungen als Vertragsbestandteil zu verwenden. Zukünftig sollen einheitliche Muster für AIA und mit Einbindung von entsprechenden Katalogen für ausgewählte Bauwerkstypen im Bereich Straße im derzeit im Aufbau befindlichen BIM-Portal<sup>→18</sup> zur Verfügung gestellt werden. Dort werden zukünftig Informationen, Anwendungen sowie einheitliche BIM-Daten für alle beteiligten Anwender zur Verfügung stehen.

Die hier aufgeführte generelle Beschreibung der Zielstellung des Dokumentes sowie des Zusammenhangs mit weiteren Dokumenten kann direkt in die AIA übernommen werden bzw. bei Bedarf weiter spezifiziert werden. Die Beschreibung des BAPs wurde hinsichtlich der Anforderungen an die Betriebsphase angepasst.



### 3.2.1.1 Auftraggeber-Informationsanforderungen

Die Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA / früher auch BIM-Lastenheft) „beschreiben die Anforderungen des Auftraggebers an die Informationslieferungen des Auftragnehmers zur Erreichung der definierten BIM-Ziele und -Anwendungsfälle“. Dazu gehört, dass die Informationen zum festgelegten Zeitpunkt in der geforderten Quantität und Qualität zur gemeinschaftlichen Nutzung vorliegen<sup>→19</sup>. Die AIA unterscheiden nicht die einzelnen Grundleistungen und besonderen Leistungen, sondern beschreiben die Leistungen, die weiterhin mit der Zuordnung zu Leistungsbildern im Vertrag zu schließen sind. Sie beschreiben ebenfalls nicht, wie diese Information bereitgestellt wird. Die AIA gelten gemeinsam mit dem LOIN-Anhang.

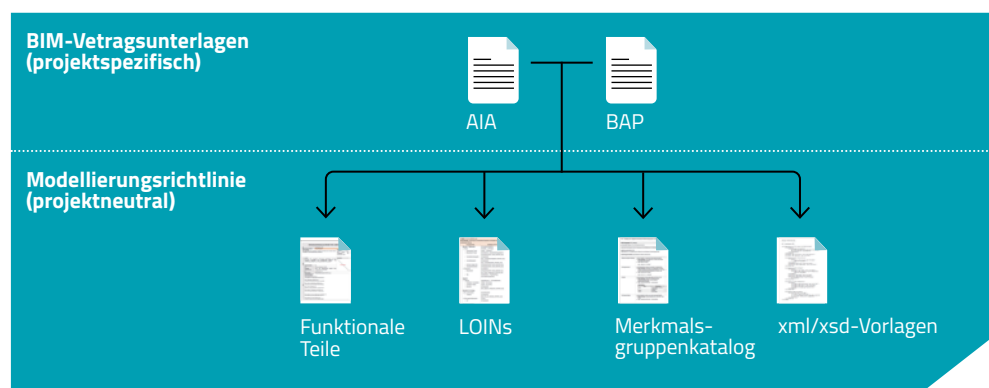
### 3.2.1.2 BIM-Abwicklungsplan

Der BIM-Abwicklungsplan (BAP / früher auch BIM-Pflichtenheft) „dokumentiert die nach Vertragsschluss gemeinsam von der Auftragnehmerseite erarbeitete und mit dem Auftraggeber abgestimmte Vorgehensweise zur Lieferung von Informationen und Daten und zur Erfüllung der vertraglich vereinbarten AIA. Die Auftragnehmerseite konkretisiert hierzu die Prozesse, projektbezogene bzw. betriebliche Arbeitsabläufe (Workflows), Schnittstellen und besetzt die in den AIA definierten Rollen mit Personen. Weiterhin werden Anforderungen an die Planungs- und Dokumentationsstandards sowie die verwendeten Software- und Kommunikations-Tools festgelegt“. Der BAP gilt für alle Beteiligten und ist unter Verantwortung des BIM-Betriebskoordinators in Abstimmung mit dem BIM-Manager zu erstellen (siehe Abschnitt 3.6.2). Der BAP ist ein dynamisches Dokument und ist entsprechend während der Betriebsphase fortzuschreiben.

### 3.2.1.3 Dokumentstruktur

Die folgende Grafik stellt die inhaltliche Aufteilung der BIM relevanten Dokumente (hier für die Betriebsphase von Straßentunneln) dar:

Abbildung 3.1: **Darstellung von projektrelevanten Dokumenten für ein BIM-basiertes Betriebs- und Erhaltungsmanagement von Straßentunneln**



### Hinweise zu betriebsrelevanten Dokumentationen

Mithilfe der Abbildung 3.1 sollen betriebsrelevante Dokumentationen sowie ihre Zusammenhänge beispielhaft dargestellt werden. Je nach Projekt bzw. Eigenschaften des zu betreibenden Straßentunnels kann der Umfang der Dokumente abweichen. Gemäß<sup>→17</sup> können neben der Modellierungsrichtlinie (hier bestehend aus den Einzeldokumenten Funktionale Teile, LOINs, Merkmalsgruppenkatalog und Dokumentenvorlagen gemäß Internetseite der BAST bzw. als Anhang von<sup>→3</sup>) bspw. auch weitere Dokumente zur IT-Infrastruktur oder ein Prüfregelkatalog betriebsrelevant sein. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Modellierungsrichtlinie ein Rahmenwerk darstellt und ggf. betriebsspezifisch anzupassen ist.

In der betriebsspezifischen AIA (sowie dem darauf aufbauenden BAP) ist auf diese Dokumente an den entsprechenden Stellen zu verweisen. Hierzu werden nachfolgend im Rahmen dieser Beispiel-AIA zur Erstellung eines Betriebsmodells entsprechende Hinweise gegeben.

## **3.2.2 Übersicht der Informationen zum Bauwerk**

### Hinweise zum Umgang mit der Beispiel-AIA

AIA sind immer spezifisch für den Betrieb und die Erhaltung eines Straßentunnels anzupassen. Alle Abschnitte müssen vor der Ausschreibung durch den Auftraggeber im Detail geprüft werden. Diese Beispiel-AIA orientiert sich an einem fiktionalen Beispiel mit dem Ziel, ein BIM-Betriebsmodell zu erstellen. Sofern Abweichungen bei den anzugebenden Informationen für den Betrieb von Straßentunneln vorhanden sind, sollen die Tabellen bzw. Angaben entsprechend erweitert werden.

Das Beispiel dient als Hilfestellung zur Strukturierung und inhaltlichen Ausgestaltung für betriebsspezifische AIA.

Die Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) umfassen die spezifischen BIM-Anforderungen des Auftraggebers an die Umsetzung der BIM-Methode für die Betriebsphase des betreffenden Bauwerks:

Tabelle 3.1: **Exemplarische Angaben im Zuge der Baubeschreibung**

<b>Bauwerk</b>	Tunnel Beispiel	
<b>Vertragsnummer / ggf. Projektnummer</b>	123456789 / 987654321	
<b>Beschreibung / Spezifikation</b>	Baujahr	2022
	Bauwerkslänge	2500 m
	Anzahl der Röhren	2
	Bauwerksart	Tunnel in geschlossener Bauweise
<b>Auftraggeber</b>	Bundesrepublik Deutschland vertreten durch Straßenbauverwaltung X	
<b>Ansprechpartner</b>	Michael Muster Beispielstraße 11 10010 Beispielstadt	

### Hinweise zur Bauwerksbeschreibung

Die Bauwerksbeschreibung dient im Rahmen der AIA nur zum besseren Verständnis der zu berücksichtigenden Leistungen innerhalb der Betriebsphase und der korrespondierenden BIM-Anwendungsfälle. In der Regel umfasst eine Ausschreibung sehr detaillierte Informationen zum Projekt bzw. dem betreffenden Bauwerk. Diese Informationen werden im Rahmen der AIA nicht wiederholt. Ein Verweis auf die entsprechende Beschreibung ist in der Regel ausreichend.

Als „Ansprechpartner“ ist ein kompetenter Ansprechpartner des Auftraggebers für die AIA anzugeben. In vielen Fällen ist der BIM-Manager aufseiten des AG der geeignete Ansprechpartner.

Für die vorgesehene Beauftragung:

Tabelle 3.2: **Angaben der vorgesehenen Beauftragung:**

<b>Leistungsbild(er)</b>	Erstellung eines Betriebsmodells, Verwaltung des Betriebsmodells
<b>Zeitpunkt der Betriebsphase</b>	Beginn, regelmäßige Aktualisierung zu vereinbarten Zeitpunkten

### Hinweise zu weiteren Angaben

Die AIA sind für jede Ausschreibung bzw. vertragliche Beauftragung einzeln zu erstellen. Bei einer Einzelvergabe wird hier nur das zu vergebende Leistungsbild angegeben (hier bspw. Erstellung eines Betriebsmodells bzw. dessen Verwaltung). Die AIA adressieren immer nur die Leistungen innerhalb der ggf. auch stufenweise beauftragten Projektphasen bzw. im Zuge der Betriebsphase die entsprechenden Betriebs- und Erhaltungsprozesse. Eine Zuordnung von Leistungsphasen gemäß der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) ist nicht zwingend. Es kann jede andere Unterteilung von Projekt- bzw. Betriebsphasen zugrunde gelegt werden.

Angaben zu Projektbereichen, wie in der Muster-AIA in <sup>→9</sup> vorgesehen, ist für die Betriebsphase von Straßentunneln in der Regel nicht relevant.

## 3.3 BIM-Ziele und Anwendungsfälle

### 3.3.1 BIM-Ziele

#### Hinweise zur Bestimmung von BIM-Zielen für die Betriebsphase von Straßentunnel

Es kann zwischen übergeordneten Zielen und spezifischen BIM-Zielen unterschieden werden. Auf der Grundlage der übergeordneten Betriebsziele werden die betriebsspezifischen BIM-Ziele identifiziert. Bei Bedarf kann am Anfang der AIA auf übergeordnete Ziele eingegangen und erläutert werden, warum BIM für die Betriebsphase zur Anwendung kommt. Grundlegende, übergeordnete Ziele während der Betriebsphase sind die Gewährleistung eines sicheren Straßentunnelbetriebs sowie eine hohe Verfügbarkeit des Tunnelbauwerks aufrechtzuerhalten. Diese gehen primär

aus den gesetzlichen Anforderungen an den Straßenbaulastträger hervor und werden sowohl auf internationaler Ebene u. a. durch die EU-Direktive 2004 / 54 / EG<sup>→20</sup> als auch im Rahmen der nationalen Umsetzung (in diesem Fall durch die RABT 2006 in Verbindung mit den EABT-80/100<sup>→21</sup> und zukünftig durch die RE-ING Teil 3) genauer spezifiziert.

In der Regel handelt es sich dabei jedoch um sehr allgemeine Ziele, die grundsätzlich für den Tunnelbetrieb (mit oder ohne BIM) verfolgt werden. Daher wird empfohlen, diese nicht in den AIA zu wiederholen.

Die vom Auftraggeber benannten betriebsspezifischen Ziele zum Einsatz von BIM bilden eine Grundlage für die Definition und Auswahl der BIM-Anwendungsfälle. Grundsätzlich erwartet der AG vom Einsatz der BIM-Methode eine höhere Qualität der Betriebs- und Erhaltungsprozesse und dementsprechend eine Optimierung der übergeordneten Ziele (Sicherheit, Verfügbarkeit). Hinzu kommen die Unterstützung beim Dokumentenmanagement, welche grundsätzlich auch mit dem Aufbau einfacher und unterstützender Datenstrukturen einhergeht. Eine geometrisch detaillierte Visualisierung von Tunnelobjekten wurde explizit als nicht erforderlich benannt, sondern der Fokus wird verstärkt auf die zugehörigen und für die Betriebsphase erforderlichen Unterlagen (Pläne, Bedienungsanleitungen etc.) gelegt.<sup>→20</sup>

Im Schwerpunkt dieser BIM-Leistung stehen primär die folgenden betriebsspezifischen Ziele seitens des Auftraggebers:

Tabelle 3.3: **Betriebsspezifische BIM-Ziele**

Nr.	BIM-Betriebsziele
1	Zentrale Datenhaltung von betriebs- und erhaltungsrelevanten Informationen zur Unterstützung des Informationsmanagements
2	Unterstützung der Qualitätssicherung zur Prüfung der Bestandsunterlagen
3	Unterstützung bei der Planung, Durchführung und Auswertung von betriebs- und erhaltungsrelevanten Maßnahmen auf Grundlage eines Betriebsmodells.



### 3.3.2 BIM-Anwendungsfälle

#### Hinweise zur Bestimmung von Anwendungsfällen für die Betriebsphase von Straßentunneln

Im Rahmen der AIA werden Anwendungsfälle definiert, die vom Auftragnehmer zu bearbeiten sind. Die erwarteten Leistungen sind für jeden Anwendungsfall möglichst eindeutig und verständlich zu beschreiben. Aus den gewählten Anwendungsfällen ergeben sich Anforderungen an die zu erstellenden digitalen Liefergegenstände. Die Auswahl der Anwendungsfälle hängt von der Zielstellung des Betriebs ab.

Es wird empfohlen, sich an der von BIM Deutschland erstellten fachbereichsübergreifenden Nomenklatur der Anwendungsfälle zu orientieren, die auszugswise in der Tabelle 3.4 dargestellt ist. Die allgemeine Beschreibung dieser Anwendungsfälle sowie das Konzept ihrer Nummerierung wurden von BIM Deutschland als separates Dokument veröffentlicht (siehe <sup>→10</sup>).

Es muss immer geprüft werden, welche dieser Anwendungsfälle für den Betrieb notwendig sind. Weitergehende Anwendungsfälle bzw. Unteranwendungsfälle können durch den Auftraggeber definiert werden. Beispielsweise können mehrere Arten von den im Bereich Bundesfernstraßen erforderlichen Gutachten und Untersuchungen als Unteranwendungsfälle definiert werden. Die genannten fachübergreifenden Standard-Anwendungsfälle (Hauptanwendungsfälle) dienen demzufolge im Fall der Infrastruktur als Basis für die weitere Spezifizierung. Die weitere Zuordnung zu Phasen des Betriebs bzw. entsprechenden Leistungsbildern erfolgt im Zusammenhang mit der Definition von Anforderungen an die Modelle und Modellelemente im LOIN-Anhang.

Auch der Auftragnehmer kann intern weitere BIM-Anwendungsfälle, die für die Prozesse wichtig sind und weder die vom Auftraggeber vorgegebenen Anwendungsfälle noch die Liefergegenstände berühren, definieren und umsetzen. Sollten diese Prozesse die Zusammenarbeit der Auftragnehmer untereinander betreffen, müssen sie im BAP ergänzt werden.

Auf Basis der identifizierten BIM-Ziele im Rahmen des Forschungsprojekts <sup>→3</sup> wurden potenzielle BIM-Anwendungsfälle für die Betriebsphase von Straßentunneln abgeleitet und stellen die für Straßentunnel typischen Anwendungsfälle dar – gleichwohl kann es für den jeweils spezifischen Betrieb hier ebenfalls zu Anpassungen kommen. Dies ist im Einzelfall zu prüfen.

Detaillierte Informationen zu den einzelnen Anwendungsfällen sind in <sup>→3</sup> vorhanden. Diese umfassen nur einen Teil der erforderlichen Betriebs- und Erhaltungsprozesse für Straßentunnel.

Zum Erreichen der in Abschnitt 3.3.1 festgelegten Ziele werden durch den Auftraggeber auf Basis der bereits standardisierten Anwendungsfälle in Tabelle 3.4 die im Rahmen dieser Ausschreibung umzusetzenden Anwendungsfälle ausgewählt, wobei die Tabelle gegebenenfalls auch erweitert werden kann. In der Tabelle 3.4 werden die gewählten Anwendungsfälle beschrieben und bei Bedarf gruppiert.

Tabelle 3.4: **Erweiterte Übersicht der Anwendungsfälle unter Berücksichtigung betrieblicher Aspekte in Anlehnung an BIM Deutschland** <sup>→10</sup>

AWF-Nr.	Bezeichnung des Anwendungsfalls	Auswahl (X)
000	Grundsätzliches	
010	Bestandserfassung und -modellierung	
040	Visualisierung	
110	Leistungsverzeichnis, Ausschreibung, Vergabe	
120	Terminplanung der Ausführung	
170	Abnahme- und Mängelmanagement	
180	Inbetriebnahmemanagement	
190	Projekt- und Bauwerksdokumentation	
200	Nutzung für Betrieb und Erhaltung	
210	Betriebsmodell	X
211	Erstellung eines Betriebsmodells	X
212	Verwaltung des Betriebsmodells	X
220	Unterstützung des Betriebsmanagements	
221	Wartung und Inspektion	
222	Störungsbeseitigung	
230	Unterstützung des Erhaltungsmanagement	
231	Bauwerksüberwachung	
232	Bauwerksprüfung	

Im Verlauf der Leistungserbringung werden diese Ziele und Anwendungsfälle regelmäßig überprüft und den sich weiterentwickelnden Methoden, Softwareprodukten und Schnittstellen angepasst. Diese Anpassungen werden im Rahmen der Fortschreibung des BAP erfasst.

Für die vom Auftragnehmer in der Betriebsphase umzusetzenden Anwendungsfälle gelten die in der Tabelle 3.5 zusammengestellten betriebsspezifischen Vorgaben.

Tabelle 3.5: **Beschreibung der ausgewählten BIM-Anwendungsfälle**

AWF-Nr.	Detaillierte Beschreibung der Anwendung	Betriebsphase	Gruppierung
<b>AWF 211</b>	Durch den Auftragnehmer ist ein Betriebsmodell des in Abschnitt 3.2.2. beschriebenen Straßentunnels zu erstellen, basierend auf dem Wie-gebaut-Modell („As-built-Modell“) aus der Ausführungsphase. Das as-built-Modell des Straßentunnels wird durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Ziel ist eine Modellierung des Tunnels mit allen für den Betrieb und die Erhaltung relevanten Informationen. Innerhalb des Betriebsmodells sind alle notwendigen Schnittstellen und Routinen vorzusehen, um darauf aufbauend weitere BIM-basierte Betriebs- und Erhaltungsprozesse bzw. Anwendungsfälle realisieren zu können.	Zu Beginn der Betriebsphase	
<b>AWF 212</b>	Während der Betriebsphase ist durch den Auftragnehmer das Betriebsmodell zu bestimmten Zeitpunkten (in der Regel beim Abschluss von Leistungen im Zuge des Betriebs und der Erhaltung) auf Basis der generierten Informationen zu aktualisieren und zu verwalten. Hierzu sind vom Auftraggeber die entsprechenden Unterlagen zur Verfügung zu stellen.	Regelmäßig während der Betriebsphase	



## 3.4 Bereitgestellte digitale Grundlagen

### Hinweise zu bereitzustellenden Grundlagen

Hier ist im Detail anzugeben, welche Grundlagen in welchem Datenformat vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt werden. Insbesondere sind hier die Grundlagen aufzuführen, die im Rahmen der Anwendungsfälle benötigt, bearbeitet und integriert werden. Gegebenenfalls können entsprechende Grundlagen schon während der Ausschreibung vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt werden. In jedem Fall hat der Auftragnehmer zu prüfen, ob diese Grundlagen für die Umsetzung der Anwendungsfälle geeignet sind.

Des Weiteren sollte der Auftragnehmer den Auftraggeber darauf hinweisen, wenn weitere Grundlagen benötigt werden bzw. wenn diese vom Auftragnehmer erstellt oder bei der jeweils zuständigen Stelle angefordert werden müssen, um diese in eine Modellstruktur zu überführen und die Anwendungsfälle bearbeiten zu können. Für die Beauftragung von Leistungen der Betriebsphase werden die digitalen Modelle aus der Planung und Ausführung (in der Regel das As-built-Modell), sofern vorhanden, übergeben. Die AIA sind hinsichtlich der bereitgestellten Grundlagen betriebspezifisch anzupassen.

Digitale Grundlagen spezifisch für die Betriebsphase von Straßentunneln können aus den grundsätzlichen Anforderungen an die Dokumentation abgeleitet werden. Im Rahmen des Forschungsprojekts<sup>→3</sup> wurde eine Zusammenstellung gemäß regulativen Vorgaben erstellt (siehe auch Anhang 1 des Forschungsberichts<sup>→3</sup>).

Als Datenformat finden in der Regel PDF-Dateien (bspw. für Montagepläne), der IFC-Standard zum Austausch digitaler Modelle, sowie das OKSTRA-Datenaustauschformat (bspw. für Bestandsinformationen aus SIB-Bauwerke) Anwendung.

Sofern lediglich analoge Dokumente vorhanden sind, so ist vom Auftraggeber ggf. in Abstimmung mit potenziellen Auftragnehmern zu überprüfen, wie diese digitalisiert werden können, um u. a. Arbeitsschritte bei der Übertragung von bspw. Wartungsergebnissen in digitale Systeme zukünftig effizienter gestalten zu können. Auf der Internseite der BAST bzw. im Anhang des Forschungsbericht<sup>→3</sup> stellt die exemplarische Anwendung von Arbeitskarten im Zuge der Wartung und Inspektion der betriebstechnischen Ausstattung im XSD-Schema zur Verfügung, so dass eine XML-basierte Erfassung von Ergebnissen und Anmerkungen möglich ist. Das XSD-Schema kann diesbezüglich bereits vom Auftraggeber als digitale Grundlage zur Verfügung gestellt werden. Weitere Informationen sind in Kapitel 2.2 vorhanden.

Für die Leistungserbringung und Umsetzung der BIM-Anwendungsfälle sind vom Auftraggeber folgende Grundlagen zur Verfügung zu stellen:

Tabelle 3.6: **Zusammenstellung von Grundlagen zur Erstellung eines Betriebsmodells**

Grundlagen	Beschreibung	Datenformat
<b>Wie-gebaut-Modell (As-built-Modell)</b>	Dem Auftragnehmer wird ein digitales Modell des as-built-Zustandes des Bauwerks übergeben. Das Modell inkludiert nach Fertigstellung der Betriebsausstattung alle relevanten Komponenten. Als Datenformat ist der IFC-Standard in seiner aktuellen Version zu verwenden	IFC
<b>Bestandsunterlagen gemäß ZTV-Ing Teil 1 (Abschnitt 2)</b>	Dem Auftragnehmer werden die vorhandenen Bestandsunterlagen des Tunnelbauwerks zur Verfügung gestellt, die im Zuge der Modellerstellung entsprechend zu verknüpfen sind (siehe auch Anhang 1 – Regulative Randbedingungen <sup>↗3</sup> ).	PDF XLS
<b>Bauwerksunterlagen gemäß ZTV-Ing Teil 7 (Abschnitt 1 – 3) bzw. DIN 1076</b>	Dem Auftragnehmer werden die vorhandenen Bauwerksunterlagen des Tunnelbauwerks zur Verfügung gestellt, die im Zuge der Modellerstellung entsprechend zu verknüpfen sind (siehe auch Anhang 1 – Regulative Randbedingungen <sup>↗3</sup> ). Bezüglich der Prüf- und Zustandsberichte sind diese als XSD-Vorlage zwecks computergestützter Auswertung zu erstellen.	PDF XSD
<b>Betriebs- und Wartungsunterlagen gemäß ZTV-Ing Teil 7 (Abschnitt 4)</b>	Dem Auftragnehmer werden die vorhandenen Betriebs- und Wartungsunterlagen des Tunnelbauwerks zur Verfügung gestellt, die im Zuge der Modellerstellung entsprechend zu verknüpfen sind (siehe auch Anhang 1 – Regulative Randbedingungen <sup>↗3</sup> ). Bezüglich der Dokumente zur Zustandserfassung (hier: u. a. Arbeitskarten) sind diese als XSD-Vorlage zwecks computergestützter Auswertung zu erstellen.	PDF XSD
<b>Sicherheitsbetrachtungen gemäß RABT 2006 in Verbindung mit den EABT-80 / 100</b>	Dem Auftragnehmer werden die vorhandenen Unterlagen des Tunnelbauwerks zur Sicherheitsbetrachtung (u. a. Gesamtsicherheitskonzept, Sicherheitsbewertung, Sicherheitsdokumentation) zur Verfügung gestellt, die im Zuge der Modellerstellung entsprechend zu verknüpfen sind (siehe auch im Dokument „Regulative Randbedingungen“ auf der BAST-Internetseite bzw. als Anhang zu <sup>↗3</sup> ).	PDF

### 3.5 Digitale Liefergegenstände und Lieferzeitpunkte

Im Rahmen der Leistungserbringung des Auftragnehmers sind digitale Liefergegenstände zu erstellen, gegen die Anforderungen zu prüfen und dem Auftraggeber zu übergeben. Die digitalen Liefergegenstände sind betriebsphasen- bzw. meilensteinbezogen zu beschreiben und bilden die Ergebnisse der umzusetzenden Anwendungsfälle. Als digitale Liefergegenstände werden alle Dateien bezeichnet, die als Ergebnis einer Leistung am Ende eines Prozesses des Betriebs bzw. eines bestimmten Meilensteins (bspw. durch Abschluss eines Betriebsprozesses) an den Auftraggeber übergeben werden müssen. Hierzu gehören z. B. digitale Modelle, digitale Arbeitskarten und weitere Dokumente. Der Austausch der digitalen Liefergegenstände erfolgt ausschließlich über die gemeinsame Datenumgebung (CDE, „Common Data Environment“).

Folgende Liefergegenstände und Lieferzeitpunkte werden vom Auftraggeber vorgegeben, wobei im Zusammenhang mit einer Abstimmung des BAP zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer Konkretisierungen erfolgen können:

Tabelle 3.7: **Auflistung von digitalen Liefergegenständen und Lieferzeitpunkten – Erstellung des Betriebsmodells**

Betriebsphase	Beginn der Betriebsphase		
Meilenstein	optional		
Grundlagen	Beschreibung	Lieferzeitpunkt	Datenformat
<b>Betriebsmodell</b>	Das Betriebsmodell umfasst alle betriebsrelevanten Objekte des bestehenden Bauwerks sowie seiner Ausstattung. Die Bauteile und die Ausstattung sind auf Basis des „as-built“-Modells und aller zur Verfügung gestellter Unterlagen in einer entsprechenden Informationsbedarfstiefe zu modellieren.	Zu Beginn der Betriebsphase	IFC
<b>BIM-Abwicklungsplan</b>	Der BAP beinhaltet die Umsetzungsstrategie der Auftragnehmer zur Erfüllung der AIA während der beauftragten Leistungsphasen und garantiert die Umsetzung des dort beschriebenen Solls. Der BAP gilt für alle Beteiligten und ist unter Verantwortung des BIM-Betriebskoordinators in Abstimmung mit dem BIM-Manager zu erstellen. Der BAP ist ein dynamisches Dokument und wird regelmäßig während des Betriebs fortgeschrieben.	Noch zu ergänzen	PDF

Tabelle 3.8: **Auflistung von digitalen Liefergegenständen und Lieferzeitpunkten – Verwaltung des Betriebsmodells**

Betriebsphase	Regelmäßig während der Betriebsphase		
<b>Meilenstein</b>	<b>Nach Abschluss folgender Betriebs- oder Erhaltungsprozesses:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Wartung und Inspektion der Betriebstechnik</li> <li>➤ Instandsetzung</li> <li>➤ Bauwerksprüfung</li> </ul>		
Grundlagen	Beschreibung	Lieferzeitpunkt	Datenformat
<b>Betriebsmodell</b>	Das Betriebsmodell umfasst alle betriebsrelevanten Objekte des bestehenden Bauwerks sowie seiner Ausstattung. Die Bauteile und die Ausstattung sind auf Basis des „as-built“-Modells und aller zur Verfügung gestellter Unterlagen in einer entsprechenden Informationsbedarfstiefe zu modellieren.	Zu Beginn der Betriebsphase	IFC
<b>Aktualisiertes Betriebsmodell</b>	Das Betriebsmodell, welches im Zuge des Leistungsbildes „Erstellung eines Betriebsmodells“ als digitaler Liefergegenstand übergeben wird, ist gemäß der definierten Prozesse nach Abschluss dieser entsprechend anzupassen und aktualisiert zu hinterlegen.	Nach Abschluss der unter Meilenstein genannten Prozesse	IFC
<b>BIM-Abwicklungsplan</b>	Der BAP beinhaltet die Umsetzungsstrategie der Auftragnehmer zur Erfüllung der AIA während der beauftragten Leistungsphasen und garantiert die Umsetzung des dort beschriebenen Solls. Der BAP gilt für alle Beteiligten und ist unter Verantwortung des BIM-Betriebskoordinators in Abstimmung mit dem BIM-Manager zu erstellen. Der BAP ist ein dynamisches Dokument und wird regelmäßig während des Betriebs fortgeschrieben.	Zu Prozessbeginn, kontinuierliche Fortführung	PDF

## Hinweise zu den digitalen Liefergegenständen

Die Auflistung und die genaue Beschreibung der digitalen Liefergegenstände sind sehr wichtig. Für die Lieferung von digitalen Modellen ist immer ein konkreter LOIN vorzugeben (vgl. Kapitel 3.9.2.2). Neben den erforderlichen Liefergegenständen ist möglichst ein Bezug auf relevante Richtlinien oder Regelwerke zu integrieren, sofern vorhanden.

Die Liefergegenstände werden generell Betriebsphasen bzw. -prozessen in Anlehnung an die Anwendungsfälle (z. B. Beginn der Betriebsphase bzw. Übergabe der Bestandsunterlagen, Wartung und Inspektion der betriebstechnischen Ausstattung, Störungsbeseitigung) zugeordnet. Bei Bedarf kann ein weiterer Meilenstein formuliert werden.

Die Lieferzeitpunkte orientieren sich an den terminlichen Vorgaben des Auftraggebers. Es kann sinnvoll sein, dass auch Zwischenstände kontinuierlich abgelegt werden, damit mögliche Probleme frühzeitig erkannt werden können, z. B. im Rahmen regelmäßig stattfindender Besprechungen. Dies ist entsprechend zu vereinbaren. Der Auftragnehmer kann aufgefordert werden, im Rahmen seines Angebots eine Rückmeldung zu den geplanten Terminen zu geben oder selbst Termine bzw. die Austauschfrequenz zu definieren.

Im Gegensatz zu den Hinweisen im Rahmendokument<sup>→17</sup>, werden für die Betriebsphase keine Zwischenstände empfohlen, da Leistungen im Betrieb immer einen in sich geschlossenen Prozess in der Regel von kurzer Dauer im Vergleich zu Planung und Ausführung darstellen (z. B. eine Wartung, Störungsbeseitigung).

## 3.6 Organisation und Rollen

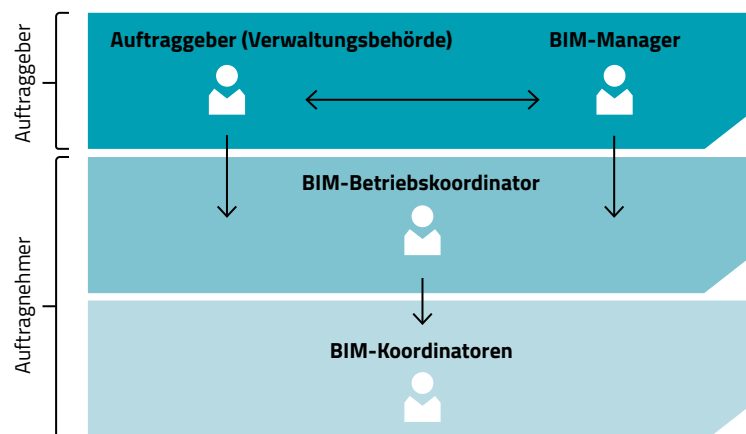
### 3.6.1 Organisation für die Betriebsphase

Mit der BIM-Einführung werden sowohl seitens des Auftraggebers als auch des Auftragnehmers BIM-bezogene Rollen mit fachspezifischen Kenntnissen vorausgesetzt. Zur Leistungserbringung hat der Auftragnehmer spezifische BIM-Rollen kompetent zu besetzen. Er stellt die in den Auftraggeber-Informationsanforderungen benannten BIM-Kompetenzen sicher. Der Auftragnehmer hat darzulegen, mit welchen Personen eine bestimmte Rolle besetzt werden soll.



Die Arbeitsbeziehung der Beteiligten (vorgesehene BIM-Rollen) wird anhand der folgenden Grafik dargestellt und im Folgekapitel näher charakterisiert.

Abbildung 3.2: **Übersicht der einzelnen BIM-Rollen für den Betrieb, in Anlehnung an**<sup>→22</sup>



### Hinweise zur BIM-Organisationsstruktur für die Betriebsphase von Straßentunneln

Für eine bessere Strukturierung der verschiedenen Rollen wird ein Organigramm integriert. Es wird empfohlen, ein schematisches Diagramm mit der vom AG vorgegebenen BIM-Betriebsorganisation in den AIA darzustellen. Die Betriebsorganisation seitens des Auftragnehmers wird im BAP dargestellt. Ein beispielhaftes Organigramm wird in Abbildung 3.2 dargestellt.

Grundlegend kann die aktuell insbesondere für die Planung und Ausführung vorgesehene Organisationsstruktur von BIM-Projekten auch für die Betriebsphase von Straßentunnel übernommen werden. Zentrale Rollen sind dabei der BIM-Manager (auftraggeberseitig) und der BIM-Betriebskoordinator (in Anlehnung an den BIM-Gesamtkoordinator im Zuge der Planung und Ausführung, auftraggeber- oder auftragnehmerseitig) und der BIM-Koordinator (auftraggeber- oder auftragnehmerseitig), siehe Kapitel 3.6.2.

### 3.6.2 BIM-Rollen und Verantwortlichkeiten

Es werden vom Auftraggeber folgende BIM-Rollen und Verantwortlichkeiten im Rahmen des Betriebs vorgesehen:

Tabelle 3.9: **Charakterisierung einzelner BIM-Rollen, in Anlehnung an** <sup>→9</sup>

BIM-Rolle	Rollenbeschreibung	Verantwortlichkeit
<b>BIM-Manager (Informationsmanager)</b>	Informationsmanager sind Beteiligte, die im Rahmen des Projektmanagementprozesses die Auftraggeber-Informationsanforderungen erfassen und BIM-Ziele und -Anwendungen definieren. Sie verantworten die organisatorischen Aufgaben zur Definition, Umsetzung, Einhaltung und Dokumentation der BIM-Prozesse über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks. Gleichzeitig sind sie Ansprechpartner des Auftraggebers und für das CDE (Common Data Environment) verantwortlich. In den einzelnen Lebenszyklusphasen kommen die Informationsmanager aus unterschiedlichen Fachbereichen. Bei einem Wechsel des Informationsmanagements ist es die Aufgabe des neuen Informationsmanagers das Datenmodell auf Qualität, Aktualität und Vollständigkeit zu prüfen. Der Informationsmanager stimmt die Aufgaben und Prozesse mit den Beteiligten, insbesondere auf operativer Ebene mit dem Informationskoordinator ab.	Auftraggeber
<b>BIM-Betriebskoordinator</b>	In der Betriebsphase ist eine übergeordnete Koordination unterschiedlicher Fachmodelle der Planung und Ausführung nicht erforderlich. In Anlehnung an die Rolle des BIM-Gesamtkoordinators aus der Planung und Ausführung empfiehlt sich hier jedoch für die Verwaltung des Betriebsmodells (bspw. im Rahmen des AWF 210 bzw. des Unter-AWFs 212) die Benennung eines BIM-Betriebskoordinators. Der BIM-Betriebskoordinator überwacht die Konsistenz des Betriebsmodells übergeordnet zu den einzelnen Betriebs- und Erhaltungsprozessen.	Auftraggeber oder Auftragnehmer
<b>BIM-Koordinator (Informationskoordinator)</b>	Informationskoordinatoren sind Beteiligte, die im Rahmen des Wertschöpfungsprozesses für die operative Umsetzung der BIM-Ziele über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks verantwortlich sind. Sie definieren und koordinieren Aufgaben und Zuständigkeiten auf Grundlage der BIM-Prozesse und BIM-Anwendungen. Sie sichern die vertraglich vereinbarte Qualität des Datenmodells und den fehlerfreien Datenaustausch. Dazu koordinieren sie die Informationsautoren bei der Erarbeitung des Datenmodells und leiten die Freigaben durch den Informationsmanager in betriebspezifischen Intervallen ein.	Auftraggeber oder Auftragnehmer



BIM-Rolle	Rollenbeschreibung	Verantwortlichkeit
<b>BIM-Autor (Informationsautor)</b>	Informationsautoren sind Beteiligte, die das Datenmodell über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks in Abstimmung mit den Informationskoordinatoren bearbeiten. Sie ergänzen entsprechend der vertraglich vereinbarten Qualität und unter Berücksichtigung von BIM-Standards im Rahmen der BIM-Prozesse Informationen aus den unterschiedlichen Betriebsprozessen im Datenmodell. Den Informationsautoren obliegt die Datenhoheit über die von ihnen erstellten Modelle (bspw. Betriebsmodell oder daraus abgeleitete Teilmodelle).	Auftragnehmer
<b>BIM-Nutzer (Informationsnutzer)</b>	Informationsnutzer sind Beteiligte, die das Datenmodell ausschließlich zur Informationsgewinnung nutzen und dem BIM-Betriebsmodells keine Daten oder Informationen hinzufügen.	Auftraggeber und Auftragnehmer

### Hinweise zu BIM-Rollen für die Betriebsphase von Straßentunneln

Im Rahmen der AIA ist das Zusammenspiel der Rollen im Zuge der Bearbeitung bzw. Umsetzung der Anwendungsfälle klar zu beschreiben. In den Vergabeunterlagen können auch Informationen und Nachweise zu Erfahrungen bzw. Kompetenzen der Personen des Auftragnehmers eingefordert und zur Bewertung herangezogen werden. Es wird empfohlen, sich bei der Benennung von BIM-Rollen an den etablierten Rollen aus bestehenden Prozessen und somit an den Begrifflichkeiten der VDI-Richtlinie 2552 Blatt 7<sup>→22</sup> zu orientieren.

Auch die genaue Rollenbeschreibung mit der Darstellung von Aufgaben einzelner BIM-Rollen wie der des BIM-Koordinators und des BIM-Managers kann auf der genannten VDI-Richtlinie aufgebaut werden (s. Tabelle 3.9). Es wird empfohlen, zusätzlich zu den in der VDI-Richtlinie beschriebenen Rollen die Rolle des BIM-Betriebskoordinators (in Anlehnung an den BIM-Gesamtkoordinator) aufzunehmen. In der Tabelle wurde dafür eine entsprechende Beschreibung vorgeschlagen (in Anlehnung an BIM4INFRA2020<sup>→23</sup>).

## 3.7 Strategie der Zusammenarbeit

---

### 3.7.1 Informationsmanagement

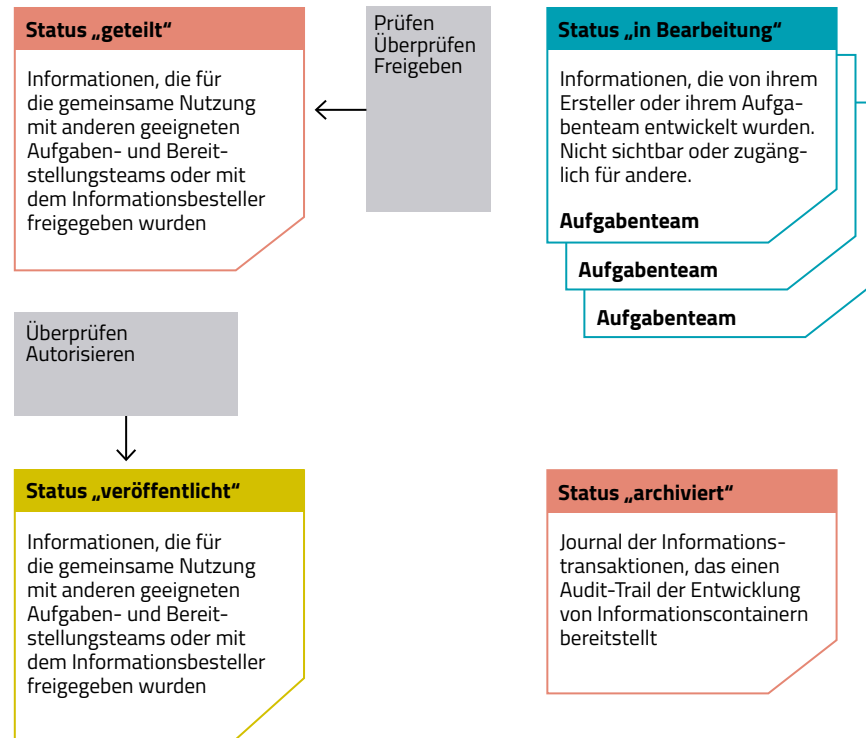
Die fachlichen Abstimmungen zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer erfolgen anhand der digitalen Liefergegenstände, die in der CDE (gemeinsame Datenumgebung) abzulegen sind. Hierbei sind die Vorgehensweisen zur kooperativen Zusammenarbeit der DIN EN ISO 19650-1 und der VDI-Richtlinie 2552 Blatt 5 zu berücksichtigen.

Die gemeinsamen Abstimmungen, ihre Intervalle und Prozesse des Informationsmanagements mithilfe einer CDE sind im BAP festzuschreiben.

Der Bearbeitungsstand der Liefergegenstände wird in der CDE mit einem Status beschrieben. Beim Übergang zwischen den Ebenen (Status) ist eine Qualitätsprüfung durch den Auftragnehmer (Kollisionsprüfung, AIA- und BAP-Konformität, Datei- und Namenskonvention) und eine Freigabe durch den Auftraggeber durchzuführen. Zu den genannten Bezeichnungen gehören:

- **In Bearbeitung** – Daten mit dem Status werden zwischen den Fachdisziplinen sowie mit dem Auftraggeber nicht ausgetauscht
- **Geteilt** – die Daten werden zwischen den Fachdisziplinen ausgetauscht, die Modelle zu einem Koordinationsmodell für die Durchführung einer Qualitätsprüfung zusammengeführt oder schreibgeschützt bei eigener Planung referenziert. Die zwei Schritte (Bearbeitung und Teilen) laufen iterativ ab.
- **Veröffentlicht** – für die Freigabe der Planung ist die Autorisierung des Auftraggebers und die vorherige Qualitätsprüfung erforderlich. Veröffentlichte Daten werden nicht mehr verändert.
- **Archiviert** – die Projekt- bzw. Betriebsdaten werden für die weitere potenzielle Nutzung archiviert.

Abbildung 3.3: **Konzept der gemeinsamen Datenumgebung**



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an DIN EN ISO 19650, Bild BIM D [4]

## Hinweise zum Informationsmanagement

In dem Kapitel werden die Prozesse des Informationsmanagements mithilfe einer CDE näher erläutert. Die grundlegenden Funktionalitäten einer CDE sind in Kapitel 3.10.1 im Zusammenhang mit BIM-Technologien beschrieben.

In der Regel stellt der Auftraggeber die gemeinsame Datenumgebung. Es wird in dem Fall empfohlen, eine Schulung seitens des Auftraggebers für die Beteiligten zu organisieren. Der Auftragnehmer kann aufgefordert werden, seine Erfahrungen, Kompetenzen oder Vorgehensweisen für die kooperative Zusammenarbeit im Angebot zu erläutern. Die Regeln für den Umgang mit einer CDE sind seitens des Auftragnehmers zu klären (z. B. keine Weitergabe der Zugangsdaten, Rechtezuweisung, kein Löschen von Daten). Als Hilfestellung kann eine Matrix der Verantwortlichkeiten im Freigabeprozess (bearbeiten, genehmigen, teilen, autorisieren, veröffentlichen, verifizieren und archivieren) dienen, die in der CDE erstellt wird. Die Vorgehensweise zur Bereitstellung von digitalen Liefergegenständen sollte anhand eines Beispiels mithilfe eines Prozessablaufs erläutert werden. Vor Beginn wird ein Testlauf auf der CDE durchgeführt, um den reibungslosen Arbeitsablauf und Datenaustausch zu sichern. Die im Rahmen des Betriebs definierten Workflows sollen gemäß den Regeln der CDE in die Plattform implementiert werden. Der Auftragnehmer ist aufgefordert, die Regeln des Datenschutzes und der Datensicherheit einzuhalten. Für weitere Informationen siehe Rahmendokument<sup>→17</sup> mit dem Schwerpunkt CDE.

### **3.7.2 Betriebsmodell erstellen und BIM-Koordination**

Verantwortlich für die Zusammenstellung und Verwaltung des BIM-Betriebsmodells ist der BIM-Betriebskoordinator. Es dürfen nur qualitätsgesicherte digitale Liefergegenstände (siehe Kap. 3.8) für den Aufbau eines Betriebsmodells bzw. weiteren Anwendung in der Betriebsphase (bspw. zur Wartung und Inspektion) verwendet werden. Durch den Auftragnehmer ist genau zu dokumentieren, welche digitalen Liefergegenstände in welcher Version für das Betriebsmodell für welchen Zweck zusammengeführt wurden. Die einzelnen Liefergegenstände, die ein Betriebsmodell definieren, sind zu archivieren. Der Auftragnehmer ist frei in der Wahl der Software und Hardware zur Erstellung, Aufbereitung und Darstellung der eigenen digitalen Liefergegenstände und des Betriebsmodells. Die vertraglich festgelegten Sicherheitsstandards sind einzuhalten.

### Hinweise für die Erstellung und Koordinierung des Betriebsmodells

Die BIM-Betriebskoordination kann entweder vom Auftragnehmer oder vom Auftraggeber gestellt werden. Falls die BIM-Betriebskoordination bei einem Auftragnehmer liegen soll und dies Teil der Ausschreibung ist, sollte ebendieser aufgefordert werden, ein Konzept für die Betriebskoordination vorzulegen. Der BIM-Betriebskoordinator kann jedoch auch vom Auftraggeber oder weiteren externen Auftragnehmern gestellt werden. In diesem Fall ist der Auftragnehmer nur für die Koordination seiner eigenen digitalen Liefergegenstände verantwortlich und unterstützt den BIM-Betriebskoordinator bei der Aufstellung eines ganzheitlichen Betriebsmodells.

In den AIA muss genau definiert werden, wer für die Erstellung und Verwaltung des Betriebsmodells verantwortlich ist. Es muss auch erläutert werden, welche Zuarbeiten in welcher Art und Weise gefordert werden. Der Auftraggeber kann weitergehende spezifische Vorgaben für die Koordination bzw. die Durchführung von Besprechungen definieren und in den AIA darlegen.

Hierbei ist wiederum zu beachten, dass keine herstellerspezifischen Technologien (Software und Hardware) vorgegeben werden sollten.

## 3.8 Qualitätssicherung

### Hinweise zur Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung ist keine fachliche Prüfung der einzelnen Leistungen. Es handelt sich um die Revision der Informationsanforderungen der digitalen Liefergegenstände. Dabei wird das Augenmerk vor allem auf die Vollständigkeit, Redundanzfreiheit, Widerspruchsfreiheit und Einheitlichkeit der geometrischen und alphanumerischen Informationen gelegt.

Eine Kollisionsprüfung des Betriebsmodells empfiehlt sich mit den digitalen Liefergegenständen aus einzelnen Betriebsprozessen. Der Fokus liegt dabei in der Betriebsphase auf den semantischen Informationen sowie der Konsistenz von Objekten und deren Eigenschaften (siehe auch Kapitel 3.9)



Informationen darüber, wie eine Freigabe der verschiedenen Modelle erfolgt, müssen dann vom Auftragnehmer angegeben werden, wenn dieser für die Gesamtkoordination verantwortlich ist. Der Auftraggeber kann die Struktur der Berichte für die Qualitätssicherung vorgeben oder sich dafür einen Vorschlag durch den Auftragnehmer unterbreiten lassen. Falls eine Struktur durch den Auftraggeber vorgegeben wird, muss diese unabhängig von einer konkreten Software spezifiziert werden.

Eine exemplarische Durchführung einzelner Qualitätssicherungsschritte für die Betriebsphase von Straßentunnel wird in Kapitel 2.2 beschrieben.

### 3.8.1 Qualitätssicherung des Auftragnehmers

Die Qualitätssicherung der angeforderten digitalen Liefergegenstände ist durch den Auftragnehmer sicherzustellen und im BAP entsprechend den vertraglichen Vorgaben in den AIA zu konkretisieren. Der Auftragnehmer wird aufgefordert, seine Vorgehensweise zur Qualitätssicherung und Erstellung des Betriebsmodells im Angebot zu erläutern. Die Qualitätsberichte sind für die einzelnen digitalen Liefergegenstände unabhängig zu erstellen und in der gemeinsamen Datenumgebung abzulegen. Die Berichte müssen so erstellt sein, dass die Qualität der digitalen Liefergegenstände stichpunktartig kontrolliert werden kann. Die Vorlage für die Qualitätsberichte wird im Rahmen des BAP durch den Auftragnehmer in Abstimmung mit dem Auftraggeber erstellt.

Der Auftragnehmer hat insbesondere sicherzustellen, dass die digitalen Liefergegenstände die geforderten Informationen möglichst effizient enthalten. Die Prüfung auf Einhaltung der Anforderungen aus AIA und BAP soll möglichst IT-gestützt durchgeführt werden. Bei Bedarf muss eine Bereinigung der digitalen Liefergegenstände durch den Auftragnehmer vorgenommen werden, damit die digitalen Liefergegenstände eine möglichst minimale Datengröße besitzen. Die verschiedenen Verantwortlichkeiten für die Qualitätssicherung sowie die Qualitätssicherungsschritte auf der Auftragnehmerseite werden den BIM-Rollen in der folgenden Tabelle zugeordnet.

Tabelle 3.10: **Verantwortlichkeiten für die Qualität, in Anlehnung an** <sup>→9</sup>

BIM-Rolle des Auftragnehmers	Qualitätssicherung
<b>BIM-Betriebskoordinator</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Prüfung der erstellten BIM-Betriebsmodelle auf Einhaltung der geforderten datentechnischen Qualität (wie Modellierungsregeln und LOIN-Festlegungen) gemäß den AIA und dem BAP</li> <li>➤ Überprüfung der Statusbezeichnungen</li> <li>➤ Prüfung der bereitgestellten BIM-Fachmodelle auf die Einhaltung der geforderten datentechnischen Qualität und der benötigten Informationstiefe, kontinuierlich, spätestens vor jeder Statusänderung von „geteilt“ zu „veröffentlicht“</li> <li>➤ Qualitätssicherung des Koordinationsprozesses, der Dokumentation der Prüfergebnisse und der Nachverfolgung der Änderungen in der weiteren Modellbearbeitung</li> </ul>

BIM-Rolle des Auftragnehmers	Qualitätssicherung
<b>BIM-Koordinator</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kontrolle, Übergabe und Freigabe der eigenen BIM-Liefergegenstände an den BIM-Betriebskoordinator für die BIM-basierte Koordination</li> <li>➤ Sicherstellung und Prüfung der eigenen BIM-Liefergegenstände gemäß den LOIN-Festlegungen und Anwendung der Modellierungsrichtlinien kontinuierlich, spätestens vor jeder Statusänderung von „in Bearbeitung“ zu „geteilt“</li> <li>➤ Bei Verantwortung über mehrere BIM-Liefergegenstände zusätzliche Prüfung vor Übergabe an den BIM-Betriebskoordinator</li> </ul>
<b>BIM-Autor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kontinuierliche Qualitätsprüfung der eigenen BIM-Liefergegenstände</li> <li>➤ Einhaltung der Modellierungsregeln und LOIN-Festlegungen bei der Erstellung der BIM-Liefergegenstände</li> <li>➤ Prüfung der bereitzustellenden BIM-Liefergegenstände und insbesondere Validierung der Exportdateien zur Bereitstellung für die Koordination und anderweitige Nutzung</li> </ul>

### 3.8.1.1 Kollisionsprüfung

Im Rahmen der Kollisionsprüfung wird die Einhaltung der Kollisionsfreiheit von Zwischenständen sowie der Liefergegenstände am Ende der jeweiligen Projekt- bzw. Betriebsphase innerhalb der vereinbarten Toleranzen geprüft. Die Kollisionsprüfung wird anhand des Betriebsmodells durch den BIM-Betriebskoordinator durchgeführt.

Mit Hilfe einer Kollisionsprüfung können u. a. folgende Konflikte identifiziert werden:

- Kollisionen der BIM-Liefergegenstände (bspw. hinsichtlich semantischer Erfassung) zum BIM-Betriebsmodell
- doppelte oder fehlerhafte Erfassung von Elementen oder Informationen
- Erfassung von Objekten, die nicht Gegenstand des Betriebsmodells bzw. korrespondierender Betriebsmodelle sind
- Elemente, die miteinander nicht interagieren

Für die Durchführung der Kollisionsprüfung sollen möglichst BIM-Prüfungstools verwendet werden. Die Kriterien der Auswahl der entsprechenden Software sind im Kap. 3.10.2 aufgelistet.

Die Kommunikation der erforderlichen Änderungen hat im BCF-Format mit der Zuweisung der Verantwortlichkeit zu erfolgen. Die folgenden Inhalte sollen in der BCF-Nachricht abgebildet werden:

- Bearbeiter, Verantwortlichkeit, Objekt, Problem, Lösung, Status, Fälligkeit
- Ansichtspunkt möglichst mit der direkten Anzeige der problematischen Stelle im Modell



### 3.8.1.2 Prüfung auf Einhaltung der Anforderungen aus AIA und BAP

Die Prüfung auf Einhaltung der Anforderungen aus AIA und BAP wird anhand des Betriebsmodells durch den BIM-Gesamtkoordinator sowie exemplarisch durch den BIM-Manager durchgeführt. Es handelt sich dabei um die Analyse einer potenziell fehlenden Übereinstimmung von Informationen mit Richtlinien der Objekte, Modelle und Dokumentationen. Es wird primär geprüft, ob

- die Modellierungskriterien (z.B. Anforderungen an die Strukturierung des Modells) erfüllt sind,
- die in den AIA geforderten Informationen, wie z.B. Merkmale oder Bauteile, im Bauwerksmodell in der vereinbarten Informationsbedarfstiefe (LOIN) enthalten sind,
- die im LOIN-Anhang vorgegebene Klassifizierung der Modellelemente eingehalten ist,
- die vorgegebene Dateinamenskonvention, Datenformate und ggf. maximale Dateigröße eingehalten sind,
- die abgeleiteten Pläne mit den digitalen Modellen übereinstimmen.

Neben der Prüfung der Übereinstimmung des Modells mit den AIA und dem BAP können auch die Anforderungen weiterer technischer Regeln oder Vorschriften in den Prüfprozess einbezogen werden.

### 3.8.2 Überprüfung und Freigabe durch den Auftraggeber

Erst nach erfolgter Qualitätssicherung durch den Auftragnehmer und Überprüfung durch den Auftraggeber unter Mitwirkung des BIM-Managements werden die digitalen Liefergegenstände durch den Auftraggeber freigegeben und in den Status „veröffentlicht“ versetzt. Die Freigabe ist nicht mit der rechtsgeschäftlichen Abnahme der Leistung gleichzusetzen.

Die Verantwortlichkeiten für die Qualitätssicherung sowie die Qualitätssicherungsschritte und -kriterien auf der Auftraggeberseite werden in der folgenden Tabelle näher erläutert.

Tabelle 3.11: **Verantwortlichkeiten für die Qualitätssicherung und Qualitätssicherungsschritte auf der Auftraggeberseite**

BIM-Rolle des Auftragnehmers	Qualitätssicherung
BIM-Manager	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Prüfung der vereinbarten Übergaben des BIM-Betriebsmodells an den Auftraggeber auf die geforderte datentechnische Qualität gemäß AIA und dem BAP</li><li>➤ Definition und Überprüfung der Meilensteine für die BIM-Datenübergaben in Abstimmung mit der Projektleitung (falls vorhanden)</li></ul>

### Hinweise zur Überprüfung und Freigabe durch den Auftraggeber

In der Tabelle sind die einzelnen Qualitätssicherungsschritte und -kriterien des AG mit dem geplanten Zeitpunkt und der Häufigkeit der Durchführung des Überprüfungsprozesses einzugeben. Auf weitere relevante Informationen, wie z. B. das Vorhandensein eines Qualitätsmanuals, kann an dieser Stelle zusätzlich verwiesen werden.

## 3.9 Modellstruktur und Modellinhalt

Namensgebung, Klassifizierung, Aufbau und Strukturierung der digitalen Modelle sind für die Nutzung durch den Auftraggeber entscheidend. Der Auftragnehmer hat die im Folgenden spezifizierten Vorgaben zur Modellierung der digitalen Liefergegenstände zu gewährleisten.

Der Auftragnehmer kann zusätzliche Anforderungen an die Modellierung, Strukturierung und Attribuierung, die für die Erbringung seiner Leistung erforderlich sind, vorschlagen, die jedoch nicht im Widerspruch zu den Anforderungen des Auftraggebers stehen dürfen. Die zusätzlichen Anforderungen des Auftragnehmers zur Modellstruktur und den Modellinhalten werden in Abstimmung mit den weiteren Beteiligten im BAP festgehalten und müssen nicht gesondert an den Auftraggeber übergeben werden.

### Hinweise zur Modellierung

Vorgaben zur Modellierung (Struktur und Inhalte) sollten durch den Auftraggeber zu einer eigenen Modellierungsrichtlinie entwickelt werden, d. h., diese werden einmal erstellt und im Rahmen der AIA nur betriebspezifisch angepasst. Hierbei sind vorhandene Verwaltungsvorschriften des Auftraggebers und allgemeine Richtlinien und Normen zu beachten (z. B. VDI-Richtlinien, DIN-Normen etc.). Falls keine allgemeinen Vorgaben zur Modellierung (z. B. in Form einer Modellierungsrichtlinie) verfügbar sind, müssen an dieser Stelle weitere Informationen zur Strukturierung der digitalen Liefergegenstände vorgegeben werden.

Der Auftragnehmer kann aufgefordert werden, eigene Vorschläge zu unterbreiten. Generell sollte jedoch darauf geachtet werden, keine zu engen Vorgaben an die Modellierung („wie“ die Modelle erstellt werden) zu definieren, um die unternehmerische Kreativität der Auftragnehmer nicht zu sehr einzuschränken. Die Vorgaben sollen sich insgesamt vielmehr an dem zu übergebenden Ergebnis, dem digitalen Liefergegenstand („was“ die Modelle beinhalten sollen), orientieren. Der Auftraggeber muss in der Ausschreibung verdeutlichen, ob eigene Vorschläge des Auftragnehmers erwartet werden.

Im Rahmen des Forschungsprojekts<sup>→3</sup> wurde eine Modellierungsrichtlinie für eine BIM-basierte Betriebs- und Erhaltungsphase von Straßentunneln entwickelt, die eine für den Betrieb neutrale Festlegung hinsichtlich der Strukturierung des Modells und den entsprechenden Inhalten darstellt. Der Aufbau der Modellierungsrichtlinie und weitere Hinweise zum Umgang werden in Kapitel 2 beschrieben.

Die Anwendung der Vorgaben bzw. einzelner Inhalte der Modellierungsrichtlinie im Rahmen der AIA wird in den Folgekapiteln erklärt.

### 3.9.1 Modellierungsgrundsätze

Die Modellierung des Betriebsmodells muss die Einhaltung der in den einzelnen BIM-Anwendungsfällen festgelegten Ziele und Vorgaben für die Datenanforderungen sichern. Bei der Erzeugung der einzelnen Objekte der digitalen Modelle sind demzufolge Modellierungsvorschriften zu beachten. Dadurch wird die Qualitätssicherung vereinfacht und die Wiederverwendbarkeit erhöht. Es sind folgende generelle Vorgaben zu beachten, die in den Folgekapiteln näher erläutert werden:

- Die Dateigrößen einzelner Modelle sind möglichst gering zu halten. Sofern sinnvoll, sind die Modelle aufzuteilen. Modellaufteilungen sind mit dem Auftraggeber abzustimmen und im BAP zu dokumentieren.
- Es sollen vereinbarte und vorgegebene Maßeinheiten eingehalten werden. Ein gemeinsam mit dem AG abgestimmtes Koordinatenreferenzsystem (Lagesystem, Höhensystem) und eine abgestimmte Positionierung des Modells zu dem Koordinatensystem ist zu verwenden.
- Modellelemente sind als geschlossene Volumenkörper zu erstellen. Ausnahmen bilden – sofern erforderlich - Gelände- oder Bodenschichten, Trassierungslinien und Geodaten.
- Jedes Modellelement besitzt eine global eindeutige Bezeichnung, die nicht verändert werden darf. Die vorgegebene Namenskonvention für Dateinamen und Inhalte der Modelle sowie die Benennung von Bauwerken und Bauabschnitten sollen eingehalten werden.
- Modellelemente sind in einer Objekthierarchie nach den Vorgaben des Auftraggebers zur Modellstrukturierung zu erstellen.
- Modellelemente sollten die angeforderten und notwendigen Details (siehe Informationsbedarfstiefe) enthalten. Modellelemente sind vor der Übermittlung an den Auftraggeber gegebenenfalls zu bereinigen.

Weitere detaillierte bzw. betriebsspezifische Modellierungsrichtlinien können in einem Anhang „Modellierungsrichtlinie“ beschrieben werden.

## 3.9.2 Informationsbedarfstiefe

### 3.9.2.1 Betriebs- und Modellstruktur

#### Hinweise zur Strukturierung von digitalen Liefergegenständen

Der Auftraggeber sollte allgemeine Vorgaben zur Strukturierung von digitalen Liefergegenständen entwickeln. Diese Vorgaben gelten in der Regel unabhängig von spezifischen Tunnelbauwerken. Falls es betriebspezifische Vorgaben zur Strukturierung geben soll, so sind diese an dieser Stelle vom Auftraggeber im Detail zu erläutern. Der Auftragnehmer kann aufgefordert werden, eine sinnvolle Strukturierung der digitalen Liefergegenstände zur Erfüllung der Anwendungsfälle vorzuschlagen. Die Strukturierung wird im BAP finalisiert und vertraglich vereinbart.

Das maßgebende Modell während der Betriebsphase ist das Betriebsmodell, welches die Grundlage für alle Betriebs- und Erhaltungsprozesse bildet. Einzelne Leistungen bzw. Anwendungsfälle im Rahmen der Betriebsprozesse benötigen für die Umsetzung in der Regel keinen hohen Detaillierungsgrad, da Modellobjekte dort vorrangig als Informationsträger fungieren. Hier können dementsprechend vereinfachte Modelle je Leistung bzw. Anwendungsfall als sog. Teilmodelle abgeleitet werden. Die Teilmodelle bzw. damit verknüpfte, weitere digitale Liefergegenstände sind im Rahmen Verwaltung des Betriebsmodells nach abgeschlossener Qualitätssicherung in das Betriebsmodell zu übernehmen (in der Regel durch den BIM-Betriebskoordinator, sofern nicht anders vereinbart). Diese Festlegung sowie die maximalen Dateigrößen der einzelnen Modelle werden im BAP vereinbart. Jedes Teilmodell ist in einer separaten Datei abzuspeichern und gemäß Dateinamenkonvention zu führen. Folgende BIM-Modelle sind Bestandteil des ausgeschriebenen BIM-Prozesses:

Tabelle 3.12: **Übersicht der vorhandenen Modelle**

Verantwortlichkeit	Modellart	Zweck
BIM-Betriebskoordinator	BIM-Betriebsmodell	BIM-basierte Betriebs- und Erhaltungsmanagement

Für die Abbildung der gewählten Betriebs- oder Modellstruktur können unter Verwendung des IFC-Standards die folgenden IFC-Klassen oder deren Unterklassen zur Identifikation verwendet werden:

Tabelle 3.13: **Betriebs- und Modellstruktur mit der Zuordnung**

Betriebs- und Modellstruktur	Zuordnung (z. B. IFC-Klasse)
Projekt	IfcProject
Bauwerk	IfcSite
Straßentunnel	IfcFacility
Teilbauwerk	IfcFacilityPart
Bauteil	IfcElement
Bauteile	IfcSegment
Betriebstechnische Ausstattung	IfcDistributionSystem

Durch den Auftragnehmer können ergänzend weitere Strukturierungen vorgeschlagen werden. Die Strukturierungen dürfen jedoch nicht im Widerspruch zu den Vorgaben in diesen AIA stehen. Die finale Strukturierung wird im BAP festgelegt.

### Hinweise zur Betriebs- und Modellstruktur für Straßentunnel mit Fokus auf der Betriebsphase

Zurzeit wird als Standard in Hochbau- und Infrastrukturbauprojekten das IFC-Schema mit der Hierarchie IfcProjekt, IfcSite, IfcBuilding und optional IfcBuildingStorey verwendet. Es wird derzeit an der Erweiterung der IFC für die typische Abbildung von Projektstrukturen des Infrastrukturbaus gearbeitet, ab Version IFC 4.4 werden auch tunnelspezifische Klassen aus der Erweiterung IfcTunnel zur Verfügung stehen. Falls eine Klassifikation nach anderen Standards vorgesehen ist, ist dies in der Tabelle entsprechend anzupassen.

Die Modellierungsrichtlinie (siehe Kapitel 2.2.1) gibt auf Basis bisheriger Ergebnisse zu IfcTunnel eine Strukturierung von Straßentunnelbauwerken und deren betriebstechnischen Ausstattung anhand des IFC-Standards vor. Die Strukturierung ist in Form von sog. Substitutionstabellen im Dokument „Funktionale Teile“ aufgelistet, und kann als Bestandteil der Modellierungsrichtlinie dem Auftragnehmer vorgegeben werden.

### 3.9.2.2 Informationsbedarf

Die Informationsbedarfstiefe (LOIN, Level of Information Need) definiert eine Struktur für die Informationsanforderung und -lieferung von BIM-Modellen und deren Elemente, welche für den Betrieb verwendet werden sollen. Die Informationsbedarfstiefe orientiert sich für den Betrieb maßgeblich an der DIN EN 17412-1 „Bauwerksinformationsmodellierung – Informationsbedarfstiefe – Teil 1: Konzepte und Grundsätze“ und wird in folgenden Informationskategorien beschrieben:

- Geometrische Informationen
  - mit Angaben zu Detail, Dimension, Ort/Lage, Aussehen, Parametrisches Verhalten
- Alphanumerische Informationen
- Identifikationsinformationen: wie Name, Typ, Klassifikation
- Informationsgehalt: Liste von Merkmalsgruppen und Merkmalen
- Dokumentation

Die Informationsbedarfstiefe wird im Betrieb in Abhängigkeit von folgenden Bedingungen definiert:

- Lieferzeitpunkt (Meilenstein der Informationsbereitstellung)
- Anwendungsziel (Zweck der Informationslieferung)
- Akteur (Informationsbesteller und -bereitsteller)
- Granularität der Untergliederung der betreffenden Lieferobjekte (pro Modell, pro Modellelement)

Unter Abschnitt 3.9.2.1 ist die Untergliederung der Lieferobjekte dargestellt. Jedem Lieferobjekt können Merkmalsgruppen (Property Sets), Merkmale und deren mögliche Ausprägungen zugewiesen werden. Die detaillierte Auflistung und Beschreibung der Bauwerksmodelle, Modellelemente und allgemein Merkmale sowie die Zuweisung zu betrieblichen Meilensteinen und Anwendungsfällen befindet sich im LOIN-Anhang.



## Hinweise zur Informationsbedarfstiefe

Eine einheitliche Strukturierung des LOIN soll für die Betriebsphase einen effizienten Informationsaustausch im BIM-Prozess unterstützen, Informationen auf das Geforderte beschränken, sowie Vergabe-, Freigabe- und Prüfprozesse vereinfachen. Der LOIN-Anhang wird vom Auftraggeber erstellt. Diese Vorgaben können in der Regel wiederverwendet werden. Der LOIN-Anhang ist ein Anhang zu den AIA und Grundlage für die Ausschreibung und den Vertrag.

Die Modellierungsrichtlinie (siehe Kapitel 2.2.1) stellt eine Vorlage für LOINs und zudem anhand einzelner Objekte exemplarische LOINs für die Erstellung eines Betriebsmodells sowie zur Wartung und Inspektion zur Verfügung. Diese können für eine betriebspezifische AIA als Grundlage herangezogen werden.

Der vom Auftraggeber bereitgestellte LOIN-Anhang wird vom Auftragnehmer geprüft und ggf. mit betriebs- und erhaltungsrelevanten Merkmalen erweitert. Das abgestimmte LOIN-Dokument wird im Rahmen der Fortschreibung des BAP im Betrieb fortgeschrieben. Im Zuge der Modellierungsarbeit ist mindestens die geforderte Informationsbedarfstiefe umzusetzen. Für jeden Meilenstein sind somit vom Auftragnehmer die angeforderten Modellelemente und Merkmale im Betriebsmodell zu befüllen.



### 3.9.2.3 Klassifikation

Zur Klassifikation eines Objektes können verschiedene Klassifikationssysteme verwendet werden.

Der Auftragnehmer muss die folgende Klassifikation(en) umsetzen.

Tabelle 3.14: **Auflistung relevanter Klassifikationssysteme**

Klassifikationssystem	Beschreibung und Anwendung	Modelle / Objekte
ASB-ING 2013	Verwendung der Schlüssel Tabellen auf Grundlage der „Anweisung Straßeninformationsbank für Ingenieurbauten, Teilsystem Bauwerksdaten“. Für die entsprechenden Objekte wird ein eigener Eigenschaftswert definiert: <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Name: ASB-ING2013</li><li>➤ Wert: 15-stellige ganze Zahl nach ASB-IB 2013</li></ul>	Gilt für alle Objekte, die dem konstruktiven Tragwerk zuzuordnen sind und gemäß ASB-ING 2013 gegliedert werden können.
RABT 2006 in Verbindung mit den EABT-80 / 100	Verwendung der Funktionsblöcke zur Gliederung der betriebstechnischen Ausstattung. Für die entsprechenden Objekte wird ein eigener Eigenschaftswert definiert: <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Name: RABT 2006 in Verbindung mit den EABT-80 / 100</li><li>➤ Wert: zum Beispiel Funktionsblocknummer</li></ul>	Gilt für alle Objekte, die der betriebstechnischen Ausstattung zuzuordnen sind und gemäß RABT 2006 in Verbindung mit den EABT-80 / 100 gegliedert werden können.

#### Hinweise zur Klassifikation

Der Auftraggeber sollte allgemeine Vorgaben zur Klassifikation von Modellelementen vorgeben. Diese Vorgaben gelten in der Regel projektübergreifend. Beispielsweise können Klassifikationen nach Objekttypen, Kosten, Funktionen und Materialien vorgenommen werden. Der Auftragnehmer kann ebenfalls aufgefordert werden, sinnvolle Klassifikationen der Modellelemente zur Erfüllung der Anwendungsfälle vorzuschlagen. Die Klassifikation wird im BAP finalisiert und vertraglich vereinbart.

Hinsichtlich der Betriebsphase von Straßentunneln sind bspw. die folgenden Klassifikationen von Bedeutung:

- Klassifikation des Tunnelbauwerks gemäß SIB-Bauwerke bzw. der ASB-ING 2013
- Klassifikation der betriebstechnischen Ausstattung gemäß Funktionsblöcken der RABT 2006 in Verbindung mit den EABT-80 / 100

### 3.9.2.4 Nomenklatur

Die Vorgaben zur Dateibezeichnung der digitalen Liefergegenstände sind entscheidend, damit der Auftraggeber innerhalb der gemeinsamen Datenumgebung eine einfache Filterung und Auswertung vornehmen kann. Die digitalen Liefergegenstände werden vom Auftraggeber nach geografischen und fachspezifischen Kriterien benannt, um sowohl eine räumliche als auch eine fachlich eindeutige Zuordnung zu ermöglichen.

Tabelle 3.15: **Nomenklatur zur Bezeichnung der digitalen Liefergegenstände für die Betriebsphase**

Nomenklatur	
➤	Bauwerk
➤	Baugruppe
➤	Detailierungsgrad
➤	Lfd. Nummer
➤	Index

#### Hinweise zur Nomenklatur

Die Nomenklatur betrifft alle Dateitypen, sowohl Modelle als auch unterschiedliche Dokumentationen. Die Umsetzung des in den AIA erstellten Konzeptes erfolgt im BAP. Die Nomenklatur soll für den Anwender einheitlich, eindeutig und plausibel sein. Die Kodierung für Modelle soll möglichst fachbereichsübergreifend formuliert werden.

Die im Rahmen dieser Beispiel-AIA eingefügte Nomenklatur wurde dem Beispiel zur Muster-AIA aus <sup>9</sup> entnommen und entsprechend für den Betrieb angepasst.

### 3.9.3 Koordinatensysteme

Es wird ein Projektnullpunkt, die Nordrichtung und ein führendes Koordinatensystem festgelegt. Dadurch wird sichergestellt, dass alle digitalen Liefergegenstände lagerichtig sind und im gleichen geodätischen Bezugssystem modelliert und richtig ausgetauscht werden. Alle zu liefernden digitalen Modelle müssen den vorgegebenen Projektnullpunkt in einer nachprüfbaren Form und die vorgegebene Nordrichtung enthalten. Es ist durch den BIM-Betriebskoordinator sicherzustellen, dass eine projektspezifische BIM-Referenzdatei im IFC-Format mit der Anwendung des definierten Koordinaten- und Höhensystems und des Projektnullpunktes vorhanden und in der CDE abgelegt ist.

Tabelle 3.16: **Koordinatensystem und Projektnullpunkt**

<b>Koordinatensystem</b>	ETRS89/UTM		Lagestatus 489
<b>EPSG Code</b>	25832		
<b>Höhensystem</b>	DHHN2016		Höhenstatus 170
<b>Projektnullpunkt in Weltkoordinaten</b>	Ostwert / Rechtswert [x] 369731,124	Nordwert / Hochwert [y] 5646184,536	Höhe [z] 0,000

#### Hinweise zum Koordinatensystem

Durch den Auftraggeber müssen für alle georeferenzierten Daten (Streckenmodelle, Trassendaten, Bauwerksmodelle, geotechnische Daten, CAD-Daten, GeoTIFFs etc.) Informationen zu den zu verwendenden geodätischen Bezugssystemen, dem Projekt-Koordinatensystem und den Referenzpunkten angegeben werden. Bei Bedarf können vom Auftragnehmer Angaben darüber eingefordert werden, wie er gewährleisten kann, dass die Vorgaben auch eingehalten werden.

Hinsichtlich eines Betriebsmodells ist insbesondere folgendes zu berücksichtigen: falls ein As-built-Modell aus vorherigen BIM-Leistungen der Ausführungsphase vorhanden ist, sollten die entsprechenden Vorgaben bereits implementiert sein. Der Auftragnehmer ist gleichwohl aufgefordert, die Plausibilität der Implementierungen zu prüfen und gegebenenfalls in Absprache mit dem Auftraggeber abzuändern. Für ein Betriebsmodell das für einen Bestandstunnel erstellt wird, sind entsprechende Angaben gemäß den vorhandenen Unterlagen bzw. Informationen festzulegen.

### 3.9.4 Einheiten

Um die reibungslose Modellprüfung durchführen zu können und falsche Berechnungsergebnisse und Genauigkeiten zu vermeiden, sollen entsprechende Einheiten bei der Attribuierung von Modellelementen verwendet werden. In den folgenden Tabellen werden dafür die Vorgaben zusammengestellt.

Tabelle 3.17: **Auflistung von Einheiten**

Modelleinheit	Einheit
Länge	Meter [m]
Fläche	Quadratmeter [m <sup>2</sup> ]
Volumen	Kubikmeter [m <sup>3</sup> ]
Gradmaß	Grad [grad]
Geodätisches Winkelmaß	Gon [gon]
Zeit	Sekunde [s]
Masse	Kilogramm [kg]
Anzahl	Stück [St]
Kraft	Newton [N]
Geschwindigkeit	Kilometer pro Stunde [km/h]
Temperatur	Grad Celsius [°C]
Kosten	Euro [€]
Stromverbrauch	Kilowattstunden [kWh]
Stromstärke	Ampere [A]
Spannung	Volt [V]

#### Hinweise zu Modelleinheiten

Die Auflistung der Einheiten ist nicht vollständig und muss projektspezifisch angepasst werden. Falls es sinnvoll ist, können auch für verschiedene digitale Modelle unterschiedliche Einheiten vereinbart werden. In der Regel ist eine Überführung in eine andere Einheit immer möglich, wenn bekannt ist, welche Einheit aktuell verwendet wird.

## 3.10 Technologien

---

### 3.10.1 Gemeinsame Datenumgebung

Hinsichtlich des Informationsmanagements ist eine gemeinsame Datenumgebung (CDE, „Common Data Environment“) zur zentralen Verwaltung der digitalen Liefergegenstände zu verwenden. Die gemeinsame Datenumgebung orientiert sich an der DIN EN ISO 19650-1 und der VDI-Richtlinie 2552 Blatt 5. Für die einzelnen Projektbeteiligten sind rollenbasiert individuelle Benutzer einzurichten. Alle Zugriffe auf die gemeinsame Datenumgebung sind zu protokollieren und unter Einhaltung des Datenschutzes zu speichern. Einmal übertragene Daten können nicht mehr gelöscht werden. Der Auftragnehmer muss sicherstellen, dass die eingesetzten Mitarbeiter/innen über grundlegende Kompetenzen zur Verwendung einer gemeinsamen Datenumgebung und zur Umsetzung von Datensicherheit sowie Datenschutz verfügen.

Die gemeinsame Datenumgebung erfüllt v.a. die folgenden grundlegenden Funktionalitäten:

- Management aller Dateitypen (Modelle, Berichte, Pläne etc.) und verlinkter Daten
- Protokoll- und Aufgabenverteilung
- Hohe Datensicherheit mit einer cloudbasierten Lösung
- Nutzerverwaltung, Gruppen-, Rechte- und Rollenzuweisung mit der entsprechenden Zugangsverwaltung
- Workflowdefinition, Zusammenarbeits- und Freigabeprozesse gemäß ISO 19650
- Visualisierung und Koordination von Bauwerksdatenmodellen (hier insbesondere das Betriebsmodell)
- Dateiversionierung

Eine gemeinsame Datenumgebung sowie allgemeine Informationen zur Verwendung der gemeinsamen Datenumgebung sind in der Regel durch den Auftraggeber zur Verfügung zu stellen.

### Hinweise zur Gemeinsamen Datenumgebung

Falls der Auftraggeber die gemeinsame Datenumgebung stellt, müssen genaue Informationen zum System, zu den Rechten, zu den Zugängen, zur IT-Sicherheit und zu den Namenskonventionen vorgenommen werden. Es muss für den Auftragnehmer klar erkenntlich sein, welche Voraussetzungen erfüllt werden müssen, damit die digitalen Liefergegenstände über die gemeinsame Datenumgebung ausgetauscht werden können. Es wird angeraten, eine Schulung zur Verwendung der gemeinsamen Datenumgebung für den Auftragnehmer anzubieten. Falls der Auftragnehmer die gemeinsame Datenumgebung zu stellen hat, sind die zuvor genannten Informationen bzw. Vorgehensweisen durch den Auftragnehmer im Rahmen seines Angebots darzulegen. Hierzu sollten insbesondere die funktionalen Anforderungen der DIN EN ISO 19650-1<sup>→24</sup> und der VDI-Richtlinie 2552 Blatt 5<sup>→25</sup> abgefragt und durch den Auftragnehmer beantwortet werden.

### **3.10.2 Softwarewerkzeuge und Lizenzen**

Der Auftragnehmer ist frei in der Wahl seiner Softwarewerkzeuge zur Umsetzung der einzelnen BIM-Leistungen. Der Auftragnehmer muss sicherstellen, dass die eingesetzten Softwarewerkzeuge die digitalen Liefergegenstände in den geforderten Datenformaten erstellen und exportieren können. Zu Beginn des Projektes und bei eventuellen späteren Änderungen der Softwareprodukte müssen diese zwischen den Projektbeteiligten aufeinander abgestimmt und der Datenaustausch exemplarisch geprüft und dokumentiert sowie der BAP angepasst werden. Diese exemplarische Prüfung ist vom BIM-Manager zu veranlassen und vom BIM-Betriebskoordinator unter Mitwirkung aller BIM-Koordinatoren umzusetzen. Es wird empfohlen, dass der Auftragnehmer nur Softwarewerkzeuge einsetzt, die für die geforderten Datenformate zertifiziert sind. Während des Projektverlaufs ist möglichst die Softwarelösung anzuwenden, die mit den weiteren Projektbeteiligten und dem AG abgestimmt und im BAP unter Angabe der Version festgeschrieben wurde.

### Hinweise zu Softwarewerkzeugen und Lizenzen<sup>→9</sup>

In den Vergabeunterlagen können Informationen über die Verfügbarkeit von entsprechenden Softwarewerkzeugen und Nachweise zu Erfahrungen bzw. Kompetenzen der Mitarbeiter/innen des Auftragnehmers beim Einsatz der Softwarewerkzeuge und geforderten Datenformate eingefordert und zur Bewertung herangezogen werden.



### 3.10.2.1 BIM-Modellierungssoftware

Eine BIM-Modellierungssoftware (auch BIM-Planungssoftware oder BIM-Autorensoftware) dient der Modellierung geometrischer, dreidimensionaler Objekte und ihrer alphanumerischen Beschreibung mit Hilfe von Merkmalen. Die gewählte fachspezifische BIM-Modellierungssoftware zur Erstellung eines BIM-Betriebsmodells bzw. daraus ableitbarer Teilmodelle muss mindestens die folgenden Funktionalitäten bereitstellen:

- Die Erstellung der datenbankbasierten Modellelemente als dreidimensionale parametrisierbare Objekte mit der Zuordnung beliebiger alphanumerischer Informationen anhand entsprechender Objektwerkzeuge im kartesischen Koordinatensystem.
- Die Definition logischer Abhängigkeiten zwischen den Modellelementen und die Nachführung bei Veränderungen.
- Die Erstellung logischer Strukturelemente, wie Geschoss- und Anlagengliederung (im Rahmen der Betriebsphase von Straßentunnel: konstruktives Tragwerk und betriebstechnische Ausstattung), und die Zuordnung der Modellelemente zu dieser Strukturierung.
- Die Generierung von Listen, Mengenauszügen und anderen Berechnungen (für die Betriebsphase bspw. Übersichten über Zustand, Wartungstermine etc.) aus dem BIM-Modell.
- Die Integration von anderen BIM-Modellen über das IFC-Format.

### 3.10.2.2 BIM-Visualisierungs- und Prüfsoftware

Die BIM-Visualisierungs- bzw. Prüfsoftware muss das erstellte BIM-Betriebsmodell und die daraus ableitbaren Teilmodelle gemäß den Anforderungen der BIM-Anwendungsfälle anzeigen, prüfen und koordinieren können. Die Schnittstellen zwischen der erstellenden BIM-Planungssoftware und der Software zur Auswertung und Simulation müssen sichergestellt werden. Zur Prüfung (einschließlich der Kollisionsprüfung) des BIM-Betriebsmodells wird ein BIM-Modellchecker, welcher die Formate IFC und BCF unterstützt, vorausgesetzt. Die gewählte BIM-Visualisierungs- bzw. Prüfsoftware soll u.a. die folgenden Funktionalitäten bereitstellen:

- Betrachtung von geometrischen und alphanumerischen Objektinformationen sowie Koordinations- und Fachmodelle
- Anzeigen, Filtern und Bemaßen von Teilmodellen und Objekten
- Zusammenführung durch Referenzierung von Teilmodellen bzw. Fachmodellen
- Erstellung von Schnitten und Ansichten
- Durchführung der Kollisionsprüfung
- Anzeige von Kollisionen, Kommentierung und Bearbeitung (z. B. mithilfe eines BCF-Formats)

### 3.10.3 Datenaustauschformate

Der Datenaustausch während der Betriebsphase erfolgt auf Basis des openBIM-Gedankens, d. h. grundsätzlich sind alle digitalen Liefergegenstände unter Verwendung von offenen und neutralen (nicht-proprietären) Datenaustauschformaten zu übergeben. Der Datenaustausch auf Basis der definierten Formate ist zu Beginn der Betriebsphase zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer beispielhaft zu testen (s. Kap. 3.9.4).

Tabelle 3.18: **Zusammenfassung und Beschreibung von ausgewählten Datenformaten**

Datenformat	Version	Beschreibung
<b>Industry Foundation Classes (IFC)</b>	4.0.2.1	Model View Definition, IFC4 Design Transfer View
<b>OKSTRA</b>		Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen
<b>LandXML</b>		Datenformat zum Austausch georeferenzierter Dokumente
<b>BIM Collaboration Format</b>	2.1	Zwecks Kommentierung von BIM-Modellen
<b>XLSX, DOCX, PDF</b>		Dokumentendateien
<b>Comma Separated Values (CSV)</b>	7-Bit-ASCII-Code	Comma-Separated Values (CSV) mit Trennung durch Semikolon <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Menge / Stück</li> <li>➤ Einheit</li> <li>➤ IfcGUID Modellelement</li> <li>➤ optionale Beschreibung</li> </ul>
<b>XML/ XSD</b>		Datenformat, das bspw. maschinenlesbare Auswertung von Prüfprotokollen, Arbeitskarten etc. ermöglicht.
<b>DWG</b>		Datenformat für zwei- und dreidimensionalen Konstruktionsdaten und Metadaten
<b>Portable Network Graphics (PNG)</b>	ISO 15948	Rastergrafikformat mit verlustfreier Datenkompression
<b>ICDD</b>	ISO 21597	Informationscontainer zur Datenübergabe (engl. Information Container for Data Delivery)

## Hinweise zum Datenaustauschformat

Für den Datenaustausch der digitalen Liefergegenstände sind die zu verwendenden Datenformate mit zugehöriger Versionsnummer anzugeben. Zu den typischen Formaten im Bereich Bundesfernstraßen gehören: IFC 2x3 oder IFC 4 für Objektstrukturen und Geometrie, DGM IFC 4x1 oder OKSTRA für Trassierung, Multimodellcontainer GAEB-DA-XML & IFC für Mengenermittlung und Leistungsverzeichnisse, CityGML oder LandXML für GIS-Daten.

Gegebenenfalls ist für die Verwendung von IFC eine standardisierte Model View Definition (MVD) vorzuschreiben. Der Auftraggeber kann die zusätzliche Übergabe im nativen herstellerabhängigen Datenformat mit dem Auftragnehmer vereinbaren. Hierbei ist jedoch sicherzustellen, dass die Übertragung eines digitalen Liefergegenstandes unter Verwendung von verschiedenen Datenformaten auf Basis des identischen Planungsstandes vorgenommen wird und die gleichen Inhalte korrekt und vollständig im Sinne der AIA sind. Dies sollte zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer im Rahmen der Finalisierung des BAP erfolgen.

In den AIA dürfen nicht ausschließlich native herstellerabhängige Datenformate für die Fachmodelle gefordert werden.

Im Rahmen von <sup>→3</sup> wurden zudem Ansätze untersucht, im Zuge eines BIM-basierten Betriebs- und Erhaltungsmanagement eine maschinengestützte Auswertung von Informationen durch digitale Informationserfassung zu integrieren. Hierzu wurden exemplarisch XSD bzw. XML-basierte Dokumentenvorlagen erstellt, die zukünftig durch Implementierung in entsprechende Schnittstellen (bspw. Web-Services) digital-gestützte Prozesse unterstützen.

Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse aus <sup>→3</sup>, dass durch die Nutzung des ICDD-Formats ein Austausch des IFC-Modells mit allen verlinkten Modellen zielführend ist. Hierdurch ergeben sich insbesondere Potenziale für die modellbasierte Arbeitsweise, die in Kapitel 2 detaillierter beschrieben werden.

### 3.10.4 Vorgaben zum Testlauf

Um eine effektive und projektweite Umsetzung der BIM-Methodik und der ausgewählten Anwendungsfälle, die Anwendung entsprechender IT-Lösungen und einen erfolgreichen und reibungslosen Datenaustausch auch disziplinübergreifend zu gewährleisten, sind im Rahmen der Startphase in dem im BAP oder in den AIA zu definierendem Zeitraum die folgenden Testfälle durchzuführen:

Tabelle 3.19: **Auflistung von Testfällen**

Nr.	Bezeichnung des Anwendungsfalls
1	BAP-Einführung
2	Datenaustausch und Workflows in der CDE
3	Modellprüfung am Betriebsmodell

Tabelle 3.20: **Detaillierte Angaben zu einzelnen Testfällen – Testfall 1**

<b>Testfall</b>	BAP-RollOut: KickOff-Meeting und Qualifikation
<b>Zielsetzung</b>	Die BIM-Methodik stellt eine grundlegende Neuerung in Projekten des deutschen Bauwesens dar. Durch den umfassenden Ansatz ist eine Vielzahl von Strukturen, Abläufen und IT-Lösungen anzupassen. Zur Klärung dieser Aspekte dient insbesondere der BIM-Abwicklungsplan (BAP). Um eine projektweite Umsetzung der BIM-Methodik und deren projektspezifischer Anwendung gemäß BAP zu gewährleisten, müssen alle Projektbeteiligten qualifiziert und eingebunden werden. Daher hat der Auftragnehmer im Rahmen des BAP ein Konzept zur Einführung desselben aufzuzeigen. Die entsprechenden Startsitungen, Qualifikationsmaßnahmen etc. sind nach der Beauftragung anhand eines zügigen Einführungsterminplans umzusetzen.
<b>Umfang / Bearbeitungsschritt</b>	

Tabelle 3.21: **Detaillierte Angaben zu einzelnen Testfällen – Testfall 2**

<b>Testfall</b>	Datenaustausch und Workflows in der CDE
<b>Zielsetzung</b>	Um die reibungslose Nutzung der CDE für den Datenaustausch im Rahmen des Projekts zu gewährleisten, ist in dem im BAP oder in den AIA zu definierendem Zeitraum ein Testfall für den Datenaustausch erfolgreich zu absolvieren.
<b>Umfang / Bearbeitungsschritt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Überprüfung der koordinatengetreuen Modellerstellung</li> <li>➤ Upload der Modell-Dateien in die CDE</li> <li>➤ Erzeugung und Betrachtung einzelner Teilmodelle aus dem Betriebsmodell</li> <li>➤ Export des Betriebsmodells aus dem CDE</li> </ul>

Tabelle 3.22: **Detaillierte Angaben zu einzelnen Testfällen – Testfall 3**

<b>Testfall</b>	Modellprüfung am Betriebsmodell
<b>Zielsetzung</b>	Um die effektive Nutzung der IT-Lösungen für die Modellprüfung im Rahmen des Projekts zu gewährleisten, ist in dem im BAP oder in den AIA zu definierendem Zeitraum ein Testfall für die Prüfung eines Betriebsmodells erfolgreich zu absolvieren. Dieser umfasst:
<b>Umfang / Bearbeitungsschritt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Manipulation des Betriebsmodells aus dem Testfall „Datenaustausch im CDE“, so dass mindestens drei unterschiedliche Fehler / Konflikte entstehen.</li> <li>➤ Quantitative Prüfung der Modellinhalte (siehe auch Kap. 2.2)</li> <li>➤ Qualitative Prüfung der digitalen Liefergegenstände (siehe auch Kap. 2.2)</li> <li>➤ Erzeugung einer gemeinsamen Datei mit Einträgen zu den Fehlern / Konflikten und</li> <li>➤ Festlegungen zu deren Klärung / Behebung</li> </ul>

### Hinweise zu den Testfällen

Die Testfälle sollen Anwendungsfälle erproben, um im späteren Verlauf einen ungestörten Fortschritt während der Betriebsphase zu unterstützen. Die Auswahl der Testfälle sollte abhängig von der Auswahl der Anwendungsfälle getroffen werden. Die Qualität der Ergebnisse aus den Testläufen ist vom Auftragnehmer zu dokumentieren und mit dem Auftraggeber abzustimmen.

Der Zeitpunkt zur Durchführung und Beendigung der Testläufe ist im AIA oder BAP zu definieren. Es wird empfohlen die Testläufe in der Projektvorbereitung durchzuführen, nachdem die entsprechenden Voraussetzungen geschaffen wurden (bspw. Vorhandensein der Software, CDE ...).

In der Regel existieren zu diesem Zeitpunkt noch keine vom Auftragnehmer erstellten projektspezifischen Daten und Modelle, anhand derer ein Testlauf durchgeführt werden kann. Daher muss in diesem Abschnitt festgelegt werden, ob seitens des Auftragnehmers oder Auftraggebers Testdaten bereitgestellt werden.

Es sollte festgelegt werden, inwieweit weitere Verantwortliche der Betriebsphase zu Demonstrationszwecken hinzugezogen werden können und welche Testdaten mit diesen geteilt werden dürfen.

### 3.10.5 Datensicherheit

#### Hinweise zur Datensicherheit

Falls die Punkte Datenschutz und Datensicherheit bereits im Vertrag oder in der Instruktion der CDE geregelt sind, kann der Abschnitt entfallen.

Ein geeignetes Datenschutz- und Datensicherheitskonzept ist zu entwickeln und während der gesamten Betriebsphase umzusetzen. Die hierfür relevanten und einzuhaltenden Normen und Standards werden im nächsten Kapitel dargestellt. Alle Projektdaten sind vertraulich. Mit der Bereitstellung der Daten übergibt der Auftragnehmer seine Nutzungsrechte an den Auftraggeber. Genauere Informationen zum Thema Datenschutz und Datensicherheit sind in einer zusätzlichen Vereinbarung zur Vertraulichkeit, Datensicherheit und Datenschutz festzuhalten.



### 3.11. Geltende Normen und Richtlinien

#### Hinweise zur Auflistung von Normen und Richtlinien

Neben den ISO-Standards, DIN-Normen, baufachlichen und betrieblichen Richtlinien können an dieser Stelle z. B. vorhandene Objektkataloge oder weitere Standards erfasst werden.

Tabelle 3.23: **Liste relevanter Normen und Richtlinien aus dem Bereich „Building Information Modeling“**

Lfd.-Nr.	Norm / Richtlinie
1	DIN EN ISO 19650 - CDE
2	ISO 16739 - Industry Foundation Classes
3	ISO 29481 - Building Information Models
4	ISO 29481 – Information Delivery Manual (IDM)
5	ISO 12006-3 (Merkmaldefinition)

Tabelle 3.24: **Liste relevanter Normen und Richtlinien aus dem Bereich „Tunnelbau“ und „Tunnelbetrieb“**

Lfd.-Nr.	Norm / Richtlinie
1	RABT 2006 in Verbindung mit den EABT-80 / 100
2	ZTV-ING Teil 1
3	ZTV-ING Teil 7
4	M KWPT
5	RI-EBW-PRÜF
6	DIN 1076
7	ASB-ING 2013





---

# 4. Zusammenfassung und Ausblick

---

Diese Handreichung erläutert die exemplarische Anwendung der BIM-Methodik für ein BIM-basiertes Betriebs- und Erhaltungsmanagement unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt<sup>→3</sup>. Es werden Grundlagen hinsichtlich des Aufbaus eines BIM-Betriebsmodells, der Ausschreibung und Vergabe von BIM-basierten Leistungen sowie bezüglich der Anforderungen an das modellbasierte Arbeiten dargestellt.

Folgende Kernaspekte sind dabei zu berücksichtigen:

- Die Empfehlungen bezüglich der Ausschreibung und Vergabe von BIM-Leistungen wurden allgemein formuliert. Hier zeigt sich je nach Betreiber bzw. Bauwerkseigentümer ein zentraler bzw. dezentraler Aufbau der Verwaltungsstrukturen. Dies führt in der Regel auch zu unterschiedlichen Zuständigkeiten und Ressourcen zur Umsetzung der BIM-Methodik. Dementsprechend ist die Ausschreibung und Vergabe betreiberspezifisch anzupassen. Die Modellinhalte ändern sich dadurch nicht. Allgemeine BIM-Rollen für die Betriebsphase von Straßentunneln wurden diesbezüglich in Kap. 3.6 definiert (in Anlehnung an die Planung und Ausführung).
- Die beschriebene Modellierungsrichtlinie für den Betrieb und die Erhaltung von Straßentunnel wurde im Rahmen des Forschungsprojekts erarbeitet. Dies erfolgte auf Basis von identifizierten Betreiberanforderungen aus Experteninterviews sowie einer umfassenden Analyse von relevanten Richtlinien, Regelwerken und Empfehlungen. Die Inhalte der Modellierungsrichtlinie können und sollen in der Regel auch vom Betreiber bzw. Bauwerkseigentümer zukünftig projektspezifisch angepasst werden. Zudem empfiehlt sich eine Berücksichtigung und Einpflegung der Inhalte aus und in das BIM-Portal<sup>→26</sup>.
- Die Werkzeuge zur Prüfung und Qualitätssicherung von BIM-Betriebsmodellen, die in Kapitel 2.3.2 vorgestellt wurden, sind im Rahmen des Forschungsprojekts<sup>→3</sup> prototypisch implementiert worden. Vergleichbare Funktionalitäten finden sich auch im BIM-Portal<sup>→26</sup>. Dabei basiert die prototypische Implementierung auf Ansätzen aus dem Open-Source-Bereich und berücksichtigt aktuelle DIN-Standards im Bereich des Building Information Modelling. Je nach Entwicklungen können auf Basis der Ergebnisse aus<sup>→3</sup> vergleichbare Softwarelösungen durch Betreiber bzw. Bauwerkseigentümer erstellt lassen werden oder der Markt wird hier zukünftig entsprechende Lösungen zur Verfügung stellen.

In Anlehnung an die Muster-AIA aus dem Rahmendokument „Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA)“ der Musterrichtlinie BIM (MR BIM)<sup>→2</sup> im Zuge des Masterplan BIM Bundesfernstraßen des BMDV wurde exemplarisch eine Beispiel-AIA für ein BIM-Betriebsmodell eines Straßentunnels erstellt. Dieses Beispiel auf Basis der erarbeiteten modelltheoretischen Grundlagen soll Betreiber bzw. Bauwerkseigentümer zukünftig bei der Ausschreibung von Leistungen, die mit der BIM-Methodik verknüpft sind, unterstützen. Dadurch wird eine eindeutige Festlegung von Informationsanforderungen sowie deren Bereitstellung ermöglicht.

Im Allgemeinen ist zu berücksichtigen, dass die Entwicklungen im Zuge der BIM-Methodik sehr dynamisch sind. Dennoch zeigen die Ergebnisse aus<sup>→3</sup> sowie die aktuellen Entwicklungen, dass die BIM-Methodik auch für die Betriebsphase von Straßentunneln einen großen Mehrwert mit sich bringt.





## Literaturverzeichnis

---

- <sup>1</sup> **Bundesministerium für Digitales und Verkehr. Stufenplan Digitales Planen und Bauen: Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken.** Berlin; 2015.
- <sup>2</sup> **Bundesministerium für Digitales und Verkehr. Masterplan BIM Bundesfernstraßen: Digitalisierung des Planens, Bauens, Erhaltens und Betriebens im Bundesfernstraßenbau mit der Methode Building Information Modeling (BIM).** Berlin; 2021.
- <sup>3</sup> **Thewes et. al.: Building Information Modeling (BIM) im Tunnelbau (FE 15.0623 / 2016 / RRB).** Projektbericht der Ruhr-Universität Bochum und des Ingenieurbüros BUNG im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 2022.
- <sup>4</sup> **Deutsches Institut für Normung e. V.: DIN EN ISO 19650-1 – Organisation und Digitalisierung von Informationen zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerksinformationsmodellierung (BIM) – Informationsmanagement mit BIM – Teil 1: Begriffe und Grundsätze.** Beuth-Verlag, Berlin, 2019.
- <sup>5</sup> **Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung: Anweisung Straßeninformationsbank Segment Bauwerksdaten – ASB-ING. Abteilung Straßenbau, Sammlung Brücken- und Ingenieurbau.** Berlin, 2013.
- <sup>6</sup> **BMDV – Technologien zur Generierung digitaler Zwillinge auf Grundlage für Betrieb und Instandhaltung baulicher Infrastruktur – TwinGen:** <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/TwinGen.html>, letzter Abruf am 14.10.2022.
- <sup>7</sup> **BIMKIT – Bestandsmodellierung von Gebäuden und Infrastrukturbauwerken Mittels KI zur Generierung von Digital Twins:** <https://bimkit.eu/>, letzter Abruf am 14.10.2022.
- <sup>8</sup> **CAFM connect – Die Open-BIM Schnittstelle zum Austausch von Immobiliendaten:** <https://www.cafm-connect.org/>, letzter Abruf am 14.10.2022.
- <sup>9</sup> **Bundesanstalt für Straßenwesen: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten ZTV-Ing – Teil 1: Allgemeines.** Bergisch Gladbach, 2013.
- <sup>10</sup> **Bundesministerium für Digitales und Verkehr: Rahmendokument: BIM-Anwendungsfälle und rechtliche Rahmenbedingungen.** Version 1.0. Berlin, 2021.

- <sup>11</sup> **DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN 17412-1 Building Information Modeling – Level of Information Need – Konzepte und Grundsätze.**  
Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2021.
- <sup>12</sup> **DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN ISO 23386. Bauwerksinformationsmodellierung und andere digitale Prozesse im Bauwesen – Methodik zur Beschreibung, Erstellung und Pflege von Merkmalen in miteinander verbundenen Datenkatalogen.** Beuth Verlag GmbH, Berlin, 20.
- <sup>13</sup> **BIM-Portal – Merkmale:** <https://via.bund.de/bim/merkmale/landing>, letzter Abruf am 14.10.2022.
- <sup>14</sup> **Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 – RI-EBW-PRÜF.** Berlin, 2017.
- <sup>15</sup> **International Organization for Standardization: ISO 21597-1 Information container for linked document delivery – Exchange specification. Part 1: Container.**
- <sup>16</sup> **Model View Definition und BIM-Datenaustausch – BibLus.** Quelle: <https://biblus.accasoftware.com/de/model-view-definition-und-bim-datenaustausch/>, abgerufen am 27.04.2022.
- <sup>17</sup> **Bundesministerium für Digitales und Verkehr: Rahmendokument: Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA).** Version 1.0. Berlin, 2021.
- <sup>18</sup> **BIM-Portal von BIM Deutschland,** Quelle <https://www.bimdeutschland.de/leistungen/bim-portal>, letzter Abruf am 19.09.2022.
- <sup>19</sup> **VDI-Richtlinie 2552 – Blatt 10: Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA) und BIM-Abwicklungspläne (BAP).** 2021.
- <sup>20</sup> **Europäisches Parlament und der Rat:** Richtlinie 2004 / 54 / EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz.
- <sup>21</sup> **Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV): Empfehlungen für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln mit einer Planungsgeschwindigkeit von 80 km/h oder 100 km/h,** Köln, 2019.
- <sup>22</sup> **VDI-Richtlinie 2552 – Blatt 7: Building Information Modeling - Prozesse.** 2020.

- <sup>23</sup> **BIM4INFRA2020: Teil 1 – Grundlagen und BIM-Gesamtprozess.** Berlin, 2019.
- <sup>24</sup> **Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN ISO 19650-1 – Organisation und Digitalisierung von Informationen zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerksinformationsmodellierung (BIM) – Informationsmanagement mit BIM – Teil 1: Begriffe und Grundsätze.** Beuth-Verlag, Berlin, 2019.
- <sup>25</sup> **VDI-Richtlinie 2552 – Blatt 5: Building Information Modeling – Datenmanagement.** 2018.
- <sup>26</sup> **BIM-Deutschland – BIM-Portal:**  
<https://www.bimdeutschland.de/leistungen/bim-portal>, letzter Abruf am 14.10.2022.



