

---

# **Pilotstudie zur Begleitung einer Praxisimplementierung zur Erstellung von Anwenderinformationsanforderungen für ein BIM-basiertes Betriebs- und Erhaltungsmanagement für Straßentunnel**

---

Fachveröffentlichung der  
Bundesanstalt für  
Straßen- und Verkehrswesen

---

# **Pilotstudie zur Begleitung einer Praxisimplementierung zur Erstellung von Anwenderinformationsanforderungen für ein BIM-basiertes Betriebs- und Erhaltungsmanagement für Straßentunnel**

---

von

Matthias Bergmann, Jonathan Matthei, Eva Heinlein  
albert.ing GmbH, Frankfurt am Main

Andreas Klein  
ISAC GmbH, Aachen

---

## **Impressum**

Fachveröffentlichung zu Forschungsprojekt: 89.0353  
Pilotstudie zur Begleitung einer Praxisimplementierung zur Erstellung von  
Anwenderinformationsanforderungen für ein BIM-basiertes Betriebs- und  
Erhaltungsmanagement für Straßentunnel

Fachbetreuung:  
Anne Lehan

Referat:  
Tunnel, Geotechnik, Zivile Sicherheit

Herausgeber:  
Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen  
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon: (0 22 04) 43 - 0

<https://doi.org/10.60850/fv-b10>

Bergisch Gladbach, April 2026

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben. Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

# Kurzfassung

Im Rahmen des BIM-Masterplans Bundesfernstraßen wurde die BIM-Methodik zunehmend zum Standard für die Planung, den Bau und den Betrieb von Straßeninfrastruktur in Deutschland. Dies geschieht im Kontext umfassender Normungsinitiativen von DIN und VDI sowie zahlreicher Forschungsprojekte, die sich mit der Digitalisierung im gesamten Lebenszyklus von Bauwerken befassen. Der Fokus liegt derzeit noch stark auf der Planungsphase, weshalb es wichtig ist, die Ansätze der Forschung, wie beispielsweise zum digitalen Zwilling, in die Praxis zu übertragen.

Das Ziel des Forschungsvorhabens war es, den Anwendungsfall „Wartung und Inspektion“ für Straßentunnel anhand des Pilottunnels „Wiener Platz“ in Dresden umzusetzen und die theoretische Machbarkeit in einer Pilotstudie praktisch zu demonstrieren. Hierzu wurden Anwendungs- und Implementierungshilfen zur Erstellung und Nutzung von BIM-Betriebsmodellen validiert und weiterentwickelt. In der ersten Phase des Projekts wurden die Grundlagen für ein BIM-basiertes Betriebs- und Erhaltungsmanagement erfasst und der digitale Reifegrad ermittelt. Außerdem wurden projektspezifische Anforderungen formuliert, um die Ziele und Anwendungen von BIM zu spezifizieren.

Im Rahmen eines Workshops mit den Tunnelbetreibern und Experten des Erhaltungsmanagements konnten insgesamt 14 Anwendungsfälle definiert werden. Wichtige BIM-Projektziele umfassen den Handover zur Nutzung für Betrieb und Erhaltung, die Unterstützung des Erhaltungs- und Instandhaltungsmanagements sowie des Betriebsmanagements. Darüber hinaus konnten betriebliche Belange geprüft und relevante Betriebs- und Leistungsdaten erfasst werden. Diese sind in den LOIN-Anhang sowie die entwickelte Modellierungsrichtlinie eingeflossen.

In der zweiten Projektphase wurden bestehende Dokumente wie Prozessbeschreibungen und Modellierungsrichtlinien überarbeitet, um diese an die Anforderungen des Betriebs- und Erhaltungsmanagements anzupassen. Das Pilotprojekt zeigte, dass die BIM-Methodik ein wertvolles Werkzeug zur Optimierung von Wartungs- und Inspektionsprozessen darstellt. Die entwickelten Vorgaben, wie die AIA und die LOIN-Anhänge (bestehend aus einem Muster LOIN-Anhang und einem projektspezifischen LOIN-Anhang), bieten eine solide Grundlage für zukünftige BIM-Anwender im Bereich des Tunnelbetriebs. Das Projekt leistet einen wesentlichen Beitrag zur Standardisierung und Digitalisierung von Infrastrukturbauwerken in Deutschland. Dennoch bleibt es entscheidend, den potenziellen Mehrwert dieser Methoden in der Praxis zu evaluieren.

# Abstract

## **Pilot study to support the practical implementation of Employer's Information Requirements (EIR) for BIM-based operation and maintenance management of road tunnels**

As part of the BIM Master Plan for Federal Highways, the BIM methodology has increasingly become the standard for planning, constructing, and operating road infrastructure in Germany. This shift is occurring within the context of comprehensive standardization initiatives led by DIN and VDI, as well as numerous research projects focused on the digitalization of the entire lifecycle of infrastructure assets. Currently, the primary focus remains on the planning phase, highlighting the importance of translating research approaches, such as those related to the Digital Twin, into practical application.

The objective of the research project was to implement the "Maintenance and Inspection" use case for road tunnels using the pilot tunnel "Wiener Platz" in Dresden and to practically demonstrate the theoretical feasibility in a pilot study. For this purpose, application and implementation guidelines for the creation and use of BIM operational models were validated and further developed. In the first phase of the project, foundations for BIM-based operations and maintenance management were documented, and the digital maturity level was assessed. Additionally, project-specific requirements were formulated to specify the objectives and applications of BIM.

In a workshop with tunnel operators and maintenance management experts, a total of 14 use cases were defined. Key BIM project objectives include the handover for use in operations and maintenance, support for maintenance and asset management, and support for operational management. Furthermore, operational requirements were evaluated, and relevant operational and performance data were recorded. These elements were incorporated into the LOIN appendix and the developed modeling guidelines.

In the second phase of the project, existing documents, such as process descriptions and modeling guidelines, were revised to better align with the requirements of operations and maintenance management. The pilot project demonstrated that the BIM methodology is a valuable tool for optimizing maintenance and inspection processes. The developed specifications, including the Employer's Information Requirements (EIR) and LOIN appendices (comprising a template LOIN appendix and a project-specific LOIN appendix), provide a solid foundation for future BIM users in tunnel operations. This project makes a significant contribution to the standardization and digitalization of infrastructure assets in Germany. However, it remains crucial to assess the practical added value of these methods in real-world applications.

# Summary

## **Pilot study to support the practical implementation of Employer's Information Requirements (EIR) for BIM-based operation and maintenance management of road tunnels**

### **Objective**

The BIM methodology is progressively becoming the standard for the planning, construction, and operation of road infrastructure in Germany as part of the BIM Master Plan for Federal Highways. This development aligns with comprehensive standardization initiatives from DIN and VDI, as well as numerous research projects focused on the digitalization of the entire lifecycle of infrastructure. Looking at pilot projects, practical applications, and prioritized use cases, it is evident that the current project practice still places emphasis on the planning phase. Here, it is essential to translate the numerous research approaches—such as those for Digital Twins, for a cross-functional CDE, for model-based inspection in accordance with DIN 1076 and DIN 31051, and for seamless digital maintenance management—into practice through specific pilot studies.

The goal of this research project was to advance the practical implementation of the BIM use case "Maintenance and Inspection" for road tunnels. To achieve this, the theoretical feasibility demonstrated thus far was to be practically validated in a pilot study.

### **Research Methodology and Results**

As part of the study, validation and further development of application and implementation guidelines for the creation and use of BIM operational models were carried out. This included formulating user-specific requirements for the use case "Maintenance and Inspection" during the operational phase, particularly regarding the level of information detail required and the establishment of a specific modeling guideline.

In the first phase of the research project, the foundations for BIM-based operations and maintenance management were documented, and the digital maturity level was assessed. A final evaluation for the pilot project was not yet possible at this stage. Additionally, project-specific information requirements (EIR) were defined to clarify the objectives and applications of BIM. This also involved project-specific review and refinement of the modeling guidelines. A suitable Level of Information Need (LOIN) for road tunnels was determined based on a compilation of typical operating technology installations as per current standards. These components are to be integrated into the operational model as discipline-specific or partial models. In the developed LOIN appendices, which serve as BIM components/documents, all components of the systems were recorded as specialized objects to be inspected and/or maintained during the operational phase.

A workshop was held with the operators of the tunnel structure from the pilot study, along with other maintenance management experts. As a result, based on use case 200, "Usage for Operations and Maintenance," 14 specific use cases were defined and described in detail.

Additionally, several BIM project objectives were defined within the research project to make a significant contribution to the digital representation and optimization of operations and maintenance processes. A primary objective is the handover for operational and maintenance purposes, ensuring a seamless transfer of information. Furthermore, the BIM methodology aims to support maintenance and asset management by enabling more efficient management of relevant data and processes. Operations management also benefits from the application of BIM, supporting the optimization of daily procedures.

Another key aspect is the assessment of operational requirements to ensure compliance with all relevant standards and regulations. Furthermore, the project seeks to capture operational and performance data, such as traffic and energy consumption, to support informed decision-making. Finally, fault reports should be recorded and allocated by system to generate meaningful statistics that contribute to the continuous improvement of operations.

In the second phase, questions regarding application guidelines, process descriptions, and modeling guidelines were addressed and elaborated. The aim was to develop proposals for the expansion or further development of existing guidelines, to better align them with the operational and maintenance management requirements in practice and to sustainably strengthen digitalization in this area. This also included identifying further research and development needs for the operational application of BIM in tunnel management.

### **Practical Implications**

The research project identified the development of a generic Level of Information Need (LOIN) and the use of a modular Employer's Information Requirements (EIR) as potential additional benefits in the context of BIM applications for the operations and maintenance management of road tunnels.

The project results, exemplified by the pilot project for the renovation planning of the "Wiener Platz" tunnel in Dresden, demonstrate that the BIM methodology can be a valuable tool for optimizing maintenance and inspection processes. The guidelines developed, such as the EIR, the project-specific LOIN appendix for Wiener Platz, and the template LOIN appendix, provide a solid foundation for future BIM users in tunnel operations. The project thus makes a significant contribution to the standardization and digitalization of infrastructure assets in Germany. However, it remains essential to evaluate the potential added value of these methods in practice and, particularly, within the pilot project framework.

---

# Inhalt

---

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>10</b>
1.1	Problemstellung und Ziel	10
1.2	Vorgehen	10
<b>2</b>	<b>Grundlagenermittlung</b>	<b>11</b>
2.1	Anwendungsfall Wartung und Inspektion	11
2.1.1	Potenziale der BIM-Methodik	14
2.1.2	Generelle Anforderungsprofile	18
2.1.3	Spezifische Anforderungsprofile	20
2.2	Bestandsaufnahme des digitalen Reifegrades am Pilotbauwerk	21
2.2.1	Beschreibung des Pilotbauwerks	21
2.2.2	BIM-Leistungsstufen	22
2.2.3	BIM-Reifegrade	22
2.2.4	BIM-Kompetenzsets	24
2.2.5	BIM-Organisationsskala	24
2.2.6	BIM-Granularitätsstufen	25
<b>3</b>	<b>Prüfung und Aufbau der Modellierungsrichtlinie</b>	<b>26</b>
3.1	Einleitung	26
3.2	Modellierungsgrundsätze	26
3.3	Informationsbedarfstiefe	28
3.3.1	Übergeordnete Modellarten	28
3.3.2	Teilmodelle	29
3.3.3	Projektstruktur mit IFC-Zuordnung	29
3.3.4	Informationsbedarf	30
3.3.5	Semantischer Informationsbedarf	31
3.3.6	Geometrischer Informationsbedarf	32
3.3.7	Dokumente	33

3.4	Klassifikation	33
3.5	Nomenklatur	34
3.6	Koordinatensystem	34
3.6.1	Achsendefinitionen	34
3.6.2	Koordinatensystem	34
3.7	Einheiten	36
3.8	Qualitätsanforderungen	37
3.8.1	Qualitätsprüfung	37
3.8.2	Geometrische und informationstechnische Modellprüfung	37
3.8.3	Funktionalität der Modelldateien	38
3.8.4	Kollisionsprüfung	38
3.9	Technologien	39
3.9.1	Gemeinsame Datenumgebung	39
3.9.2	Softwarewerkzeuge und Lizenzen	40
3.9.3	Datenaustauschformate	41
3.9.4	Vorgaben zum Testlauf	43
3.9.5	Datensicherheit	45
3.10	Geltende Normen und Richtlinien	46
<b>4</b>	<b>Projekt AIA</b>	<b>47</b>
4.1	Einleitung	47
4.1.1	Auftraggeber-Informationsanforderungen	47
4.1.2	BIM-Abwicklungsplan	48
4.1.3	Projektübersicht	48
4.1.4	Erklärung der BIM-Fähigkeit	49
4.2	Leistungsanforderungen	49
4.2.1	BIM-Ziele	49
4.2.2	BIM-Anwendungsfälle	50
4.3	Bereitgestellte Unterlagen	51
4.4	Digitale Liefergegenstände und Lieferzeitpunkte	51
4.5	Strategie der Zusammenarbeit	53
4.5.1	BIM-Rollen	53
4.5.2	Informationsmanagement	54
4.5.3	Betriebsmodell erstellen und BIM-Koordination	55

4.6	Qualitätssicherung	55
4.6.1	Qualitätssicherung des Auftragnehmers	55
4.6.2	Kollisionsprüfung	56
4.6.3	Prüfung auf Einhaltung der Anforderungen aus AIA und BAP	57
4.6.4	Überprüfung und Freigabe durch den Auftraggeber	57
<b>5</b>	<b>Erarbeitung eines Vorschlags zur Erweiterung der Handreichungen</b>	<b>59</b>
5.1	Einleitung	59
5.2	Entwicklung einer generischen LOIN	59
5.3	Entwicklung einer modularen AIA	60
5.4	Überarbeitung der Handreichung	60
<b>6</b>	<b>Darstellung des aktuellen sowie weiteren Forschungs- und Entwicklungsbedarfs</b>	<b>62</b>
6.1	Einleitung	62
6.2	Robotergestützte Bestandsaufnahme von Tunneln zur Generierung digitaler Zwillinge	62
6.3	Marktrecherche zu CDE-Anbietern	63
6.4	Nutzung digitaler Zwillinge für die vorausschauende Instandhaltung	63
6.5	Datenübertragung aus den BIM-Modellen in die Softwaresysteme für Betrieb und Instandhaltung	64
6.6	Fortschreibung der Modelle im Tunnelbetrieb und bei künftigen Planungen	64
6.7	Operationalisierung durch Pilotierung eines kompletten Projektzyklus	64
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>65</b>
	Literatur	66
	Tabellen	68
	Bilder	70
	Anhang	71

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung und Ziel

Die BIM-Methodik wird im Zuge der Umsetzung des „Masterplan BIM Bundesfernstraßen“ kontinuierlich zum Standard für Planung, Bau und Betrieb von Straßeninfrastruktur in Deutschland werden. Dies geht einher mit einer umfassenden Normungsinitiative seitens des DIN und des VDI sowie einer Vielzahl von Forschungsprojekten zur Digitalisierung im gesamten Lebenszyklus von Bauwerken. In den bisherigen Pilotprojekten und den dabei betrachteten Anwendungsfällen lag der Schwerpunkt auf der Planungsphase, so dass für die Betriebsphase wenig Vorgaben und Erfahrungen zur Verfügung stehen.

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, die praktische Umsetzung des BIM-Anwendungsfalls „Wartung und Inspektion“ für Straßentunnel voranzutreiben. Hierbei sollte die von Thewes et al. 2023 theoretisch belegte Machbarkeit in einer Pilotstudie praktisch demonstriert werden.

## 1.2 Vorgehen

Kernbestandteil dieses Projekts war die Anwendung der BIM-Methodik für den gewählten Pilot-Tunnel „Wiener Platz“ in Dresden, dessen betriebstechnische Ausstattung zur Erneuerung anstand. Für diesen Tunnel wurde ein Bestandsmodell zur Umsetzung des BIM-Anwendungsfalls „Wartung und Inspektion“ erstellt. Dabei wurden die zugehörigen Prozesse mit ihren Akteuren modelliert, die Informationsbedarfstiefe für die Betriebsphase spezifiziert und eine Prozessbeschreibung für zukünftige BIM-Anwender im Betrieb formuliert.

Im Zuge dessen erfolgte die Validierung und Fortschreibung von Anwendungs- bzw. Implementierungshilfen zur Erstellung und Nutzung von BIM-Betriebsmodellen. Dies umfasste die Formulierung anwenderspezifischer Anforderungen an die BIM-Dokumente für den Anwendungsfall, insbesondere in Bezug auf die Informationsbedarfstiefe und eine konkrete Modellierungsrichtlinie. Im Projektverlauf wurden hierzu zwei Workshops mit dem Betreiber des Pilot-Tunnels sowie zwei weiteren Tunnelbetreibern zur Diskussion und Konkretisierung der Vorgehensweise sowie zur Ausgestaltung der BIM-Dokumente durchgeführt.

Im Ergebnis entstanden Erweiterungen der bestehenden Handreichungen für das BIM-basierte Betriebs- und Erhaltungsmanagement für Straßentunnel und ein Beispiel für deren Praxisimplementierung. Diese Ergebnisse stellen einen weiteren Baustein für die Etablierung der BIM-Methodik für Straßentunnel in der Praxis dar und dienen der Realisierung der damit verbundenen Vorteile.

# 2 Grundlagenermittlung

## 2.1 Anwendungsfall Wartung und Inspektion

Die Wartung und Inspektion von Straßentunneln in Deutschland ist geprägt durch die Regelungen in den RE-ING Teil 3 sowie den EABT 80/100. Das korrespondierende Regelwerk für die Erhaltung von Ingenieurbauten (Bundesministerium für Digitales und Verkehr/Bundesanstalt für Straßenwesen 2021) behandelt derzeit nur die Konstruktion von Straßentunneln im Kontext der Bauwerksüberwachung nach DIN 1076 (DIN 1076), aber nicht deren betriebstechnische Ausstattung.

Der Aufgabenumfang und die Organisation der Wartung und Inspektion werden derzeit durch das Merkblatt für die Kontrolle, Wartung und Pflege von Straßentunneln (M KWPT) beschrieben (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 2015). Aus der Perspektive des Straßenbetriebsdienstes benennt dieses Merkblatt die relevanten Tunnelbestandteile und gibt Hinweise zur Durchführung der Arbeiten. Das Merkblatt wurde für Bundesfernstraßen eingeführt (Bundesministerium für Digitales und Verkehr 01/2016); eine (weitgehende) Übernahme der Inhalte durch die zuständigen Stellen für das nachgeordnete Straßennetz kann jedoch vorausgesetzt werden.

Hinzuweisen ist auf die teilweise unterschiedlichen Begriffe in Zusammenhang mit der Instandhaltung bzw. Erhaltung von Ingenieurbauten (Tab. 2-1). Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens entsprechen die Begriffe für den Anwendungsfall Wartung und Inspektion denen der DIN 31051 (DIN 31051).

Leistungsheft		RABT	DIN 31051	DIN 1076
Betriebsdienst	Kontrolle/Prüfung	Überwachung	Inspektion	Bauwerksüberwachung (laufende Beobachtung, Besichtigung)
	Wartung/Pflege/Kleinreparaturen	Störungsbeseitigung, Instandhaltung	Wartung, Instandsetzung	
Erhaltung/ Zustandserfassung	Instandsetzung, Erneuerung	Instandsetzung, Erneuerung	Verbesserung, Schwachstellenbeseitigung	Bauwerksprüfung
Neubau, Um- und Ausbau, Erweiterung	Maßnahmen infolge veränderter Anforderungen an die Funktionsfähigkeit oder Substanzverbesserung			

**Tab. 2 -1: Gegenüberstellung der Begriffe gemäß Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst auf Bundesfernstraßen, der RE-ING Teil 3 sowie der DIN 31051 (Grundlagen der Instandhaltung) und der DIN 1076 (DIN 1076) (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 2015)**

Aus rechtlicher Sicht liegt die Verantwortung für die Instandhaltung bei der Autobahn GmbH des Bundes bzw. den zuständigen Straßenbaubehörden der Länder und Kommunen. Die Umsetzung der Instandhaltung der Tunnelausstattung wird überwiegend an Dienstleister fremdvergeben. Die Arbeitsschritte zur Wartung und Inspektion werden in diesem Fall in einem Wartungsvertrag in Form von Arbeitskarten fixiert. In diesen ist gewerkeweise festgelegt, welche Tätigkeiten in

welchen Intervallen auszuführen sind (z. B. Sichtkontrollen, Funktionskontrollen, Reinigung von Funktionsteilen; siehe Beispiel in Tab. 2-2). Die zeitlichen Zyklen sind grundsätzlich aus den hersteller- und tunnelspezifischen Vorgaben abzuleiten, das o. g. Merkblatt enthält zudem Orientierungswerte (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 2015).

Arbeitskarte				
Anlagenbezeichnung: NS-Schaltanlagen, Titel 0.1			Betriebsraum: _____	
Inspektions- und Wartungsarbeiten			1/4 jährlich	1/2 jährlich
			Datum: _____	
Nr.	Tätigkeit	1/4 jährlich	1/2 jährlich	Vermerk Bemerkung
1.	Allgemeines - Generelle Sichtprüfung		X	
2.	Sichtkontrollen - Stützer und Sammelschienenverkehr - Sicherungslasttrennschalter - Leistungsschalter - Sicherungen - Schütze Erdung - Erhaltung der VBG4 - Ersatzmaterial		X	
3.	Funktionskontrollen  Sicherungslasttrennschalter - Betätigung  Leistungsschalter - Handbetrieb		X	
4.	Schraubenkontrolle, Kontrolle der Schienenverbindungen und Anschlüsse		X	
5.	Reinigung aller Funktionsteile		X	
6.	Vorschläge für notwendige Instandsetzung			
Bemerkungen:				
Abnahme der Leistungen:				
Auftragnehmer:		Datum:		Auftraggeber:

Tab. 2-2: Beispiel einer Arbeitskarte für Niederspannungs-Schaltanlagen

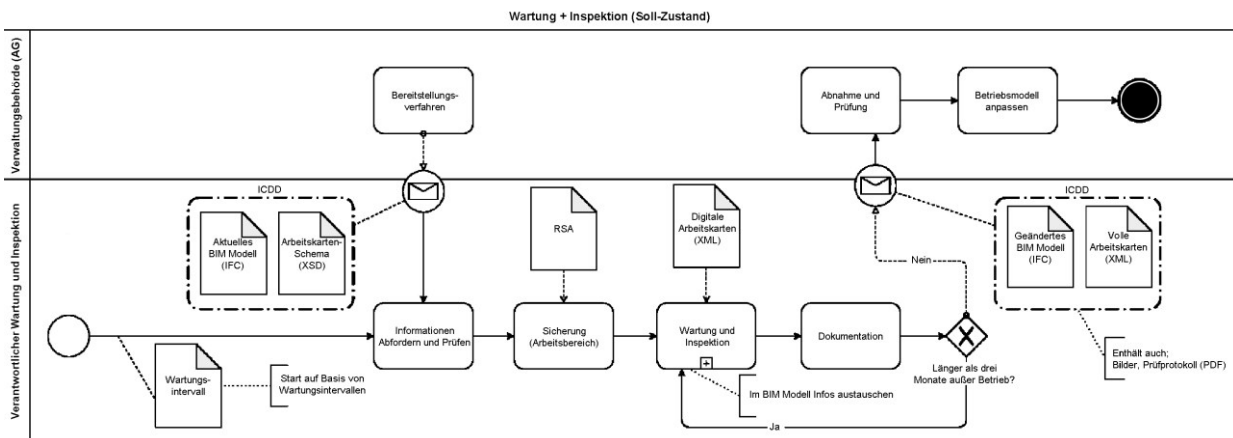


Bild 2-1: Prozessdiagramm einer konventionellen Wartung und Inspektion (THEWES et al.: 2023)

Nach Ausführung einer Wartung und Inspektion ist dem Auftraggeber zusammen mit den ausgefüllten Arbeitskarten ein Wartungsbericht zu übergeben, in dem die Art und der Umfang der ausgeführten Leistungen einzutragen sind. Darin sind auch die bei der Wartung getroffenen Feststellungen über den Zustand der Anlage sowie etwaige in absehbarer Zeit notwendig werdende Instandsetzungen anzugeben. Die Arbeitskarten und der Bericht dienen damit gleichzeitig der Dokumentation, der Abnahme und der Abrechnung bei Stundenlohnarbeiten. Derzeitige Praxis ist eine papierbasierte Bearbeitung der Unterlagen, die im Nachgang digitalisiert werden. [Bild 2-1](#) stellt diesen Prozess schematisch dar.

Sowohl die Wartung als auch die Inspektion unterscheiden sich dahingehend von den anderen Maßnahmen der Instandhaltung, dass diese zyklisch anfallen und durchgeführt werden, weshalb sie von herausragender Bedeutung für den Tunnelbetrieb sind. Daher werden beide im Folgenden genauer behandelt.

Eine mögliche Definition laut DIN 31051 wäre:

- **Wartung:** Die Wartung umfasst beispielsweise das Nachstellen/Justieren, Schmierer, funktionserhaltendes Reinigen, Nachfüllen oder Ersetzen von Betriebsstoffen oder Verbrauchsmitteln und planmäßiges Austauschen von Verschleißteilen wie Filter oder Dichtungen.
- **Inspektion:** Inspektionen bezeichnen im Allgemeinen eine prüfende Tätigkeit im Sinne einer Kontrolle durch einen Prüfer/Fachpersonal. Die Inspektion dient dabei der Feststellung des ordnungsgemäßen Zustandes einer Betrachtungseinheit.
- **Instandsetzung:** Unter Instandsetzung wird der Vorgang verstanden, bei dem eine defekte Betrachtungseinheit in den ursprünglichen, funktionsfähigen Zustand zurückversetzt wird.
- **Verbesserung:** Unter Verbesserung werden die Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie die Maßnahmen des Managements zur Steigerung der Funktionssicherheit einer Betrachtungseinheit, ohne die von ihr geforderte Funktion zu ändern, verstanden.

### 2.1.1 Potenziale der BIM-Methodik

Gemäß Thewes (THEWES et al. 2023) erkennen Stakeholder verschiedene Optimierungspotenziale bei der Instandhaltung der betriebstechnischen Ausstattung von Tunneln durch die Anwendung der Building Information Modeling (BIM)-Methodik.

Ein zentrales Ziel ist es, die Schnittstelle zwischen Tunnelbetreibern und Wartungsfirmen zu optimieren, um effizientere und schnellere Störungsbeseitigungen zu ermöglichen. Hierbei spielt der Informationsaustausch eine entscheidende Rolle. Eine Möglichkeit zur Verbesserung dieses Austauschs besteht in der Einführung von Ticketsystemen, die von beiden Seiten genutzt werden können und in ein BIM-Betriebsmodell integriert sind. Diese Ticketsysteme würden es ermöglichen, Störungen oder anstehende Arbeiten in einer zentralen Plattform zu erfassen und zu verwalten. Dadurch wird die Kommunikation zwischen Tunnelbetreibern und Wartungsfirmen verbessert, da beide Parteien auf die gleichen Informationen zugreifen können. In der aktuellen Situation sind Ticketsysteme oft nur einseitig einsehbar oder bearbeitbar, was zu Missverständnissen und Verzögerungen bei der Störungsbeseitigung führt, da keine Datenintegrität gewährleistet werden kann. Durch die Einführung eines gemeinsamen Ticketsystems wird dieser Mangel überwunden, was zu einer effektiveren Zusammenarbeit und einer schnelleren Behebung von Störungen führt.

Dies wäre auch im Einklang mit einem wesentlichen Grundsatz innerhalb der BIM-Methodik, wonach immer nur auf ein einzig gültiges Datenmodell referenziert werden darf, weshalb auch von der Single Source of Truth (SSoT) gesprochen wird. Stakeholder greifen stets auf eine einheitliche und zuverlässige Datenquelle zu, die die Zusammenarbeit fördert und Missverständnisse und Konflikte minimiert.

Eine gemeinsame Datenumgebung (CDE) ermöglicht die Schaffung einer einheitlichen Informationsquelle. Gemäß dem VDI 2552 Standard hat eine CDE das Ziel, ein zentrales Datenmanagement umzusetzen, um Informationen über den Verlauf eines Projekts zu erfassen und zu verwalten. Alle relevanten Daten werden ausschließlich hier bezogen und bereitgestellt. Die CDE fungiert als zentrale Informationsquelle für das Projekt und fördert die zentrale Verfügbarkeit, Wiederverwendbarkeit und Konsistenz der Daten sowie einen vereinfachten Datenaustausch. (VDI 2552 Blatt 5)

Des Weiteren wird von Thewes (THEWES et al. 2023) das Potenzial erkannt, umfangreiche Auswertungen von Betriebsdaten durch die zentrale Speicherung von Informationen im BIM-Betriebsmodell durchzuführen. Dies könnte dazu dienen, die wirtschaftliche Optimierung des Tunnelbetriebs voranzutreiben. Ein konkretes Beispiel hierfür ist die Möglichkeit, die Ausfallwahrscheinlichkeit von Komponenten einzuschätzen und betriebliche Synergien in der Instandhaltung zu identifizieren. Durch die Analyse von Betriebsdaten könnten zukünftig präventive Instandhaltungsstrategien entwickelt werden.

Im Kontext der präventiven Wartungsstrategie wäre die Integration von Structural Health Monitoring (SHM) in ein bestehendes Betriebsmodell denkbar. SHM ist ein Fachgebiet, welches sich mit der kontinuierlichen Überwachung und Bewertung des Zustands von Ingenieurbauwerken befasst. Ziel ist es, potenzielle strukturelle Probleme frühzeitig zu erkennen, um rechtzeitig geeignete Maßnahmen zur Instandhaltung zu ergreifen und dadurch die Sicherheit, Zuverlässigkeit und Langlebigkeit von Bauwerken zu gewährleisten. SHM-Systeme bestehen typischerweise aus einer Vielzahl von Sensoren, die an verschiedenen kritischen Stellen des Bauwerks angebracht sind. Diese Sensoren messen kontinuierlich verschiedene Parameter wie Spannungen, Dehnungen, Vibrationen, Temperaturen, Füllstände und andere relevante Größen. Die gesammelten Daten werden dann in

Echtzeit oder periodisch analysiert, um den Zustand des Bauwerks zu bewerten, und in der gemeinsamen Datenbasis gespeichert und verwaltet.

Bisher stützt sich die Instandsetzungsplanung auf Erkenntnisse aus der Bauwerksprüfung, Bauwerksüberwachung und der laufenden Beobachtung gemäß DIN 1076 in Verbindung mit der RI-EBW-PRÜF, oder wenn diese akut im Rahmen einer Störungsbeseitigung vonnöten ist. Die Strategie zielt darauf ab, Probleme oder Schäden durch regelmäßige Inspektionen zu identifizieren und anschließend zu beheben- eine Reaktion ist dementsprechend erst möglich, wenn ein Mangel bereits aufgetreten ist. Deshalb wird auch von reaktiver bzw. korrektiver Instandhaltung gesprochen. Es besteht die Gefahr, dass Schäden erst erkannt werden, wenn sie bereits fortgeschritten und damit teurer und zeitaufwändiger instand zu setzen sind. Gleichzeitig können Aussagen zum genauen Bauwerkszustand nur unmittelbar nach einer Inspektion getätigt werden. Der Einsatz von Prüfteams für Inspektionen erfolgt nicht bedarfsorientiert und zielgerichtet, weshalb ein SHM-System hier durch eine datengesteuerte Entscheidungsfindung Effizienzgewinne realisieren würde. Zudem würde das lückenlose Monitoring des Bauwerkszustandes zu geringeren Ausfallzeiten, niedrigeren Instandhaltungskosten und einer längeren Lebensdauer des Bauwerks beitragen.

BIM-Anwendungsfälle (AWF) sind spezifische Szenarien oder Situationen, in denen die Anwendung von BIM einen Mehrwert bietet. Sie beschreiben, wie BIM in verschiedenen Phasen eines Bauprojekts eingesetzt werden kann, um bestimmte Ziele zu erreichen oder Herausforderungen zu bewältigen. (VDI 2552 Blatt 2)

Um eine einheitliche und standardisierte Grundlage für die Nutzung von BIM in der Baubranche zu schaffen und die Vorteile dieser Technologie für verschiedene Aspekte des Bauprozesses hervorzuheben, hat BIM Deutschland in Zusammenarbeit mit zahlreichen Fachbehörden einheitliche und harmonisierte AWF entwickelt, die insgesamt 21 Hauptszenarien umfassen und sich einer standardisierten Nummerierung bedienen. Von der Planung und Entwurfsphase über die Bauphase bis hin zum Betrieb decken die AWF ein breites Spektrum an Aufgaben und Anforderungen ab. Sie dienen dazu, den unterschiedlichen Akteuren im Baubereich klare Leitlinien und Orientierungspunkte zu bieten, wie BIM in verschiedenen Kontexten erfolgreich angewendet werden kann, um die Effizienz zu steigern, Kosten zu senken und die Qualität zu verbessern.

## BIM-Anwendungsfall 200

Die Nutzung von BIM im Betrieb nimmt einen der 21 Hauptfälle mit der Nummer 200 ein. „AWF 200: Nutzung für Betrieb und Erhaltung“ umfasst typischerweise Richtlinien und Verfahren für die Verwaltung von Bauwerksinformationen, die während der Planungs- und Bauphase erstellt wurden, sowie für deren kontinuierliche Nutzung während des Betriebszeitraums. Dazu gehören:

1. Übernahme von Daten aus dem As-Built-Modell in das Erhaltungsmanagementsystem: Definierung des Prozesses, wie die in der Bauphase erstellten BIM-Modelle und Daten in die Systeme des Erhaltungsmanagements übernommen werden können, um eine nahtlose Fortsetzung des Informationsflusses zu gewährleisten.
2. Darstellung und Bewertung des Bauwerkszustandes im Modell: Beschreibung, wie der Zustand des Bauwerks anhand von aktuellen Daten und Informationen im BIM-Modell dargestellt und bewertet werden kann, um die Entscheidungsfindung im Hinblick auf Instandhaltungsmaßnahmen zu unterstützen.
3. Aktualisierung des Modells bei Instandsetzungsmaßnahmen: Festlegung, wie Änderungen am Bauwerk, die während der Instandsetzungsarbeiten vorgenommen werden, in das BIM-Modell integriert und aktualisiert werden können, um sicherzustellen, dass das Modell stets den aktuellen Zustand des Bauwerks widerspiegelt.

Um der Komplexität eines BIM-basierten Tunnelbetriebs gerecht zu werden, haben Thewes (THEWES et al. 2023) den AWF 200 um vierzehn weitere tunnelspezifische AWF erweitert, die in [Tabelle 2-3](#) gekürzt dargestellt werden. Darin eingeflossen sind Erkenntnisse aus Gesprächen mit Betreibern, aber auch Wartungsfirmen. Jedem AWF wurde in den Kontext eines BIM-Zieles eingeordnet, zudem wurden grob die Anforderungen an Geometrie und Semantik definiert. Ein genaues Anforderungsprofil ist allerdings nicht definiert.

BIM-Ziel	AWF-Nr	AWF	Beschreibung	Anforderung Geometrie	Anforderung Semantik
Handover zur Nutzung für Betrieb und Erhaltung	201	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
	202	Verwaltung	Aktualisierung und Verwaltung des Betriebsmodells		
Unterstützung des Erhaltungs- und Instandhaltungsmanagements	203	Digitalisierte Zustandserfassung	Digitale Dokumentation von Instandhaltungsmaßnahmen	Detailliertere geometrische Darstellung der Objekte, vereinfachte Darstellung des Tunnelbauwerks	Informationen der Instandhaltung
	204	Einsatzplanung	Ableitung und Koordination von weiteren Instandsetzungsmaßnahmen	Keine bis geringe Anforderungen je nach Umsetzung	Termininformationen, Zuständigkeiten etc.
	205	Visualisierung und Auswertung	Visualisierung und Auswertung von Instandhaltungsdaten	Hoher Detaillierungsgrad, abgeleitet aus dem As-built-Modell	Entsprechende Instandhaltungsdaten (bspw. Wartungszyklen, Prüftermine)
	206	Störfalldatenbank	Aufbau einer Störfalldatenbank mit Informationen zu vergangenen Störfällen und den Lösungen zur Behebung	Keine	Störfallinformationen (Datum, Art, Lösung etc.)
	207	Prädiktive Instandhaltung	Erfassung v. Informationen zur vorrausschauenden Instandhaltung bzw. Erhaltung	Detailliertere geometrische Darstellung der Objekte, vereinfachte Darstellung des Tunnelbauwerks;	Erweiterte Zustandsdaten (bspw. Betriebsdauer, Schwingungswerte etc.) Informationen zur Gewährleistung (bspw. Inbetriebnahme)
	208	Mängelmanagement	Organisation des Gewährleistungsmanagements	Keine bis geringe Anforderungen je nach Umsetzung	
Unterstützung des Betriebsmanagements	209	Schulung	Planung/Durchführung von Schulungen für Einsatzkräfte	Hoher Detaillierungsgrad, abgeleitet aus dem As-built-Modell	Bspw. Informationen aus der Sicherheitsdokumentation, Ablauf des Notfallbetriebs etc.
	210	Visualisierung und Auswertung	Visualisierung und Auswertung von Betriebsdaten		z. B. Energieverbrauch
	211	Ticketsystem	Ticketsystem mit übergreifenden Schnittstellen zur Störungsbeseitigung	Objekt/Komponenten als detaillierte Modellsicht	Störungsinformationen, Gewährleistungsabfrage, Verantwortlichkeiten
	212	Digitaler Zwilling	Digitaler Zwilling zur Simulation von Betriebsprozessen	Hoher Detaillierungsgrad, abgeleitet aus dem As-built-Modell	Detaillierte Informationen über Anlagen und Bauwerk, weitere AWF möglich
Prüfungen hinsichtlich betrieblicher Belange	213	Modellprüfung	Modellprüfung hinsichtlich der Datenintegrität bzw. Vollständigkeit von Unterlagen		Lageinformationen, Verkehrsrauminformationen etc.
	214	Kollisionsprüfung	Kollisionsprüfung verschiedener Gewerke	Lageinformationen, Verkehrsrauminformationen etc.	

**Tab. 2-3: Praxisorientierte Ableitung von AWF für ein BIM-basiertes Betriebs- und Erhaltungsmanagement von Straßentunneln**

### 2.1.2 Generelle Anforderungsprofile

Basierend auf den skizzierten Potenzialen und den Maßnahmen um den AWF 200 lassen sich Voraussetzungen und Anforderungen in verschiedenen Ausprägungen identifizieren, welche nachfolgend aufgeführt werden. Eine genaue Definition von Anforderungsprofilen bezüglich Geometrie und Semantik ist Bestandteil der Modellierungsrichtlinie.

- **BIM-Modell**  
Grundlage für die Nutzung von BIM im Betrieb bildet grundsätzlich ein 3D-Modell als Form einer digitalen Repräsentation des physischen Bauwerks. Es enthält größtenteils objektorientierte, alphanumerische Informationen und wird üblicherweise aus einem As-Built-Modell (Digitale Darstellung eines Bauwerks, die den tatsächlichen Zustand des Bauwerks nach Abschluss der Bauarbeiten widerspiegelt) abgeleitet. Abgeleitet bedeutet sinngemäß entreichert, sodass ausschließlich für den Betrieb relevante Informationen übernommen werden, um die Gebrauchstauglichkeit und Handhabbarkeit zu erhöhen. Der geometrische Detailgrad wird ebenfalls auf das Nötigste reduziert. In der Regel wird dann von einem Betriebsmodell gesprochen.
- **Datenplattform**  
Die Einrichtung einer effektiven Datenplattform ist von entscheidender Bedeutung für den erfolgreichen Einsatz von BIM. In BIM-Projekten werden vornehmlich sogenannte Common Data Environments (CDE) in der Planungs- und Ausführungsphase genutzt, die als zentraler Ort für die Speicherung, Verwaltung und den Austausch von digitalen Bauwerksinformationen fungieren. CDE eignen sich allerdings auch darüber hinaus als Verwaltungsmedium im Betrieb, sofern sie den nachfolgend aufgeführten Anforderungen genügen. Vorteilhaft ist dabei, dass eine Migration der Bestandsdokumentation im Anschluss der Bauausführung deutlich vereinfacht wird bzw. diese obsolet macht.

Die Datenplattform sollte ein eingebautes Dokumentenmanagementsystem enthalten, das die Integration und Konsolidierung verschiedener Arten von Dateien ermöglicht, um ihre Funktion als einzig gültige und zuverlässige Datenquelle zu gewährleisten. Zudem muss sie über ausgeprägte Funktionen der Rechtemoderation und Zugriffskontrolle vorhalten, die durch einen zu bestimmenden Administrator verwaltet werden können.

Um eine reibungslose Zusammenarbeit und modellassozierte Kommunikation zu ermöglichen, wird eine vorhandene BCF-Schnittstelle als vorteilhaft gewertet, jedoch nicht als zwingend erforderlich angesehen.

Da Tunnelbauwerke bzw. deren zugehörigen Leitzentralen gemäß BSI-KritisV §8 bzw. dem Anhang 7 Teil 3 als kritische Infrastruktur aufgezählt werden, ist ein adäquater Datenschutz eine elementare Voraussetzung- besonders bei einer dezentralen Speicherung und Vorhaltung, beispielsweise auf Webservern. Zudem sollte die Datenplattform über Mechanismen zur Versionskontrolle und Änderungsverfolgung verfügen, um sicherzustellen, dass alle Änderungen protokolliert und nachverfolgt werden können. Dies ermöglicht eine Rückverfolgbarkeit von Änderungen und fördert die Transparenz zwischen den Stakeholdern.

Die Datenplattform muss zudem mit anderen BIM-Systemen interoperabel sein, um den reibungslosen Datenaustausch und die Zusammenarbeit zwischen den Beteiligten zu ermöglichen. Dies umfasst die Unterstützung von offenen

Standards und Austauschformaten wie IFC. Erfüllt eine Datenplattform diese Anforderungen, so stellt sie einen zentralen Baustein zur effizienten Verwaltung von Bauwerksinformationen über die gesamte Nutzungszeit dar.

- Hardware

Die Nutzung von BIM im Betrieb von Tunnelbauwerken stellt spezifische Hardwareanforderungen, um die umfangreichen und detailreichen Daten darstellen und verarbeiten zu können. Für eine reibungslose Arbeit an BIM-Modellen sind leistungsfähige Workstations oder Server erforderlich, die über mehrkernige Prozessoren, RAM-Kapazitäten und dedizierte Grafikkarten mit ausreichendem Grafikspeicher verfügen. Diese Ausstattung ermöglicht es, komplexe Modelle flüssig zu laden, zu bearbeiten und zu visualisieren. Da Tunnel oft Ingenieurbauwerke großer Ausdehnung sind und für eine gewisse Abschirmung gegenüber Mobilfunk sorgen, ist die Gewährleistung einer robusten Netzwerkinfrastruktur innerhalb des Bauwerks erforderlich, damit bei Inspektions- und Wartungsprozessen in situ, ein Zugriff mobiler Endgeräte direkt auf die Datenplattform möglich bleibt und in Echtzeit be- und verarbeitet werden können.

- Datenformate

Insbesondere im Bereich von Infrastrukturbauwerken ist eine sorgfältige Abwägung der Anforderungen an Datenformate erforderlich. Diese Anforderungen umfassen die Datenlanglebigkeit, die Nachbearbeitbarkeit von Modellen und die Integration in Betriebs- und Wartungssysteme. Die Wahl des Datenformats hat weitreichende Konsequenzen für die Zugänglichkeit, Kompatibilität und die Nachhaltigkeit der BIM-Daten über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks.

Das Industry Foundation Classes (IFC) Format wird oft wegen seiner Offenheit und Herstellerunabhängigkeit bevorzugt, da es eine langfristige Datenhaltung und -nutzung unterstützt. IFC fördert die Interoperabilität zwischen verschiedenen Softwarelösungen und gewährleistet, dass BIM-Daten auch in der Zukunft zugänglich bleiben. Ein wesentlicher Nachteil ist jedoch, dass das IFC-Format nicht alle spezifischen Anforderungen von Tunnelbauwerken, wie spezielle Bauteilklassen, direkt unterstützt. Dies kann sich allerdings mit der geplanten Einführung von ifcTunnel nachhaltig bessern. Zudem kann die nachträgliche Bearbeitung von IFC-Modellen herausfordernd sein, da die Struktur des Formats eine flexible Modifikation erschweren kann, da sie ursprünglich nie für eine nachträgliche Bearbeitung vorgesehen und dahingehend optimiert wurde.

Proprietäre Datenformate hingegen bieten oft erweiterte Funktionen für die Erstellung und Bearbeitung von BIM-Modellen, die speziell auf die Anforderungen der jeweiligen Software abgestimmt sind. Dies kann die Modellierungseffizienz und die Detailgenauigkeit erhöhen. Allerdings stellen proprietäre Formate ein Risiko für die Datenlanglebigkeit dar, da die zukünftige Zugänglichkeit der Daten von der Fortführung der Software und der Unterstützung durch den Hersteller abhängt. Zudem dürfen öffentliche Auftraggeber keine bestimmte Modellierungssoftware vorgeben, was die Verwendung proprietärer Formate in öffentlichen Projekten einschränkt.

Die Verwendung von Issues auf Basis des BIM-Kollaborationsformat (BCF)-Standards kann eine Brücke zwischen der detaillierten Modellierung und dem Betriebsmanagement bilden. BCF ermöglicht die effiziente Kommunikation und Dokumentation von Problemen direkt im Kontext des BIM-Modells. Die Frage, ob BCF-Issues den Ansprüchen eines vollwertigen Ticketsystems genügen, hängt von den spezifischen Anforderungen des Betriebsmanagements ab und ist zu evaluieren. BCF bietet starke Vorteile in der Visualisierung und Zuordnung von Problemen im Modellkontext, kann jedoch in Bezug auf erweiterte Ticketsystem-Funktionen wie Workflow-Management, Priorisierung und automatische Benachrichtigungen limitiert sein. Eine sorgfältige Integration und möglicherweise eine Anpassung oder Erweiterung des BCF-Standards könnten erforderlich sein, um ein umfassendes Ticketsystem für den Betrieb und die Wartung von Tunnelbauwerken zu realisieren.

Die Auswahl des richtigen Datenformats und die Integration von BIM-Daten in Betriebs- und Wartungssysteme erfordern eine sorgfältige Abwägung zwischen Offenheit und Spezifität, zwischen Datenhaltbarkeit und Flexibilität in der Bearbeitung. Eine hybride Strategie, die sowohl offene Standards wie IFC für die Langzeitarchivierung als auch proprietäre Formate für spezialisierte Bearbeitungsaufgaben nutzt, kann eine ausgewogene Lösung bieten.

- **Qualifikation der Beteiligten**

Die Anforderungen an die Qualifikation von Beteiligten hinsichtlich BIM-Kompetenzen im Tunnelbetrieb wird generell als nicht außergewöhnlich hoch eingestuft, da der Schwerpunkt der Arbeiten bei der modellgestützten Informationsgewinnung und im Umfeld des Dokumentenmanagementsystems erwartet wird.

Im Kontext der nachträglichen Bearbeitung und Aktualisierung wird allerdings ein tiefgreifendes Wissen über die spezifischen Tools und Funktionen der eingesetzten BIM-Softwares vorausgesetzt. Dies gilt ebenfalls für Beteiligte, welche mit der Auswertung von Nutzungsdaten betraut sind.

Es ist ein Konzept zu entwickeln, welche Qualifikationsnachweise gefordert bzw. akzeptiert werden.

### **2.1.3 Spezifische Anforderungsprofile**

Zusätzlich zu dem beschriebenen generellen Anforderungsprofil lassen sich in Hinblick auf Wartung und Inspektion folgende spezifische Anforderungsprofile identifizieren:

- Nachstellen/Justieren der betriebstechnischen Einrichtungen
- Nachfüllen o. Ersetzen von Betriebsstoffen/Verbrauchsmittel
- Planmäßiger Austausch von Verschleißteilen
- Überprüfung der Entwässerungsanlage/Nebenanlagen
- Reinigungsarbeiten
- Prüfung und Funktionstests der (elektro-)technischen Anlagen (Lüftung, BMA etc.)
- Betrachtung/Beurteilung der Anlagenzustände

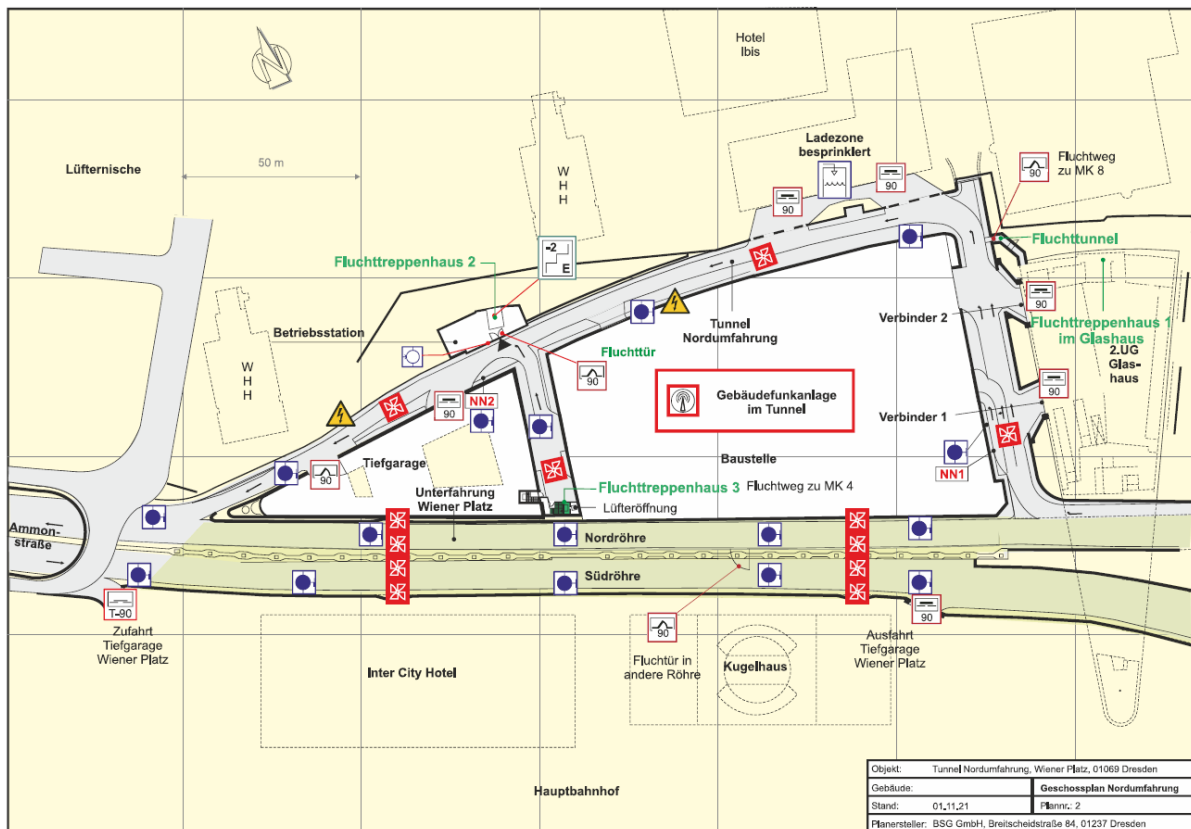
- Ursachensuche bei Abweichung vom Sollzustand, ggf. Beurteilung der notwendigen Konsequenzen

## 2.2 Bestandsaufnahme des digitalen Reifegrades am Pilotbauwerk

### 2.2.1 Beschreibung des Pilotbauwerks

Gegenstand der Pilotstudie ist der Tunnel „Wiener Platz“ in Dresden, der den gleichnamigen Platz in der Nähe des Hauptbahnhofs unterquert. Es handelt sich um einen Richtungsverkehrstunnel mit zwei durchgehenden Fahrstreifen pro Richtung mit Längen von 360 m (Nordröhre) und 470 m (Südröhre). Als Besonderheit binden beide Röhren ein Parkhaus an und besitzen daher Ein- und Ausfahrten („Nordumfahrung“, Bild 2-2).

Die technische Ausstattung des Tunnels stammt aus dem Jahr 2002 und soll im Zeitraum 2024-2027 vollständig erneuert bzw. erweitert werden. Grundlage der Planung ist der in EABT-80/100 (2019) beschriebene Stand der Technik.



**Bild 2-2: Lageplan des Haupttunnels und der an die Nordröhre angebotenen Nordumfahrung (Quelle: BSG GmbH, Dresden bzw. Straßen- und Tiefbauamt Landeshauptstadt Dresden)**

Für die Anwendung der BIM-Methodik ist die Einstufung eines digitalen Reifegrades sinnvoll, der im Rahmen der Pilotstudie in Kooperation mit der Stadt Dresden als Baulastträger und einem begleitenden Betreuerkreis erarbeitet wird.

Die Wartung und die digitale Reife von Bauwerken und Organisationen im Kontext von BIM kann nach Succar (SUCCAR et al. 2012) anhand von fünf Messgrößen untersucht

werden. Diese Messgrößen bilden die Grundlage für die Bewertung und Steigerung der BIM-Nutzung durch Stakeholder. Sie umfassen die BIM-Leistungsstufen, BIM-Reifegrade, BIM-Kompetenzsets, BIM-Organisationsskala und BIM-Granularitätsstufen.

Die in diesem Kapitel aufgeführten Tabellen zur Bewertung der fünf Messgrößen bleiben derzeit noch auszufüllen, da das Projekt sich noch in einem frühen Stadium befindet. Die Planenden und Ausführenden sind noch nicht bekannt, so dass eine angemessene Bewertung noch nicht möglich ist. Sobald das Projekt voranschreitet und konkrete Schritte zur Umsetzung der BIM-Methodik unternommen werden, sind die Tabellen entsprechend der erbrachten Leistungen auszufüllen.

In den folgenden Unterkapiteln wird auf die Bedeutung und Ausgestaltung der einzelnen Messgrößen näher eingegangen.

### 2.2.2 BIM-Leistungsstufen

Die BIM-Leistungsstufen definieren die Entwicklungsschritte bei der Implementierung der BIM-Methodik, angefangen von einer grundlegenden Einführung bis hin zu einer fortgeschrittenen Integration. Sie gliedern sich in drei Stufen:

Stufe 1: Objektbasiertes Modellieren

Stufe 2: Modellbasierte Zusammenarbeit

Stufe 3: Netzwerkbasierte Integration

Jede Stufe legt dabei bestimmte Mindestanforderungen fest. Zum Beispiel erfordert die erste Stufe die Nutzung von objektbasierter Modellierungssoftware wie Archi-CAD oder Revit, während die zweite Stufe die Beteiligung an multidisziplinären, kollaborativen Projekten voraussetzt. In der dritten Stufe wird eine Mindestanforderung für die Verwendung von netzwerkbasierter Lösungen gestellt, welche Verbindungen zu externen Datenbanken herstellen und objektbasierte Modelle mit mindestens zwei anderen Disziplinen teilen müssen.

Diese Stufen legen somit Meilensteine auf dem Weg zur vollständigen Implementierung von BIM fest. Innerhalb jeder Stufe können zusätzliche Kompetenzschritte definiert werden, die auf die jeweiligen Herausforderungen und Anforderungen jeder Entwicklungsphase abgestimmt sind und somit zur schrittweisen Steigerung der BIM-Leistung beitragen.

Für jede der drei Stufen - objektorientierte Modellierung, modellbasierte Zusammenarbeit und netzwerkbasierte Integration - soll in der [Tabelle 2-4](#) durch Ankreuzen der entsprechenden Option der jeweilige Projektfortschritt dargestellt werden.

Stufe 1: Objektbasiertes Modellieren	Stufe 2: Modellbasierte Zusammenarbeit	Stufe 3: Netzwerkbasierte Integration
<b>X</b>		

**Tab. 2-4: Ankreuzen der entsprechenden Leistungsstufe**

### 2.2.3 BIM-Reifegrade

Der Ausdruck BIM-Reife bezieht sich auf die Qualität, Wiederholbarkeit und Exzellenz innerhalb der BIM-Leistung. Im Gegensatz zur Leistung, die eine Mindestanforderung darstellt, verdeutlicht die Reife das Ausmaß dieser Leistung in der tatsächlichen Durchführung

von Aufgaben oder der Bereitstellung von BIM-Diensten beziehungsweise -Produkten. Die Steigerung von niedrigeren zu höheren Reifegraden führt zu einer verbesserten Kontrolle durch weniger Abweichungen zwischen Leistungszielen und tatsächlichen Ergebnissen, eine gesteigerte Vorhersagbarkeit von Kosten, Zeit und Leistungszielen sowie eine größere Effektivität bei der Erreichung definierter Ziele und der Festlegung neuer Ziele.

Die Konzeption der BIM-Reifegrade ist vom Capability Maturity Model (CMM) des Software Engineering Institute (SEI) inspiriert, welches ursprünglich zur Bewertung der Fähigkeit von Regierungsauftragnehmern zur Durchführung von Softwareprojekten entwickelt wurde. In Anlehnung daran setzt der BIM-Maturity-Index (BIMMI) die spezifischen Merkmale der BIM-Nutzung um und umfasst folgende fünf Stufen:

- a) Ad-hoc
- b) Definiert
- c) Verwaltet
- d) Integriert
- e) Optimiert

Die [Tabelle 2-5](#) dient dazu, den digitalen Reifegrad des Projekts für jede der fünf Stufen - von Ad-hoc bis Optimiert - durch Ankreuzen der entsprechenden Optionen festzuhalten.

Ad-hoc	Definiert	Verwaltet	Integriert	Optimiert
<b>X</b>				

**Tab. 2-5: Ankreuzen des entsprechenden BIM-Reifegrades**

### 2.2.4 BIM-Kompetenzsets

BIM-Kompetenzsets sind eine strukturierte Sammlung von Fähigkeiten, die für die erfolgreiche Implementierung und Bewertung von BIM erforderlich sind. Sie repräsentieren ein breites Spektrum von Kompetenzen, die in verschiedenen Bereichen und auf verschiedenen Ebenen benötigt werden.

Diese Kompetenzen lassen sich in drei Hauptkategorien unterteilen:

Technologie: Software, Hardware und Daten/Netzwerke

Prozesse: Ressourcen, Aktivitäten/Arbeitsabläufe, Produkte/Dienstleistungen und Führung/Management

Richtlinien: Benchmarks/Steuerungen, Verträge/Vereinbarungen und Richtlinien

Die [Tabelle 2-6](#) soll die erforderlichen BIM-Kompetenzsets in den drei Hauptkategorien - Technologie, Prozesse und Richtlinien - erfassen und beschreiben.

	Technologie	Prozesse	Richtlinien
Fähigkeiten	„Beherrschung von BIM-Software wie Revit oder ProVI“	„Kollaborative Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Projektbeteiligten zur Erreichung gemeinsamer Ziele“	„Einhaltung von BIM-Standards und Vereinbarungen zur Datenverwaltung und -austausch“
	„Platzhalter“	„Platzhalter“	„Platzhalter“
	„Platzhalter“	„Platzhalter“	„Platzhalter“

**Tab. 2-6: Ausfüllen der erworbenen BIM-Kompetenzen**

### 2.2.5 BIM-Organisationsskala

Um die Vielfalt der Märkte, Disziplinen und Unternehmensgrößen zu berücksichtigen, wurde eine Organisationsskala entwickelt. Diese Skala dient dazu, Bewertungen der BIM-Leistung anzupassen und zu personalisieren.

Die Organisationsskala gliedert sich in verschiedene Ebenen:

- Makro-Ebene: Märkte und Industrien
- Meso-Ebene: Projektteams
- Mikro-Ebene: Organisationseinheiten, ihre Gruppen und Mitglieder

Diese Struktur ermöglicht eine differenzierte Betrachtung der BIM-Leistung im Kontext der jeweiligen Organisation.

Die **Tabelle 2-7** soll dazu dienen, die verschiedenen Ebenen der BIM-Organisationsskala zu erfassen und zu beschreiben.

Makro-Ebene		Meso-Ebene	Mikro-Ebene
Märkte	Industrien	Projektteams	Organisationen
„Bauwesen, Architektur, Ingenieurwesen...“	„Immobilienentwicklung, Bauunternehmen...“	„Bauprojektteam, Softwareentwicklungsteam, Forschungsteam...“	„Abteilungen, Teams, Einzelpersonen...“

**Tab. 2-7: Ausfüllen der projektbezogenen Organisationsskala**

### 2.2.6 BIM-Granularitätsstufen

Um die Leistung und Reife von BIM zu verbessern und deren Flexibilität zu erhöhen, wurde ein Granularitätsfilter mit vier Granularitätsstufen (GLevels) nach Succar (SUCCAR et al. 2012) entwickelt. Dieser Filter ermöglicht es, die BIM-Fähigkeiten und -Reife auf unterschiedlichen Ebenen der Detaillierung zu bewerten. Der Übergang von niedrigeren zu höheren Granularitätsstufen deutet auf eine Steigerung der Bewertungsbreite, Detailgenauigkeit, Formalität und Spezialisierung der Bewerter hin. Die vier Granularitätsstufen sind wie folgt festgelegt:

- i. Entdeckung: Eine grobe Bewertung, um grundlegende BIM-Leistung und -Reife informell zu erkunden.
- ii. Bewertung: Eine detailliertere Bewertung der BIM-Leistungen und -Reife unter Verwendung spezifischer Kriterien.
- iii. Zertifizierung: Eine sehr detaillierte Bewertung über verschiedene Disziplinen, Märkte und Sektoren hinweg, die zu einem formalen, benannten Reifegrad führt.
- iv. Überprüfung: Die umfassendste Bewertung, die zusätzlich zu den Zertifizierungskriterien spezifische Bereiche für bestimmte Märkte, Disziplinen oder Sektoren überprüft.

Die **Tabelle 2-8** soll verwendet werden, um die Granularitätsstufen von BIM zu bewerten.

Granularitätsstufe	Bewertungsmethode	Ergebnis
Entdeckung	[Selbstbewertung] / [Umfrage durchführen]	[Numerische Punktzahl]
Bewertung	[Strukturierte Bewertung durch Experten] / [Teammitglieder bewerten]	[Numerische Punktzahl]
Zertifizierung	[Formelle Zertifizierungsprüfung durch externe Gutachter]	[Benannter Reifegrad (Basis, Fortgeschritten, Experte)]
Überprüfung	[Umfassende Auditprüfung durch externe Experten]	[Benannter Reifegrad und detaillierte numerische Bewertungen für jeden geprüften Kompetenzbereich]

**Tab. 2-8: Bewertung der BIM-Granularitätsstufen**

# 3 Prüfung und Aufbau der Modellierungsrichtlinie

## 3.1 Einleitung

Die Modellierungsrichtlinie ist als Anhang zu den Informationsanforderungen des Auftraggebers (AIA) Bestandteil des Vertrags, der eingehalten werden muss. Jegliche Abweichungen von den darin festgelegten Vorschriften sind in Absprache mit dem Auftraggeber erlaubt und müssen im BIM-Abwicklungsplan (BAP) dokumentiert werden.

Die Modellierungsrichtlinie bezieht sich speziell auf das jeweilige Projekt und legt in erster Linie die notwendigen Anforderungen für Modellierung von BIM-Modellen fest. Darüber hinaus müssen zusätzliche Anforderungen aus weiteren Regelwerken und Dokumenten, die aus Sicht der Projektleitung erforderlich sind, um die BIM-Methodik anzuwenden und das Projektziel zu erreichen, ebenfalls berücksichtigt werden. (BERNAT et al. 2018, S. 39), (ASTOUR und STROTMANN 2022, S. 42–43)

Im Zuge dieses Forschungsvorhabens bezieht sich die Modellierungsrichtlinie auf das Tunnelprojekt Wiener Platz in Dresden. Die Inhalte der Modellierungsrichtlinie basieren auf den spezifischen Projektgegebenheiten in Dresden. Der Aufbau und die Struktur orientiert sich an der Handreichung zur Erstellung von Anwenderinformations-Anforderungen und Anwendung von BIM im Betrieb und der Erhaltung von Straßentunnel der Bundesanstalt für Straßenbau und (KAUNDINYA et al. 2023) und von der Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH (DEGES) veröffentlichten Modellierungsrichtlinie (DEGES).

Im Zusammenhang mit der LOIN-Thematik wurde ein LOIN-Anhang für das Projekt Wiener Platz (s. Anhang 1) sowie ein Muster LOIN-Anhang (s. Anhang 2) entwickelt. Diese basieren zum einen auf Erkenntnissen aus bisherigen Projekten der der albert.ing GmbH (inkl. Tunnelbauprojekten) und auf den Unterlagen zum Projekt in Dresden. Zum anderen wurde das technische Regelwerk (RE-ING Stand 2023/03 bzw. EABT-80/100 (2019)) sowie Arbeitskarten bestehender Tunnel herangezogen. Eine Ableitung anhand der ASB-ING (Stand 10/2013 und V2.05) erwies sich als nicht zielführend, da die dort im Teilsystem Bauwerksdaten aufgeführten Datentypen und Schlüsseltabellen, die typischerweise im Tunnel vorhandenen Ausstattungselemente zum Großteil nicht abbilden. So beschränken sich beispielsweise hinsichtlich der Lüftung die Schlüsseltabellen im Wesentlichen auf die Angabe des Lüftungssystems. Eine Spezifizierung von für die Wartung und Instandhaltung relevanten Objekten wie Strahlventilatoren oder Mess- und Steuereinrichtungen ist nicht vorgesehen.

Aus diesen Grundlagen konnten Attribute sowie Fachobjekte abgeleitet werden. Die Erkenntnisse zur LOIN-Thematik wurden zudem im Zuge von Betreiberworkshops konkretisiert.

## 3.2 Modellierungsgrundsätze

Bei der Modellierung der BIM-Modelle müssen die in den Anwendungsfällen festgelegten Ziele und Datenanforderungen berücksichtigt werden. Um sicherzustellen, dass die

Modelle den Anforderungen aus Zielen und Anwendungsfällen gerecht werden, sind die vom Auftraggeber festgelegten Modellierungsvorschriften zu befolgen. Dadurch werden Qualitätssicherungen und die langfristige Nutzung der Modelle erheblich erleichtert. Die Vorgaben werden in den Folgekapiteln näher erläutert.

Grundsätzlich gilt:

- Dateigrößen der Modelle sollen möglichst geringgehalten werden und gegebenenfalls in mehrere Teilmodelle aufgeteilt werden. Neue Teilmodelle sind mit dem AG abzustimmen.
- Die vereinbarten Maßeinheiten sowie des Koordinatenreferenzsystems und der abgestimmten Positionierung der Modelle müssen eingehalten werden.
- Jedes Modellelement muss eine eindeutige Bezeichnung haben, die nicht verändert werden darf. Die vorgegebene Namenskonvention für Dateinamen und Inhalte sowie die Benennung von Bauwerken und Bauabschnitten sollen eingehalten werden.
- Modellelemente sollten überschneidungsfrei erstellt werden. Falls dies nicht möglich ist, müssen Überlappungen entsprechend als Topics (ehemals Issues) dokumentiert werden.
- Die angeforderten und notwendigen Details und Informationen müssen in den Modellen enthalten sein. Nicht erforderliche Informationen müssen gegebenenfalls vor der Übermittlung an den Auftraggeber bereinigt werden, um Dateigrößen geringzuhalten.

### 3.3 Informationsbedarfstiefe

Für die Planung eines Projekts wird für die wesentlichen Fachdisziplinen ein eigenes BIM-Fachmodell in der entsprechenden BIM-Planungssoftware erstellt. Diese Modelle können während des Projektverlaufs in Absprache mit dem AG in Teilmodelle unterteilt werden, zum Beispiel in Brandmeldeabschnitte oder Röhren für Richtungsverkehrstunnel. Die maximale Dateigröße und die Unterteilung der Modelle werden im BAP festgelegt. Jedes Fach- oder Teilmodell wird in einer separaten Datei gespeichert und gemäß der in diesem Kapitel festgelegten Dateinamenkonvention benannt.

Zu regelmäßigen im BAP festgelegten Terminen werden Koordinationsmodelle für alle Gewerke erstellt, indem die jeweiligen BIM-Fachmodelle zusammengeführt werden.

Um eine einfache Navigation durch die Projektstruktur zu ermöglichen, wird vom Betriebskoordinator auf Modellebene eine logische Struktur für das Koordinations- oder Gesamtmodell erstellt. Zu diesem Zweck werden zunächst alle Modelldateien in die gemeinsame Datenumgebung (CDE) eingefügt und die sichtbare Reihenfolge basierend auf dem Importprozess festgelegt. Um diese Struktur individuell anzupassen, können zusätzliche Leermodelle zur Strukturierung generiert werden, die speziell auf das Projekt oder den Anwendungsfall zugeschnitten sind.

#### 3.3.1 Übergeordnete Modellarten

Zur Bedienung der verschiedenen Anwendungsfälle sind nicht zwingend alle erstellten Teilmodelle notwendig. Je nach Anwendungsfall können für ein Projekt spezielle Modellarten / Koordinationsmodelle vom Auftraggeber festgelegt werden.

Verantwortliche/Fachdisziplin	Modellart	Zweck
BIM-Betriebskoordinator	BIM-Betriebsmodell	BIM-basierte Betriebs- und Erhaltungsmanagement
„Platzhalter“	„Platzhalter“	„Platzhalter“
„Platzhalter“	„Platzhalter“	„Platzhalter“

Tab. 3-1: Übergeordnete Modellarten nach Verantwortliche/Fachdisziplin

### 3.3.2 Teilmodelle

Die Modelle sind entsprechend der Funktionsblöcke nach EABT/RE-ING zu unterteilen. In diesem Zusammenhang ist eine Unterteilung in Fachmodelle/Teilmodelle und Fachobjekte sinnvoll. Die Unterteilung wurde im Rahmen der erfolgten Betreiberworkshops konkretisiert. Die Unterteilung von Modellen kann zum Beispiel für Bauablaufsimulationen oder nach Teilleistungen sinnvoll sein. Die folgende Unterteilung ist bei der Modellerstellung zu berücksichtigen und vom Auftragnehmer in Abstimmung mit dem Auftraggeber im BAP sinnvoll zu ergänzen. Beispielhaft liefert die **Tabelle 3-2** exemplarische Fachobjekte für das Fachmodell/Teilmodell Beleuchtungsanlage und Verkehrstechnische Einrichtungen. Eine detaillierte Auflistung ist den LOIN-Anhängen zu entnehmen.

Fachmodell/ Teilmodell	Fachobjekt
Beleuchtungsanlage	Leuchten (inkl. LED-Module)
	Leuchten: Zubehör
	LED-Treiber
	LED-Treiber: Zubehör
	Kabelwege: Befestigungen
	Kabel: Isolation
	Leuchtdichtmessung: Mast
	Leuchtdichtmessung: Kamera inkl. Gehäuse
	Leuchtdichtmessung: Befestigungen
	Beleuchtungsregelung (Funktion SPS)
Verkehrstechnische Einrichtungen	Wechselverkehrszeichengeber
	Wechselverkehrszeichengeber: Zubehör
	Wechsellichtzeichengeber
	Wechsellichtzeichengeber: Zubehör
	Dauerlichtzeichengeber
	Dauerlichtzeichengeber: Zubehör
	Verkehrszeichen (Reflexfolie, Erkennbarkeit)
	Verkehrszeichen: Befestigungen
	Induktionsschleife
	Induktionsschleife: Baugruppen Kommunikation, E/A
	Sperrschranke
	Sperrschranke: Gelenke
	Sperrschranke: Befestigungen

**Tabelle 3-2: Teilmodelle mit den jeweiligen Fachobjekten nach Fachgebiet**

### 3.3.3 Projektstruktur mit IFC-Zuordnung

Es ist möglich, die gewählte Projekt- oder Modellstruktur mithilfe des IFC-Standards darzustellen. Dazu können die in **Tabelle 3-3** dargestellten IFC-Klassen oder deren Unterarten zur Identifikation genutzt werden. Diese basiert auf der aktuellen Version von buildingSMART (buildingSMART). Die finale Strukturierung wird im BAP festgehalten.

Projekt- und Modellstruktur	Zuordnung (im Projekt)
Projekt	IfcProject
Baustelle	IfcSite
Straßentunnel	IfcFacility
Teilbauwerk	IfcFacilityPart
Bauteil	IfcElement
Bauteile	IfcSegment
Betriebstechnische Ausstattung	IfcDistributionSystem

**Tab. 3-3: Projektstruktur mit IFC-Zuordnung**

### 3.3.4 Informationsbedarf

Gemäß der DIN EN 17412-1 (DIN EN 17412-1) wird die Informationsbedarfstiefe durch verschiedene Konzepte beschrieben: geometrische Informationen, alphanumerische Informationen und Dokumentation. Diese Konzepte bilden den Rahmen, der den Umfang und die Granularität der auszutauschenden Information festlegt. Die Festlegung der Informationsbedarfstiefe erfolgt vor Modellierungsbeginn.

Die Informationsbedarfstiefe kann durch eine Kombination aus geometrischen Informationen, alphanumerischen Informationen und/oder Dokumentation erreicht werden. Es kann jedoch vorkommen, dass sich die Informationen in der Dokumentation, den geometrischen Informationen und den alphanumerischen Informationen überschneiden und/oder widersprechen, was zu Konsistenzproblemen im Informationsmodell führen kann. Um dies zu vermeiden, wird je Modellobjekt ein eindeutiger Informationsbedarf im LOIN-Anhang der AIA festgelegt. Diese sind dem LOIN-Anhang für das Projekt Wiener Platz beziehungsweise dem Muster-LOIN zu entnehmen. Die Strukturierung des Objektkataloges orientiert sich an den Vorgaben aus dem BIM Masterplan Bundesfernstraßen (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2021).

### 3.3.5 Semantischer Informationsbedarf

Jedem Lieferobjekt können eindeutige Merkmalgruppen (Property Sets), Merkmale und deren mögliche Ausprägungen zugewiesen werden. Im LOIN-Anhang zum Projekt Wiener-Platz sowie im Muster LOIN-Anhang befindet sich eine ausführliche Liste mit dem Informationsbedarf der einzelnen Modellelemente sowie deren Zuweisung zu Projekt-Meilensteinen und Anwendungsfällen.

	Taxonomie	Beispielhafte Bezeichnung
Liefergegenstand	Koordinationsmodell	Gesamtmodell
	Fachmodell	Ingenieurbau
	Teilmodell	Fundamente
	Modellelement	Streifenfundament
Merkmale	Merkmalsgruppe	Betonattribute
	Merkmal	Festigkeitsklasse
	Wert/Ausprägung	C25/30
	Datentyp/Einheit	Text

**Tab. 3-4: Hierarchie des semantischen LOIN gem. BIM Masterplan Bundesfernstraßen**

Zusätzliche Merkmale, die vom Auftragnehmer benötigt werden, um interne Prozesse umzusetzen, sind erlaubt, müssen jedoch im BAP mit Bezeichnungen, Datentypen und gegebenenfalls Wertebereichen dokumentiert werden.

Die zusätzlichen Merkmale sind durch die BIM-Fachkoordinatoren zu Beginn der Modellierung im entsprechenden LOIN-Anhang zu ergänzen und bei Bedarf im BAP zu dokumentieren und zu aktualisieren.

Sollten sich Änderungen in den vorgegebenen Standards ergeben, müssen diese in den entsprechenden Bauteilen aktualisiert werden. Es ist erforderlich, dass alle semantischen Informationen in deutscher Sprache angegeben werden.

Liegen keine Vorgaben vor, sind Standards des Auftragnehmers anzuwenden. Diese Standards sind mit dem BIM-Manager abzustimmen und vom Auftragnehmer als LOIN-Anhang gemäß den Vorgaben aus dem BIM Masterplan und der DIN EN 17412-1 dem BAP beizufügen.

### 3.3.6 Geometrischer Informationsbedarf

Zur Kategorisierung der geometrischen Information für ein Objekt oder einer Anzahl von Objekten werden die Aspekte, Detaillierung, Dimensionalität, Lage, Darstellung und parametrisches Verhalten gemäß DIN EN 17412-1 festgelegt. Der geometrische Informationsbedarf wird je Objekt oder Objektgruppe vom Auftraggeber in der Modellelementmatrix vorgegeben.

**Detaillierung:** Der Aspekt der Detaillierung beschreibt die Komplexität der Objektgeometrie im Vergleich zum realen Objekt. Dieser Aspekt erstreckt sich entlang eines Kontinuums von vereinfacht bis detailliert und orientiert sich an gängigen Planmaßstäben aus der konventionellen Planung.

Detaillierungsgrad	Vergleichbare Planmaßstäbe
abstrakt	1:1000
niedrig	1:500
mittel	1:100
hoch	1:50
sehr hoch	1:20

**Tab. 3-5: Detaillierungsgrad von Objekten**

**Dimensionalität:** Die Dimensionalität eines Objekts beschreibt die Anzahl der räumlichen Dimensionen, die es charakterisieren. Diese kann entweder nulldimensional (Punkt), eindimensional (Linie), zweidimensional (Fläche) oder dreidimensional (Volumenkörper) sein.

**Lage:** Die Lage beschreibt Position und Ausrichtung eines Objekts. Diese kann absolut, auf einen festen Referenzpunkt bezogen oder relativ zu einem anderen Objekt definiert werden.

**Darstellung:** Der Aspekt der Darstellung beschreibt die visuellen Oberflächeneigenschaften eines Objektes im Modell von symbolisch bis realistisch (z. B. keine Farbe; eine Farbe; Materialfarbe; realistische Texturen).

**Parametrisches Verhalten:** Das parametrische Verhalten gibt an, ob die Form, Position und Ausrichtung eines Objekts von anderen objektbezogenen Informationen abhängen oder ob sie vollständig oder teilweise vom Kontext, in dem das Objekt platziert wird, rekonfiguriert werden können. Die Übertragung des parametrischen Verhaltens kann als Teil der Informationsbereitstellung erfolgen oder nicht. Wenn es um den Informationsaustausch geht, kann das parametrische Verhalten vollständig, teilweise oder gar nicht abgefragt werden.

Bei großflächigen Objekten soll eine Unterteilung des Objektes durchgeführt werden, unter der Beachtung der vorgegebenen Trennschnitte der Ausführungsplanung. Eine Unterteilung kann zum Beispiel anhand der Blöcke entlang der Tunnelachse oder der Brandabschnitte vorgenommen werden.

Liegen keine Vorgaben vor, ist der geometrische Informationsbedarf mit dem BIM-Manager des Auftraggebers abzustimmen und vom Auftragnehmer als LOIN-Anhang gemäß den Vorgaben aus dem BIM Masterplan und der DIN EN 17412-1 dem BAP beizufügen.

### 3.3.7 Dokumente

Um Prozesse, Entscheidungen, Genehmigungen und Verifizierungen im Zusammenhang mit der Informationsbereitstellung von Objekten zu unterstützen, ist es wichtig, eine Liste der erforderlichen Dokumente zu erstellen, die das jeweilige Objekt oder eine Gruppe von Objekten dokumentieren.

Dokumente werden wenn möglich direkt mit den entsprechenden Objekten oder Objektgruppen verknüpft.

## 3.4 Klassifikation

Zur Klassifikation eines Objektes können verschiedene Klassifikationssysteme für Modelle und/oder Modellobjekte verwendet werden. Der Auftragnehmer muss die in [Tabelle 3-6](#) abgebildeten Klassifikationen im Projekt umsetzen.

Klassifikationssystem	Beschreibung und Anwendung	Modelle/Objekte
ASB-ING Version 2.05	<p>Verwendung der Schlüssel Tabellen auf Grundlage der „Anweisung Straßeninformationsbank für Ingenieurbauten, Teilsystem Bauwerksdaten“. Für die entsprechenden Objekte wird ein eigener Eigenschaftswert definiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Name: ASB-ING Version 2.05</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 Version 2.05 gegliedert werden können.
EABT-80/100 (2019) und RE-ING	<p>Verwendung der Funktionsblöcke zur Gliederung der betriebstechnischen Ausstattung. Für die entsprechenden Objekte wird ein eigener Eigenschaftswert definiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Name: EABT-80/100 (2019) und RE-ING</li> <li>• Wert: zum Beispiel Funktionsblocknummer</li> </ul>	Gilt für alle Objekte, die der betriebstechnischen Ausstattung zuzuordnen sind und gemäß EABT-80/100 (2019) und RE-ING gegliedert werden können.

**Tab. 3-6: Mögliche Klassifikationssysteme für Modelle/Objekte**

### 3.5 Nomenklatur

Die korrekte Benennung der Dateien für die digitalen Liefergegenstände ist von großer Bedeutung, damit der Auftraggeber innerhalb der gemeinsamen Datenumgebung eine reibungslose Filterung und Analyse durchführen kann. Der Auftraggeber verwendet geografische und fachspezifische Kriterien, um die digitalen Liefergegenstände eindeutig zuzuordnen, sowohl in Bezug auf den geografischen Standort als auch auf das fachliche Thema und schreibt die in **Tabelle 3-7** vorgegebene Namenskonvention für das Projekt vor.

Nomenklatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauwerk</li> <li>• Baugruppe</li> <li>• Detailierungsgrad</li> <li>• Lfd. Nummer</li> <li>• Index</li> </ul>

**Tab. 3-7: Nomenklatur für digitale Liefergegenstände**

### 3.6 Koordinatensystem

#### 3.6.1 Achsendefinitionen

Strecke:

Wenn eine Strecke erweitert wird, werden die Achsen entsprechend der vorhandenen Betriebskilometrierung der Strecke nummeriert. Wenn eine neue Strecke gebaut wird, muss die Ausrichtung der Achsen mit der Projektleitung abgestimmt werden.

Bauwerk:

Um ein Bauwerk oder Gebäude besser in das Umfeld einzupassen, kann es erforderlich sein, ein Achsraster im Modell zu erstellen. Die Achsen sollten in der Kilometrierungsrichtung der Streckenachse nummeriert werden.

#### 3.6.2 Koordinatensystem

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

**Tab. 3-8: Koordinatensystem und Projektnullpunkt**

Zusätzlich zum Koordinatensystem soll ein Translationswert (Verschiebungswert) in der XY-Ebene ermittelt und im BAP festgehalten werden. Dieser Wert unterstützt den Import der Modelle in das Modell-Viewer-System.

Hinweis: Alle Fach- und Teilmodelle müssen einen gemeinsamen Modellursprung haben. Modelle, die mit Trassierungssoftware erstellt wurden, befinden sich normalerweise im vertraglich vereinbarten Lage- und Höhensystem. Bei Modellen, die mit Konstruktionssoftware wie Autodesk Revit, Allplan, Tekla oder Siemens NX erstellt wurden, wird dies nicht vorausgesetzt. Daher können zur Überprüfung der korrekten Lage und Höhe sogenannte Ursprungskörper (Origos) verwendet werden, die im Fachmodell als um 180 Grad gedrehte rote Kegel dargestellt sind.

### 3.7 Einheiten

Die Modellerstellung erfolgt grundsätzlich im Verhältnis 1:1, im metrischen System. Hinterlegte Maßeinheiten, die nicht dem metrischen System entsprechen sind unzulässig. In [Tabelle 3-9](#) dargestellten Maßeinheiten sind zu beachten:

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

Tab. 3-9: Auflistung von Einheiten

## 3.8 Qualitätsanforderungen

In den AIA werden die Meilensteine und regelmäßigen Liefertermine für das Projekt beschrieben und festgelegt. Es wird unterschieden zwischen little- und BIG-Data-drops. Um sicherzustellen, dass die Qualitätsanforderungen des Auftraggebers eingehalten werden, ist zu jedem BIG-Datadrop eine Qualitätsprüfung der gelieferten Modelle durchzuführen.

### 3.8.1 Qualitätsprüfung

Auftragnehmerseitig erfolgt die Qualitätsprüfung in zwei Stufen durch den BIM-Fach- und den BIM-Betriebskoordinator. Ein Nachweis der Prüfungen ist vor jedem BIG-Datadrop in Form eines Prüfprotokolls zu erbringen.

Dies betrifft bedingt auch die Lieferung von Zwischenständen. Zu Abstimmungszwecken liefert der BIM-Fachkoordinator Zwischenstände seines Modells an den BIM-Betriebskoordinator und ggf. den BIM-Manager. In Absprache zwischen den Koordinatoren und dem BIM-Manager werden die Prüfergebnisse über das Issuemanagement festgehalten. Issuemanagement im Kontext von BIM bezieht sich auf den Prozess der Erfassung, Verfolgung und Verwaltung von Problemen, die während der Planung, Ausführung oder Übergabe eines Bauprojekts auftreten können. Diese Probleme werden als „Issues“ bezeichnet und können Fehler, Unstimmigkeiten, Kollisionen oder allgemeine Verbesserungsbedarf betreffen.

Im Fall von Änderungen in den vorgegebenen Standards sind diese in den Prüfprotokollen nachzuführen.

### 3.8.2 Geometrische und informationstechnische Modellprüfung

Grundsätzlich gilt, dass Bauelemente als geschlossene Volumenkörper zu modellieren sind, und den geometrischen und semantischen Anforderungen aus dem LOIN-Anhang zu entsprechen haben.

Der verantwortliche Fachkoordinator hat vor der Modellübergabe das Modell auf folgende grundsätzliche Anforderungen zu prüfen:

- Eindeutige Globally Unique Identifier (GUID) für jedes Element
- Überprüfung auf Objektedoppelungen an derselben Stelle
- vollständige Darstellung aller Bauteile im Export-Format
- keine harte Kollision
- keine weiche Kollision (z. B. Einhaltung von Mindestabständen)
- Übereinstimmung mit den Anforderungen aus AIA, Modellierungsrichtlinie und entsprechendem LOIN-Anhang
- Einhaltung der techn. Regelwerke
- Bereinigung von lokalen Dateien und ungenutzten Objekten/Informationen.

Es liegt in der Verantwortung des Betriebskoordinators oder des BIM-Managers, zusätzliche Prüfungen durch den Fachkoordinator zu benennen. Die Ergebnisse der Prüfung müssen im Issuemanagement auf einer CDE erfasst werden. Die Übergabe von nicht geprüften Modellen ist nur nach Rücksprache mit dem BIM-Betriebskoordinator und dem BIM-Manager gestattet.

Der BIM-Betriebskoordinator hat vor der Modellübergabe des Gesamtmodells an den Auftraggeber die Fachmodelle zusammenzuführen und auf folgende Anforderungen zu prüfen:

- eindeutige GUID für jedes Element (stichprobenartig)
- Einhaltung des Projekteinfügekpunktes
- Einhaltung der Modellstruktur
- keine harte Kollision (modellübergreifend)
- Entsprechen die Modellinhalte den Vorgaben aus AIA, Modellierungsrichtlinie und LOIN-Anhang
- sind gem. BAP alle geforderten Teilmodelle vorhanden
- Modelle erfüllen die Anforderungen zur Umsetzung der AWF und Leistungen gem. AIA und BAP
- Überprüfung des Bearbeitungsstatus bereits bestehender Issues

Der BIM-Manager muss zusätzliche Prüfungen durch den Betriebskoordinator benennen. Es ist erforderlich, nach jeder Prüfung ein Prüfprotokoll zu erstellen. Die Übergabe von nicht geprüften Modellen ist nur nach Rücksprache mit dem BIM-Manager gestattet.

### **3.8.3 Funktionalität der Modelldateien**

Die Funktionalität der Modelldateien umfasst neben der Lesbarkeit der Daten ihre Vollständigkeit und die Einhaltung der Dateinamenskonvention. Die Prüfung erfolgt durch den Fachkoordinator und muss folgende Punkte umfassen:

- Öffnen der Datei im Modellviewer
- Überprüfen ob die gewünschten Informationen korrekt exportiert wurden
- Überprüfung auf Einhaltung der Dateinamenskonvention für alle vereinbarten Daten, einschl. der referenzierten Informationen
- Bereinigung von ungenutzten Bauteilen und Informationen

Der BIM-Fachkoordinator hält die Prüfung schriftlich fest und übergibt diese als Protokoll an den BIM-Betriebskoordinator.

### **3.8.4 Kollisionsprüfung**

Grundlage für die Kollisionsprüfung ist das Koordinationsmodell mit allen Fach- und Teilmodellen. Um Unstimmigkeiten und Überschneidungen in der Planung so früh wie möglich zu erkennen und zu beheben, ist es wichtig, die Modelle regelmäßig auf Kollisionsfreiheit zu prüfen.

Falls es nicht möglich ist, das Modell vollständig kollisionsfrei zu gestalten, muss der Auftragnehmer zu Beginn des Projekts mit dem Auftraggeber den Grad der möglichen Kollisionsfreiheit abstimmen und im BAP detailliert festhalten.

Die Kollisionsprüfung beinhaltet nicht nur allgemeine Themen wie z. B. die Kollision von Leitungen, sondern auch die Überprüfung von lichten Breiten und Höhen, sowie Sichtweiten. Zur Nachweisführung der Einhaltung von lichten Höhen oder Anfahrtsichten sind transparente Kubaturen zu verwenden, deren Abmessungen den aktuellen Regelwerken entsprechen müssen.

## 3.9 Technologien

### 3.9.1 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.

### 3.9.2 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.

#### BIM-Modellierungssoftware

Eine BIM-Modellierungssoftware (auch BIM-Planungssoftware oder BIM-Autorenssoftware) 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, Mengenausügen 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.

## 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).

### 3.9.3 Datenaustauschformate

#### Allgemein

Die Übergabe der Modelle, und alle mit ihnen referenzierter Daten, erfolgt ausschließlich über die, im Rahmen des Projektes, bereitgestellte CDE. Grundsätzlich werden alle digitalen Liefergegenstände nach dem open-BIM Ansatz, unter Verwendung von herstellereutralen Datenaustauschformaten übergeben. Hierzu werden die zu verwendenden Formate vom Auftraggeber vorgegeben und beschrieben. Zu Beginn des Projektes ist der Datenaustausch zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer exemplarisch zu testen. Dabei ist die Funktionsfähigkeit zu vom Auftragnehmer zu bestätigen und dem Auftraggeber als Protokoll zu übergeben.

## Vorgaben zu Datenformaten

Je nach Notwendigkeit sind Verwendungszwecke, sowie weitere Dateiformate in der [Tabelle 3-10](#) zu ergänzen.

Datenformat	Version	Beschreibung (Verwendungszweck)
Industry Foundation Classes (IFC)	4.0.2.1	Model View Definition, IFC4 Design Transfer View
OKSTRA		Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen
LandXML	2.1	Zwecks Kommentierung von BIM-Modellen
XLSX, DOCX, PDF		Dokumentendateien
Comma Separated Values (CSV)	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>
XML/ XSD		Datenformat, das bspw. maschinenlesbare Auswertung von Prüfprotokollen, Arbeitskarten etc. ermöglicht
DWG		Datenformat für zwei- und dreidimensionalen Konstruktionsdaten und Metadaten
Portable Network Graphics (PNG)	ISO 15948	Rastergrafikformat mit verlustfreier Datenkompression
ICDD	ISO 21597	Informationscontainer zur Datenübergabe (engl. Information Container for Data Delivery)
Platzhalter	Platzhalter	Platzhalter
Platzhalter	Platzhalter	Platzhalter

**Tab. 3-10: Zusammenfassung und Beschreibung von ausgewählten Datenformaten**

### 3.9.4 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 in [Tabelle 3-11](#) vorgestellten Testfälle durchzuführen:

Nr.	Bezeichnung des Testfalls
1	BAP-Einführung
2	Datenaustausch und Workflows in der CDE
3	Modellprüfung am Betriebsmodell
4	Verortung von Dokumenten am Modell
5	Übergabe der Modelle aus dem Projekt an den Betrieb

**Tab. 3-11: Übersicht der Testfälle**

Testfall	BAP-RollOut: KickOff-Meeting und Qualifikation
Zielsetzung	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 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 Startsitzen, Qualifikationsmaßnahmen etc. sind nach der Beauftragung anhand eines zügigen Einföhrungsterminplans umzusetzen.
Umfang/Bearbeitungsschritt	„Platzhalter“

**Tab. 3-12: Testfall 1**

Testfall	Datenaustausch und Workflows in der CDE
Zielsetzung	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.
Umfang/Bearbeitungsschritt	<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>

**Tab. 3-13: Testfall 2**

Testfall	Modellprüfung am Betriebsmodell
Zielsetzung	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:
Umfang/Bearbeitungsschritt	<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</li> <li>• Qualitative Prüfung der digitalen Liefergegenstände</li> <li>• Erzeugung einer gemeinsamen Datei mit Einträgen zu den Fehlern/Konflikten und Festlegungen zu deren Klärung/Behebung</li> </ul>

**Tab. 3-14: Testfall 3**

Testfall	Verortung von Dokumenten am Modell
Zielsetzung	Um den Anwendungsfall der Wartung und Instandsetzung umzusetzen, soll in diesem Testfall das Verknüpfen von Modellen erprobt werden. Hierbei soll eine Arbeitskarte, die Informationen über die Arbeitsschritte zur Wartung und Inspektion liefern, digitalisiert und mit dem entsprechenden Fachobjekt verknüpft werden.
Umfang/Bearbeitungsschritt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitalisierung einer Arbeitskarte</li> <li>• Aufnahme von Fotos als Beispieldokumentation</li> <li>• Verknüpfen eines Objektes mit Arbeitskarte und Foto</li> </ul>

**Tab. 3-15: Testfall 4**

Testfall	Übergabe der Modelle aus dem Projekt an den Betrieb
Zielsetzung	Dieser Testfall zielt darauf ab, den Datenaustausch für eine reibungslose Übergabe der Modelle während der Projektphase an den Betrieb zu gewährleisten. Das Hauptziel besteht darin, ein Modell mit bereits verknüpften Dokumenten (siehe Testfall 4) verlustfrei (über die CDE) zu übertragen.
Umfang/Bearbeitungsschritt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl eines Teilmodells mit verknüpften Dokumenten</li> <li>• Überprüfung der Vollständigkeit</li> <li>• Export des Modells in einem offenen Datenaustauschformat</li> <li>• Übertragung des Modells über das CDE (falls erforderlich, Einsatz eines Multimodellcontainers)</li> <li>• Die Betreiber müssen im Anschluss die übertragenen Dateien einsehen, nachvollziehen und bearbeiten können</li> </ul>

**Tab. 3-16: Testfall 5**

### 3.9.5 Datensicherheit

Ein geeignetes Datenschutz- und Datensicherheitskonzept ist zu entwickeln und während der gesamten Betriebsphase umzusetzen (DIN EN ISO/IEC 27001). 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.

### 3.10 Geltende Normen und Richtlinien

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)

**Tab. 3-17: Liste relevanter Normen und Richtlinien aus dem Bereich „Building Information Modeling“**

Lfd.-Nr.	Norm/Richtlinie
1	RE-ING Teil 3 und EABT-80/100 (2019)
2	ZTV-ING Teil 1
3	ZTV-ING Teil 7
4	M KWPT
5	RI-EBW-PRÜF
6	DIN 1076
7	ASB-ING 2013
8	ASB-ING Version 2.05

**Tab. 3-18: Liste relevanter Normen und Richtlinien aus dem Bereich „Tunnelbau“ und „Tunnelbetrieb“**

# 4 Projekt AIA

## Hintergrund zur AIA-Erstellung

Im Zuge dieses Forschungsvorhabens bezieht sich die AIA auf das Tunnelprojekt Wiener Platz in Dresden. Die Inhalte der AIA basieren auf den spezifischen Projektgegebenheiten in Dresden. Der Aufbau und die Struktur orientiert sich an der von BIM Deutschland erstellten Muster AIA (BIM Deutschland 2022) sowie an den von der Bundesanstalt für Straßenwesen entwickelten Dokument: „Handreichung zur Erstellung von Anwenderinformations-Anforderungen und Anwendung von BIM im Betrieb und der Erhaltung von Straßentunneln“ (KAUNDINYA et al. 2023).

Die AIA und die Modellierungsrichtlinie sind eng miteinander verknüpft. Die Entwicklung einer Modellierungsrichtlinie basiert auf dem spezifischen Informationsbedarf des Auftraggebers. Die folgenden Kapitel sind nicht in der AIA, sondern in der Modellierungsrichtlinie enthalten: Modellierungsgrundsätze, Informationsbedarfstiefe, Klassifikation, Nomenklatur, Koordinatensystem, Einheiten, Qualitätsanforderungen, Technologien und Geltende Normen und Richtlinien.

## 4.1 Einleitung

BIM ist eine digitale Kollaborationsmethode auf Basis von mehrdimensionalen Bauwerksmodellen. Das digitale Abbild des Bauwerks dient dabei als Informationsquelle und Datendrehscheibe für die Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten. Im Zentrum stehen die digitale Erfassung und Vernetzung aller relevanten Daten zur Abbildung der physikalischen, funktionalen sowie kosten- und zeitbezogenen Eigenschaften eines Bauwerks. Die Nutzung des Datenmodells und die Fortschreibung der Daten erstrecken sich dabei über alle Projektphasen von Bestandsaufnahme über Planung und Bau bis hin zu Nutzung und Betrieb. Die Daten können den gesamten Lebenszyklus umfassen und phasenübergreifend genutzt werden.

### 4.1.1 Auftraggeber-Informationsanforderungen

Die AIA sind das BIM-Lastenheft und beschreiben die Anforderungen des Auftraggebers an die Informationslieferungen des Auftragnehmers zur Erreichung der definierten BIM-Ziele (Kapitel 4.2.1) und -AWF. Dazu gehört, dass die Informationen zum festgelegten Zeitpunkt in der geforderten Quantität und Qualität zur gemeinschaftlichen Nutzung vorliegen. Die AIA unterscheiden nicht die einzelnen Grundleistungen und besonderen Leistungen, sondern beschreiben die Leistungen, die in Bezug auf die BIM-Methodik im Vertrag zu erbringen sind. Die AIA sind Bestandteil der Vergabeunterlagen.

Die vorliegenden AIA spezifizieren die relevanten Informationen für die Leistungserbringung, gem. dem beauftragten Leistungsbild des Auftragnehmers. Vornehmlich relevant sind Daten, Informationen und Leistungen, die zu vergabe- und kostenrelevanten Entscheidungen des AG sowie zur Herstellung der Genehmigungsfähigkeit, geometrischen Durchführbarkeit, zur Konflikterkennung/-beseitigung etc. benötigt werden. Durch diese Vorgehensweise soll eine Überproduktion von Informationen sowie nicht wertschöpfende Tätigkeiten minimiert werden. Der Auftraggeber schließt mit der Spezifikation der

Leistungen auch alle Grundleistungen, wie z. B. die Koordination, die Kostenermittlung usw., im jeweiligen Leistungsbild mit ein. Der AN ist verpflichtet dies entsprechend zu kalkulieren.

#### 4.1.2 BIM-Abwicklungsplan

Der BAP ist das BIM-Pflichtenheft und dokumentiert die nach Vertragsschluss gemeinsam von der AN-Seite erarbeitete und mit dem AG abgestimmte Vorgehensweise zur Lieferung von Informationen und Daten und zur Erfüllung der vertraglich vereinbarten AIA durch den AN. Die AN-Seite konkretisiert hierzu die Prozesse, projektbezogene 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.

Im Zuge der Angebotsphase ist vom AN ein Konzept für den BAP anzufertigen und mit den Angebotsunterlagen einzureichen. Dieses Konzept soll konkret und projektspezifisch beschreiben, wie der AN plant, die vom AG vorgegebenen BIM-Ziele und Anwendungsfälle der AIA unter Verwendung der BIM-Methode in diesem Projekt umzusetzen.

Der BAP gilt nach Freigabe durch den AG für alle Projektbeteiligten und ist unter Verantwortung des als BIM-Betriebskoordinator tätigen Objektplaners unter Mitwirkung der Fachplaner in Abstimmung mit dem BIM-Manager zu erstellen und ggf. weiterzuentwickeln.

#### 4.1.3 Projektübersicht

Die Rahmendaten des Projektes sind der Projekt-/ Baubeschreibung zu entnehmen. Bei Abweichungen gilt die Projekt-/ Baubeschreibung.

Table 4-1 gibt einen Überblick über die wesentlichen Projektinformationen sowie der Verantwortlichkeiten auf Grundlage der Projekt-/ Baubeschreibung seitens der Landeshauptstadt Dresden, im Folgenden auch AG genannt.

Projektübersicht:	
Projektname	B0228 – Tunnel Wiener Platz
Beschreibung	Die Sanierung der Tunnelinfrastruktur am Wiener Platz in Dresden umfasst die Erneuerung und Erweiterung der technischen Anlagen. Geplant ist eine vollständige Modernisierung der technischen Ausstattung. Die Maßnahmen werden im Zeitraum von 2024 bis 2027 realisiert.
Leistungsbilder nach HOAI	Noch festzulegen
Leistungsphasen nach HOAI	Noch festzulegen
Auftraggeber bzw. Auftraggebervertreter	Landeshauptstadt Dresden
Projektleitung	N.N.
BIM-Management	N.N.
Techn. Qualitätssicherung	N.N.

Tab. 4-1: Projektübersicht

#### Beteiligte Fachdisziplinen Auftragnehmer

Die beteiligten Fachgewerke sind, samt ihrer Ansprechpartner, im BAP zu spezifizieren bzw. zu referenzieren.

#### 4.1.4 Erklärung der BIM-Fähigkeit

Mit der Teilnahme an diesem Projekt zeigt der AN seine BIM-Kompetenz an. Dazu zählt u. a. auch die Befähigung aller Planer ihre Planung dreidimensional und objektorientiert umzusetzen und auszugeben. Unter die BIM-Kompetenz fällt genauso die Bearbeitung der geforderten Anwendungsfälle in der geforderten oder, bei freier Wahl, einer geeigneten Software. Sollte die Befähigung des AN zur Umsetzung der vertraglichen Anforderungen aus den AIA nicht genügen ist der AN verpflichtet, bis zum Start der Leistungserbringung das notwendige Know-How aufzubauen und entsprechende Weiterbildungsmaßnahmen zu ergreifen und selbst zu finanzieren.

## 4.2 Leistungsanforderungen

### 4.2.1 BIM-Ziele

Die [Tabelle 4-2](#) markiert die strategischen Ziele, welche die Landeshauptstadt Dresden als Organisation mit der BIM Anwendung verfolgt, sowie projektspezifische Ziele, die erreicht werden sollen. Daher werden in diesem BIM-Projekt die folgenden BIM-Ziele seitens des Auftraggebers definiert. Hieraus werden sich die Anwendungsfälle ableiten, welche eingesetzt werden, um die BIM-spezifischen Projektziele zu erreichen.

Nr.	BIM Projektziele
1	Handover zur Nutzung für Betrieb und Erhaltung
2	Unterstützung des Erhaltungs- und Instandhaltungsmanagements
3	Unterstützung des Betriebsmanagements
4	Prüfung hinsichtlich betrieblicher Belange
5	Erfassung von Betriebs- und Leistungsdaten (Verkehr, Verbrauch,...)
6	Erfassung von Störmeldungen und gewerkeweise Zuordnung /Statistik

**Tab. 4-2: BIM-Projektziele**

#### 4.2.2 BIM-Anwendungsfälle

Die in [Tabelle 4-3](#) aufgeführten AWF sind während des Projektverlaufs durch den AN umzusetzen. Ein detaillierterer, beispielhafter Steckbrief der einzelnen AWF findet sich im Anhang 3. Im Rahmen der BAP-Erstellung sind die Steckbriefe der Anwendungsfälle projektspezifisch weiterzuentwickeln und zu konkretisieren. Abhängig von den Gegebenheiten muss außerdem unter Umständen auf die Anwendungsfälle aus Planung und Bau zurückgegriffen werden.

Auf Grundlage des Anwendungsfalls 200: „Nutzung für Betrieb und Erhaltung“ wurden im Rahmen der Betreiber-Workshops die folgenden Anwendungsfälle dokumentiert:

Nr.	BIM Anwendungsfall	Auswahl
010	Bestandserfassung und -modellierung	
190	Projekt- und Bauwerksdokumentation	
201	Betriebsmodell	
202	Verwaltung	
203	Wartung und Inspektion	
204	Instandsetzungsplanung	
205	Visualisierung und Auswertung von Instandhaltungsdaten	
206	Störfalldatenbank	
207	Prädiktive Instandhaltung	
208	Mängelmanagement	
209	Visualisierung und Auswertung von Betriebsdaten	
210	Ticketsystem	
211	Simulation von Betriebsprozessen	
212	Modellprüfung	

**Tab. 4-3: Auswahl der BIM Anwendungsfälle**

### 4.3 Bereitgestellte Unterlagen

Als Grundlage für die BIM-Anwendungsfälle sind auftraggeberseitig alle vorliegenden und relevanten Unterlagen zu übergeben. Für die erfolgreiche Umsetzung der BIM-Anwendungsfälle sind zahlreiche Dokumente und Unterlagen erforderlich, deren Kategorien in [Tabelle 4-4](#) anhand des Beispiels Tunnel Wiener Platz aufgelistet sind.

In der realen Umsetzung ist jedes einzelne Dokument mit einer Beschreibung, dem „Datenformat“, dem „Zeitpunkt der Bereitstellung“ und dem „Datum der Erstellung“ auszufüllen.

Grundlagen	Beschreibung	Datenformat	Zeitpunkt der Bereitstellung	Datum der Erstellung
Bestands- und Übersichtspläne				
Aufgabenstellung				
Terminpläne				
Projektbeschreibung und Präsentationen				
Inspektions- und Wartungsprotokolle (insbesondere technische Ausrüstung)				
Arbeitskarte/Leistungsbeschreibung (insbesondere technische Ausrüstung)				
Check- und Prüflisten (insbesondere technische Ausrüstung)				
Bauwerksbuch nach DIN 1076				

**Tab. 4-4: Auflistung der bereitgestellten Unterlagen**

### 4.4 Digitale Liefergegenstände und Lieferzeitpunkte

Im Rahmen der Leistungserbringung des AN sind digitale BIM-spezifische Liefergegenstände zu erstellen, mit den Anforderungen aus den AIA abzugleichen und dem AG im geforderten Format zu übergeben.

Zeitpunkte, zu denen Liefergegenstände gesammelt (meist am Ende einer definierten Leistungsphase oder eines Meilensteins) dem AG übergeben werden, werden Big Data Drops genannt.

In [Tabelle 4-5](#) aufgelisteten BIM spezifische Liefergegenstände, Lieferzeitpunkte und Datenaustauschanforderungen werden im Rahmen der Projektbearbeitung gefordert. Diese müssen im BAP im Dialog mit der Landeshauptstadt Dresden konkretisiert werden.

Liefergegenstand	Beschreibung	Lieferzeitpunkt	Datenformat
BIM-Abwicklungsplan	<p>Der BAP beinhaltet die Umsetzungsstrategie der Auftragnehmer zur Erfüllung der AIA während der beauftragten Leistungsphasen und garantiert die Umsetzung des dort beschriebenen Solls.</p> <p>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.</p>	Platzhalter	Platzhalter
Betriebsmodell	<p>Das Betriebsmodell umfasst alle betriebsrelevanten Objekte des bestehenden Bauwerks sowie seiner Ausstattung.</p> <p>Die Bauteile und die Ausstattung sind auf Basis des „as-built“-Modells und aller zur Verfügung gestellter Unterlagen in einer entsprechenden Informationsbedarfstiefe zu modellieren.</p>		
„Platzhalter“	„Platzhalter“	„Platzhalter“	„Platzhalter“
„Platzhalter“	„Platzhalter“	„Platzhalter“	„Platzhalter“

**Tab. 4-5: Digitale Liefergegenstände**

## 4.5 Strategie der Zusammenarbeit

### 4.5.1 BIM-Rollen

Zur Leistungserbringung hat der AN projektspezifische BIM-Rollen vorzusehen und kompetent zu besetzen. Der AN hat im BAP, oder einer Projektbeteiligtenliste, darzulegen, mit welchen Personen eine bestimmte Rolle besetzt werden soll und pflegt diese/n kontinuierlich bei Änderungen. Die vom AG vorgegebenen BIM-Rollen, Verantwortlichkeiten und Rollenbilder sind der [Tabelle 4-6](#) zu entnehmen. Bei Wechseln während der Projektlaufzeit gelten die im Hauptvertrag vereinbarten Bedingungen.

BIM-Rolle	Rollenbild	Verantwortlich
BIM Manager	<p>Verantwortlich für AIA-Überprüfung der übergebenen BIM-Liefergegenstände im Sinne einer AG-seitigen QS</p> <p>Unterstützung der BIM-basierten Koordinationsprozesse</p> <p>Überwachung der qualitätsgesicherten Umsetzung der vereinbarten AWF und BIM-Ziele</p> <p>Ansprechpartner für die BIM-spezifischen Anforderungen an die Gemeinsame Datenumgebung</p>	AG
BIM Betriebskoordinator	<p>Verantwortlich für BAP</p> <p>Gesamtkoordination der BIM-Fachkoordinatoren</p> <p>Regelmäßige Zusammenführung der Fachmodelle zu einem Koordinationsmodell</p> <p>Modellprüfung (u. a. Einhaltung der Vorgaben aus den AIA, Kollisionen)</p> <p>Kommunikation der Ergebnisse der Modellprüfung über die CDE</p> <p>Nachverfolgung der Behebung von Fehlern und Kollisionen im Modell</p>	AN
BIM-Fachkoordinator	<p>Mitwirkung der Erstellung und Fortschreibung des BAP unter Berücksichtigung spezifischer Anforderungen der vertretenen Fachdisziplin</p> <p>Koordination der Erarbeitung der Fachmodelle sowie des Planungsteams der eigenen Fachdisziplin</p> <p>Prüfung und Dokumentation der vertraglich vereinbarten Qualität des eigenen Fachmodells</p>	AN
BIM-Modellautor	<p>Erstellung und Fortschreibung fachspezifischer Bauwerks-/ Teilmodelle gemäß den definierten Anforderungen aus BAP und AIA</p> <p>Ableitung von Planunterlagen aus Modellen</p> <p>Mitarbeit im Team der BIM-Fachkoordination</p>	AN
BIM-Nutzer	<p>Verwertung von Bauwerksinformationen</p> <p>Nachweisführung und Simulationen anhand der im BIM-Modell enthaltenen Informationen</p> <p>Weitere Verwendung im Rahmen des Betriebs</p> <p>Nutzung im Rahmen von Öffentlichkeitsbeteiligungen</p> <p>Abstimmung mit den Nutzerinnen und Nutzern</p>	AG und AN

**Tab. 4-6: BIM-Rollen und ihre Leistungsbilder**

## 4.5.2 Informationsmanagement

Die fachlichen Abstimmungen zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer erfolgen anhand der digitalen Liefergegenstände, die in der CDE (gemeinsame Datenumgebung) abzuliegen 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:

Status „unter Bearbeitung“: Die Fachdisziplinen des AN erstellen ihre Teilmodelle eigenständig. Teilmodelle und Daten im Status „unter Bearbeitung“ werden nicht mit anderen Projektbeteiligten ausgetauscht und sind lediglich durch den Modellautor/-in und ggf. Admins der Plattform einsehbar.

Status „Geteilt“: Nur Teilmodelle im Status „Geteilt“ können mit anderen Projektbeteiligten ausgetauscht werden. Sobald sich eine Teilmodellrevision im Status „Geteilt“ befindet, kann sie nicht mehr gelöscht und der Status nicht mehr zurückgenommen werden.

Teilmodelle verschiedener Disziplinen können im Status "Geteilt" miteinander zu einem Koordinationsmodell kombiniert werden. Nach der Kollisionsprüfung durch den BIM-Koordinator und Abgleich mit Planungsvorgaben werden in gemeinsamen Planungsreviews im digitalen Modell Änderungswünsche, Optimierungen oder Planungsfehler besprochen und dokumentiert. Ggf. ist eine erneute Bearbeitung erforderlich. Dann ist von der Fachdisziplin das Teilmodell zu überarbeiten und eine neue Teilmodellrevision in den Status „Geteilt“ zu überführen.

Dieser iterative Prozess zwischen „Bearbeitung“ und „Geteilt“ wird über die gesamte Planungsphase hindurch aufrecht gehalten, bis die gesamte Planung den gewünschten Reifegrad erreicht hat. Jeder Datensatz mit dem Status „Geteilt“ wird als Bearbeitungsstand archiviert, um spätere Veränderungen mit den letzten Ständen abzugleichen.

Prozessschritt „in Autorisierung“: Wenn der gewünschte Reifegrad der Planung nach Maßgabe des BIM-Koordinators erreicht und von ihm überprüft wurde, kann die Freigabe genehmigung des AG („in Autorisierung“) eingeholt werden. Für die Freigabe ist die Genehmigung durch den Auftraggeber erforderlich. Dabei wird das Koordinationsmodell vom Auftraggeber auf Konformität mit der Leistungsbeschreibung und den AIA- und BAP-Vorgaben abgeglichen. Eine verantwortliche Prüfung durch den AG ist nicht vorgesehen.

Status „Veröffentlicht“: Bevor die Planung veröffentlicht werden kann, muss sie vom Auftraggeber autorisiert werden. Das Koordinationsmodell und die zugehörigen Teilmodelle erhalten dann den Status "Veröffentlicht". Jeder Datensatz mit dem Status „Veröffentlicht“ wird als endgültiger Bearbeitungsstand archiviert. Bei späteren Änderungen wird der gesamte Prozess neu aufgesetzt.

### 4.5.3 Betriebsmodell erstellen und BIM-Koordination

Verantwortlich für die Zusammenstellung und Verwaltung des BIM-Betriebsmodells ist der BIM-Betriebskoordinator. Es dürfen nur qualitätsgesicherte digitale Liefergegenstände 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.

## 4.6 Qualitätssicherung

### 4.6.1 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 [Tabelle 4-7](#) zugeordnet.

BIM-Rolle des Auftragnehmers	Qualitätssicherung
BIM-Betriebskoordinator	<p>Prüfung der erstellten BIM-Betriebsmodelle auf Einhaltung der geforderten datentechnischen Qualität (wie Modellierungsregeln und LOIN-Festlegungen) gemäß den AIA und dem BAP</p> <p>Überprüfung der Statusbezeichnungen</p> <p>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“</p> <p>Qualitätssicherung des Koordinationsprozesses, der Dokumentation der Prüfergebnisse und der Nachverfolgung der Änderungen in der weiteren Modellbearbeitung</p>
BIM-Koordinator	<p>Kontrolle, Übergabe und Freigabe der eigenen BIM-Liefergegenstände an den BIM-Betriebskoordinator für die BIM-basierte Koordination</p> <p>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“</p> <p>Bei Verantwortung über mehrere BIM-Liefergegenstände zusätzliche Prüfung vor Übergabe an den BIM-Betriebskoordinator</p>
BIM-Autor	<p>Kontinuierliche Qualitätsprüfung der eigenen BIM-Liefergegenstände</p> <p>Einhaltung der Modellierungsregeln und LOIN-Festlegungen bei der Erstellung der BIM-Liefergegenstände</p> <p>Prüfung der bereitzustellenden BIM-Liefergegenstände und insbesondere Validierung der Exportdateien zur Bereitstellung für die Koordination und anderweitige Nutzung</p>

**Tab. 4-7: BIM-Rollen des Auftragnehmers**

#### 4.6.2 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 [Kapitel 3.9](#) 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

#### **4.6.3 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-Betriebskoordinator 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.

#### **4.6.4 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 [Tabelle 4-8](#) näher erläutert.

BIM-Rolle des Auftraggebers	Qualitätssicherung
BIM-Manager	<p>Prüfung der vereinbarten Übergaben des BIM-Betriebsmodells an den Auftraggeber auf die geforderte datentechnische Qualität gemäß AIA und dem BAP</p> <p>Definition und Überprüfung der Meilensteine für die BIM-Datenübergaben in Abstimmung mit der Projektleitung (falls vorhanden)</p>

**Tab. 4-8: BIM-Rolle des Auftraggebers**

# 5 Erarbeitung eines Vorschlags zur Erweiterung der Handreichungen

## 5.1 Einleitung

Im Rahmen der Kapitel 3 und 4 wurden Fragestellungen und Verbesserungspotentiale in den bestehenden Handreichungen, Prozessbeschreibungen sowie den Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) und der Modellierungsrichtlinie identifiziert. Diese Analysen konzentrierten sich auf die Pilotstudie zur Modellierung im Zuge einer Tunnelanierung und die spätere Nutzung des Bestandsmodells für den BIM-Anwendungsfall „Wartung und Inspektion“. Aufbauend auf diesen Ergebnissen zielt dieses Kapitel darauf ab, konkrete Vorschläge zur Erweiterung der bestehenden Handreichungen auszuarbeiten.

Die ermittelten Fragestellungen werden dabei in Kategorien zusammengefasst und mit spezifischen Anpassungen in den AIA und der Modellierungsrichtlinie verknüpft. Diese Anpassungen werden im Kontext des digitalen Reifegrads und der übergeordneten Ziele des digitalen Betriebs- und Erhaltungsmanagements betrachtet. Der Schwerpunkt liegt auf der Ergänzung der Informationsbedarfstiefe in Bezug auf alphanumerische Informationen und Dokumente sowie auf den Prozessbeschreibungen hinsichtlich der Abläufe, Beteiligten, Datenübergabepunkten und IT-Aspekten wie Software, Schnittstellen/Datenformate und Hardware für die Abwicklung am Bauwerk.

Für alle identifizierten Fragestellungen werden generische Lösungsansätze entwickelt, die die zukünftige Umsetzung in der BIM-Praxis über den gesamten Lebenszyklus der Straßeninfrastruktur und ihrer konstruktiven Ingenieurbauwerke, insbesondere Tunnel, erleichtern sollen. Ziel ist es, praktikable Vorlagen zur Verfügung zu stellen, die den Anwendern in der Praxis als wertvolle Hilfsmittel dienen.

## 5.2 Entwicklung einer generischen LOIN

Das Konzept des Level of Information Need (LOIN) ist in der Praxis oft stark projektspezifisch ausgeprägt und dient dazu, sicherzustellen, dass die richtigen Informationen zur richtigen Zeit für ein spezifisches Projekt bereitgestellt werden. Trotz der projektspezifischen Natur von LOIN gibt es erhebliche Vorteile, die für die Entwicklung eines generischen LOIN-Ansatzes sprechen. Diese Vorteile umfassen Standardisierung, Effizienzsteigerung, Qualitätsverbesserung und Kostenreduktion.

Ein generischer LOIN-Ansatz könnte eine einheitliche Struktur und Formatierung der Informationsanforderungen über verschiedene Projekte hinweg gewährleisten. Dies würde die Vergleichbarkeit und Nachverfolgbarkeit von Informationen erheblich erleichtern. Forschung ist notwendig, um die optimale Struktur und die notwendigen Qualitätsstandards zu identifizieren, die in einem generischen LOIN implementiert werden sollten. Ein

zentrales Forschungsziel ist die Erarbeitung eines Standardisierungsrahmens, der sowohl Flexibilität für projektspezifische Anpassungen als auch Konsistenz in der Anwendung bietet.

Ein generischer LOIN kann die Wiederverwendbarkeit von Informationsanforderungen über verschiedene Projekte hinweg ermöglichen. Die Effizienzsteigerung durch einen solchen Ansatz beruht auf der Zeit- und Ressourceneinsparung, da vorgefertigte Vorlagen und Prozesse wiederholt genutzt werden können. Forschungsbedarf besteht hier in der Identifikation und Analyse von Best Practices, die in verschiedenen Projekten erfolgreich angewendet wurden, sowie in der Entwicklung von Methoden zur schnellen und effektiven Implementierung dieser Best Practices in neuen Projekten.

Ein generischer LOIN würde außerdem klare Erwartungen setzen und somit die Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen den Projektbeteiligten verbessern. Es besteht ein erheblicher Forschungsbedarf zur Entwicklung von Kommunikationsmodellen, die die Transparenz und das Verständnis der Informationsanforderungen fördern. Hierzu gehört auch die Untersuchung, wie ein generischer LOIN die Überwachung des Fortschritts und die Einhaltung der Informationsanforderungen erleichtern kann.

### 5.3 Entwicklung einer modularen AIA

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens konzentrierte sich die Entwicklung der Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) auf die Wartung und Inspektion im Zuge einer Tunnelanierung. Dabei wurde erkannt, dass eine modulare AIA eine wertvolle Unterstützung für zukünftige Auftraggeber darstellt. Das Ziel dieser modularen AIA ist es, eine praktikable Vorlage bereitzustellen, die den Anwendern in der Praxis als wertvolles Hilfsmittel dient.

Die modulare AIA soll für verschiedene Infrastrukturmaßnahmen und Zwecke anwendbar sein. Um dies zu erreichen, können diverse Textbausteine in ein Word-Dokument eingebettet werden, das über ein Auswahlménü aus Grundbausteinen zusammengestellt wird. Abhängig von der Auswahl des Anwendungskontexts oder der Anwendungsfälle passen sich die Textbausteine in der AIA entsprechend an. Dies ermöglicht eine gezielte Vorauswahl relevanter Aspekte und dient insbesondere der Unterstützung von Auftraggebern (AG), die wenig Erfahrung mit Building Information Modeling (BIM) haben, bei der Entwicklung von Rahmendokumenten.

Durch die modulare Struktur können Anwender die AIA flexibel an die spezifischen Anforderungen unterschiedlicher Projekte anpassen. Diese Herangehensweise erleichtert die Implementierung von BIM-Anwendungsfällen und trägt zur Standardisierung und Vereinfachung der Prozesse bei. So wird sichergestellt, dass alle relevanten Informationen und Anforderungen präzise und verständlich in den AIA-Dokumenten abgebildet werden, was zu einer effizienteren Projektabwicklung und einer höheren Qualität der Ergebnisse führt.

### 5.4 Überarbeitung der Handreichung

Basierend auf den Ergebnissen dieses Projekts können die folgenden Elemente der bestehenden Handreichungen (KAUNDINYA et al. 2023) wie folgt überarbeitet werden:

Kapitel	Seite	Element	Beschreibung	Quelle in diesem Bericht
3.3.2	43	Tabelle 3.4	Anwendungsfälle sind zu aktualisieren	Tab. 2-3
3.3.2	44	Tabelle 3.5	Beschreibungen der AWF sind erweiterbar	Anhang 2
3.9.3	69	Tabelle 3.17	Einheiten sind ergänzbar	Kap. 3.7, Tab. 3-9

**Tab. 5-1: Mögliche Überarbeitungen der Handreichung (KAUNDINYA et al. 2023) anhand dieses Berichts**

# 6 Darstellung des aktuellen sowie weiteren Forschungs- und Entwicklungsbedarfs

## 6.1 Einleitung

Bei einem komplexen Feld wie der Digitalisierung in der Betriebs- und Nutzungsphase von Tunnelbauwerken im deutschen Straßenbau ist davon auszugehen, dass neben praktischen Empfehlungen und Handreichungen auch weiterführende Forschungsfragen identifiziert werden. Im Rahmen der Pilotstudie wurden diese Forschungsfragen umfassend erfasst, kategorisiert und mit laufenden Forschungsprojekten, insbesondere bei der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und im Rahmen des mFUND-Programms, abgeglichen. Ziel ist es, eine Priorisierung im Sinne dringlicher Forschungs- und Entwicklungsbedarfe abzuleiten.

## 6.2 Robotergestützte Bestandsaufnahme von Tunneln zur Generierung digitaler Zwillinge

Die langjährige Betriebsdauer deutscher Tunnel erfordert eine aufwändige Inspektion der Bauwerksstruktur und des Leitungsverlaufs. Derzeit werden diese Inspektionen manuell durchgeführt, was hohe Ressourceninvestitionen und Sicherheitsrisiken mit sich bringt. Zudem ist die Datengrundlage oft heterogen und inkonsistent, was die Effizienz und Genauigkeit der Instandhaltung beeinträchtigt.

Eine robotergestützte Bestandsaufnahme bietet hier perspektivisch eine innovative Lösung. Durch den Einsatz autonomer Roboter können Tunnel in einer höheren Frequenz effizienter und sicherer inspiziert werden. Diese Roboter sind in der Lage, präzise und umfassende Daten zu sammeln, die zur Erstellung konsistenter digitaler Zwillinge (DZ) genutzt werden können. Digitale Zwillinge ermöglichen ein prädiktives Instandhaltungsmanagement, bei dem Wartungsbedarfe frühzeitig erkannt und Maßnahmen gezielt geplant werden können. Dies reduziert nicht nur die Kosten und erhöht die Sicherheit, sondern verbessert auch die langfristige Erhaltung der Infrastruktur durch eine optimierte und vorausschauende Instandhaltungsstrategie.

Im Zuge dessen ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Wie können autonome Roboter zur präzisen und umfassenden Datenerfassung in Tunnelbauwerken entwickelt und optimiert werden?
- Welche Standards und Protokolle müssen entwickelt werden, um die gesammelten Daten konsistent in digitale Zwillinge zu integrieren?
- Wie können prädiktive Instandhaltungsstrategien auf Basis von digitalen Zwillingen implementiert werden, um die Effizienz und Lebensdauer von Tunnelbauwerken zu maximieren?

Es gibt bereits aktuelle Forschungsprojekte, die sich dieser Thematik widmen. Ein Beispiel dafür ist das mFund-Forschungsvorhaben RoboTUNN, das sich mit der Automatisierung und Digitalisierung von Tunnelinspektionen beschäftigt. Diese Entwicklungen zeigen, dass die Digitalisierung und Standardisierung im Bereich des Tunnelbetriebs ein zentraler Schwerpunkt der aktuellen Forschung sind.

### 6.3 Marktrecherche zu CDE-Anbietern

Ein zentrales Element der Digitalisierung in der Bau- und Instandhaltungsbranche ist die Implementierung von Common Data Environments (CDE), die als zentrale Datenplattformen fungieren. CDEs ermöglichen die effiziente Verwaltung und den Austausch von Informationen über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks hinweg. Angesichts der Vielfalt der Anbieter und der unterschiedlichen Funktionen und Technologien, die von diesen Plattformen bereitgestellt werden, ist eine umfassende Marktrecherche zu CDE-Anbietern notwendig.

Der Markt für CDEs ist stark fragmentiert, mit einer Vielzahl von Anbietern, die unterschiedliche Funktionen, Schnittstellen und Integrationsmöglichkeiten bieten. Die Auswahl einer geeigneten Plattform ist komplex und erfordert eine detaillierte Analyse der Marktlandschaft.

In diesem Zusammenhang ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Welche CDE-Anbieter sind auf dem Markt vorhanden, und welche spezifischen Funktionen bieten sie?
- Wie unterscheiden sich die angebotenen Lösungen hinsichtlich Benutzerfreundlichkeit, Skalierbarkeit und Integrationsfähigkeit mit bestehenden Systemen?

An dieser Stelle sei auf das Forschungsvorhaben Gemeinsame Datenbasis im deutschen Straßenbau (Bundes-CDE) verwiesen, das grundlegende Erkenntnisse zu diesem Thema liefert (FE-NR. 03.0621/2021/BRB).

### 6.4 Nutzung digitaler Zwillinge für die vorausschauende Instandhaltung

Digitale Zwillinge haben sich als ein vielversprechendes Werkzeug zur Verbesserung der Wartungsstrategien in verschiedenen Industriebereichen etabliert. Ihre Anwendung in der vorausschauenden Instandhaltung (Predictive Maintenance) bietet das Potenzial, die Betriebseffizienz zu steigern, Kosten zu senken und die Lebensdauer von Anlagen zu verlängern. Trotz dieser Vorteile gibt es jedoch erheblichen Forschungsbedarf, um die Nutzung digitaler Zwillinge für die vorausschauende Instandhaltung weiter zu optimieren und zu verbreiten.

In diesem Zusammenhang gilt es auch das Potenzial von Künstlicher Intelligenz (KI) weiter zu untersuchen. Der Einsatz von KI ist entscheidend für die Analyse der für und von digitalen Zwillingen generierten Daten. Forschung ist notwendig, um fortschrittliche KI-Algorithmen zu entwickeln, die in der Lage sind, Muster und Anomalien zu erkennen und präzise Vorhersagen über zukünftige Wartungs- und Instandhaltungsbedarfe zu treffen.

## 6.5 Datenübertragung aus den BIM-Modellen in die Softwaresysteme für Betrieb und Instandhaltung

Die Übertragung von Daten und Informationen aus den BIM-Modellen in die Softwaresysteme für Betrieb und Instandhaltung stellt eine bedeutende Herausforderung dar. Eine heterogene Softwarelandschaft und begrenzte Schnittstellen erschweren diesen Prozess, insbesondere wenn es um die Verwendung von BIM-Daten geht. Dies kann dazu führen, dass wichtige Dokumentenverknüpfungen verloren gehen, was die Integrität und Nachvollziehbarkeit der Daten beeinträchtigt. Daher ist es entscheidend, geeignete Lösungen zu entwickeln, um eine nahtlose Integration der BIM-Daten in die bestehenden Softwaresysteme sicherzustellen und somit die Effizienz und Effektivität des Betriebs- und Instandhaltungsmanagements zu gewährleisten.

## 6.6 Fortschreibung der Modelle im Tunnelbetrieb und bei künftigen Planungen

Eine wesentliche Herausforderung im Tunnelbetrieb besteht darin, die Modelle über längere Zeiträume hinweg fortzuschreiben. Hierbei müssen Daten aus den Softwaresystemen zurück in die BIM-Modelle integriert werden. Zudem kann die Verwendung veralteter IFC-Dateien in neuerer Autorensoftware problematisch sein. Um die Aktualität und Genauigkeit der Modelle sicherzustellen, ist es wichtig, effiziente Prozesse und Standards zu entwickeln, die eine nahtlose Aktualisierung und Integration von Daten ermöglichen. Dies gewährleistet, dass zukünftige Planungen auf den aktuellsten und zuverlässigsten Informationen basieren.

## 6.7 Operationalisierung durch Pilotierung eines kompletten Projektzyklus

Die Pilotierung eines kompletten Projektzyklus bietet eine wertvolle Gelegenheit, die Operationalisierung der BIM-Methodik zu testen und weiterzuentwickeln. Dabei werden spezifische Anforderungen an die As-built-Modelle definiert, um sicherzustellen, dass die Modelle den Projektzielen entsprechen. Es ist besonders spannend zu beobachten, wie die Erfahrungen aus der Umsetzung des Projekts die Qualität der Modelle beeinflussen.

Wichtige Fragestellungen, die während dieser Pilotierung verfolgt werden sollten, umfassen: Werden die Modelle tatsächlich gemäß den festgelegten Anforderungen erstellt? Wie erfolgt die Datenübertragung zwischen den verschiedenen Systemen und Akteuren? Welche Herausforderungen treten auf, und welche Lösungsansätze erweisen sich als effektiv?

Die gewonnenen Erkenntnisse und „Lessons Learned“ aus diesem Prozess sind entscheidend, um zukünftige Projekte besser zu steuern und die Anwendung von BIM im Betrieb und der Instandhaltung weiter zu optimieren.

# 7 Zusammenfassung und Ausblick

Die BIM-Methodik wird im Zuge des BIM-Masterplans Bundesfernstraßen kontinuierlich zum Standard für Planung, Bau und Betrieb von Straßeninfrastruktur in Deutschland. Dies geht einher mit der umfassenden Normungsinitiative seitens DIN und VDI sowie einer Vielzahl von Forschungsprojekten zur Digitalisierung im gesamten Lebenszyklus von Bauwerken. Mit Blick auf Pilotprojekte und die Praxis, aber auch die priorisierten Anwendungsfälle sieht man, dass der Schwerpunkt in der Projektpraxis derzeit noch in der Planung liegt. Hier gilt es die zahlreichen Ansätze der Forschung, bspw. zum Digitalen Zwilling, für eine übergreifende CDE und in Bezug auf die modellbasierte Inspektion nach DIN 1076 und DIN31051, sowie zu einem durchgängigen digitalen Instandhaltungsmanagement, mittels konkreter Pilotstudien in die Praxis zu übertragen.

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, die praktische Umsetzung des BIM-Anwendungsfalls „Wartung und Inspektion“ für Straßentunnel voranzutreiben. Dazu sollte die bereits theoretisch belegte Machbarkeit in einer Pilotstudie praktisch demonstriert werden.

Im Zuge dessen erfolgte die Validierung und Fortschreibung von Anwendungs- bzw. Implementierungshilfen zur Erstellung und Nutzung von BIM-Betriebsmodellen. Dies umfasst die Formulierung von anwenderspezifischen Anforderungen für den Anwendungsfall „Wartung und Inspektion“ in der Betriebsphase; insbesondere auch in Bezug auf die Informationsbedarfstiefe und eine konkrete Modellierungsrichtlinie.

Die Ergebnisse des Projekts, insbesondere am Beispiel des Pilotprojekts „Tunnel Wiener Platz“ in Dresden, zeigen, dass die BIM-Methodik ein wertvolles Werkzeug zur Optimierung von Wartungs- und Inspektionsprozessen darstellen kann. Die entwickelten Vorgaben wie die AIA und der Anhang 1 mit den erforderlichen LOIN bieten eine solide Basis für zukünftige Anwender von BIM im Bereich des Tunnelbetriebs. Das Projekt leistet somit einen wesentlichen Beitrag zur Standardisierung und Digitalisierung von Infrastrukturbauwerken in Deutschland. Dennoch bleibt es wichtig, den potenziellen Mehrwert dieser Methoden in der Praxis und insbesondere im Rahmen des Pilotprojekts zu evaluieren.

# Literatur

- ASTOUR, H.; STROTMANN, H. (2022): Anwendungsformen von BIM. In: H. ASTOUR und H. STROTMANN (Hg.): Lehrbuch Grundlagen der BIM-Arbeitsmethode. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (erfolgreich studieren), S. 33–51.
- DIN EN 17412-1, 06/2021: Bauwerksinformationsmodellierung Informationsbedarfstiefe Teil 1: Konzepte und Grundsätze.
- BERNAT, G.; BRODBECK, A.; MAIER, S. (2018): Methodischer Ansatz zur Mengenermittlung im Spezialtiefbau und Tunnelbau in offener Bauweise im BIM-Standard. Tagungsband zum 29. BBB-Assistententreffen - Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Bauwirtschaft, Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik: Beiträge zum 29. BBB-Assistententreffen vom 06. bis 08. Juni 2018 in Braunschweig, p. 35. DOI: 10.24355/dbbs.084-201805141034-0.
- BIM Deutschland (2022): Berichtsübergreifende Muster-AIA. Versionsnummer des Dokuments: 4.1. Online verfügbar unter [https://www.bimdeutschland.de/fileadmin/media/Downloads/Muster-AIA/BIM\\_D\\_AP43b\\_Muster-AIA.pdf](https://www.bimdeutschland.de/fileadmin/media/Downloads/Muster-AIA/BIM_D_AP43b_Muster-AIA.pdf), zuletzt geprüft am 16.04.2024.
- VDI 2552 Blatt 2, 08/2022: Building Information Modeling Begriffe.
- VDI 2552 Blatt 5, 12/2018: Building Information Modeling Datenmanagement.
- buildingSMART: IFC 4.3.2.0 (IFC4X3\_ADD2). Online verfügbar unter [https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4\\_3/index.html](https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_3/index.html), zuletzt geprüft am 18.10.2024.
- Bundesministerium für Digitales und Verkehr (01/2016): Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 22/2015: „Merkblatt für die Kontrolle, Wartung und Pflege von. ARS 22/2015 (Verkehrsblatt Ausgabe 1/2016), S. 20.
- Bundesministerium für Digitales und Verkehr/Bundesanstalt für Straßenwesen (2021): Richtlinien für die Erhaltung von Ingenieurbauten. RI-ERH-ING.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2021): Masterplan BIM Bundesfernstraßen. Digitalisierung des Planes, Bauens, Erhaltens und Betriebens im Bundesfernstraßenbau mit der Methode Building Information Modeling (BIM).
- DEGES: BIM-Modellierungsrichtlinie. Version 2.2. Online verfügbar unter [https://www.deges.de/wp-content/uploads/2022/03/BIM-Modellierungsrichtlinie\\_V2.2pdf.pdf?type=original](https://www.deges.de/wp-content/uploads/2022/03/BIM-Modellierungsrichtlinie_V2.2pdf.pdf?type=original), zuletzt geprüft am 16.04.2024.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2015): Merkblatt für die Kontrolle, Wartung und Pflege von Straßentunneln. M KWPT (FGSV-419).
- DIN 31051, 06/2019: Grundlagen der Instandhaltung.
- DIN EN ISO/IEC 27001, 01/2024: Informationssicherheitsmanagementsysteme.
- DIN 1076, 02/2024: Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen - Überwachung und Prüfung.
- KAUNDINYA, I.; LEHAN, A.; WAHL, H. (2023): Handreichung zur Erstellung von Anwenderinformations-Anforderungen und Anwendung von BIM im Betrieb und der Erhaltung von Straßentunnel. Hg. v. bast Bundesanstalt für Straßenwesen.
- SUCCAR, B.; SHER, W.; WILLIAMS, A. (2012): Measuring BIM performance: Five metrics. In: *Architectural Engineering and Design Management* 8 (2), S. 120–142. DOI: 10.1080/17452007.2012.659506.

THEWES, M.; VOLLMANN, G.; WAHL, H.; KÖNIG, M.; STEPIEN, M.; RIEPE, W. (Hg.) (2023): Building Information Modeling (BIM) im Tunnelbau. Institut für Konstruktiven Ingenieurbau; Ruhr-Universität Bochum; BUNG Ingenieure AG; Bundesanstalt für Straßenwesen. Bremen: Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen B, Brücken- und Ingenieurbau, Heft 191).

# Tabellen

Tab. 2-1: Gegenüberstellung der Begriffe gemäß Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst auf Bundesfernstraßen, der RE-ING Teil 3 sowie der DIN 31051 (Grundlagen der Instandhaltung) und der DIN 1076 (DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: 2024) (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: 2015)

Tab. 2-2: Beispiel einer Arbeitskarte für Niederspannungs-Schaltanlagen

Tab. 2-3: Praxisorientierte Ableitung von AWF für ein BIM-basiertes Betriebs- und Erhaltungsmanagement von Straßentunneln

Tab. 2-4: Ankreuzen der entsprechenden Leistungsstufe

Tab. 2-5: Ankreuzen des entsprechenden BIM-Reifegrades

Tab. 2-6: Ausfüllen der erworbenen BIM-Kompetenzen

Tab. 2-7: Ausfüllen der projektbezogenen Organisationsskala

Tab. 2-8: Bewertung der BIM-Granularitätsstufen

Tab. 3-1: Übergeordnete Modellarten nach Verantwortliche/Fachdisziplin

Tab. 3-2: Teilmodelle mit den jeweiligen Fachobjekten nach Fachgebiet

Tab. 3-3: Projektstruktur mit IFC-Zuordnung

Tab. 3-4: Hierarchie des semantischen LOIN gem. BIM Masterplan Bundesfernstraßen

Tab. 3-5: Detaillierungsgrad von Objekten

Tab. 3-6: Mögliche Klassifikationssysteme für Modelle/Objekte

Tab. 3-7: Nomenklatur für digitale Liefergegenstände

Tab. 3-8: Koordinatensystem und Projektnullpunkt

Tab. 3-9: Auflistung von Einheiten

Tab. 3-10: Zusammenfassung und Beschreibung von ausgewählten Datenformaten

Tab. 3-11: Übersicht der Testfälle

Tab. 3-12: Testfall 1

Tab. 3-13: Testfall 2

Tab. 3-14: Testfall 3

Tab. 3-15: Testfall 4

Tab. 3-16: Testfall 5

Tab. 3-17: Liste relevanter Normen und Richtlinien aus dem Bereich „Building Information Modeling“

Tab. 3-18: Liste relevanter Normen und Richtlinien aus dem Bereich „Tunnelbau“ und „Tunnelbetrieb“

Tab. 4-1: Projektübersicht

Tab. 4-2: BIM-Projektziele

Tab. 4-3: Auswahl der BIM Anwendungsfälle

Tab. 4-4: Auflistung der bereitgestellten Unterlagen

Tab. 4-5: Digitale Liefergegenstände

Tab. 4-6: BIM-Rollen und ihre Leistungsbilder

Tab. 4-7: BIM-Rollen des Auftragnehmers

Tab. 4-8: BIM-Rolle des Auftraggebers

Tab. 5-1: Mögliche Überarbeitungen der Handreichung (KAUNDINYA et al.: 2023) anhand dieses Berichts

# Bilder

Bild 2-1: Prozessdiagramm einer konventionellen Wartung und Inspektion

Bild 2-2: Lageplan des Haupttunnels und der an die Nordröhre angebundenen Nordumfahrung (BSG GmbH, Dresden bzw. Straßen- und Tiefbauamt Landeshauptstadt Dresden)

# Anhang

Anhang 1- LOIN-Anhang für das Projekt Wiener Platz (PDF)

Anhang 2- Muster LOIN-Anhang (Excel)

Anhang 3- Übersicht und Beschreibung der Anwendungsfälle

Die LOIN-Anhänge werden als separate Dateien im elektronischen BAST-Archiv ELBA unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de> zur Verfügung gestellt.

## Anhang 3 - Übersicht und Beschreibung der Anwendungsfälle

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die verschiedenen Anwendungsfälle sowie eine detaillierte Beschreibung dieser. Jeder Anwendungsfall ist gemäß dem folgenden Format strukturiert: Eine Zusammenfassung nach Thewes (THEWES et al. 2023), dann eine detailliertere Beschreibung und schließlich ein Umsetzungsvorschlag. Die Anwendungsfälle wurden im Rahmen der Betreiberworkshops konkretisiert.

Nr.	AWF	Beschreibung
010	Bestandserfassung und -modellierung	Erfassung der wesentlichen Aspekte des Bestandes (z. B. Verbauwände, Tiefgründungen) durch ein geeignetes Aufmaß und Überführung in ein Bestandsmodell. Die Eingangsdaten dafür können Daten aus bereits vorhandenen Plänen, Geoinformationssystemen, geodätischen Erfassungen wie Tachymetrie, Laserscanning, Photogrammetrie oder eine Kombination daraus umfassen. Dieser Anwendungsfall liefert digitale Planungsgrundlagen, dementsprechend ist das Bestandsmodell so zu erstellen, dass es Grundlage für alle beauftragten und noch nicht beauftragten Anwendungsfälle sein kann.
190	Projekt- und Bauwerksdokumentation	Erstellung eines As-built-Modells als „digitale Bauwerksakte“ mit detaillierten Informationen zur Ausführung entsprechend der MEM sowie Verweise auf Prüfprotokolle und weitere im Rahmen des Projektes erstellten Dokumente.
201	Betriebsmodell	<p>Erstellung des Betriebsmodells auf Grundlage des As-built-Modells</p> <p><i>Alle für den Tunnelbetrieb relevanten Details müssen erfasst werden. Dazu gehören Informationen über die Tunnelstruktur, die Lage und Funktion von technischen Einrichtungen wie beispielsweise Lüftungsanlagen und Notausgänge sowie Sicherheitseinrichtungen. Das Betriebsmodell muss eine detaillierte Darstellung der Tunnelinfrastruktur und ihrer Komponenten enthalten, um einen effizienten BIM-basierten Betrieb und die Einhaltung der Sicherheitsstandards zu gewährleisten.</i></p> <p>Das bestehende As-built-Modell (s. AWF 190) des Tunnels wird als Grundlage verwendet. Es enthält bereits alle wichtigen Informationen über die physische Struktur. Das Modell muss dann um die spezifischen Betriebsdetails ergänzt werden, wie z. B. die Anordnung der technischen Ausrüstung und der Sicherheitseinrichtungen. Hierfür sind möglicherweise zusätzliche Verortungen und Inspektionen vor Ort erforderlich.</p>
202	Verwaltung	<p>Aktualisierung und Verwaltung des Betriebsmodells</p> <p><i>Der Anwendungsfall umfasst die regelmäßige Aktualisierung aller relevanten Informationen im Betriebsmodell, um sicherzustellen, dass es den aktuellen Zustand des Tunnels widerspiegelt. Dazu gehören Änderungen an der Tunnelstruktur, an technischen Einrichtungen, Sicherheitsvorkehrungen und anderen betrieblichen Aspekten.</i></p> <p>Für diesen Anwendungsfall muss ein Konzept entwickelt werden, wie Änderungen erfasst und dokumentiert werden. Außerdem müssen die Verantwortlichkeiten für die Aktualisierung des Modells festgelegt werden. Änderungen können beispielsweise durch Inspektionen vor Ort, Wartungsarbeiten oder Bauprojekte im Zusammenhang mit dem Tunnel auftreten. Des Weiteren müssen offene Datenaustauschformate verwendet werden, um sicherzustellen, dass auch externe oder andere Beteiligte die Modelle problemlos aktualisieren können.</p>
203	Wartung und Inspektion	<p>Digitale Dokumentation von Instandhaltungsmaßnahmen</p> <p><i>Das Ziel dieses Anwendungsfalls besteht darin, analoge Dokumente wie Arbeitskarten und Berichte in digitale Formate zu überführen und sie mit dem Modell zu verknüpfen.</i></p> <p>Zunächst müssen die Dokumente digitalisiert und relevante Informationen wie Art der Maßnahme, Durchführungsdatum und verwendete Ressourcen erfasst und mit den jeweiligen Objekten des</p>

Nr.	AWF	Beschreibung
		Modells verknüpft werden. Für eine strukturierte Ablage der Dokumente können Multimodellcontainer eingesetzt werden.
204	Instandsetzungsplanung	<p>Ableitung und Koordinierung von weiteren Instandsetzungsmaßnahmen</p> <p><i>Im Mittelpunkt steht die Planung und Koordination von Instandsetzungsarbeiten. Der Anwendungsfall beinhaltet die Ableitung von Maßnahmen aus Meldungen in der Leittechnik, vorhandenen Inspektionsberichten und die Koordination ihres zeitlichen Ablaufs sowie die Festlegung der Zuständigkeiten („Einsatzplanung“), um den Betrieb des Tunnels so wenig wie möglich zu beeinträchtigen.</i></p> <p>Zunächst müssen die vorhandenen Inspektionsberichte analysiert werden, um den aktuellen Zustand des Tunnels zu bewerten und mögliche Maßnahmen zu identifizieren. Anschließend werden diese Maßnahmen unter Berücksichtigung ihrer Dringlichkeit und ihrer Bedeutung für die Sicherheit und den Betrieb des Tunnels priorisiert. Auf dieser Grundlage erfolgt die Einsatzplanung für weitere Instandsetzungsmaßnahmen.</p>
205	Visualisierung und Auswertung von Instandhaltungsdaten	<p>Visualisierung und Auswertung von Instandhaltungsdaten</p> <p><i>Daten wie Wartungszyklen, Prüftermine sowie Informationen zu Sperrzeiten und Kosten werden mithilfe des Modells visualisiert und ausgewertet, um sachgerechte Entscheidungen im Instandhaltungsmanagement treffen zu können.</i></p> <p>Im ersten Schritt müssen relevante Instandhaltungsdaten aus verschiedenen Quellen gesammelt und mit dem Modell verknüpft werden. Anschließend erfolgt die Visualisierung der Instandhaltungsdaten im Modell. Dies kann z. B. durch ein Farbschema oder durch Markierungen erfolgen. Eine rückblickende Bewertung u.a. von Prüfterminen, Sperrzeiten und Kosten für Instandhaltungsmaßnahmen muss durch eine modellgestützte Auswertung ermöglicht werden.</p>
206	Störfalldatenbank	<p>Aufbau einer Störfalldatenbank mit Informationen zu vergangenen Störfällen und den Lösungen zur Behebung</p> <p><i>Dabei werden insbesondere die Auswirkungen von Störfällen auf Kosten und Verkehr berücksichtigt. Ziel ist es, eine umfassende Wissensbasis zu schaffen, auf die im Nachgang zukünftiger Störfälle zurückgegriffen werden kann.</i></p> <p>Zum Aufbau dieser Störfalldatenbank werden zunächst die bisherigen Störfälle erfasst und dokumentiert. Parallel dazu werden die getroffenen Maßnahmen zur Störfallbehebung sowie deren Wirksamkeit und Kosten dokumentiert. Die gesammelten Informationen werden dann in der zuvor erstellten Datenbank strukturiert und aufbereitet. Die Datenbank muss regelmäßig aktualisiert werden. Um Informationen schnell abrufen zu können, muss eine geeignete Abfragesprache wie beispielsweise SQL gewählt werden. Ebenso ist eine Sortierung der Daten, z. B. nach Störfallart oder Auswirkungen, notwendig. Hinweis: Kein Basisanwendungsfall</p>
207	Prädiktive Instandhaltung	<p>Erfassung von Informationen zur vorausschauenden Instandhaltung bzw. Erhaltung</p> <p><i>In diesem Anwendungsfall werden Daten und Informationen gesammelt, um den Zustand der Tunnelinfrastruktur zu überwachen und den zukünftigen Instandhaltungsbedarf vorherzusagen.</i></p> <p>Entlang der Tunnelinfrastruktur werden Sensoren und Überwachungssysteme installiert, um wichtige Parameter wie Temperatur, Feuchtigkeit, Druck und Erschütterungen zu erfassen. Eine kontinuierliche Überwachung durch Fachpersonal ist ebenfalls erforderlich. Die erfassten Daten werden anschließend digitalisiert und wieder mit dem Modell verknüpft.</p> <p>Durch den Einsatz von künstlicher Intelligenz könnten Muster oder Trends erkannt werden. Auf Basis dieser Analysen sollten prädiktive Modelle entwickelt werden können, die den zukünftigen</p>

Nr.	AWF	Beschreibung
		<p>Instandhaltungsbedarf prognostizieren und entsprechende Maßnahmen empfehlen. Hinweis: Kein Basisanwendungsfall. Ggf. ein Anwendungsfall für den digitalen Zwilling.</p>
208	Mängelmanagement	<p>Organisation des Gewährleistungsmanagements</p> <p><i>Ziel ist es, einen modellbasierten Prozess zur Erfassung, Verfolgung und Behebung von Mängeln und Fehlern, die während oder nach der Bauphase auftreten, zu etablieren. Außerdem sind Gewährleistungen in Form von auf dem Modell hinterlegten Informationen vorzusehen.</i></p> <p>Der Auftraggeber erfasst Mängel direkt auf der Baustelle durch Fotos, die mit den entsprechenden Objekten im Modell verknüpft werden. Im Falle eines auftretenden Mangels erfolgt die Kommunikation durch BCF-Issues.</p> <p>Nach der Identifizierung eines Mangels wird dieser dokumentiert und durch BCF-Issues im Modell verarbeitet. Anschließend erfolgt die Abarbeitung und finale Freigabe der Mängel ebenfalls mithilfe von BCF-Issues. Der Auftragnehmer ist verantwortlich für die Aufnahme der Mängel in der CDE und dokumentiert deren Bearbeitung und Freigabe.</p>
209	Visualisierung und Auswertung von Betriebsdaten	<p>Visualisierung und Auswertung von Betriebsdaten</p> <p><i>Verschiedene Aspekte des Betriebs werden analysiert, um Informationen über die Leistung, Effizienz und Nachhaltigkeit des Tunnelbetriebs zu erhalten und zu analysieren.</i></p> <p>Zunächst müssen Betriebsdaten aus verschiedenen Quellen im Tunnelprojekt gesammelt und integriert werden. Dazu gehören Daten zum Energieverbrauch, zur Luftqualität, zur Wartungshäufigkeit, zur Verkehrsbelastung und zu anderen Betriebsparametern. Diese werden im Anschluss in das Betriebsmodell integriert. Diese Daten werden im Anschluss visualisiert und analysiert, um Trends, Muster und Abweichungen zu erkennen. Auf der Grundlage der Analyse der Betriebsdaten werden Leistungsindikatoren definiert und Benchmarks festgelegt, um die Leistung des Tunnelbetriebs zu bewerten.</p>
210	Ticketsystem	<p>Ticketsystem mit übergreifenden Schnittstellen zur Störungsbeseitigung</p> <p><i>In diesem Anwendungsfall steht die Erfassung, Verfolgung und Behebung von Störungen im Tunnelprojekt im Vordergrund. Ein Ticketsystem dient als zentrales Werkzeug zur Organisation und Koordination von Störungsmeldungen und deren Bearbeitung durch verschiedene Teams und Zuständigkeiten. Es ersetzt und erweitert somit derzeit bestehende SCADA-Systeme in den Leitzentralen.</i></p> <p>Die Projektbeteiligten müssen Störungen und Probleme im Tunnelprojekt direkt über die BCFs melden. Dies kann durch die Erstellung von BCF-Issues im Betriebsmodell erfolgen, wodurch die Störungen und deren Details wie Standort, Beschreibung und Priorität dokumentiert werden. Diese werden den jeweiligen Zuständigen zugewiesen. Die Bearbeitung der Störungen erfolgt direkt am Modell. Die Zuständigen können die Störungsmeldungen einsehen, kommentieren, aktualisieren und den Bearbeitungsstatus verfolgen. Nach Beseitigung der Störung muss das Ticket freigemeldet werden.</p>
211	Simulation von Betriebsprozessen	<p>Digitaler Zwilling zur Simulation von Betriebsprozessen</p> <p><i>Erstellung eines digitalen Zwillings des realen Tunnels zur Simulation, Optimierung und Analyse der Betriebsabläufe. Dadurch werden verschiedene Szenarien und Entscheidungen getestet und validiert, bevor sie im realen Betrieb umgesetzt werden.</i></p> <p>Ableitung aus dem As-built Modell (s. AWF 190). Dies umfasst z. B. die Tunnelstruktur, die Anordnung der Ausrüstung, die Verkehrssysteme und andere betriebliche Einrichtungen. Sensoren und Überwachungssysteme im Tunnel liefern kontinuierlich Daten über verschiedene Betriebsparameter wie Temperatur, Luftqualität, Verkehrsfluss und Sicherheitsbedingungen. Diese Daten werden in den</p>

Nr.	AWF	Beschreibung
		digitalen Zwilling integriert, um eine realistische Simulation des Betriebs zu ermöglichen. Eine Simulationssoftware nutzt das Modell des digitalen Zwillings und die integrierten Sensordaten, um verschiedene Betriebsszenarien zu simulieren. Dazu gehören beispielsweise der normale Tunnelbetrieb, außergewöhnliche Ereignisse wie Unfälle oder Störungen sowie geplante Instandhaltungsarbeiten oder Umbauten. Mit Hilfe des digitalen Zwillings muss es möglich sein, die generierten Informationen auf das reale Bauwerk zurückzuführen. Ggf. ein Anwendungsfall für den digitalen Zwilling.
212	Modellprüfung	<p>Modellprüfung hinsichtlich der Datenintegrität bzw. Vollständigkeit von Unterlagen</p> <p>Dieser Anwendungsfall findet einmalig nach Erstellung des Betriebsmodells (s. AWF 201) statt sowie nach Instandsetzungsmaßnahmen in der Betriebsphase. Informationen zu Qualitätsanforderungen sind dem <a href="#">Kapitel 3.8</a> zu entnehmen.</p>