

beauftragt durch das:

ARGE BIM<sub>4</sub>RAIL



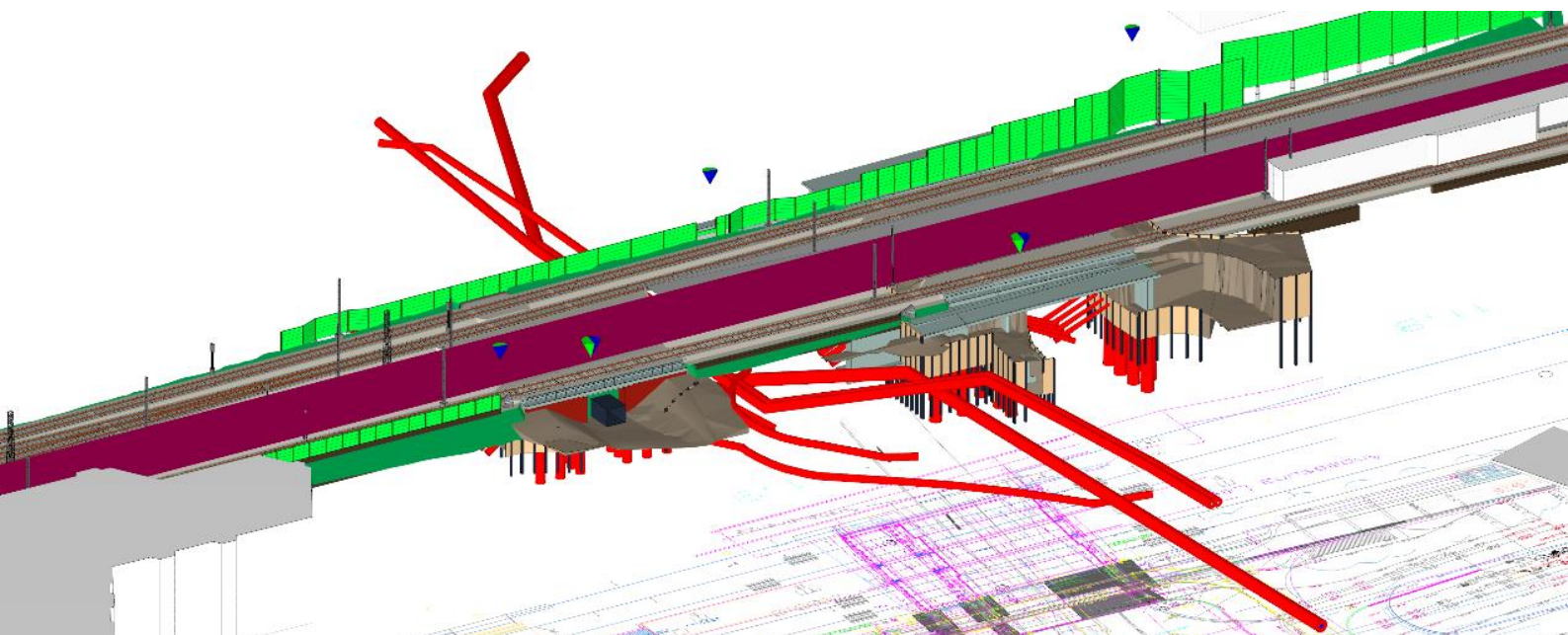
Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur

## Endbericht

# AP2 Handlungsempfehlungen

zur  
wissenschaftlichen Begleitung von  
13 Pilotprojekten zur Anwendung von BIM im  
Schienenwegebau

Stand: 28.11.2019





Ruhr-Universität Bochum



planen-bauen 4.0 Gesellschaft zur  
Digitalisierung des Planens, Bauens und Betriebens mbH



AEC3 Deutschland GmbH



Bernburg Beteiligung GmbH + Co KG



HOCHTIEF ViCon GmbH



Kapellmann und Partner Rechtsanwälte mbB



Obermeyer Planen + Beraten GmbH



Schübler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH



STRABAG Rail GmbH



Technische Universität München



ZPP Ingenieure AG

**bearbeitet von**

Kerstin Hausknecht, *AEC3 Deutschland GmbH*

Thomas Liebich, *AEC3 Deutschland GmbH*

Magdalena Tarkiewicz, *AEC3 Deutschland GmbH*

Markus Scheffer, *ZPP Ingenieure AG*

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>POTENTIALE UND HEMMNISSE .....</b>	<b>12</b>
2.1	POTENTIALE .....	12
2.2	HEMMNISSE .....	13
<b>3</b>	<b>VORSCHLÄGE ZUR ERHÖHUNG DES REIFEGRADES DER BIM-ANWENDUNGSFÄLLE .....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN UND MASSNAHMEN .....</b>	<b>30</b>
4.1	HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR DIE POLITIK .....	31
4.1.1	KONKRETE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN .....	33
4.1.2	WEITERFÜHRENDE STRATEGIEN .....	38
4.2	HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR ÖFFENTLICHE AUFTRAGGEBER .....	42
4.2.1	KONKRETE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN .....	43
4.3	HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR AUFTRAGNEHMER .....	49
4.3.1	HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR PLANENDE UNTERNEHMEN .....	49
4.3.2	HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR BAUAUSFÜHRENDE UNTERNEHMEN .....	55
<b>5</b>	<b>AUSBLICK.....</b>	<b>59</b>

## 1 Einleitung

„**Building Information Modeling** bezeichnet eine kooperative Arbeitsmethodik, mit der auf der Grundlage digitaler Modelle eines Bauwerks die für seinen Lebenszyklus relevanten Informationen und Daten konsistent erfasst, verwaltet und in einer transparenten Kommunikation zwischen den Beteiligten ausgetauscht oder für die weitere Bearbeitung übergeben werden.“ Diese Definition wurde für die Beschreibung der BIM-Methodik im Stufenplan „Digitales Planen und Bauen“<sup>1</sup> verwendet, welcher im Dezember 2015 vom Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur (BMVI) veröffentlicht wurde.

Neben der Begriffserklärung formuliert der Stufenplan die Grundvoraussetzungen für eine erfolgreiche Implementierung von BIM ab Ende 2020 für den Verkehrsinfrastrukturbau des Bundes bei neu zu planenden Projekten. Dabei wurde ein Leistungsniveau 1 als Zielgröße der BIM-Implementierung festgelegt. Dazu gehören u.a. klare vertragliche Regelungen, eine partnerschaftliche Zusammenarbeit, Nutzung standardisierter und herstellerneutraler Austauschformate und eine klare Definition von Auftraggeberinformationsanforderungen (AIA). Mit dem Erreichen des Leistungsniveaus 1 erhofft sich der Herausgeber des Stufenplans einen Beitrag zu den generellen Zielen der deutschen Bauwirtschaft – effizient und mit hoher Qualität bauen – zu leisten.

Im Rahmen des Stufenplans wurden drei Phasen zur Erreichung dieses BIM-Leistungsniveaus definiert, die eine schrittweise Einführung von BIM in Deutschland vorsehen:

- die bereits abgeschlossene Vorbereitungsphase (2015–2017)
- die laufende erweiterte Pilotphase (2017–2020)
- BIM im Leistungsniveau 1 für neu zu planende Projekte (ab Ende 2020)

Im Rahmen der Vorbereitungsphase von 2015 bis 2017 wurden die ersten BIM-Pilotvorhaben durchgeführt, um frühe Erfahrungen beim Einsatz der BIM-Methode im Infrastrukturbau zu sammeln. Basierend auf der gründlichen Analyse der Pilotprojekte und des allgemeinen Wissensstands zur BIM-Methode wurden durch die ARGE INFRABIM die ersten Handlungsempfehlungen zur BIM-Implementierung im Infrastrukturbereich verfasst, die in Form eines Berichtes im Dezember 2017<sup>2</sup> veröffentlicht wurden.

Die Grundlage für die hier formulierten Handlungsempfehlungen ist die wissenschaftliche Begleitung der nächsten, durch das BMVI geförderten 13 BIM-Pilotvorhaben der Deutschen

---

<sup>1</sup> *Stufenplan Digitales Planen und Bauen. Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken*, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin 2015

<sup>2</sup> *Wissenschaftliche Begleitung der BMVI Pilotprojekte zur Anwendung von BIM im Infrastrukturbau – Endbericht Handlungsempfehlungen*, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2017

Bahn, die in der **erweiterten Pilotphase 2017 – 2020** durchgeführt und wissenschaftlich begleitet wurden:

- Emmerich – Oberhausen
- Neubaustrecke Karlsruhe – Basel, mit den 4 Projekten Streckenabschnitt 1, Tunnel Rastatt, Streckenabschnitt 7 und Streckenabschnitt 8
- Optimierung des Knotens Stendal
- Rhein–Ruhr–Express, RRX
- Schienenanbindung der Feste Fehmarnbeltquerung, Fehmarnsundquerung FSQ
- Ausbau des Homburger Damms in Frankfurt
- Umbau des Bahnhofs Doberlug–Kirchhain auf der Strecke Berlin–Dresden
- Eisenbahnüberführung Filstal, Neubaustrecke Wendlingen–Ulm
- Streckenabschnitt Verden (aller)– Rotenburg (Wümme) des Großprojekts Hamburg – Hannover
- Viergleisiger Ausbau des Knotens Bamberg

Mit Hilfe der wissenschaftlichen Begleitung durch die ARGE BIM4RAIL sollte, ähnlich wie in der Vorbereitungsphase 2015–2017, der Einsatz von BIM in den einzelnen Pilotvorhaben des Schienenwegebaus ausführlich dokumentiert werden, um noch bestehende Hindernisse und Defizite zu identifizieren und darauf basierend entsprechende Maßnahmen zur Beseitigung der erkannten Probleme zu formulieren. Hierzu wurde ebenfalls die bereits durch INFRABIM entwickelte Reifegradmetrik<sup>3</sup> verwendet und weiterentwickelt, die anhand von mehr als 11 Einzelkriterien in 11 Teilbereichen die Tiefe der BIM–Umsetzung in einem Bauvorhaben detailliert erfasst. Für jedes der Einzelkriterien wurde der Reifegrad ermittelt und anschließend eine entsprechende Punktzahl auf der Skala von 0 bis 5 festgesetzt.

Als **generelles Fazit** konnten die folgenden Erkenntnisse aus den meisten Pilotprojekten gezogen werden. Seitens des Auftraggebers wurden ausführliche AIA erstellt. Als angestrebte BIM–Ziele wurden dabei eine erhöhte Planungsqualität und höhere Termin– und Kostensicherheit sowie ein besseres Risikomanagement deklariert. Der Einsatz der BIM–Methodik hat qualitativ bessere Ergebnisse geliefert als die konventionelle Arbeitsweise. Die wissenschaftliche Begleitung BIM4RAIL der 13 Pilotprojekte der DB Netz AG empfiehlt den Einsatz der BIM–Methodik für zukünftige Projekte im Schienenwegebau im Rahmen des Zielniveaus 2020. In den meisten Fällen wurden in der Zusammenarbeit zwischen dem Auftraggeber (AG) und den Antragnehmern (AN) sehr ausführliche BIM–Abwicklungspläne (BAP) mit detaillierten Zielen, Anwendungsfällen, Rollen, Zuständigkeiten und Datenübergabepunkten erstellt und im Laufe des Planungsprozesses fortgeschrieben. Die verwendeten BIM–gestützten Technologien waren im Allgemeinen gut einsetzbar, bei umfangreichen und sehr komplexen Modellen müssen die Performance der Hard– und Software sowie ihre Benutzerfreundlichkeit jedoch weiterhin optimiert werden. Die im Rahmen der 13 BIM–Pilotprojekte umgesetzten Anwendungsfälle umfassen im Wesentlichen die Bestandserfas-

---

<sup>3</sup> <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/bim-zwischenbericht-forschungsbegleitung.pdf>

sung und -modellierung, die Visualisierungen für die Öffentlichkeitsarbeit und Koordinationsbesprechungen, automatische Planableitung, Visualisierung des Bauablaufs, Mengenermittlung, anfängliche Kollisionsprüfungen und den Aufbau von digitalen Modellen für die BIM-basierten Abrechnungs- bzw. Prüfrechnungsverfahren. Wie in der Vorbereitungsphase (2015–2017) wurden in der erweiterten Pilotphase die meisten Pilotprojekte (12 von 13) weiterhin mit Hilfe der konventionellen Arbeitsweise geplant und parallel zu den herkömmlichen zeichnungsgestützten Abläufen mit Anwendung der BIM-Technologie nachgearbeitet. Der Investitions- und Standardisierungsaufwand soll nach erfolgter Einführung eine Reduktion der Gesamtprojektkosten von Bauvorhaben hervorbringen. Die Anwendung von BIM ist damit wirtschaftlich vorteilhaft und wirkt sich positiv auf die Realisierung von Projekten aus.

Im Pilotvorhaben **Emmerich–Oberhausen** wurden die festgelegten BIM-Leistungen in drei voneinander unabhängig vergebene Ausschreibungspakete aufgeteilt. Zum Beauftragungsumfang des Startpaketes gehörte die Erstellung eines 3D-Modells, in Ergänzung dazu wurde ein Baugrundmodell der Gesamtstrecke erstellt. Die zu liefernden 3D-Modelle sollten für die anschließende Erweiterung um 4D- und 5D-Funktionen entsprechend aufgearbeitet werden. Die Realisierung des Hauptpaketes kam letztlich nicht zustande, da diese aufgrund des begrenzten Finanzierungszeitraumes nicht mehr fristgerecht umsetzbar war. Damit standen nur die Anwendungsfälle im Fokus, die mit reinen 3D-Modellen realisiert werden konnten. Auch übergeordnete Pilotanwendungen, wie der Einsatz einer gemeinsamen Datenumgebung (engl. CDE), konnte in diesem Projekt nur ansatzweise realisiert werden. Für beide beauftragten Pakete wurden Muster-AIA und die Leistungsbeschreibung erstellt. Insgesamt wurde ein gutes Niveau der realisierten Anwendungsfälle erreicht.

Im Pilotvorhaben des Großprojekts **Karlsruhe–Basel** gibt es mit den Streckenabschnitten (StA) 1, 7, 8 und dem Tunnel Rastatt als Teil vom Streckenabschnitt 1 vier Pilotierungen zur BIM-Anwendung. Die übergeordneten Themen bildeten u.a. der Umgang mit den AIA und dem BAP sowie technologische Aspekte bis hin zur Bewirtschaftung einer gemeinsamen Datenumgebung. Insbesondere beim Streckenabschnitt 1 und Tunnel Rastatt standen solche Anwendungsfälle im Untersuchungsfokus, die im Rahmen der Projektsteuerung unterstützend eingesetzt werden können. Für eine effektive Kontrolle von Projektabläufen war die Integration von Kosten und Terminen angestrebt. In den meisten betrachteten Bereichen wurde ein hoher BIM-Reifegrad erreicht. Einzelne geplante Ziele im StA 1, wie die Erstellung einer umfassenden digitalen Bauakte über die Projekt-CDE oder die Erfassung des Baufortschritts am Modell mit mobilen Endgeräten auf der Baustelle, konnten aufgrund von Akzeptanzproblemen bzw. technologischer Einschränkungen nicht vollständig umgesetzt werden. Die Ergebnisse aus dem Bereich AIA, BAP, Detaillierung, Nomenklaturen, etc. können als ein wichtiger Input zu einer möglichen DB-internen Standardisierung dienen. Eine der Herausforderungen in den Pilotprojekten im StA 7 und 8 lag in der Bestandsaufnahme und -modellierung für die Anwendung der Modelle in weiteren Projektphasen. Dafür wurden mehrere unterschiedliche Methoden der Bestandsdatenaufnahme durchgeführt und bewertet. Zu den weiteren Hauptanwendungsbereichen im StA 7 gehörten der modellge-

stützte Trassen- und Variantenvergleich und die Visualisierung in LP 2. Im StA 8 standen die 3D-, 4D-, 5D-Modellierung und Visualisierung in den LP 3 und 4 im Fokus. Über die einzelnen Streckenabschnitte wurden verschiedene gemeinsame Datenumgebungen getestet. AIA und BAP wurden für die Projekte erstellt und als Grundlage zur projektübergreifenden Standardisierung bei der DB Netz AG verwendet. Die angestrebten Zielniveaus wurden in allen Untersuchungsbereichen erreicht oder übertroffen, wobei für einzelne Aspekte für die eingesetzten Technologien noch der Entwicklungsbedarf identifiziert worden ist.

Das **Pilotprojekt Stendal-Uelzen** umfasst durch die gewerkeübergreifende Planung (Verkehrsanlage, Oberleitung, Ingenieurbauwerke, Leit- und Sicherungstechnik, Umweltplanung, Telekommunikationsanlagen, Baugrundplanung) zahlreiche, im Schienenwegebau vorkommende Fragestellungen. Durch den AG wurden umfangreiche und projektspezifische AIA erstellt, die den Ausschreibungsunterlagen zur Vergabe der Generalplanungsleistungen beilagen. Durch den AN wurde auf Basis einer bereits teilausgefüllten, projektspezifischen Vorlage ein BAP erstellt. Im Fokus der ganzheitlichen BIM-Umsetzung im Projekt steht eine gemeinsame Datenumgebung und die Verknüpfung der ermittelten und erzeugten Informationen im Koordinationsmodell. Im Rahmen des Pilotprojektes sollten die folgenden Anwendungsfälle umgesetzt werden: die Bestandserfassung, die Planungsvariantenuntersuchung, die Visualisierung, die Koordination der Fachgewerke und die Fortschrittskontrolle der Planung.

Die BIM-Anwendungsfälle im **Pilotprojekt Rhein-Ruhr-Express** wurden auf unterschiedliche Projektbereiche aufgeteilt. Das Projekt diente auch der Erprobung innovativer BIM-Anwendungen. So wurde beispielsweise der Nachweis im Rahmen der Lichtsignalprüfung durch eine Kollisionsprüfung geführt sowie eine 4D-Kollisionsprüfung entwickelt und prototypisch vorgeführt. Zusätzlich wurde DB-intern eine BIM-Anwendung im Rahmen des Genehmigungsverfahrens pilotiert und erstmals in Deutschland umgesetzt. Die Unterlagen des digitalen Planungsordners, der für die Offenlage erstellt wird, wurden um eine reine Visualisierung von Bestand und Neubausituation ergänzt. Es wurden außerdem die Anwendungsfälle Visualisierung, 3D-, 4D- und 5D-Modellerstellung, Planungscoordination, objektbasierte Mengenermittlung, teilautomatisierte LV-Erstellung, modellbasierte Ausschreibung und Vergabe pilotiert.

Das **Pilotprojekt Schienenanbindung der Feste Fehmarnbeltquerung** erfolgte in einer frühen Leistungsphase (Vorplanung). Die wesentlichen Bearbeitungspunkte waren die Betrachtung vieler Planungsvarianten und die Einbindung einer Vielzahl relevanter Grundlagen. Basis für die BIM-Planungen war ein sehr detailreiches Bestandsmodell. Für den Datenaustausch der Fachmodelle wurde primär auf proprietäre Dateiformate zurückgegriffen. Vereinzelt wurden Modelle als IFC-Daten ausgetauscht. Der Zugriff auf die Modelle wurde durch die Bereitstellung einer gemeinsamen Datenumgebung durch den AG gewährleistet. Im Rahmen des Projekts wurden die folgenden Anwendungsfälle umgesetzt: 3D-Bestandsaufnahme, 3D-Bestandsmodellierung, Visualisierung, 3D-Trassen- und Variantenvergleich, 3D-Modellerstellung, geometrisches Modell, 3D-Kollisionsprüfung, Planungsko-



ordination, Erstellung von 2D-Plänen aus 3D-Modellen, objektbasierte Mengenermittlung, 4D- und 5D-Modellerstellung und Darstellung des Bau- und Kostenverlaufs.

Die Aufarbeitung der Modelle im Rahmen des **Projekts Homburger Damm** erfolgte auf Basis der Planungsergebnisse in der LP 3. Grundlage für die BIM-Planungen war ein sehr detailreiches Bestandsmodell. Die koordinierten Modelle wurden bereichsweise auf Kollisionen geprüft. Klassifikationen oder Attribute für Bauteile wurden für die Anwendungsfälle 4D- und 5D-Modellerstellung, teilautomatisierte LV-Erstellung sowie Kostenschätzung und -berechnung durch den Auftragnehmer definiert. Das anvisierte Zielniveau des Projekts konnte größtenteils für alle Anwendungsfälle erreicht werden. Da die BIM-Planung im Nachgang zur konventionellen Planung stattgefunden hat, war eine Einschätzung, ob die angewandten Methoden und Werkzeuge auch bei einer reinen BIM-Abwicklung effektiv zum Ergebnis führen würden, nur bedingt möglich.

Im **Pilotprojekt ABS Berlin-Dresden** wurde die BIM-Methode in den LP 1 und 2 angewandt. In den für das Projekt erstellten AIA und BAP wurden u.a. die verwendeten BIM-Standards, die zu erstellenden Lieferobjekte, die zu bearbeitenden BIM-Anwendungsfälle (3D-Bestandsaufnahme und 3D-Bestandsmodellierung, 3D-Modellerstellung mit Fachmodellen, 3D-Trassen- und Variantenvergleich, Visualisierung) sowie Modellierungsanforderungen festgelegt. Im Projekt wurden auch unterschiedliche Modellierungsmethoden erprobt, z.B. die Erstellung des 3D-Baugrundmodells mit Hilfe einer Software aus der Erdölindustrie. Besonders arbeitsintensiv waren die händische Modellierung und Auswertung der bestehenden Infrastruktur. Die abgeschlossene Pilotierung ergab insgesamt jedoch positive Schlussfolgerungen für zukünftige Projekte in den LP 1 und 2.

Im **Pilotprojekt Wendlingen – Ulm / Filstalbrücke** wurden die meisten geplanten Anwendungsfälle umgesetzt. Die wesentlichen Bearbeitungspunkte waren vor allem die kontinuierliche Nutzung des Modells für die Umsetzung im 4D- (Planfortschrittskontrolle, Baufortschrittskontrolle, Earned-Value-Betrachtung) und 5D-Bereich (Verknüpfung des Modells mit geplanten Kosten, Sollkosten aus den Vergaben und Prognosewerten) sowie die weitgehende Verknüpfung der Ausführungspläne mit dem Modell. Allerdings erfolgte keine automatisierte Ableitung der Pläne aus dem BIM-Modell und keine Erstellung von AIA, da zu Beginn der Ausführung noch keine Vereinbarungen zum Einsatz der BIM-Methodik existierten. Dementsprechend wurde in der Ausschreibung auch kein BAP gefordert. Das ursprünglich geplante BIM-gestützte Mängelmanagement mithilfe mobiler Endgeräte konnte aufgrund technischer Einschränkungen und Akzeptanzproblemen nur teilweise realisiert werden. Eine Fortführung des Pilotvorhabens wird grundsätzlich als erforderlich erachtet.

Im Rahmen des **Pilotprojekts ABS Hamburg / Bremen-Hannover** wurden folgende BIM-Leistungspakete definiert und vergeben: Bestandsaufnahme von Ingenieurbauwerken via Laserscans, Drohnenbefliegung des Bahnhofs Verden zur Erstellung eines digitalen Oberflächenmodells, Bestandsmodellierung ausgewählter Ingenieurbauwerke, Visualisierung, Erstellen und Fortschreiben des BAP. Durch den Auftraggeber wurden weder die formalen AIA noch detaillierte BIM-Leistungsbilder verfasst. Es liegen jedoch bereits positive Erfahrungen

u.a. bzgl. des Vergleichs konventioneller Bestandserfassung und 3D-Bestandsaufnahme vor.

Das **Pilotprojekt Knoten Bamberg** wurde im Gegensatz zu anderen Projekten von Anfang an modellgestützt geplant. Für das Pilotprojekt wurden umfangreiche AIA und ein BAP erstellt und mehrere Anwendungsfälle definiert, u.a. 3D-, 4D- und 5D-Modellierung, Bestandsaufnahme sowie Baugrundmodellierung. Geplant sind der Einsatz verschiedenster Software-Werkzeuge und Nutzung offener und proprietärer Datenaustauschformate. Da die Vergabe der Planungsleistungen erst kürzlich stattgefunden hat, können zum Zeitpunkt der Handlungsempfehlungen noch keine eindeutigen Aussagen zur Umsetzungsqualität getätigt werden. In der Phase der Vergabe traten bereits eine Reihe von Fragen beim Auftraggeber auf, u. a. zur Ausschreibung und Vergütung von BIM-Leistungen als *Besondere Leistungen*.

Die realisierten Anwendungsfälle lassen sich den Pilotprojekten folgend zuordnen.

Tabelle 1: Zuordnung von Anwendungsfällen (AWF) und Pilotprojekten (PP)

	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6	PP7	PP8	PP9	PP10	PP11	PP12	PP13
AWF 1					X	X	X	X	X	X		X	X
AWF 2	X	X			X	X	X	X	X	X		X	X
AWF 3	X	X			X	X	X	X	X	X		X	X
AWF 4					X		X	X		X			
AWF 5	X	X		X		X		X	X			X	
AWF 6	X	X		X		X	X	X	X				
AWF 7	X	X		X		X	X	X					
AWF 8							X	X					
AWF 9	X	X		X		X		X	X				
AWF 10	X	X		X		X		X	X				
AWF 11													
AWF 12	X	X		X		X		X	X				
AWF 13		X							X				
AWF 14		X											
AWF 15													
AWF 16			X	X					X		X		
AWF 17			X	X					X				
AWF 18			X	X					X		X		
AWF 19													
AWF 20			X						X		X		
AWF 21			X						X		X		
AWF 22			X						X		X		
AWF 23													
AWF 24													
AWF 25	X			X	X	X	X	X	X	X		X	X
AWF 26				X	X	X				X			X
AWF 27				X	X	X	X	X	X				X

AWF 28 | x | | | x | x | x | | | | | | | x

Eine detaillierte Darstellung und Bewertung der in den 13 Pilotprojekten umgesetzten Anwendungsfälle sind im Endbericht AP1 der ARGE BIM4RAIL enthalten.

Die Ergebnisse der Anwendung der BIM-Reifegradmetrik zeigen bereits deutlich, dass die meisten Anwendungsfälle bereits effizient und mehrwertbringend realisiert werden können. Es gibt jedoch auch nach der erweiterten BIM-Pilotphase einige Aspekte, die noch ein deutliches Optimierungspotential in der BIM-basierten Abwicklung von Bauvorhaben aufweisen. Diese verhindern jedoch keinen regelmäßigen Einsatz von **BIM** ab Ende **2020 mit Leistungsniveau 1** im Schienenwegebau.

## 2 Potentiale und Hemmnisse

Die 13 untersuchten BIM-Pilotvorhaben bilden ein breites Spektrum verschiedener BIM-Anwendungen ab, die in unterschiedlichen Leistungsphasen eingesetzt wurden. In allen Projekten, unabhängig von Leistungsphasen oder formulierten Anwendungsfällen, konnten die im Stufenplan genannten übergeordneten BIM-Ziele als Potentiale bestätigt werden:

- Verminderung der Kostenrisiken
- Erhöhung der Terminalsicherheit
- Erhöhung von Planungsgenauigkeit
- Erhöhung der Transparenz
- Unterstützung der Öffentlichkeitsarbeit
- Verringerung der Gesamtprojektkosten

### 2.1 Potentiale

Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung offenbaren, dass wichtige BIM-Anwendungsfälle im Schienenwegebau bereits sehr gut umgesetzt werden können. Von allen Projektpartnern wurde die Nutzung der BIM-Methode als vorteilhaft eingeschätzt und eine künftige Nutzung befürwortet.

Zu den wesentlichen erkannten Potentialen gehören:

- **Steigerung der Kosten- und Terminalsicherheit**  
Diese wird folgendermaßen erreicht: durch sorgfältige Erfassung des Bestands, Zusammenführung verschiedener Gewerke in ein Koordinationsmodell, modellbasierte Mengenermittlung in frühen Leistungsphasen, Koordination der Gewerke, Möglichkeit schneller gewerkeübergreifender vereinfachter Prüfungen und leichter Erkennung von Kollisionen sowie bauteilorientierte Arbeitsweise.
- **Erhöhung der Qualität der Bestandsaufnahme und der gesamten Planung**  
Die erwartete erhöhte Planungsqualität resultiert aus den folgenden Aspekten: der verbesserten Erkennung von Defiziten oder Konfliktpunkten, der Lieferung detaillierterer Ergebnisse in früheren Leistungsphasen, der vergleichbaren Variantenerzeugung und der Reduzierung von Projektabweichungen. Eine erhöhte Qualitätssicherung kann ebenfalls durch die Integration aller Datensätze und bessere Verknüpfung von Modellen und Dokumenten erzielt werden.
- **Verbesserte Projektübersicht, Entscheidungsfindung und erhöhte Projektakzeptanz**  
Diese wurden u.a. durch Visualisierung, teilautomatisierte Modellprüfung sowie kollaboratives Arbeiten an Fachmodellen und offene Diskussion der Ergebnisse und

Erkenntnisse erreicht. Als vorteilhaft wurde auch direkte Verknüpfung von Terminen und Kosten mit Objekten für die Gesamtübersicht der Projekte angesehen.

- **Effizienzsteigerung**

Die bisher erlebte Effizienzsteigerung wurde vor allem durch die erfolgreiche Rollenverteilung, partnerschaftliche Zusammenarbeit und übersichtliche Betrachtung der Gewerke erreicht. Kosteneinsparungen wurden bisher nicht nachgewiesen. Durch die Aufwandsverschiebung in die frühen Leistungsphasen werden diese eher in den späteren Projektphasen erwartet. Das hohe Potential der Effizienzsteigerung wird ebenso durch Automatisierung, frühere Fehlererkennung, Wiederverwendbarkeit von Bauteilen und Skripten, bessere Koordination und schnellere Zusammenführung aller Gewerke und der hierdurch entstehenden größeren Konfliktarmut und damit besseren Baubarkeit der Maßnahme erwartet. Auch das Zusammenbringen bisher isolierter Dokumente und Modelle sowie standardisierte Prüfregele und verbesserte Kommunikation unter den Projektbeteiligten werden laut den Aussagen zu den BIM-Pilotprojekten zur Erhöhung der Effizienz beitragen.

- **Risikominimierung**

Bisher wurde Risikominimierung im Zusammenhang mit der Effizienzsteigerung bzw. Zeitersparnis in einigen BIM-Pilotprojekten erlebt. Hier kann v.a. die Ausweitung der Variantenuntersuchung risikominimierend wirken. Die Nutzung der BIM-basierten Mengenermittlung ermöglicht überdies eine Transparenz in den Kalkulationen (Abweichungen und fehlende Leistungen, Vollständigkeit/Plausibilität), wobei der Abgleich mit Bauzeitenplan/Aufwandswerten Risiken aufzeigt. Bestätigt wurde weiterhin die Vermeidung von Doppelabrechnungen und die frühere Erkenntnis von geometrischen Problemen durch die Kollisionsprüfungen, die in einigen BIM-Pilotprojekten Fehler aufdeckte.

- **Verkürzung der Planungszeit**

Der direkte Einfluss der BIM-Anwendung auf die Planungszeit (kürzer/länger) kann derzeit noch nicht direkt beantwortet werden. Durch die Anwendung von teilautomatisierten Prüfungen und gesicherten Prozessen kann jedoch laut den Aussagen der Pilot-Anwender ein Zeitersparnis erzielt werden.

Obwohl die vollständige Effizienzsteigerung sowie die Risikominimierung noch nicht in allen BIM-Pilotprojekten erlebt wurde und vollständig bestätigt werden konnte, wurde das hohe Potential der BIM-Anwendung von allen Projektpartnern erkannt. Generell wird erwartet, dass die momentan teilweise noch zeit- und ressourcenaufwändigeren BIM-Prozesse in Zukunft eher in den Hintergrund und die Effizienzsteigerung des digitalen Planungs- und Bauprozesses in den Vordergrund rückt.

## 2.2 Hemmnisse

Dennoch bestanden zum Zeitpunkt der Untersuchung Hemmnisse, die eine vollständige Umsetzung der BIM-Methode behindern. In einigen BIM-Pilotprojekten haben diese

Hemmnisse dazu geführt, dass nicht alle anvisierten Ziele und geplanten Anwendungsfälle realisiert werden konnten. Die erkannten Hemmnisse ermöglichen jedoch eine gezielte Definition von erforderlichen Maßnahmen, die sich auf alle im Stufenplan definierten Schwerpunkten (Daten, Prozesse, Rahmenbedingungen, Technologien und Qualifikationen) erstrecken.

Die Hemmnisse können wie folgt gegliedert werden:

- **Vertragliche und administrative Hindernisse**

Die größten vertraglichen Hindernisse resultieren aus den zu niedrigen Erfahrungswerten im Bereich Schienenwegebau bzw. den teilweise zu hohen und noch nicht erfüllbaren Qualifikationskriterien für Bieter. Auch bestehen noch immer Unsicherheiten bei der Festlegung und Vergütung der Leistungen und der Besonderen Leistungen. Aufgrund fehlender Erfahrungen und Vergleichswerte gibt es auch in einigen Projekten Schwierigkeiten bei der Angebotsbewertung, da die Preisspanne einzelner Angebote und BIM-Positionen stark unterschiedlich ist. Ebenfalls problematisch sind vorhandene Verordnungen, die in Einzelfällen die Nutzung von BIM-Technologien behindern (z.B. erlebte erschwerte Streckenaufnahme durch Drohnen aufgrund der Drohnenverordnung).

- **Schwierigkeiten beim Einkauf von BIM-Leistungen**

Dazu gehören nicht klar genug definierte Zielsetzungen des AG und der demzufolge schwer zu kalkulierende Umfang der BIM-Leistungen seitens der Anbieter, fehlende Standardisierung von Anforderungen, fehlende Vorlagen (Leistungen, Standardleistungstexte für die Ausschreibung, BIM-konforme Leistungsbilder, Detaillierungsgrade, etc.) und Musterdokumente (AIA, BAP, etc.) zur Ausschreibung der Leistungen sowie nicht einheitlich erfasste Begrifflichkeiten und Formulierungen. Es gab weiterhin Unschärfe im Vergabeprozess und der Bundesfinanzierung im Projektverlauf, die zwischenzeitlich durch das BMVI beseitigt wurden.

- **Hemmnisse bei der BIM-Umsetzung nach den aktuellen Regelwerken / fehlende Regelwerke**

Zurzeit ist keine Abgabe digitaler Planungsunterlagen beim Eisenbahnbundesamt (EBA) erlaubt. Dafür fehlen technische Lösungen (kein offenes Datenformat verfügbar, welches in allen existenten Genehmigungsverfahren verwendet werden kann) und geschultes Personal. Die aktuellen Richtlinien sind auch nur teilweise an die BIM-Methodik angepasst. Es sind zurzeit keine Modellstruktur- oder Objektstandards, standardisierte Objektkataloge, Detaillierungsgrade, Attributlisten/-kataloge, Klassifizierungssysteme für Infrastrukturbau und Regelungen für Schnittstellen und Datenformate verfügbar. Daraus resultiert ein hoher Interpretationsspielraum hinsichtlich des Umfangs und der Detaillierung. Als problematisch werden zudem Unklarheiten bei der Arbeit mit Koordinatensystemen und ein fehlendes Muster für Leistungsverzeichnisse (LV) in ausgewählten 5D-Softwaresystemen angesehen. Diesbezüglich sind die PSP-Nr. zur Kostenermittlung einer Baumaßnahme und zur terminlichen Abbildung eines 5D-Modells nicht einheitlich. Die KEB-Struktur (Richtlinie

808 Kostenermittlungsbuch) ist nicht BIM-konform und nur erschwert in Kostenstrukturen für eine BIM-basierte Bearbeitung überführbar.

- **Generelle prozessbezogene Hemmnisse**

Zu den primären Hemmnissen im Prozessverlauf gehören das Nachtragsmanagement, die aufwändige händische Verknüpfung 3D-4D-5D bei einer isolierten Betrachtung der Modellerstellung sowie ein paralleles Nachmodellieren und Vorhandensein mehrerer Koordinatensysteme. Es fehlen weiterhin die tiefgründigen fachspezifischen Kompetenzen (z.B. 4D-, 5D-Ausführung). Die Hard- und Softwareanschaffung sowie die Erhöhung der Qualifikation ist mit einem hohen Aufwand verbunden. Dazu sind einheitliche Unternehmensstandards/ Bibliotheken/ Vorlagen/ Softwareanforderungen noch nicht vorhanden.

- **Hemmnisse bei der Anwendung der BIM-Methodik im Kontext des aktuellen Prüf- und Genehmigungsprozess**

Generell existieren bisher beim EBA keine BIM-basierten Prüf- und Genehmigungsprozesse, somit ist die Einreichung von BIM-Modellen dort zurzeit nicht möglich. Organisatorisch fehlen grundsätzlich bei den Behörden die erforderlichen BIM-Kompetenzen wie das Knowhow zur Prüfung einer BIM-basierten Planung sowie die Werkzeuge, um diese Prüf- und Genehmigungsprozesse durchzuführen. Nicht überall sind die notwendigen Hard- und Softwareausstattungen (Geschwindigkeit und Funktionalität) vorhanden. Die für die teilautomatisierte Prüfung erforderlichen Standards sind weiterhin nicht gegeben, die Methoden zur Modellfreigabe teilweise noch nicht entwickelt.

- **Hemmnisse beim Umgang mit einer gemeinsamen Datenumgebung**

Die bisherigen Hemmnisse resultieren u.a. aus den sich noch in der Entwicklung befindenden Erweiterungen der Funktionalitäten der Systeme und den teilweise nicht kompatiblen Produktpaletten. Es fehlen teilweise Workflows und Viewer, die nicht bei allen Anbietern in der CDE vorhanden sind bzw. in ihren Funktionalitäten beschränkt sind (keine gute Bedienbarkeit und View-Point nicht reimportierbar). Dies führt häufig zu Duplikationen im Datenmanagement.

- **Hemmnisse bei der Anwendung offener Datenformate**

Eines der größten Probleme bei der BIM-Anwendung ist das Fehlen offener Datenaustauschformate. Nicht alle für Anwendungsfälle benötigten Informationen sind über offene Datenformate austauschbar, z.B. für 4D- und 5D-Datenverknüpfungen. Es mangelt weiterhin auch an Im- und Export-Funktionen für herstellerneutrale Formate in einigen im Infrastrukturbereich eingesetzten Softwareprodukten. In einer IFC-kompatiblen Software ist dagegen ein strukturiertes IFC-Modell aktuell exportierbar, jedoch sind umfangreiche projektspezifische Einstellungen notwendig. Überdies ist der Infrastrukturbereich in den derzeit von Softwaresystemen unterstützten IFC-Versionen nicht vollständig abbildbar (z.B. die Trassierung, welche erst ab IFC 4.1 zur Verfügung steht). Die IFC-INFRA Spezifikation befindet sich aktuell

noch in der Entwicklung. Zurzeit ist eine Modellstrukturierung nur mit einem erhöhten Aufwand möglich, da diese projektspezifisch zu erarbeiten ist (IfcBuildingElementProxies und PropertySets vielfach genutzt). Offene Formate sind zurzeit häufig nur für Meilensteine und Archivierung verwendbar.

- **Hemmnisse durch eingeschränkte Softwarefunktionalitäten**

Ein großes Hemmnis bei der BIM-Umsetzung bilden die fehlenden Angaben der Softwarefirmen über die konkreten Einschränkungen der Funktionalität der Produkte. Zurzeit wird der BIM-Prozess weiterhin durch fehlende Kompatibilität der Software-Versionen und hohe Lizenzkosten für BIM-fähige Software eingeschränkt. Es gibt noch deutliche Einschränkungen bei der Modellierung von Objekten (z.B. bei der Abbildung von Bögen) und beim korrekten Export von Geometrie und Attributen. Hinzu kommen Probleme bei der Verarbeitung der großen Datenmengen von Infrastrukturprojekten, wodurch eine Stückelung des Projekts erforderlich wird. Ein konsistentes Zusammenführen der Modelle im Nachgang ist nicht immer problemlos durchführbar. Problematisch scheint weiterhin die Übertragbarkeit der GIS-Daten in das Modell (Import der GIS-Daten der Umweltplanung insbesondere auch deren Strukturierung und Aufbereitung). Insgesamt fehlen auch weiterhin Standards und entsprechende Vorgaben.



### 3 Vorschläge zur Erhöhung des Reifegrades der BIM-Anwendungsfälle

Auf Grundlage der konkreten Auseinandersetzung mit den pilotprojektspezifischen Hemmnissen und Potentialen bei der Umsetzung der BIM Anwendungsfälle, werden Vorschläge zur Erhöhung der BIM-Reifegrade formuliert. Es wird hierbei insbesondere auf die Unterschiede zwischen den durchschnittlich erreichten Reifegraden und den jeweils erreichten maximalen Reifegraden in den Pilotprojekten eingegangen. Die Differenz zwischen den beiden ermittelten Kenngrößen ist als noch zu entwickelndes Potential für jeden Anwendungsfall definiert. Projekte mit maximal erreichtem Reifegrad dienen für diese Anwendungsfälle als Vorlage zur erfolgreichen Durchführung. Es werden somit Empfehlungen formuliert, welche eine Umsetzung des Anwendungsfalls auf dem Niveau der Projekte mit maximal erreichtem Reifegrad ermöglicht. Durch die vielfältige Umsetzung der Anwendungsfälle und einen Quervergleich über alle Pilotprojekte werden Schwachstellen in der Umsetzung über alle Leistungsphasen identifiziert.

#### 3D-Bestandsaufnahme und 3D-Bestandsmodellierung (AWF 1 und 2)

Zielniveau 2020	durchschnittlicher Reifegrad	maximaler Reifegrad	Potential
3,67	3,58	4,67	1,09

Die Anwendungsfälle *3D-Bestandsaufnahme* und *3D-Bestandsmodellierung* stellen die Grundlage der weiteren BIM-Anwendungsfälle dar. Somit kommt diesen Anwendungsfällen eine besondere Bedeutung zu. Es sind im Vorfeld verschiedene Methoden der Bestandsaufnahme bezüglich ihres Aufwands, ihrer Genauigkeit und der Konzepte zur Weiternutzung zu bewerten. Die anzuwendende Aufnahmemethodik sowie die einzuhaltenden Genauigkeiten sind vor Projektbeginn zu definieren. Weitergehend ist insbesondere eine Bewertung der Nutzbarkeit zusätzlicher Informationsquellen, wie z.B. Stadtmodelle, Orthofotos, GIS-Daten, etc. für die Verwendung zur Bestandsaufnahme durchzuführen. Zur widerspruchsfreien Verwendung aufgenommener Daten sind Methoden zur Modellbereinigung sowie Konzepte zur Qualitätssicherung von Bestandsdaten abzustimmen. Um den größtmöglichen Nutzen der Bestandsaufnahme für alle Projektbeteiligten zu erzielen sind die Bestandsdaten und -modelle den Projektbeteiligten über eine gemeinsame Datenumgebung zur Verfügung zu stellen. Für ausgedehnte Planungsabschnitte sind die Bestandsmodelle den einzelnen Planabschnitten entsprechend in Teilmodelle zu untergliedern.

Auf Grundlage der Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung werden folgende Vorschläge zur Erhöhung des BIM-Reifegrades bei der Umsetzung der Anwendungsfälle *3D-Bestandsaufnahme* und *3D-Bestandsmodellierung* definiert:

- Frühzeitige Aufnahme und Nutzung der Bestandsdaten für Variantenvergleiche
- Festlegung der Aufnahmemethodik in Abhängigkeit der benötigten Modellgenauigkeit
- Festlegung von Methoden für die Datenbereinigung (z.B. Vegetation, Schnee, Laub)
- Untergliederung der Bestandsmodelle in verschiedene Teilmodelle / Planabschnitte
- Festlegung eines Qualitätsniveaus / Freigabeprozesses für Bestandsdaten / -modelle
- Einbeziehung verschiedener Datenquellen für die Bestandserfassung (z.B. Stadtmodelle, Orthofotos, GIS-Daten)
- Trennung der Datenhaltung für Rohdaten der Bestandserfassung und entwickelter Bestandsmodelle zur Reduzierung des Datenaustauschvolumens
- Zentrale Bereitstellung der Bestandsmodelle auf einer gemeinsamen Datenumgebung durch den AG für alle Projektbeteiligten
- Bereitstellung eines Viewers / Webviewers durch den AG für alle Projektbeteiligten
- Festlegung von Konzepten zur semi-automatischen Generierung der Bestandsmodelle aus den Scans der Bestandsaufnahme
- Im Fall komplexer Strukturen keine getrennte Vergabe der Aufträge zur Bestandsaufnahme und Bestandsmodellierung (Schwierigkeiten bei der separaten Betrachtung aufgrund v.a. großer Datenmengen und der potenziell unterschiedlichen Dateninterpretation)

### Visualisierung (AWF 3)

Zielniveau 2020	durchschnittlicher Reifegrad	maximaler Reifegrad	Potential
4,50	3,92	4,67	0,75

Bei der Umsetzung des Anwendungsfalls *Visualisierung* ist zwischen der Nutzung der Modelle unter dem Fokus Öffentlichkeitsarbeit (extern) und der Nutzung der Modelle zur Projektkoordination und -kommunikation (intern) zu unterscheiden. Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen an die Visualisierung sind vom AG die Anwendungsbereiche der Modellvisualisierung klar zu definieren und frühzeitig mit den Anforderungen des Anwendungsfalls Bestandsmodellierung abzustimmen. Die im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit verwendeten Visualisierungsmodelle sind durch eine Reduzierung der technischen Detailtiefe bei gleichzeitiger realitätsnaher Darstellung der Oberflächentexturen charakterisiert. Die für den Planungsprozess verwendeten Modelle stellen den aktuellen Planungsstand dar und können über Verlinkungen zwischen Dokumenten und Objekten auch für die Projektkoordination genutzt werden. Eine direkte Ableitung der Visualisierung auf Basis der Planungsmodelle ist anzustreben.

Auf Grundlage der Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung werden folgende Handlungsempfehlungen zur Erhöhung des BIM-Reifegrades bei der Umsetzung des Anwendungsfalls *Visualisierung* definiert:

- Nutzung der Bestands- und Planungsmodelle für visuelle Unterstützung des Planungs- und Abstimmungsprozesses
- Erstellung spezieller Visualisierungsmodelle auf Basis der Planungsmodelle mit reduzierter technischer Detaillierung zur Nutzung für die Öffentlichkeitsarbeit
- Bereitstellung freier (Web-)Viewer durch den AG für alle Projektbeteiligten
- Verlinkung von Modellobjekten und Projektdokumenten durch einheitliche Strukturierung und Nomenklatur

### 3D-Trassen- und Variantenvergleich (AWF 4)

Zielniveau 2020	durchschnittlicher Reifegrad	maximaler Reifegrad	Potential
3,75	3,51	4,75	1,24

Zur Durchführung von modellbasierten *3D-Trassen- und Variantenvergleichen* ist für alle Fachmodelle eine angepasste Struktur der Modelldetaillierung mit Kostenkennwerten und der Terminplanung zu erstellen. Diese können in der frühen Projektphase einer gröberen Struktur zur modellbasierten Abrechnung folgen, als der im späteren Projektverlauf verwendeten Struktur. Eine weiterführende Detaillierung der Struktur muss jedoch gewährleistet sein. Aufgrund der im Schienenwegebau etablierten Bewertungskriterien (z.B. Flächenverbrauch, Betroffenheit von Grundstückseigentümern, umwelt- und verkehrsrechtliche Belange, etc.) sind die Modelle mit Informationen aus externen Datenquellen anzureichern (z.B. GIS-Daten, Katasterinformationen, etc.). Zur Auswertung von Kriterien, welche im Planungsprozess nicht direkt im Modell durch Objekte abgebildet sind, können Platzhalterobjekte verwendet werden. Parametrisierte Modelle zur schnellen Erstellung verschiedener Varianten und somit zur Erhöhung des Automatisierungsgrades der Modellerstellung sind, wenn möglich, zu verwenden. Die Anforderungen sind mit den Anwendungsfällen *3D-Bestandsmodellierung (AWF 2)* und *3D-Modellerstellung (AWF 5)* abzustimmen. Durch direkte Verknüpfung der Modelldaten mit den Auswertungskriterien ist auch ein hoher Automatisierungsgrad des Bewertungsprozesses zu erreichen. Zur Auswahl der Bewertungskriterien und der hierauf abgestimmten Modelldetaillierung sind alle im Planungsprozess betroffenen Fachdisziplinen einzubinden. Für alle im Planungsprozess erstellten Objekte ist die Ableitung von Vorentwurfsplänen aus den Variantenstudien anzustreben.

Auf Grundlage der Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung werden folgende Handlungsempfehlungen zur Erhöhung des BIM-Reifegrades bei der Umsetzung des Anwendungsfalls *3D-Trassen- und Variantenvergleich* definiert:

- Frühzeitige Definition der zur Variantenbewertung verwendeten Kriterien (KPI). Die erforderlichen Quantifizierungen zu diesen Entscheidungskriterien sollen regelbasiert aus den Modellen abgeleitet werden.
- Einbindung aller Fachdisziplinen in den Prozess der modellbasierten Trassen- und Variantenbewertung
- Nutzung parametrisierter Modelle zur schnellen Erzeugung mehrerer Varianten
- Einbindung zusätzlicher Informationsquellen in den modellbasierten Prozess (z.B. GIS-Daten, Katasterinformationen)
- Vereinheitlichung der Modell- und Kostenstrukturen
- Vereinheitlichung der Modellstruktur und Granularität der Terminplanung

### 3D-Modellerstellung (AWF 5)

Zielniveau 2020	durchschnittlicher Reifegrad	maximaler Reifegrad	Potential
5,00	4,50	5,00	0,50

Der Anwendungsfall *3D-Modellerstellung* konnte bereits größtenteils ohne Einschränkungen umgesetzt werden. Für Projekte mit großen Planungsabschnitten sind die Modelle in Teilmodelle zu gliedern und abzustimmen. Die Umsetzung von Trassierungskurven ist aktuell nicht in allen Softwareanwendungen möglich und bedarf einer vorherigen Prüfung. Es sind im Vorfeld des Projektes Objektkataloge (Semantik) zu entwickeln und abzustimmen, welche den Anforderungen der durchzuführenden Anwendungsfälle entsprechen. Auch ist der Einsatz automatisierter Prüfroutinen zur effizienten und einheitlichen Qualitätssicherung schon während der Modellerstellung und im Softwareprogramm anzustreben. Beim Einsatz verschiedener Softwareanwendungen sind im Vorfeld proprietäre und offene Schnittstellen für den verlustfreien Datenaustausch zu überprüfen.

Auf Grundlage der Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung werden folgende Handlungsempfehlungen zur Erhöhung des BIM-Reifegrades bei der Umsetzung des Anwendungsfalles *3D-Modellerstellung* definiert:

- Bereitstellung detaillierter Objektkataloge (Semantik) für alle Fachmodelle mit nach Projektphasen und Anwendungsfällen abgestuften LOD-Definitionen
- Bereitstellung einheitlicher Prüfregelein zur Bewertung und Sicherstellung der Modellqualität
- Regelmäßige, vollautomatisierte Modellprüfung auf Basis abgestimmter Regelsätze

### 3D-Kollisionsprüfung und Planungscoordination (AWF 6 und 7)

Zielniveau 2020	durchschnittlicher Reifegrad	maximaler Reifegrad	Potential
5,00	3,57	4,67	1,10

Die Umsetzung der Anwendungsfälle *3D-Kollisionsprüfung und Planungscoordination* erfordert einen verlustfreien Austausch von Informationen über verschiedene Programme und ggf. Plattformen. Die Schnittstellen zum Informationsaustausch und die zu verwendenden Datenformate sind im Vorfeld intensiv zu prüfen. Zur effizienten Durchführung von Kollisionsprüfungen sind detailliert beschriebene Objektkataloge (Beschreibung der semantischen Detaillierung abgestimmt auf die unterschiedlichen Projektphasen und Anwendungsfälle) zu definieren. Aufbauend sind zwischen AG und AN einheitliche PrüfregeIn abzustimmen sowie Prüfzyklen und Abläufe zur Behebung eventueller Kollisionen zu definieren. Zur Steigerung der Performance der Kollisionsprüfung können Teilmodelle mit kleineren Planungsbereichen erstellt werden. Durch die Verknüpfung der Modelle mit der Terminplanung können Kollisionsprüfungen auch unter Berücksichtigung des zeitlichen Aspektes durchgeführt werden. Hierdurch ist eine Bewertung der Machbarkeit der Baumaßnahme (z.B. unter Berücksichtigung von Sperrzeiten oder Umverlegungen) möglich. Allen Projektbeteiligten ist zur Nachverfolgung der Modellentwicklung der Zugang zu Programmen oder einer gemeinsamen Datenumgebung mit inkludiertem Viewer bereitzustellen. Die modellbasierte Kommunikation ist durch Plattformen mit automatisiertem Aufgabenmanagement und -nachverfolgung zu realisieren. Die Dokumentation der modellbasierten Planungscoordination sollte direkt am Modell durch offene Austauschformate (z.B. BCF) erfolgen. Die eingesetzte gemeinsame Datenumgebung sollte entsprechende Funktionalitäten unterstützen. Auch weiterführende Überprüfungen von Sachverhalten auf Grundlage der Modelle, wie z.B. Sichtweitenanalyse / Lichtsignalanalysen sind anzustreben.

Auf Grundlage der Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung werden folgende Handlungsempfehlungen zur Erhöhung des BIM-Reifegrades bei der Umsetzung der Anwendungsfälle *3D-Kollisionsprüfung und Planungscoordination* definiert:

- Bereitstellung detaillierter Objektkataloge (Semantik) für alle Fachmodelle mit nach Projektphasen und Anwendungsfällen abgestuften LOD-Definitionen
- Eindeutige Definition der Verantwortlichkeiten für Koordinations- und Fachmodelle
- Bereitstellung einheitlicher PrüfregeIn zur Bewertung und Sicherstellung der Modellqualität
- Direkte Verknüpfung der Modellprüfung und Modellkommunikation in die gemeinsame Datenumgebung
- Automatisiertes Aufgabenmanagement und -nachverfolgung

- Berücksichtigung von Bauphasen und Bauzuständen zur Berücksichtigung zeitlicher Aspekte (Baubarkeitskontrolle)
- Nutzung offener Formate zur modellgestützten Planungscoordination (z.B. BCF)
- Berücksichtigung von Bauphasen und Bauzuständen in den Prüfregelein
- Zusätzliche Prüfung auf Vorgaben wie z.B. Sichtweitenanalyse / Lichtsignalanalysen
- Bereitstellung einer gemeinsamen Datenumgebung mit integriertem Viewer

### Erstellung von 2D-Plänen aus 3D-Modellen (AWF 8)

Zielniveau 2020	durchschnittlicher Reifegrad	maximaler Reifegrad	Potential
4,00	2,15	3,0	0,85

Der Anwendungsfall *Erstellung von 2D-Plänen aus 3D-Modellen* wurde nur in einzelnen Projekten durchgeführt. Die identifizierten Maßnahmen zur Erhöhung des BIM-Reifegrades basieren somit nur auf einer geringen Datengrundlage.

Die Ableitung von 2D-Plänen aus Modellen bedarf aktuell noch einer händischen Nachbearbeitung. Insbesondere für die Ableitung von Lageplänen und Längsschnitte sind im Vorfeld die Möglichkeiten der eingesetzten Programme gründlich zu prüfen. Eine skriptbasierte Nachbearbeitung der Pläne (z.B. zur Erzeugung spezieller Maßketten) ist technisch möglich. Es sind Modellbereiche zu definieren in denen eine Planableitung benötigt wird. Zusätzlich ist intensiv zu prüfen, ob die für das Projekt geltenden technischen Regelwerke der Plandarstellung mit einer BIM-Bearbeitung kompatibel sind und ob für Bereiche eine abweichende Darstellung zulässig ist. Diese Regelungen müssen im Vorfeld schriftlich vereinbart werden. Hierfür sind in Abstimmung mit dem Anwendungsfall *Modellerstellung (AWF 5)* die benötigte geometrische und semantische Informationstiefe zu definieren. Einfache Bauwerksschnitte sind ohne großen Nachbearbeitungsaufwand möglich. Es sind Konzepte zu entwickeln, welche die Konsistenz zwischen 3D-Modell und nachbearbeiteten 2D-Plänen sicherstellt. Dies kann über eine Verknüpfung der Pläne mit einem Modellstand über die gemeinsame Datenumgebung erfolgen.

Auf Grundlage der Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung werden folgende Handlungsempfehlungen zur Erhöhung des BIM-Reifegrades bei der Umsetzung des Anwendungsfalls *Erstellung von 2D-Plänen aus 3D-Modellen* definiert:

- Detaillierte Festlegung in welchen Bereichen und für welche Bauwerke eine 2D-Planableitung durchzuführen ist
- Bereitstellung detaillierter Objektkataloge (Semantik) für alle Fachmodelle mit nach Projektphasen und Anwendungsfällen abgestuften LOD-Definitionen
- Intensive Prüfung der Funktionalitäten der eingesetzten Programme zur Planableitung

- Festlegung der in der Nachbearbeitung hinzuzufügenden Informationen
- Verknüpfung von Plänen und Modellständen zur Sicherstellung der Konsistenz zwischen 2D-Plänen und 3D-Modell

#### 4D-Modellerstellung, Darstellung des Bauablaufs (AWF 9)

Zielniveau 2020	durchschnittlicher Reifegrad	maximaler Reifegrad	Potential
4,00	2,92	3,67	0,75

Die *4D-Modellerstellung* bedarf einer im Projekt über alle Teil- und Fachmodelle einheitlich definierten Modellstrukturierung. Die Modellstruktur ist hierbei in der Granularität kompatibel mit den im Projekt verwendeten Vorgängen der Terminplanung zu definieren. Die hier definierte Struktur sollte bereits in den Anwendungsfällen *3D-Bestandsmodellierung (AWF 2)* und *3D-Modellerstellung (AWF 5)* Anwendung finden. Durch die Nutzung abgestimmter Modellstrukturen lassen sich Verknüpfungsregeln erstellen. Die automatisierte 4D-Verknüpfung ermöglicht in den Anwendungsfällen *3D-Kollisionsprüfung (AWF 6)* und *Planungskoordination (AWF 7)* die Durchführung der regelbasierten Überprüfung des Bauablaufs. Bauabschnitte, Aufwandswerte und Mengen sind mit Vorgängen und Objekten der Fachmodelle zu verknüpfen (modellbasierte Bauablaufplanung), um somit die teilautomatisierte Generierung der Terminplanung auf Basis der Modellinformationen zu realisieren. Etwaige Planungsänderungen ergeben somit automatisiert neue Stände der Terminplanung. Auch lassen sich durch die Verknüpfung von Modellinformationen und Leistungsansätzen Terminpläne direkt aus den Modellen ableiten (modellbasierte Bauablaufplanung). Hierfür ist eine adäquate *Objektbasierte Mengenermittlung AWF 12* durchzuführen. Die Schnittstellen zum Austausch von 4D-Modellinformationen sind im Vorfeld intensiv zu prüfen. Hierfür bietet sich die Erstellung strukturell gleichartiger Testmodelle an.

Auf Grundlage der Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung werden folgende Handlungsempfehlungen zur Erhöhung des BIM-Reifegrades bei der Umsetzung des Anwendungsfalls *4D-Modellerstellung, Darstellung des Bauablaufs* definiert:

- Definition einer abgestimmten Struktur über alle Teil- und Fachmodelle mit Vorgängen der Terminplanung
- Vorgabe oder Definition der Regeln zur automatisierten Verknüpfung von Modellen und konventionell erstellten Terminplänen
- Automatisierte Generierung der Terminpläne aus den Modellen auf Basis implizierter Verknüpfung
- Intensive Überprüfung des 4D-Datenaustauschs über im Vorfeld erstellte Testmodelle

#### 5D-Modellerstellung, Darstellung des Kostenverlaufs (AWF 10)

Zielniveau 2020	durchschnittlicher Reifegrad	maximaler Reifegrad	Potential
4,00	3,06	3,67	0,61

Die *5D-Modellerstellung* bedarf einer im Projekt über alle Teil- und Fachmodelle einheitlich definierten Modellstrukturierung. Die Modellstruktur ist hierbei in der Granularität kompatibel mit den im Projekt verwendeten Kostenstrukturen zu definieren. Die hier definierte Struktur sollte bereits in den Anwendungsfällen *3D-Bestandsmodellierung (AWF 2)* und *3D-Modellerstellung (AWF 5)* Anwendung finden und mit der Struktur des Anwendungsfalls *4D-Modellerstellung, Darstellung des Bauablaufs (AWF 9)* kompatibel sein. Der Umgang mit Pauschalpositionen innerhalb der modellbasierten Abrechnung ist im Vorfeld abzustimmen und gegebenenfalls über Platzhalterobjekte zu realisieren. Alle aus den Modellen ableitbaren Mengen und Kostenpositionen sind über Verknüpfungen zu einem automatisierten Abrechnungsprozess zusammenzuführen. Es ist im Vorfeld die Möglichkeit einer vollständigen Kostenschätzung anhand von Fachmodellen auf Basis verknüpfter Mengen und LV-Positionen sowie die Weiternutzung der Modelle zur Abrechnung auf Basis der Leistungsaufnahme zu prüfen. Eine manuelle Nachbearbeitung der Kostenschätzung ist zu vermeiden. Für alle nicht aus Modellen ableitbaren oder nicht abgeleiteten Positionen ist ein Konzept zur Sicherstellung der Konsistenz der Informationen mit dem aktuellen Planungsstand zu implementieren.

Auf Grundlage der Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung werden folgende Handlungsempfehlungen zur Erhöhung des BIM-Reifegrades bei der Umsetzung des Anwendungsfalls *5D-Modellerstellung, Darstellung des Kostenverlaufs* definiert:

- Definition einer abgestimmten Struktur über alle Teil- und Fachmodelle mit der im Projekt verwendeten Kostenstruktur
- Beschreibung des Umgangs mit Pauschalpositionen, gegebenenfalls über Platzhalterobjekte
- Umsetzung vollständiger Kostenschätzung anhand von Fachmodellen auf Basis verknüpfter Mengen und LV-Positionen
- Weiternutzung der Modelle auch zur Abrechnung auf Basis von Leistungsaufnahmen
- Intensive Überprüfung des 5D-Datenaustauschs über im Vorfeld erstellte Testmodelle

### Objektbasierte Mengenermittlung (AWF 12)

Zielniveau 2020	durchschnittlicher Reifegrad	maximaler Reifegrad	Potential
-----------------	------------------------------	---------------------	-----------



4,00	3,55	5,00	1,45
------	------	------	------

Die *objektbasierte Mengenermittlung* ist Grundlage für die Anwendungsfälle *4D-Modellerstellung* (AWF 9), wenn dort eine modellbasierte Visualisierung des Bauablaufs (Ableitung des Terminmodells) durchgeführt wird, *5D-Modellerstellung* (AWF 10), *Teilautomatisierte LV-Erstellung und Modellbasierte Ausschreibung und Vergabe* (AWF 13 und 14). Durch die Nutzung eindeutiger Verknüpfungsregeln zwischen Modellobjekten und Leistungspositionen lassen sich die Mengen automatisiert aus den Fachmodellen ermitteln. Im Vorfeld des Projektes müssen Regelungen bezüglich nicht im Modell abgebildeter Mengen getroffen werden. In solchen Fällen sind Attribute zu verwenden, welche im Zuge der Mengenermittlung ausgewertet und zur Mengenermittlung verwendet werden (z.B. Bewehrungsgrad von Stahlbetonbauteilen in kg/m<sup>3</sup>). Auch ist der Umgang mit möglichen Abweichungen zwischen aus den Modellen abgeleiteten Mengen (Nettomengen) und ggf. geforderter VOB-Mengen zu definieren. Es ist anzustreben, im Vorfeld des Projektes neben der für die Mengenermittlung und Verknüpfung mit den Leistungspositionen kompatiblen Modellstruktur auch eine einheitliche Festlegung der Mengenermittlungsformeln zu treffen. Eine dynamische Verknüpfung zwischen Modellelementen und Leistungspositionen ist anzustreben. Für alle nicht aus Modellen ableitbaren oder nicht abgeleiteten Mengen ist ein Konzept zur Sicherstellung der Konsistenz der Informationen mit dem aktuellen Planungsstand zu implementieren.

Auf Grundlage der Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung werden folgende Handlungsempfehlungen zur Erhöhung des BIM-Reifegrades bei der Umsetzung des Anwendungsfalles *Objektbasierte Mengenermittlung* definiert:

- Definition einer abgestimmten Struktur über alle Teil- und Fachmodelle mit der im Projekt verwendeten Kostenstruktur
- Abstimmung bezüglich zu verwendender Mengenermittlungsformeln
- Automatisierte Mengenermittlung über dynamische Verknüpfung zwischen Objekten und Leistungspositionen
- Festlegung der benötigten Bestandsmengen und deren Abstimmung mit den Anwendungsfällen *3D-Bestandsaufnahme und 3D-Bestandsmodellierung* (AWF 1 und 2)

### Teilautomatisierte LV-Erstellung und Modellbasierte Ausschreibung und Vergabe (AWF 13 und 14)

Zielniveau 2020	durchschnittlicher Reifegrad	maximaler Reifegrad	Potential
4,00	4,00	4,00	0,00

Der Anwendungsfall *Teilautomatisierte LV-Erstellung (AWF 13)* wurde im Zeitraum der wissenschaftlichen Begleitung exemplarisch in einem Projekt für ein Gewerk des Ingenieurbaus pilotiert. Die Ableitung allgemeingültiger Handlungsempfehlungen ist auf dieser Datenbasis nicht möglich.

Der Anwendungsfall *Modellbasierte Ausschreibung und Vergabe (AWF 14)* wurde im Zeitraum der wissenschaftlichen Begleitung nicht vollumfänglich pilotiert. Somit können für diesen Anwendungsfall keine Handlungsempfehlungen zur Erhöhung des BIM-Reifegrades auf Basis der untersuchten Pilotprojekte formuliert werden.

Die teilautomatisierte Befüllung der Positionen des Leistungsverzeichnisses wurde in einer speziellen AVA-Software durch die regelbasierte Verknüpfung zwischen Objekten und Leistungspositionen durchgeführt. Die Nutzung von Attributen als Auswahlfilter zur Unterstützung einer Verknüpfung hat sich hierbei als praktikabel erwiesen. Die Erstellung einer einheitlichen und mit den Anwendungsfällen *5D-Modellerstellung, Darstellung des Kostenverlaufs (AWF 10)* und *Objektbasierte Mengenermittlung (AWF 12)* abgestimmten Modellstruktur im Vorfeld des Projektes ist als wichtigster Faktor zur erfolgreichen Umsetzung der Anwendungsfälle *Teilautomatisierte LV-Erstellung (AWF 13)* und *Modellbasierte Ausschreibung und Vergabe (AWF 14)* identifiziert worden.

- Die Empfehlungen der Anwendungsfälle *5D-Modellerstellung (AWF 10)* und *Objektbasierte Mengenermittlung (AWF 12)* gelten auch für die Anwendungsfälle *Teilautomatisierte LV-Erstellung (AWF 13)* und *Modellbasierte Ausschreibung und Vergabe (AWF 14)*.

### Baufortschrittskontrolle anhand des 4D-Modells (AWF 16)

Zielniveau 2020	durchschnittlicher Reifegrad	maximaler Reifegrad	Potential
3,50	2,67	3,00	0,34

Der Anwendungsfall *Baufortschrittskontrolle anhand des 4D-Modells* wurde nur in einzelnen Projekten durchgeführt. Die identifizierten Maßnahmen zur Erhöhung des BIM-Reifegrades basieren somit nur auf einer geringen Datengrundlage.

Die Umsetzung der Baufortschrittskontrolle bedarf eines vollständig umgesetzten Anwendungsfalles *4D-Modellerstellung, Darstellung des Bauablaufs (AWF 9)*. Falls die Baufortschrittskontrolle zur Projektsteuerung und zum Projektcontrolling genutzt wird, ist auch eine vollständige Umsetzung des Anwendungsfalles *Objektbasierte Mengenermittlung (AWF 10)* nötig. Die Verknüpfungsprozesse sind möglichst automatisiert und regelbasiert umzusetzen. Schnittstellen zur Informationsübergabe bezüglich 4D- und 5D-Modelldaten bedürfen einer intensiven Überprüfung und gegebenenfalls projektspezifische Anpassungen der

offenen Datenformate. Zu Baubesprechungen sind die 4D- und 5D-Modelle zur Darstellung des Soll-Ist-Vergleichs einzusetzen.

Es sind Konzepte zur digitalen Aufnahme des Baufortschritts zu entwickeln (z.B. Nutzung von Tablets) und entsprechende Schulungsangebote zur Steigerung der Akzeptanz anzubieten. Eine parallele Aufnahme des Baufortschritts über konventionelle und digitale Methoden erzeugt Redundanzen ist nicht zu empfehlen.

Auf Grundlage der Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung werden folgende Handlungsempfehlungen zur Erhöhung des BIM-Reifegrades bei der Umsetzung des Anwendungsfalls *Baufortschrittskontrolle anhand des 4D-Modells* definiert:

- Vollständige Umsetzung des Anwendungsfalls *4D-Modellerstellung (AWF 9)*
- Für die Nutzung als Instrument des Projektcontrollings und Unterstützung der Baufortschrittskontrolle vollständige Umsetzung des Anwendungsfalls *Objektbasierte Mengenermittlung (AWF 10)*
- Intensive Überprüfung der Schnittstellen zum Informationsaustausch mehrdimensionaler Modelle und gegebenenfalls projektspezifischer Anpassungen der offenen Datenformate
- Nutzung der 4D- und 5D-Modelle während Baubesprechungen zur Darstellung des Soll-Ist-Vergleichs
- Entwicklung von Konzepten zur digitalen Aufnahme des Baufortschritts und entsprechende Schulungsangebote zur Steigerung der Akzeptanz
- Keine parallele Baufortschrittskontrolle durch konventionelle und digitale Methoden

### Stichtagsgenaue Earned-Value Betrachtung anhand des 5D-Modells und Modellbasierte Bauabrechnung (AWF 17 und 18)

Zielniveau 2020	durchschnittlicher Reifegrad	maximaler Reifegrad	Potential
4,50	2,50	3,50	1,00

Die DB-Anwendungsfälle zur *Stichtagsgenauen Earned-Value Betrachtung anhand des 5D-Modells* und *modellbasierten Bauabrechnung* werden zusammen betrachtet. Ohne eine Zuordnung der Leistungspositionen zu den digitalen Modellen ist eine Earned-Value Betrachtung nicht möglich.

Der Anwendungsfall *Earned-Value-Betrachtung und Bauabrechnung* wurde im Zeitraum der wissenschaftlichen Begleitung nur in einem Projekt exemplarisch durchgeführt. Die identifizierten Maßnahmen zur Erhöhung des BIM-Reifegrades basieren somit auf einer geringen Datengrundlage.

Die stichtagsgenaue Bauabrechnung basiert auf den Ergebnissen der vollständigen Umsetzung der Anwendungsfälle *4D-Modellerstellung (AWF 9)*, *5D-Modellerstellung (AWF 10)*, *Objektbasierte Mengenermittlung (AWF 12)*, *Teilautomatisierte LV-Erstellung (AWF 13)* und *Baufortschrittskontrolle anhand des 4D-Modells (AWF 16)*. Ein auf die Modellstruktur abgestimmtes Leistungsverzeichnis ist hierbei unabdinglich. Es sind im Vorfeld die internen Rechnungsläufe auf Kompatibilität mit der modellgestützten Bauabrechnung zu prüfen. Der Anwendungsfall erfordert einen intensiven modellbasierten Informationsaustausch und eine ausreichende Qualifikation zur Nutzung der Daten auf Seiten des AG und des AN.

Auf Grundlage der Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung werden folgende Handlungsempfehlungen zur Erhöhung des BIM-Reifegrades bei der Umsetzung der Anwendungsfälle *Stichtagsgenaue Earned-Value Betrachtung anhand des 5D-Modells* und *Modellbasierte Bauabrechnung* definiert:

- Vollständige Umsetzung der Anwendungsfälle *4D-Modellerstellung (AWF 9)*, *5D-Modellerstellung (AWF 10)*, *Objektbasierte Mengenermittlung (AWF 12)*, *Teilautomatisierte LV-Erstellung (AWF 13)* und *Baufortschrittskontrolle anhand des 4D-Modells (AWF 16)*
- Prüfung der internen Rechnungsläufe auf Kompatibilität zur modellbasierten Abrechnung
- Leistungen werden zum Zeitpunkt der Fertigstellung vom AN modellbasiert übermittelt
- Nutzung der modellbasierten Daten zur Abrechnungsroutine durch den AG

### Erstellung eines 3D-Bestandsmodells, Verknüpfung der Plandokumente mit dem 3D-Bestandsmodell, Verknüpfung der Baustellendokumentation mit dem 3D-Bestandsmodell (AWF 20, 21, und 22)

Zielniveau 2020	durchschnittlicher Reifegrad	maximaler Reifegrad	Potential
4,40	3,40	3,80	0,40

Die Anwendungsfälle *Erstellung eines 3D-Bestandsmodells, Verknüpfung der Plandokumente mit dem 3D-Bestandsmodell, Verknüpfung der Baustellendokumentation mit dem 3D-Bestandsmodell* wurden nur in einzelnen Projekten durchgeführt. Die identifizierten Maßnahmen zur Erhöhung des BIM-Reifegrades basieren somit nur auf einer geringen Datengrundlage.

Zur Weiternutzung der 3D-Planungsmodelle (Bau-Soll) ist während oder nach Beendigung der Baumaßnahme ein geometrischer Abgleich mit dem Ist-Zustand durchzuführen (z.B. Laserscans). Für die Baufortschrittskontrolle und Mängelerfassung während der Bauausführung sind Workflows zur Integration der aufgenommenen Daten in das spätere Bestandsmodell zu etablieren. Die für die Bauwerksdokumentation und späteren Betrieb benötigten

Informationen sind im Vorfeld durch den AG zu definieren. Eine getrennte Umsetzung der Dokumentation über nicht abgestimmte 2D-Pläne und 3D-Modelle ist nicht zu empfehlen.

Auf Grundlage der Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung werden folgende Handlungsempfehlungen zur Erhöhung des BIM-Reifegrades bei der Umsetzung der Anwendungsfälle *Erstellung eines 3D-Bestandsmodells*, *Verknüpfung der Plandokumente mit dem 3D-Bestandsmodell*, *Verknüpfung der Baustellendokumentation mit dem 3D-Bestandsmodell* definiert:

- Kontinuierlicher Abgleich des Bauzustandes (Bau-Ist) mit den Ausführungsmodellen (Bau-Soll)
- Anpassung der Modelle bezüglich Bautoleranzen und semantischer Informationen, gegebenenfalls nur Dokumentation der Abweichungen bzw. Toleranzüberschreitungen.
- Objektbasierte Verknüpfung der Dokumentation mit Modellbauteilen

### Übergeordnete Anwendungsfälle

Maßnahmen zur Erhöhung des Reifegrades der projektübergreifenden Anwendungsfälle *Erstellung eines BIM Abwicklungsplans (AWF 25)*, *Freigabe für Eingangsdaten und Lieferobjekte (AWF 26)*, *Arbeits- und Informationsplattform (AWF 26)* und *Standardisiertes Berichtswesen (AWF 28)* sind in den konkreten Handlungsempfehlungen für öffentliche Auftraggeber (Kapitel 4.2) und den Handlungsempfehlungen für planende und bauausführende Unternehmen (Kapitel 4.3.1 und 4.3.2) beschrieben.

## 4 Handlungsempfehlungen und Maßnahmen

Der Erfolg der BIM-Anwendung hängt von der aktiven Beteiligung aller Akteure der Wertschöpfungskette Planen, Bauen und Betreiben über den kompletten Lebenszyklus einer Eiseninfrastrukturanlage ab. Die Politik, vor allem die Ministerien, insbesondere das BMVI, und die berufspolitisch wirkenden Kammern und Verbände, haben eine unterstützende Rolle, um entsprechende Rahmenbedingungen zu setzen. Gemäß dem Stufenplan „Digitales Planen und Bauen“ sollen die Auftraggeber ihre Anforderungen genau festlegen, die Prüfkriterien und das Prüfverfahren vertraglich vereinbaren, die Ausschreibungsunterlagen BIM-basiert sachgerecht erstellen sowie die eingehenden Angebote und das Endergebnis bewerten können. Der Auftragnehmer soll dagegen in der Lage sein, alle zu erbringenden Leistungen auf der Grundlage des modellbasierten Arbeitens in digitaler Form zu liefern und die anvisierten BIM-Ziele erfolgreich umzusetzen.

Die Handlungsempfehlungen und Maßnahmen sollen dementsprechend alle genannten Akteure der Wert-schöpfungskette Planen, Bauen und Betreiben ansprechen:

- Die Politik, dazu gehören vor allem das Ministerium BMVI, weitere Ministerien und Anstalten sowie die Kammern und Verbände der deutschen Bauwirtschaft
- Die Auftraggeber, insbesondere die öffentlichen Vorhabenträger im Infrastrukturbau
- Die Auftragnehmer, insbesondere die Planer und Bauausführende im Infrastrukturbau
- Die Betreiberorganisation innerhalb der Organisation des öffentlichen Vorhabenträgers

Sowohl im Stufenplan „Digitales Planen und Bauen“ als auch im INFRABIM Bericht der Vorbereitungsphase 2015–2017 wurden bereits Handlungsempfehlungen und Maßnahmen erarbeitet und an die jeweilige o.g. Zielgruppe angepasst. Im Rahmen dieser wissenschaftlichen Begleitung der erweiterten Phase 2017–2020 wurden die Handlungsempfehlungen aus dem Stufenplan (2015) und dem auf den ersten fünf Pilot-Projekten basierten Bericht (2017) analysiert und mit Hilfe der nächsten 13 BIM-Pilotprojekte für Schienenwegebau ergänzt und validiert. Die bisherigen Empfehlungen konnten anhand der Erfahrungen aus den weiteren 13 BIM-Pilotprojekten im Wesentlichen bestätigt werden. Zusätzlich wurden neue Handlungsempfehlungen identifiziert und einige vertieft, die wiederum in Bezug auf die bereits im Stufenplan erwähnten fünf BIM-Handlungsfelder dargestellt werden:

- Daten
- Prozesse
- Rahmenbedingungen
- Technologien
- Qualifikationen

Neben den konkreten Handlungsempfehlungen werden überdies Empfehlungen zu folgenden weiterführenden Umsetzungsstrategien von Infrastrukturmaßnahmen des Bundes erläutert:

- Forschung und Entwicklung
- Normung und Standardisierung

Nachdem die grundlegenden Voraussetzungen festgelegt und die Handlungsempfehlungen durch alle beteiligten Akteure der deutschen Bauwirtschaft erfolgreich umgesetzt worden sind, kann gemäß dem Stufenplan ab Ende 2020 BIM mit Leistungsniveau 1 erfolgreich und vollumfänglich im gesamten Verkehrsinfrastrukturbau bei neu zu planenden Projekten realisiert werden.

Zu den wichtigsten Grundelementen, die gemäß der wissenschaftlichen Begleitung der 13 BIM-Pilotprojekte für die erfolgreiche Umsetzung des gesamten BIM-Prozesses erforderlich sind, gehören:

- Standards für Daten allgemein
- Standards für Datenaustausch
- Standards für Attribute und Attributlisten
- Standards für Objekte und Objektkataloge (Semantik)
- Standards für die Datenaufnahme
- Anpassung der (Richtlinien für) Ausschreibungen mit der BIM Methodik
- Anpassung von Prüf- und Genehmigungsverfahren an die BIM-Methodik
- Ausarbeitungsgrad (LOD) festlegen
- Technische Anforderungen zur Benutzung von BIM (Hard- und Software)
- Anpassungen der Unternehmensrichtlinien an die BIM-Methodik
- Etablierung der BIM-Methodik im Planungsalltag
- Standardisierter Aufbau und Inhalt der AIA
- Standardisierter Aufbau und Inhalt des BAP
- Dokumentation der Erfahrungen
- Einheitliche Regelungen zur Kommunikation im Projekt
- Aus- und Weiterbildung von Akteuren

Die konkreten Handlungsempfehlungen werden in den nachfolgenden Abschnitten gemäß den Bedürfnissen der einzelnen Zielgruppen der gesamten Wertschöpfungskette ausführlich erläutert.

#### 4.1 Handlungsempfehlungen für die Politik

Die Durchführung von Pilotvorhaben und ihre Förderung durch das BMVI wird als eine der zielführendsten Maßnahmen eingeschätzt, die es ermöglichen, die BIM-Anwendung praktisch zu erproben, Erfahrungen zu sammeln sowie aus den Erfahrungen zu lernen und diese in Form von Berichten, Präsentationen und als Bestandteil von Weiterbildungen in der Öffentlichkeit zu verbreiten. Sowohl in der ersten (Vorbereitungsphase) und größtenteils noch in der zweiten Phase der Pilotierung wurde vorrangig die parallele Arbeit mit BIM

praktiziert. Die Kombination der konventionellen Arbeit mit der BIM-Methode führt laut den Aussagen der Projektbeteiligten bei der Parallelbearbeitung zu einem erhöhten Aufwand, einer geringen Akzeptanz und einer eingeschränkten Nutzung im Tagesgeschäft. Nach der bereits insgesamt positiv eingeschätzten Übergangsphase soll dementsprechend BIM in den nächsten Projekten als alleinige Planungsmethode, insbesondere für die bereits als umsetzungsreif betrachteten Anwendungsfälle, eingesetzt werden.

Den Ministerien, nachgelagerten Behörden und Verbänden wird generell empfohlen:

- Weitere BIM-gestützte Projekte in laufenden Infrastrukturmaßnahmen des Bundes zu fördern, die v.a. die noch nicht betrachteten bzw. als noch schwierig erkannten AWF (z.B. das BIM-basierte Planfeststellungsverfahren, der BIM-basierte Bauaufsichtsprozess nach VV Bau, die modellbasierte Wartungs- und Instandhaltungsplanung sowie die BIM-basierte Instandhaltung und Instandsetzung, etc.) im Fokus haben. Dabei müssen zunehmend die Projekte im Mittelpunkt stehen, in denen BIM die primäre Methode der Projektabwicklung bildet, die die BIM-Methode ab den ersten Leistungsphasen des Projektes einsetzt und in denen weitere Anwendungsfälle pilotiert werden. Es wird generell empfohlen, den Fokus auf wenige Anwendungsfälle zu legen und diese erfolgreich umzusetzen. Für die Einschätzung der Effizienzsteigerung ist es notwendig, die Effizienz der konventionell und mit Hilfe der BIM-Methode durchgeführten Projekte zu vergleichen. Ab 2020 wird weiterhin empfohlen, die ersten BIM-Projekte beratend zu begleiten. Die beratende Funktion kann das BIM-Kompetenzzentrum übernehmen.
- Mehr auf die BIM-Methodik umzulenken, Verständnis und Kompetenzen auf diesem Gebiet in eigenen Strukturen aufzubauen.
- Die zurzeit weiterhin zu niedrigen BIM-Kompetenzen im Bereich Schienenbau zu erhöhen. Der Kompetenzaufbau ist dabei nicht nur bei Auftragnehmern, sondern auch bei genehmigenden/ planfeststellenden Behörden zu sichern. Generell soll allen BIM-Planungs- und Bauprozessbeteiligten ein Angebot von zertifizierten Schulungen für alle involvierten Fachbereiche und Anwendungsfälle bereitgestellt werden.
- Den Verbänden und Kammern der deutschen Bauwirtschaft wird empfohlen, die weiteren pilotierten und als einsatzbereit geprüften Anwendungsfälle ihren jeweiligen Mitgliedern vorzustellen und zu erläutern. Das erworbene Wissen und die Erfahrungen sollen überdies in die eigenen Informations- und Weiterbildungsaktivitäten einbezogen werden.
- Für die BIM-Anwendung in der Industrie zu werben und diese zu forcieren sowie die Vernetzung zu verstärken. Die Verbände sollen überdies die nationale und internationale Standardisierung vorantreiben. Insbesondere über buildingSMART sollte weiterhin die Weiterentwicklung von IfcRail vorangetrieben werden.



- Einen direkten Kommunikationskanal zum BMVI zu schaffen, um den Kommunikationsprozess zwischen den Beteiligten der Wertschöpfungskette zu verbessern und ihre Erwartungen besser abzustimmen. Die Steuerung der Kommunikation kann beispielsweise im Auftrag des BMVI das neu gegründete BIM-Kompetenzzentrum übernehmen. Von der Politik wird überdies erwartet, die Finanzierung zukünftiger Planung „mit BIM“ (für Eisenbahninfrastruktur bereits umgesetzt) und eine richtige Bewertung der Aufwendungen in den Leistungsphasen zu klären. Dabei soll der Mehraufwand in vorangegangenen LP (1-4) mitberücksichtigt werden.

#### 4.1.1 Konkrete Handlungsempfehlungen

Um die umfassende Einführung von BIM gemäß den Zielen und Etappen des Stufenplans „Digitales Planen und Bauen“ zu fördern und zu gewährleisten, soll die Politik in den BIM-Handlungsfeldern folgende Maßnahmen ergreifen.

##### 4.1.1.1 Daten

Die Bedeutung des digitalen Managements für die erfolgreiche Anwendung von BIM sowie einige Empfehlungen bzgl. des BIM-bezogenen Datenmanagements wurden bereits im Bericht der Vorbereitungsphase 2015–2017 dargestellt. Die wichtigste und weiterhin aktuell erforderliche Maßnahme bildet die Setzung notwendiger einheitlicher Vorgaben und Strukturen, einschließlich der erforderlichen Standardisierung, die durch die Politik verstärkt vorgenommen werden soll. Die Zusammenstellung grundlegender Informationsanforderungen v.a. an die Objekte, Attribute, Lieferformate und Prüfprozesse bildet die Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche BIM-Anwendung. Dazu gehört ebenfalls die Erstellung von standardisierten Dokumenten wie der AIA, BAP und Leistungsbilder auf der Bundesebene, die eine Vorlage für die fachbereichs- und projektspezifischen Informationsanforderungen bilden.

Da das herstellerneutrale IFC-Format für den Bereich Schienenwegebau noch nicht ausgereift ist, soll darüber hinaus die Weiterentwicklung von IfcRail vorangetrieben werden, um die auch in der zweiten Phase der Pilotierung aufgetretenen Probleme des Datenaustauschs für die künftigen BIM-Vorhaben zu beseitigen.

Somit wird den Ministerien, nachgelagerten Behörden und Verbänden hinsichtlich des Datenmanagements empfohlen:

- Die für die typischen Bauwerkstypen notwendigen Klassifikationen, wie die vereinheitlichten Objekt- und Attributkataloge (Semantik), sowie Vorlagen mit der Festlegung der konkreten Ausgestaltung des Informationsgrads (in Bezug auf die Geometrie und Alphanumerik (LOD, LOI) ) in den einzelnen Leistungsphasen übergreifend für alle Projekte zu entwickeln. (s. Vereinbarung im Rahmen des BIM-Kompetenzzentrums)
- Den Einsatz herstellerneutraler, offener Datenschnittstellen weiterhin zu fördern. Um die Qualität der dafür notwendigen Softwareschnittstellen zu sichern, soll ge-

meinsam mit der Industrie ein Zertifizierungsprogramm entwickelt werden. Im Fall des Infrastrukturbereichs ist die Entwicklung der bereits in der Umsetzung befindlichen Erweiterungen des internationalen Standards DIN EN ISO 16739 „Industry Foundation Classes (IFC)“ im Bereich Schienenwegebau (IfcRail) weiterhin fortzuführen. Ratsam ist ebenfalls die Ausweitung der Datenformate je nach Anwendungszweck. (für weitere Standardisierungen s. Normungsstrategie als Teil des BIM-Kompetenzzentrums des Bundes)

#### 4.1.1.2 Prozesse

Die Gestaltung des projektbezogenen Prozessmanagements mit Hilfe der BIM-Methodik wurde in der erweiterten Phase 2017–2020 fortgeschrieben. Die im Bericht vom Jahr 2017 identifizierte Notwendigkeit klarer und effizient umsetzbarer Vorgaben der Auftraggeber an die Projektabwicklung im Sinne der Auftraggeberinformationsanforderungen sowie der praktikablen Festlegung aller dafür notwendigen Rollen, Funktionen, Abläufe, Meilensteine, Schnittstellen, Interaktionen sowie der genutzten Technologien in Sinne des BIM-Abwicklungsplans hat sich in der erweiterten Phase der BIM-Pilotierung eindeutig bestätigt. Um den BIM-Prozess effektiv steuern und durchführen zu können, wurden bereits für AIA und BAP, wie im Punkt 4.1.1.1 beschrieben, Musterdokumente durch das BMVI veröffentlicht (s. Handreichungen BIM4INFRA). Die Erfassung einer allgemeinen Referenzrichtlinie für das Informationsmanagement, die sich auf die internationalen Vorgaben der DIN EN ISO 19650 bezieht und dabei die Besonderheiten des deutschen Infrastrukturbaus berücksichtigt und die als Empfehlung im vorherigen Bericht erwähnt wurde, ist bisher nicht erfolgt.

Die Umsetzung des BIM-gestützten projektbezogenen Prozessmanagements erfordert eine weitere Digitalisierung aller Prozesse. In der wissenschaftlichen Begleitung wurde v.a. der Bedarf an die Digitalisierung und Automatisierung der Prüf- und Genehmigungsprozesse bestätigt. Das Verfahren wurde erst in einem der begleiteten Projekte erfolgreich pilotiert und bedarf noch einer weiteren Unterstützung sowohl seitens der Behörden, die die Prozesse künftig ausführen sollen, als auch seitens der Politik, die für die Vorgaben entsprechender Regelungen zuständig ist.

Den Ministerien, nachgelagerten Behörden und Verbänden wird hinsichtlich der Prozesse empfohlen:

- Bei der Umsetzung einer bundeseinheitlichen BIM-Strategie mit den anderen Ministerien und den Kammern und Verbänden eine Referenzrichtlinie für das Informationsmanagement zu entwickeln, die einheitliche Verfahren, Rollendefinitionen und Qualifikationsanforderungen festlegt.
- Die BIM-gestützten Prozesse in den standardisierten Vorlagen für die AIA, den BAP und die BIM-Leistungsbilder auf der Bundesebene zu erfassen. Diese Muster sollen mit der Europäischen Standardisierungsinitiative in CEN/TC 442/WG 3 und der deut-

schen Richtlinienarbeit in VDI 2552-10 abgestimmt sein (s. Handreichungen BIM4INFRA <https://bim4infra.de/>).

- Den aktuell papierbasierenden konventionellen Prüf- und Genehmigungsprozess an die BIM-Methodik anzupassen und die Papierabgabe neu zu konzipieren. Dafür sollen Modelle als Genehmigungsgrundlage dienen, d.h. die Abgabe digitaler Planungsunterlagen soll erlaubt bzw. künftig gefordert werden. Auf die Bereitstellung von 2D-Plänen soll grundsätzlich verzichtet werden. Die digitalen Projektunterlagen müssen künftig von den Behörden bewertet werden können. Dafür ist die Standardisierung der Schnittstellen zur Übergabe an das EBA sowie die Standardisierung der Prüfregeln erforderlich, um die Validierung der gelieferten Modelle gemäß den aufgestellten Auftraggeberinformationsanforderungen durchzuführen. Es wird dem BMVI und den zugeordneten Behörden empfohlen, vorerst eine Kombination aus automatischer und händischer Prüfung zu etablieren. Voraussetzung für die Nutzung des automatischen Prüfverfahrens ist die Klärung der Fragen der Unterschriftregelung sowie der Verantwortung. Die Prüfenden sollen eine gemeinsame Datenumgebung nutzen.
- Neue Richtlinien u.a. für Drohnenflüge oder Datenaufnahmen weiterhin zu erfassen, um den BIM-Prozess zu unterstützen und einen reibungslosen Prozessablauf mit Hilfe neuer Technologien zu sichern. Die Verwaltungsvorschriften VV BAU und VV BAU-STE und vor allem die Richtlinie RIL 809 sollen an die BIM-Methodik angepasst werden.

#### 4.1.1.3 Rahmenbedingungen

Die Beauftragung von BIM-Leistungen beinhaltet notwendigerweise auch Änderungen in den Vertragsstrukturen. Diese sehen im Vordergrund die Verwendung einer umfangreichen Leistungsbeschreibung, gegebenenfalls eines Verhandlungsprotokolls, eines Planungs- oder Bauvertrags sowie verstärkt der AIA und eines BAP vor. Aus den in der Praxis verwendeten unterschiedlichen Herangehensweisen bei der Erstellung der Dokumentationen, die genauer im INFRABIM-Bericht (2017)<sup>4</sup> dargestellt wurden, hat sich herauskristallisiert, dass die Variante 3 am meisten den Anforderungen an den BIM-Prozess in den BIM-Projekten entspricht. Diese sieht die Definition von AIA mit den Anforderungen an BIM-Leistungen durch den Auftraggeber vor. Überdies sind die Rahmenbedingungen eines BAP formuliert, wobei die Detaillierung und Fortschreibung des Dokumentes während der Angebotsphase vom Auftragnehmer vorgenommen werden und im weiteren Verlauf eine Fortschreibung des Dokuments durch den Auftragnehmer in Abstimmung mit dem Auftraggeber stattfindet. Dies ermöglicht das Betrachten des BAP als ein lebendiges Dokument mit der Möglichkeit seiner entsprechenden Fortschreibung im Laufe der Projektabwicklung. Die in den Pilotprojekten erstellten AIA und der BAP geben bereits einen wichtigen Input für die Standardisie-

---

<sup>4</sup> Teil 1 der Handreichungen BIM4INFRA, [https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2019/07/BIM4INFRA2020\\_AP4\\_Teil1.pdf](https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2019/07/BIM4INFRA2020_AP4_Teil1.pdf)

rung der Vorlagen und wurden in den meisten Fallstudienobjekten ausführlich definiert. Die weiteren Regelungen, wie die Datenhoheit, Haftungsregeln und Datensicherheit betreffen, haben grundsätzlich keine Fragen bei den Beteiligten verursacht und werden grundsätzlich in den allgemeinen Vertragsbedingungen festgeschrieben. Die Anwendung einer entsprechenden gemeinsamen Datenumgebung fördert die klare Regelung bzgl. der Zuständigkeiten, Verantwortlichkeiten sowie der grundsätzlich dem Auftraggeber zugewiesenen Datenhoheit.

Da die konventionellen Planungsleistungen in den BIM-Pilotprojekten der erweiterten Phase separat vergeben wurden, wurde weder bei der Leistungsbeschreibung noch bei der Vergütung an die HOAI angeknüpft. Die Vergütung erfolgte bisher als Besondere Leistung auf Grundlage eines Pauschalpreises. Bei weiteren BIM-Projekten wird eine direkte Anpassung an die HOAI-Sätze angestrebt.

Den Ministerien, nachgelagerten Behörden und Verbänden wird somit empfohlen:

- Bei zukünftigen Projekten, die BIM als alleinige Planungsmethode vorsehen, die HOAI-Leistungsbilder mit BIM-spezifischen Leistungen zu kommentieren sowie eine Empfehlung der Vergütung zu geben. Die Finanzierung von BIM-Leistungen soll mit dem BMWI geklärt werden, da eine Finanzierungsförderung Besonderer Leistung (i.d.R. BIM) nicht gegeben (HOAI) ist. Es wäre auch zu klären, welche AWF eigentlich eine Besondere Leistung rechtfertigen.
- Für eine allgemeingültige oder marktübliche Bestimmung von Honoraren entsprechende Anhaltspunkte bzw. Erfahrungswerte zu erfassen, da auf Grund der Marktentwicklung die bisherige Preisspanne einzelner Angebote sehr unterschiedlich ist.
- Das Konzept einer finanziellen Unterstützung der KMUs bei der Erprobung neuer Methoden in Betracht zu ziehen.
- Die Vergabe von BIM-Leistungen transparent zu gestalten und mit einer nachvollziehbaren Bewertung auszuschreiben.
- Das Bewusstsein der Datensicherheit / Datenhoheit noch zu etablieren, bzw. die Informationen zu den genannten Themen seitens der Verbände und Kammern zur Verfügung zu stellen.

#### 4.1.1.4 Technologie

Die wissenschaftliche Begleitung der 13 BIM-Pilotprojekte bestätigt grundsätzlich die Aussagen des Stufenplans und der Handlungsempfehlungen der Vorbereitungsphase<sup>5</sup> bzgl. der Anforderungen an die Technologie sowie zu deren bisherigen Einschränkungen für die reibungslose Durchführung von BIM-Prozessen. Die in den BIM-Pilotprojekten eingesetzten

---

<sup>5</sup> *Wissenschaftliche Begleitung der BMVI Pilotprojekte zur Anwendung von BIM im Infrastrukturbau – Endbericht Handlungsempfehlungen*, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2017

Softwareprodukte erfüllen größtenteils die an den jeweiligen Verwendungszweck gerichteten Anforderungen, dabei wurde ebenfalls bestätigt, dass die Anwendung mehrerer unterschiedlicher Softwareprodukte und der Datenaustausch zwischen diesen erforderlich ist. Die im Hochbau gängige Software ist nicht in jedem Fall in Infrastrukturprojekten einsetzbar.

Es besteht weiterhin ein deutlicher Entwicklungsbedarf bei den bestehenden Technologien. Die erforderliche Verarbeitung großer Modelle im Infrastrukturbereich ist zurzeit zeit- und rechenintensiv, die Schnittstellen für den herstellerneutralen Datenaustausch erfordern weiterhin projektspezifische Anpassungen. Diese Aspekte sollen in die nächsten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten einfließen.

Neben der Schaffung eines einheitlichen Kenntnisstandes und der praktischen Erfahrung für die bereits heute mögliche Softwareunterstützung werden weitere Handlungsempfehlungen zusätzlich bzw. ergänzend zu den bisherigen Erkenntnissen aus der früheren Pilotphase erforderlich.

Somit wird den Ministerien, nachgelagerten Behörden und Verbänden hinsichtlich der Technologie empfohlen:

- Die entsprechenden Voraussetzungen für die Digitalisierung sowie die Nutzung der neuen Technologien und Software sicherzustellen. Dabei soll v.a. auf die Sicherung eines ausreichenden Internetzugangs an allen Orten (Bandbreite) geachtet werden.
- Den Beschaffungsprozess zu beschleunigen sowie die Beschaffung an sich flexibler zu gestalten damit kurzfristig Softwareprodukte für Pilotierungen oder Testanwendungen erworben werden können. Es sollen mehr Freiheiten auf der Projektebene geschaffen werden.

#### 4.1.1.5 Qualifikation

Die Impulse zur Aus- und Weiterbildung in der BIM-Thematik und zur höheren Motivation zum Einstieg in digitale Bauprozesse in der Branche sind primär seitens der Ministerien und Verbände zu schaffen. Die öffentliche Bereitstellung der ausgewerteten bisherigen Erfahrungen und Erkenntnisse aus den Pilotprojekten gehört zu den Hauptmaßnahmen, um den Kenntnisstand der Projektbeteiligten zu erhöhen.

Schulungen und die Zertifizierung der Abschlüsse motivieren die Beteiligten zum Einsatz der BIM-Methode. Hierzu sind entsprechende Qualifizierungsprogramme, welche an die jeweiligen Zielgruppen, den Kenntnisstand und die Anwendungsziele angepasst sind, notwendig. Gemäß den Aussagen der Pilotprojektbeteiligten sind die derzeit auf dem Markt angebotenen Fortbildungen stark hochbauorientiert und erlauben keine Beantwortung fachspezifischer Fragen des Infrastrukturbereichs. Für die Umsetzung der unterschiedlichen Qualifizierungsprogramme sind v.a. die Universitäten, Weiterbildungsinstitute und Einrichtungen zur beruflichen Weiterbildung zuständig.

Den Ministerien, nachgelagerten Behörden und Verbänden wird zur Erhöhung der Qualifikation empfohlen:

- Mit den BIM-Kompetenzzentren eng zusammenzuarbeiten, um die geforderten Kompetenzen und die Anforderungen an die Qualifikation für die gesamte Wertschöpfungskette zentral zu formulieren.
- Für die Erleichterung des BIM-Einstiegs und eine erfolgreiche Durchführung von BIM-Projekten im Infrastrukturbereich die vorhandenen BIM-Schulungsprogramme um fachspezifische Bestandteile zu ergänzen.
- Mehrere Förderprogramme für KMU für Qualifizierungsmaßnahmen und die Durchführung erster BIM-Pilotprojekte zu schaffen, um die Beteiligung der KMUs am BIM-Prozess zu erhöhen.
- Erstrangig das eigene Personal zur BIM-Thematik zu schulen. Dafür sollen zuerst die Anforderungen an die Qualifikation formuliert und darauf basierend ein Qualifizierungsprogramm entwickelt werden, welches den Mitarbeitern/innen ermöglicht, Kompetenzen u.a. auf dem Gebiet der BIM-Nutzung für Ausschreibung, Projektsteuerung und -überwachung, Prüfung der Vollständigkeit der AIA und BAP sowie der Planungsmodelle und Abgaben zu erwerben.
- Eine zentrale Stelle für den Wissens- und Informationsaustausch bzgl. der BIM-Methodik zu nutzen, welche ein übergeordnetes BIM-Expertenteam für Hilfestellung bei den BIM-Anforderungen in allen Projektphasen und spezifischen Problemstellungen bereitstellt. Eine schnelle und flexible Betreuung wird v.a. in der Entwicklungsphase der Methodik erwünscht. Die Rolle der zentralen Stelle kann das BIM-Kompetenzzentrum des Bundes übernehmen, welches im Juli 2019 gemäß den Handlungsempfehlungen aus der Vorbereitungsphase (2017) gegründet wurde.
- Die Erfahrungen aus den durch das BMVI initiierten BIM-Pilotprojekten als „Lessons learned“ weiterhin zu sammeln und so aufzubereiten, dass sie über eine Zentrale der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden können. Die Aktivitäten relevanter BIM-Arbeitskreise sollen fortgeführt und die Erkenntnisse aus den BIM-Projekten auf neue Projekte übertragen werden. Empfehlenswert ist ebenfalls ein Aufbau von Multiplikatoren, die das Wissen einem größeren Interessentenkreis weitergeben. Hier soll verstärkt eine Zusammenarbeit mit vorhandenen Kompetenzzentren, BIM-Clustern und regionalen Gruppen aufgebaut werden. Dies soll im Rahmen des neu gegründeten BIM-Kompetenzzentrums des Bundes realisiert werden.

#### 4.1.2 Weiterführende Strategien

Die bisherigen Hindernisse bei der vollständigen Realisierung von definierten BIM-Zielen sind weiterhin auf die fehlenden Standards und technischen Beschränkungen der aktuell verfügbaren Technologien zurückzuführen. Für die Umsetzung der Handlungsempfehlungen

sind demzufolge weitere Entwicklungs-, Forschungs- und Normungsaktivitäten erforderlich, wozu engagierte Vertreter sowohl aus dem öffentlichen als auch dem privaten Sektor einen Beitrag leisten können.

#### 4.1.2.1 Lehre, Forschung und Entwicklung

Die notwendigen generellen Rahmenbedingungen, die durch die Politik gesetzt werden, sollen durch weiterführende Ausbildungs-, Forschungs- und Standardisierungsaktivitäten unterstützt werden. Die wissenschaftliche Begleitung der 13 BIM-Pilotprojekte hat eine Reihe von Fragen aufgeworfen, die sowohl im Rahmen der Lehre als auch der Forschung betrachtet werden sollen. Die adäquate BIM-Ausbildung zukünftiger Mitarbeiter wird schließlich vom Arbeitsmarkt gefordert, Absolventen mit einer fundierten BIM-Ausbildung stehen jedoch derzeit nicht im geforderten Maße zur Verfügung.

Den Bildungsträgern wird hinsichtlich der Lehre empfohlen:

- Das BIM-Thema ausführlicher in die Studienprogramme aufzunehmen. Insbesondere ist die Schaffung entsprechender Querverbindungen in andere Fachbereiche ratsam.
- Abschlussarbeiten und andere wissenschaftliche Arbeiten intensiv mit der BIM-Thematik zu beschäftigen, um Themen wie Anwendungsfälle oder Informationsanforderungen zu vertiefen.
- Die Themen der Standardisierung den Studierenden neben den praktischen Fähigkeiten verstärkt zu vermitteln.
- Keinen eigenständigen Studiengang für BIM einzurichten. Zur Förderung vielseitig ausgebildeter Ingenieure sollte die BIM-Thematik in bestehende Studiengänge integriert werden.

Eine Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Ausarbeitung von forschungsrelevanten Fragestellungen bildet ein Rückfluss der neuen Erkenntnisse aus der Forschung in die Praxis und umgekehrt. Neben der Grundlagenforschung, in deren Rahmen die technologischen und methodischen Grundlagen ausgearbeitet werden, spielt die angewandte Forschung mit Transferprojekten eine bedeutsame Rolle bei der Lösung zahlreicher praxisbezogener Fragestellungen. Die gemeinsame Erarbeitung von Forschungs- und Entwicklungsthemen in Kooperationen zwischen Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen erfordert jedoch eine entsprechende staatliche Förderung, die auch den Unternehmen die Durchführung solcher Aktivitäten neben dem Tagesgeschäft ermöglicht.

Den Forschungseinrichtungen wird hinsichtlich der Forschungsaktivitäten empfohlen:

- Für die Weiterentwicklung innovativer Technologien und der BIM-Methode offene Punkte im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsprojekten zu erforschen sowie den Transfer der Ergebnisse in die Praxis zu fördern. Ebenso wichtig ist jedoch

auch der Rücktransport von Erfahrungen aus der Praxis in die Forschung und Entwicklung.

- Einen intensiven Austausch zwischen Bildungs- und Forschungseinrichtungen und Unternehmen der Branche zu pflegen. Dazu sollen entsprechende Formate bereitgestellt werden.

Im Rahmen der BIM-Pilotprojekte wurden bereits mehrere offene Punkte im Bereich innovativer Technologien entdeckt, welche primär durch den Markt ausgearbeitet werden sollen. Dazu gehören neben dem Datenaustausch verknüpfter Modellinformationen in offenen Datenformaten und der Übergabe der erzeugten Informationen aus der Fachplanungssoftware an die einheitliche Modellierungssoftware die folgenden Aspekte:

- Entwicklung fehlender Funktionalitäten oder Workflows, Erhöhung der Leistung der Software bei großen Infrastrukturprojekten, Verbesserung des Datenaustauschs bei großen Datenmengen, Erhöhung der Kompatibilität von Produktpaletten, standardmäßige Bereitstellung von Funktionen zum zertifizierten Import und Export von Datenformaten, insbesondere als IFC in eingesetzter Software und Vereinfachung der Nutzung offener Formate (IFC-Export erfordert bisher umfangreiche projektspezifische Einstellungen).
- Realisierung der Terminplanung, Mengenauswertung, Rechnungslegung und Kostenschätzung. Programme für diese Zwecke sollen künftig auf die Anforderungen in großen Infrastrukturprojekten zugeschnitten werden. Für ein komplettes Controlling wäre es vorteilhaft, wenn die Erstellung von gesamtheitlichen Ausschreibungen für mehrere Fachdisziplinen sowie die Zusammenführung einzelner Ausschreibungsleistungen im Programm möglich wären.
- Erhöhung der Benutzerfreundlichkeit, um den gesamten Funktionsumfang effektiv nutzen zu können und die Nutzerakzeptanz zu erhöhen.
- Softwarezertifizierung für bestimmte Anwendungsfälle. Diese soll den Prozessbeteiligten einen qualitätsgesicherten Standardworkflow gewährleisten und den Problemen bei der Verknüpfung bzw. dem Austausch von Daten entgegenwirken. Bei den Entwicklungsarbeiten von Softwaresystemen soll darauf geachtet werden, dass diese mit den älteren Versionen abwärtskompatibel bleiben. Die Updates in der BIM-Software sollen künftig möglichst keinen Anpassungsbedarf hinsichtlich der bereits erstellten Daten auslösen.
- Standard-Software-Funktionalitäten zur Umsetzung einer 4D-Kollisionsprüfung. Die bisherige geometrische Kollisionsprüfung erkennt Konflikte, die in der Bauausführung doch nicht auftreten, da die Bauteile nicht zur gleichen Zeit vorhanden sind. Die in den BIM-Pilotprojekten prototypisch durchgeführte 4D-Kollisionsprüfung soll weiterentwickelt und in die Standardprüfprogramme implementiert werden.

Das Schaffen entsprechender technologischer Lösungen ist zwar die Aufgabe des Markts, kann aber partiell (auch im Sinne der Risikounterstützung und im vorwettbewerblichen Sinn) durch F&E Programme unterstützt werden. Die Förderung innovativer Softwareent-



wickler in Deutschland kann eine Bereitstellung der nachgefragten Lösungen für den Markt beschleunigen und die Stellung der deutschen Bausoftwareindustrie im internationalen Wettbewerb stärken. Es muss dabei festgelegt werden, welche von den o.g. aufgelisteten Anforderungen ausschließlich durch den freien Markt realisiert werden, und Umsetzung welcher durch Forschungsgelder (Subventionen) unterstützen werden soll.

#### 4.1.2.2 Normung und Standardisierung

Normung und Standardisierung bilden eine wichtige Grundlage für die effiziente Abwicklung von BIM-Projekten und die Gewährleistung eines gerechten Wettbewerbs auf den Märkten der Softwareanbieter, der Planer und der Ausführenden. Die bisherigen Schwierigkeiten bei der Umsetzung von angestrebten Zielen, die während der wissenschaftlichen Begleitung der erweiterten Phase der BIM-Einführung und der 13 BIM-Pilotprojekte beobachtet wurden, resultieren weiterhin v.a. aus der fehlenden bzw. nicht ausreichenden und nicht abgeschlossenen Standardisierung von Datenmodellen und Schnittstellen.

Die Sicherstellung von standardisierten Schnittstellen ist erforderlich, um die durchgängige Weiternutzung von Informationen softwareseitig zu realisieren und die Vorgaben des Stufenplans zur Verwendung offener herstellerneutraler Formate umzusetzen. Dies betrifft sowohl den Datenaustausch zwischen den Fachmodellen als auch die Umsetzung weiterer BIM-Dimensionen, wie 4D und 5D für die Terminplanung, Ausführung, Baufortschrittskontrolle, Kostenplanung, etc. Aus den Erfahrungen der BIM-Pilotprojekte kann festgestellt werden, dass das IFC Format derzeit noch nicht leistungsfähig genug ist, um alleinig ohne zusätzliche Verwendung von nativen Formaten eingesetzt zu werden. Diese resultiert aus der unzureichenden Standardisierung der IFC-Schnittstelle zur phasenspezifischen Übergabe und Weiterverwendung von Infrastrukturmodellen. Der Infrastrukturbereich ist zwar im IFC-Format abbildbar, jedoch nur über projektspezifische Anpassungen und Nutzung generischer Elemente verwendbar. Der Einsatz offener Formate wird in den weiteren BIM-Pilotvorhaben verpflichtend gefordert und bedarf damit kurzfristig einer stärkeren Entwicklung.

Bezüglich der Interoperabilität zwischen ISO 19136 (gml) und ISO 16739 (IFC) wurde eine deutliche Verbesserung in den BIM-Pilotprojekten der erweiterten Phase erkannt obwohl die vollständige Abstimmung zwischen den Bereichen BIM und GIS noch nicht abgeschlossen ist. Die Initiativen, welche dabei helfen die Interoperabilität der Standards zu verbessern, werden weiterhin gefördert (BIM-GIS-Abstimmung). Neben den weiterhin gültigen Handlungsempfehlungen des INFRABIM-Berichtes, die auch einen größeren Einsatz deutscher Vertreter in europäischen und internationalen Standardisierungsaktivitäten vorsehen, werden weitere Maßnahmen erforderlich.

Der Politik wird daher hinsichtlich der Normungs- und Standardisierungsaktivitäten empfohlen:

- Den OPEN-BIM-Ansatz weiterhin zu fördern. Um das eigenständige Erarbeiten der Strukturierung von Objekten zu vermeiden, soll der IFC-Infra-Standard entwickelt werden. Insbesondere soll buildingSMART das IfcRail vorantreiben und internationale Standards weiterentwickeln. Hierbei wird die Erhöhung der Geschwindigkeit der Normierung erwünscht. Es sollen auch Alternativen zu IFC stärker betrachtet werden, beispielsweise AGS zur Übertragung von Baugrundmodellen.
- Im Fall des BCF Standards darauf zu achten, dass die Nutzung unterschiedlicher Programmversionen zurzeit zum Austausch fehlerhafter Informationen führen kann. Unterschiedliche Programme interpretieren auch BCF-Inhalte teilweise unterschiedlich, was die firmenübergreifende Planungscoordination deutlich erschwert. Die technischen Probleme beim BCF Format sollen künftig beseitigt werden.
- Die definierten Standards zu ergänzen, um die (teil)automatisierte Modellprüfung und Modellstrukturierung durchzuführen und damit die derzeit noch oftmals praktizierte aufwändige und fehleranfällige manuelle Prüfung zukünftig zu vermeiden. Dies soll durch die Standardisierungsgremien vorgenommen werden.
- Die allgemeinen Vorgaben bzgl. der Standards übergeordnet bis zur EU-Ebene vollständig zu erarbeiten bzw. zu überprüfen. Dazu gehören Datenstandards für den Austausch, Vorgaben für AIA, Standards für Datenmodelle und Leistungstexte zur Ausschreibung von BIM-Leistungen.
- Die Ergebnisse der Standardisierung über die zentralen Organisationen und Verbände zu verbreiten und in weiteren Projekten anzuwenden.

#### 4.2 Handlungsempfehlungen für öffentliche Auftraggeber

Der Auftraggeber ist für die Definition seiner BIM-Ziele und Informationsanforderungen sowie die Prüfung von gelieferten Planungsdaten zuständig. Dafür ist ein Grundverständnis der BIM-Thematik nötig, dass sowohl durch entsprechende Schulungen sowie insbesondere durch die Sammlung von Erfahrungen aus BIM-Pilotprojekten erworben werden kann. Mit Hilfe der 13 Pilotprojekte wurden zahlreiche Erkenntnisse erworben und Dokumente erstellt, die eine Basis für die erfolgreiche Umsetzung weiterer Projekte bilden.

Der Stufenplan „Digitales Planen und Bauen“ des BMVI hat als eine der wichtigsten Festlegungen die Erstellung von AIA vorgesehen, die die geforderten geometrischen und alphanumerischen Daten zusammenstellen. Im Gegensatz zur ersten Phase wurden in den meisten Fällen seitens des Auftraggebers die ausführlichen AIA und Vorlagen für den BAP vorbereitet. In den betrachteten Projekten wurden damit zahlreiche Grundlagen für eine interne Standardisierung dieser Vorlagen bei der DB Netz AG geschaffen.

Dem öffentlichen Auftraggeber wird generell empfohlen:

- BIM als ausschließliche Planungsmethode zur Planung und Steuerung in künftigen Projekten zu verwenden.
- Eigene Unternehmensstandards zu schaffen. Dabei sollen sowohl Dokumente als auch Anforderungen an Modelle und Objekte standardisiert werden. Die Standardisierung und Anleitung zu deren Umsetzung sollen aus den zentralen Bereichen des Unternehmens / Auftraggebers kommen.
- Die bestehenden Prozesse zu bewerten und diese an die BIM-Methodik anzupassen bzw. die BIM-bezogenen Prozesse neu aufzustellen. Für die Integration aller Baubeteiligten in neue bzw. veränderte Arbeitsabläufe können Ansätze aus dem Bereich des Change Management berücksichtigt werden.
- BIM-Kompetenz innerhalb der eigenen Unternehmensstrukturen aufzubauen und das eigene Personal regelmäßig zu schulen, um es auf den aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik zu bringen bzw. zu halten sowie einen internen Knowhow-Transfer zu sichern. Wichtig ist die Sicherung der Kontinuität der Beschäftigung des BIM-bezogenen Personals, um den häufig schwer kompensierbaren Informationsverlust zu vermeiden.
- Dem Anwendungsfall Bestanderfassung ein noch höherer Stellenwert in künftigen BIM-Projekten einzuräumen und stärker mit digitalen Methoden zu arbeiten.
- Die im Rahmen eines Projektes verwendete Visualisierung soll häufiger zur Unterstützung der Offenlage im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens eingesetzt werden.
- Die bisher nicht pilotierte modellbasierte Wartungs- und Instandhaltungsplanung sowie die BIM-basierte Instandhaltung und Instandsetzung in den künftigen Projekten auszuprobieren, um das Potential des BIM-Einsatzes im gesamten Lebenszyklus zu erfassen. Da die Betriebsphase eines Bauwerks normalerweise den längsten Zeitraum des Lebenszyklus ausmacht, wird hier der größte Nutzen der BIM-Methode erwartet.

#### 4.2.1 Konkrete Handlungsempfehlungen

Die ab Ende 2020 festgelegte regelmäßige Anwendung von BIM mit Leistungsniveau 1 in Verkehrsinfrastrukturbauprojekten setzt voraus, dass die Auftraggeber bereits in der Lage sind, die BIM-Anforderungen umzusetzen. Dazu gehört u.a. die im Punkt 4.2. erwähnte ausführliche Definition von Informationsanforderungen in Form von AIA sowie die Prüfung und Abnahme von BIM-Leistungen. Grundsätzlich sind die generellen Handlungsempfehlungen INFRABIM für den Auftraggeber weiterhin gültig. BIM4RAIL schlägt zusätzlich die folgenden erweiterten Maßnahmen vor.

#### 4.2.1.1 Daten

Die Anwendung von AIA hat sich in der erweiterten Pilotphase grundsätzlich bewährt. Je konkreter die Angaben definiert wurden, umso effizienter konnten die Prozesse durchgeführt werden. Auch die Anforderungen an die gemeinsame Datenumgebung zur organisierten Datenhaltung und zum verlustfreien Austausch der im Planungs- und Bauprozess erzeugten Daten, deren Einsatz eine zentrale Forderung im Stufenplan „Digitales Planen und Bauen“ war, wurden in den Projekten größtenteils realisiert. Diese Pilotprojekte, die Projektplattformen gemäß bzw. annähernd der DIN EN ISO 19650 im Projektverlauf verwendet haben, berichten über die wenigsten Schwierigkeiten bei der BIM-basierten Abwicklung von Projekten.

Da die bisherigen Hindernisse bei der Umsetzung von angestrebten Zielen, die von BIM4RAIL beobachtet wurden, v.a. aus der nicht ausreichenden Standardisierung von Datenmodellen bzw. Schnittstellen resultieren, sollen diese Aspekte im besonderen Fokus der zukünftigen Maßnahmen stehen.

Dem öffentlichen Auftraggeber wird hinsichtlich des Datenmanagements empfohlen:

- Die Erwartungen an die gemeinsame Nutzung der BIM-Methodik zu Beginn in der Zielvereinbarung eindeutig zu formulieren, damit die Ziele von BIM klar definiert und im Nachhinein gemessen werden können.
- Auf Basis der vom Bund bereitgestellten einheitlichen Element- und Attributkataloge (Semantik) konkrete Objektkataloge übergreifend für alle Bauwerkstypen und angepasst an das Projekt zu erstellen und diese als einen Bestandteil der AIA bereitzustellen. Aus praktischer Sicht sollen dabei die vorgegebene Attributanzahl und deren konkrete Befüllung auf das Notwendige reduziert werden.
- Einen einheitlichen und unternehmensweit abgestimmten Prüfkatalog seitens der Auftraggeber zu entwickeln, um die Anwendbarkeit von Prüfregelein zu erhöhen. Neben der Kollisionsprüfung sowie der Prüfung von Attributen sollen Methoden zur automatisierten Überprüfung der Plausibilität der Inhalte umgesetzt werden.
- Datenformate für die Lieferobjekte sinnvoll festzulegen und die Möglichkeiten und Einschränkungen in Bezug auf die Vollständigkeit der Übertragung, der Datengröße und anderer Faktoren frühzeitig zu prüfen. In Zusammenarbeit mit der Bausoftwareindustrie sollen die relevanten Datei-, Eigenschaft- und Exportoptionen rechtzeitig geklärt werden.

#### 4.2.1.2 Prozesse

Die durch die Auftraggeber und Auftragnehmer aufgesetzten BIM-Prozesse in den BIM-Pilotprojekten entsprechen bereits größtenteils dem im Stufenplan geforderten Zielniveau 2020. Der Beauftragung der BIM-Leistungen liegen v.a. eine umfangreiche Leistungsbeschreibung, gegebenenfalls ein Verhandlungsprotokoll, ein Planungs- oder Bauvertrag so-

wie AIA zugrunde. Die AIA enthalten globale, unternehmensübergreifende sowie auch projektspezifische Ziele. Generische AIA besitzen dabei einen hohen Wiederverwendungswert.

Die Erfahrungen aus den BIM-Pilotprojekten ermöglichen dabei eine Definition, was sich in der bisherigen Nutzung und Strukturierung von **Auftraggeberinformationsanforderungen** bewährt hat sowie auch, was geändert werden muss. Als die praktikabelste Methode werden seitens des Auftraggebers sowohl die AIA als auch ein Muster für einen Vor-BAP erstellt, welches durch den Bieter ausgefüllt werden soll. Die AIA und der Vor-BAP werden als Vertragsanlage verwendet, die Fortschreibung des Vor-BAP zum BAP erfolgt durch den Auftragnehmer im Rahmen der Angebotsbearbeitung und im weiteren Projektverlauf durch den Auftragnehmer in Abstimmung mit dem Auftraggeber. Die Modellauswertung in Bezug auf die Einhaltung der Vorgaben der AIA fand jedoch in den meisten Projekten weiterhin auf Basis einer händischen Plausibilisierung von gelieferten Daten statt. Dieses Verfahren zeigt noch ein erhebliches Entwicklungspotential auf.

Somit wird dem Auftraggeber hinsichtlich der **AIA** folgendes empfohlen:

- Eigene AIA Vorlagen auf Basis der vom Bund bereitgestellten einheitlichen **Muster für die AIA** und unter Einbeziehung von konkreten Katalogen für die Bauwerkstypen und deren projektspezifische Anpassung zu erstellen und diese zur Ausschreibung und Vergabe von Planungs- und Bauleistungen als Vertragsanhang einzusetzen. Die AIA sollen u.a. detaillierte einheitliche Vorgaben zu LOG/LOI (keine pauschale Festlegung der Detaillierung des Bestandsmodells), Übergabeformate, Standard Dateiformat, Prozesse, allgemeine Anforderungen an die CDE, eine Beschreibung der Kollaboration und IT-Testfälle, eine Konkretisierung der Anwendungsfälle mit inhaltlicher Erläuterung und Modelldefinition sowie eine Festlegung des Planungsumfangs und der Bauphasen beinhalten. Modelltabellen mit Objekten und Attributen bilden einen Mindestinhalt in AIA. Bei der vorgesehenen Nutzung des BIM-Modells im Betrieb, sollen außerdem die Anforderungen an die Übergabe in den AIA definiert werden.
- Die Definition von Begriffen in die AIA zu integrieren sowie den Inhalt, den Umfang und die Detaillierung der Modelle (Semantik) eindeutig zu formulieren, um einen Interpretationsspielraum zu reduzieren und ein gemeinsames Verständnis zu schaffen.

Der **BIM Abwicklungsplan** stellt eine Richtlinie dar, welche die BIM-basierte Zusammenarbeit im konkreten Projekt als Umsetzung der AIA und des Pflichtenhefts festlegt. Im Rahmen von BIM4RAIL konnten die bisherigen Aussagen über die Gestaltung des BAP und die Empfehlungen aus der Vorbereitungsphase verifiziert werden.

Somit wird dem Auftraggeber hinsichtlich des **BAP** empfohlen:

- Ein **Muster-BAP** zur Angebotsabgabe bereitzustellen und einen vorläufigen BAP (Vor-BAP) vom AN als Teil des Angebots einzufordern.

- Die Erarbeitung und Fortschreibung des BAP in der inhaltlichen Verantwortung der AN zu sehen, aber eine Zusammenarbeit anzustreben und den BAP als ein offenes und „lebendiges“ Dokument zu behandeln.
- Den vom AN geforderten BAP innerhalb der gesetzten Frist zu überprüfen und bei der Festlegung wichtiger Komponenten, wie des zu verwendenden Koordinatensystems, mitzuwirken.

BIM4RAIL stellte bereits positive Erfahrungen bzgl. der in den AIA und im BAP festgeschriebenen **Rollenverteilung** fest. Besonders hat sich die Zusammenarbeit zwischen BIM-Manager und BIM-Gesamtkoordinator bewährt. Basierend auf den Pilotprojekterfahrungen würde die Ausführung der BIM-Projekte ohne diese beiden Rollen nicht funktionieren. Positiv wurde ebenfalls in dem meisten Fällen der partnerschaftliche Ansatz wahrgenommen, der laut den Aussagen der Projektpartner durch verbesserte Kommunikation und Vernetzung zu einer besseren Umsetzung der geplanten Aufgaben geführt hat.

Somit wird dem Auftraggeber hinsichtlich der **Rollen** folgendes empfohlen:

- Konkrete standardisierte BIM-Leistungsbilder zu erfassen. Für solche standardisierten Leistungsbilder müssen aus Projektsicht auch die Unterschiede zwischen unterschiedlichen Projektarten beachtet werden. Es wird künftig ein fachdisziplinspezifisches Leistungsbild benötigt. Individuelle Leistungsbilder und Vergütung über besondere Leistung sind nicht zu empfehlen.
- Die konzipierte und bereits bewährte Rollenverteilung (BIM-Management des AG und BIM-Gesamtkoordination der AN) in BIM-Projekten umzusetzen. Die Beschreibung der Verantwortlichkeiten soll ausführlich und spezifisch gehalten werden, um Unklarheiten bei der Ausführung des BIM-Prozesses zu vermeiden.
- Den BIM-Manager als eine zusätzliche Rolle zu verstehen, die keinen Projektleiter ersetzt. Der BIM-Manager sichert die AG-seitige Kontrolle des Projekts gemäß vereinbarter BIM-Leistungsbilder und den AIA.
- Einen partnerschaftlichen Ansatz anzustreben und diesen mit geeigneten Mitteln während der Projektabwicklung umzusetzen.
- Sich stärker in die Prozesse der AN einzubinden und die Kommunikation zu BIM-relevanten Themen offen und regelmäßig in gemeinsamen Treffen zu gestalten.

Die erweiterte Pilotphase hat ebenfalls die Aussagen aus dem INFRABIM- Handlungsempfehlungen bzgl. der Bedeutung der gemeinsamen Datenumgebung (**CDE**) bestätigt. Bisher wurden die Anforderungen an eine CDE entsprechend DIN EN ISO 19650 nicht in allen Fällen erfüllt. Dies hat den Austausch von größeren Datenmengen, die Überprüfung des Status von BIM-Modellen sowie die Anwendung eines digitalen Freigabeprozesses erschwert. Eine entsprechende CDE soll künftig durch den Auftraggeber vorgegeben und bereitgestellt werden.

Dem Auftraggeber wird hinsichtlich der **gemeinsamen Datenumgebung** empfohlen:

- Eine gemeinsame Datenumgebung für mehrere Projekte ab einer relevanten Größe bereitzustellen und damit die Datenhoheit zu gewähren. Bei der Ausschreibung einer gemeinsamen Datenumgebung muss die für die BIM-Methodik erforderliche Funktionalität als Bewertungskatalog berücksichtigt werden. Die von dem Auftraggeber bereitgestellte CDE soll ebenfalls Viewer beinhalten, um „online“ Ansichten sowie eine visuelle fachliche Prüfung und Freigabefunktion innerhalb der Plattform zu ermöglichen. Die entsprechenden Zugriffsrechte sowie ihre Stabilität sollen gewährleistet werden. Hierfür soll auf die DIN-SPEC 91391 verwiesen werden.
- Die Rollen und Rechte beim Umgang mit der gemeinsamen Datenumgebung zu formulieren und sicherzustellen, dass diese im BAP beschrieben und im Rollen- und Rechtemanagement der gemeinsamen Datenumgebung widerspiegelt werden. Der Zugriff auf die CDE ist jedem Projektbeteiligten, auch den Nachunternehmern zu gewähren, um einen konsistenten Zugriff auf die aktuellen Projektinformationen zu schaffen.
- Sicherzustellen, dass der Austausch von Daten grundsätzlich über eine gemeinsame Datenumgebung stattfindet und nur im Fall von sehr großen Dateien, deren Austausch über die CDE nicht möglich ist (z.B. die Übergabe von Punktwolken) ersatzweise andere Methoden zuzulassen.
- Bei der Verwendung einer gemeinsamen Datenumgebung die Richtlinien zur Erfassung von personenbezogenen Daten einzuhalten.

Neben der Erstellung von AIA und BAP-Vorlage sowie der Bereitstellung einer CDE muss der öffentliche Auftraggeber ebenfalls in der Lage sein, die BIM relevanten Kompetenzen und Angebote der Bieter im Vergabeprozess bewerten zu können. Generell soll er seine **Ausschreibungs- und Vergabeprozesse** an die BIM-Methode anpassen und dabei die hierfür notwendige Bestellerkompetenz weiter ausbauen.

Dem Auftraggeber wird bzgl. der **Ausschreibung und Vergabe** folgendes empfohlen:

- Die Ausschreibung und Vergabe von Planungsleistungen soll hinsichtlich des Leistungsumfangs die Anwendung der BIM-Methodik berücksichtigen. Die Verschiebung der Finanzmittelkurve in frühere Leistungsphasen ist dabei zu beachten.
- BIM als Vertrags- und LB-Bestandteil zu erfassen. Zu den Ausschreibungsdokumenten der BIM-Leistungen gehören die Leistungsbeschreibung, die AIA und der Muster-BAP. Zusätzlich sollen weitere Anhänge beigefügt werden, u.a. Angaben zu Bestandsdaten, Modellcodierung, Modellkoordinaten und Objektattribution.
- BIM spezifische Eignungskriterien für Bieter und Wertungskriterien für Angebote in der jetzigen Einführungsphase von BIM nicht zu hoch anzusetzen, um den Prozess der BIM-Einführung nicht zu verzögern und dabei AN die Möglichkeit zum Aufbau entsprechender Erfahrungen und Referenzen zu geben.

### 4.2.1.3 Technologie

Die Anwendung von BIM erfordert eine entsprechende technische Ausstattung seitens aller Prozessbeteiligten. Im INFRABIM-Bericht<sup>6</sup> wurden die Softwaretypen formuliert, die seitens des Auftraggebers für die effektive Projektabwicklung notwendig sind. Dazu gehören v.a.

- eine Software, welche die Definition und Verwaltung von AIAs unterstützt,
- Werkzeuge, mit denen sich die Bauwerksmodelle analysieren und koordinieren lassen,
- Programme, die die Prüfung von Bauwerksmodellen gemäß den aufgestellten AIAs ermöglichen und
- eine Software, die den reibungslosen Datenaustausch und die Datenorganisation für die Projekte sichert.

In den begleiteten 13 BIM-Pilotprojekten wurden die genannten Softwaresysteme teilweise eingesetzt.

Neben der entsprechenden Softwareausstattung soll zusätzlich ein speziell eingerichteter Raum mit interaktiven Systemen seitens des Auftraggebers bereitgestellt werden, um die fachübergreifende Koordination und Kommunikation zu ermöglichen. Diese Anforderung wurde in den meisten BIM-Pilotprojekten realisiert. Die technische Ausstattung wurde seitens der Projektbeteiligten positiv bewertet. Die Maßnahmen, die in den Handlungsempfehlungen in der Vorbereitungsphase vorgeschlagen wurden, sind dementsprechend für die weiteren Projekte gültig. Die genauen Anforderungen an die CDE und Koordinationssoftware wurden bereits im Kapitel 4.2.1.2 genauer erläutert.

Dem öffentlichen Auftraggeber wird für die technologische Unterstützung des BIM-Prozesses empfohlen:

- Aktuelle Software und leistungsfähige Hardware (u.a. großformatige Bildschirme, Videokonferenzanlage, Smart-Boards, VR-Anlagen für die VR-Begehung der Modelle) zur Anforderungsspezifikation, Visualisierung, Analyse, Prüfung, Zusammenführung und zum Austausch von digitalen Bauwerksmodellen anzuschaffen.
- Die entsprechenden Voraussetzungen für die Nutzung der Software zu schaffen. Dabei soll v.a. auf die Sicherung eines ausreichenden Internetzugangs (Traffic, etc.) geachtet werden.
- Den OPEN-BIM-Ansatz weiterhin zu fördern und die Nutzung von herstellerneutralen Formaten zu fordern.
- Den Prozess der Softwarebeschaffung flexibel zu gestalten, um den gesamten Prozess zu beschleunigen und zu vereinfachen.

---

<sup>6</sup> BIM4INFRA 2020. Handreichung Teil 10, [https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2019/07/BIM4INFRA2020\\_AP4\\_Teil10.pdf](https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2019/07/BIM4INFRA2020_AP4_Teil10.pdf)



#### 4.2.1.4 Qualifikation

Zu den Grundfaktoren einer erfolgreichen BIM-Implementierung gehört der Mensch. Um den BIM-Prozess erfolgreich durchzuführen ist es erforderlich, Kompetenzen sowohl auf der Auftragnehmer- als auch der Auftraggeberseite zu fördern und ein einheitliches Verständnis zu schaffen. Zu den Hauptaufgaben auf der Seite des Auftraggebers gehören die BIM-Bestellung, das BIM-Management und die BIM-Nutzung. Für die Sicherung einer erfolgreichen Besetzung der Rollen sind seitens des AG entsprechende Kompetenzen aufzubauen.

Dem öffentlichen Auftraggeber wird hinsichtlich der Erhöhung der Qualifikation empfohlen:

- Erstrangig das eigene Personal regelmäßig zu schulen. Dafür sollen zuerst die Anforderungen an die Qualifikation formuliert und darauf basierend Qualifizierungsprogramme entwickelt werden, welche den Mitarbeitern/innen ermöglichen, Kompetenzen v.a. auf dem Gebiet der BIM-Nutzung für Ausschreibung, Projektsteuerung und -überwachung, der Prüfung der Vollständigkeit der AIA und des BAPs sowie der Planungsmodelle und Abgaben zu erwerben.
- Hilfestellung beim BIM-Prozess bei einem internen (z.B. speziell dafür im Unternehmen geschultes Personal) oder externen BIM-Manager einzuholen. Es soll dabei beachtet werden, dass die BIM-Thematik vom BIM-Manager ein hohes Maß an Einarbeitung erfordert.
- Eine zentrale Stelle (Kompetenzzentrum/ interne Dienstleistung) zu etablieren, welche ein übergeordnetes BIM-Expertenteam für Hilfestellung bei spezifischen technischen Problemstellungen bereitstellt. Diese Stelle soll gemeinsam mit dem BIM-Kompetenzzentrum des Bundes zusammenarbeiten.

### 4.3 Handlungsempfehlungen für Auftragnehmer

Die ab Ende 2020 festgelegte regelmäßige Anwendung von BIM mit Leistungsniveau 1 in Verkehrsinfrastrukturbauprojekten setzt voraus, dass sowohl die Auftraggeber als auch die Auftragnehmer, dabei die planenden und die ausführenden Unternehmen, bereits in der Lage sind, die BIM-Anforderungen umzusetzen. Generell sind die im Bericht vom Jahr 2017 erfassten generellen Handlungsempfehlungen für den Antragnehmer ebenfalls weiterhin anwendbar. Hierzu sollen die Auftragnehmer nach den Erkenntnissen von BIM4RAIL die folgenden erweiterten Maßnahmen ergreifen.

#### 4.3.1 Handlungsempfehlungen für planende Unternehmen

Der Anwendungsfall 3D-Modellierung mit Hilfe der BIM-Methode wurde als standardmäßig in allen BIM-Pilotprojekten gefordert und bildete eine Grundlage für weitere Anwendungsfälle. Die planenden Unternehmen müssen demzufolge in der Lage sein, bauteilorientierte 3D-Modelle zu erstellen, zu koordinieren und zu prüfen. Dabei waren die vertraglich vereinbarten, vom Auftraggeber erstellten Anforderungen an den BIM-Prozess richtig zu interpretieren und umzusetzen. Die Fähigkeit, BIM-Projekte vollständig durchführen zu können,

wurde sowohl während spezieller Qualifizierungsprogramme als auch primär in der Phase der Erprobung und Durchführung von Pilotprojekten erworben.

#### 4.3.1.1 Daten

Die planenden Unternehmen sind verpflichtet, ihr fachspezifisches Bauwerksmodell gemäß den Modellierungsvorschriften und der vorgegebenen Detaillierungsstufe zu erstellen. Jeder Fachbereich ist auch dafür verantwortlich, die Daten in einem herstellerneutralen Format zu definierten Übergabezeitpunkten auszutauschen sowie eine interne Qualitätssicherung zu gewährleisten. Die Umsetzung von Projekten mit der BIM-Methode muss dabei gemäß einem strukturierten Informationsmanagement erfolgen. Die bisher erstellten Dokumentationen und Objekt- bzw. Attributkataloge können von den planenden Unternehmen für weitere Projekte als Vorlage verwendet werden. Dies ist im Fall der pilotierten Projekte der erweiterten Phase möglich, in denen bereits ausführliche Vorlagen für eine mögliche interne Standardisierung entwickelt wurden. Den planenden Unternehmen wird bzgl. des Datenmanagements folgendes empfohlen:

- Interne unternehmensweite Vorlagen für einheitliche Objekt- und Attributkataloge zur Erstellung von Bauwerksmodellen zu entwickeln, um diese später mit den vom AG geforderten Objekt- und Attributkatalogen (Semantik) zu vergleichen und möglichst weitgehend automatisiert zur Modellierung in der eingesetzten Software verwenden zu können. Hierbei soll möglichst ohne großen Anpassungsbedarf eine Abbildung im IFC-Format erarbeitet werden.
- Einzelheiten zur Umsetzung der BIM-Methode bei der Erstellung und Fortschreibung des BAP rechtzeitig mit dem AG zu klären.
- Im Rahmen der Erstellung des BAP die folgenden Elemente genau zu definieren: Eingangsdaten, Lieferobjekte, Anwendungsfälle und Leistungsphasen, Objekte mit Attributen und geometrischer Detaillierungsgrade, Meilensteine, Softwarespezifikationen und Formate als Werkzeuge der Projektsteuerung. Überdies soll das Dokument mit Prozessablaufdiagrammen und einer Zuständigkeitsmatrix mit einer Zuordnung der Zuständigkeiten zu den AWF ergänzt werden.
- Vor dem Projektbeginn ein Koordinatensystem dringend in Abstimmung mit dem AG festzulegen und damit die Verwendung mehrere Koordinatensysteme von vornherein zu vermeiden. Dies stellt einen effektiven Austausch und die Weiterverwendung von Modellen sicher und bestimmt zusätzlich die Positions- und Lagegenauigkeit bei der Transformation zwischen unterschiedlichen Koordinatensystemen.

#### 4.3.1.2 Prozesse

Die Umstellung auf die BIM-Methode erfordert von den planenden Unternehmen, neben der Erhöhung der Qualifizierung und der Sicherung entsprechender technischer Ausstattung, die Anpassung der unternehmensinternen und projektbezogenen Prozesse auf die

BIM-Methodik. Seitens der Führungskräfte sind die Ziele der BIM-Einführung zu definieren und eine entsprechende BIM-Strategie für das eigene Unternehmen zu entwickeln. Es soll dabei beachtet werden, dass sich die Effizienzsteigerung, dabei die monetären und zeitlichen Vorteile, möglicherweise nicht direkt bei den ersten BIM-Projekten realisieren.

Den planenden Unternehmen wird diesbezüglich folgendes empfohlen:

- Die BIM-Ziele sowie die Anforderungen gemeinsam mit dem AG zu definieren und festzulegen. Die partnerschaftliche Zusammenarbeit zwischen dem AG und AN soll dabei gefördert und geregelt werden.
- Eigene Prozesse kritisch zu betrachten und diese an den BIM-Prozess anzupassen. Hierbei empfiehlt sich einen unternehmensspezifischen BIM-Referenzprozess zu erstellen. Zur Steuerung der Umsetzung der neuen Prozesse dient ein Change Management.
- Eine grundsätzliche strategische Entscheidung durch die Geschäftsführung des Unternehmens zu treffen, wie die Mitarbeiter in die Implementierung der BIM-Methode in den Projektteams einzubeziehen. Vor allem sind die Kommunikation und die zentrale Verantwortlichkeit aller Beteiligten im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) zu klären.
- Die bereits bewährte Rollenverteilung mit dem BIM-Manager auf der AG-Seite und dem BIM-Koordinator auf der AN-Seite in BIM-Projekten anzuwenden. Der BIM-Gesamtkoordinator steht verschiedenen Planern für technische Fragestellungen zu BIM zur Verfügung. Die Rollen und Verantwortlichkeiten sollen in den Organisationsstrukturen klar zugeordnet werden.
- Regelmäßige Planungsbesprechungen einzuplanen und durchzuführen. Dabei wird ein BIM-Gesamtkoordinator benötigt, der fortgeschrittene Kenntnisse in der Bedienung der digitalen Modelle sowie der Koordinations- und Prüfungssoftware besitzt. Die Modelle sollen seitens der AN im Vorfeld der Planungsbesprechungen dem BIM-Manager (AG) bereitgestellt werden.
- Die umfangreichen im Rahmen durchgeführter BIM-Projekte entstandenen Ausführungsdokumente für Nachfolgeprojekte auszuwerten und zu archivieren.

Die Nutzung der BIM-Methode ändert ebenfalls zum Teil die Prozesse der Projektplanung und -abwicklung. Die planenden Unternehmen müssen in der Lage sein, einen BAP zu definieren und ihn gemäß den AIA fortzuschreiben. Die wissenschaftliche Begleitung der 13 Pilotprojekte hat gezeigt, dass die meisten Probleme zurzeit nicht in der BAP-Definition, der Bestandserfassung oder 3D-Modellierung auftauchen, sondern in der Umsetzung der weiteren Dimensionen wie 4D und 5D.

Den planenden Unternehmen wird bzgl. der projektspezifischen Prozesse empfohlen:

- Im Rahmen der Erarbeitung des BAPs v.a. die folgenden Elemente zu definieren: Eingangsdaten, Lieferobjekte, Meilensteine, Softwarespezifikationen und Formate

als Werkzeuge der Projektsteuerung. Überdies soll das Dokument mit Prozessablaufdiagrammen und der Zuständigkeitsmatrix mit einer Zuordnung der Zuständigkeiten zu den AWF ergänzt werden. Die Verkürzung und Organisation des Umfangs über Anlagen sind wünschenswert. Es wird dementsprechend eine Trennung des BAP in Hauptdokument mit allgemeinen Themen und Anlagen mit fachspezifischen Themen empfohlen.

- BIM Projekte ab LP 1 mit der BIM-Methode zu bearbeiten. Das parallele Nachmodellieren sowie die händische Verknüpfung von Terminen und Kosten sollen vermieden werden. Als ein eindeutiges Merkmal zur Kostenstrukturierung der Modelle sollte verstärkt die PSP-Nummerierung verwendet werden. Dies hat sich in den BIM-Pilotprojekten als am besten geeignet für die Identifikation der entsprechenden Modellobjekte erwiesen.
- Ein eigenes Konzept für die Qualitätssicherung detailliert zu formulieren und umzusetzen. Zusätzliche Prüfregele können bei der Gegenüberstellung einzelner LP (z.B. Planung & As-Built) nützlich sein. Bei der Qualitätssicherung sind für die Prüfung der vollständigen Umsetzung der Vorgaben aus den AIA und dem BAP standardisierte QS-Berichte / Formulare zu etablieren.
- Bei der künftigen Bearbeitung von Projekten mit BIM als alleinige Planungsmethode eine direkte Ableitung der Terminstruktur aus den 3D-Modellen vorzunehmen und auf die fehleranfällige und mit viel Aufwand verbundene Aktualisierung von Verknüpfungen der Terminstruktur aus der konventionellen Planung und den 3D-Modellen zu verzichten.
- Den Einfluss aus der Anlagenbuchhaltung auf die Struktur der Kostenermittlung v.a. bei Bestandsbauwerken für die effiziente Umsetzung der modellbasierten Kosten- und Terminplanung zu beachten. Das Problem besteht hierbei in der weitgehenden Inkompatibilität der Strukturen aus den Anforderungen der Anlagenbuchhaltung und den Anforderungen zur ingenieurtechnischen Beschreibung des Bauablaufs. Dies soll künftig stärker in Betracht gezogen werden.
- Bei der Verwendung der Software zur geometrischen Modellprüfung die zeitlichen Abhängigkeiten und Reihenfolge der Maßnahmen in der Bauphase zu beachten. In vielen Fällen existieren Bauteilkonflikte bei temporären Maßnahmen unter Einbeziehung des Termins. Die typische Kollisionsprüfung soll dementsprechend durch eine 4D-Kollisionsprüfung ergänzt werden.

#### 4.3.1.3 Technologie

Für eine erfolgreiche Durchführung von BIM-Prozessen im Infrastrukturbereich ist die Verwendung mehrerer unterschiedlicher Programme nötig, z.B. Standardtrassierungsprogramme für Verkehrsanlage Schiene oder spezielle Anwendungen für die parametrische Modellierung von 3D Objekten aus dem Hochbaubereich, BIM-Prüfwerkzeuge, BIM-Koordinationswerkzeuge, Software zur Planung der Bahnausrüstungstechnik, etc. Die in

den BIM-Pilotprojekten eingesetzte Software erfüllt grundsätzlich die an den jeweiligen Verwendungszweck gerichteten Anforderungen.

Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung zeigen jedoch, dass es bei den eingesetzten Technologien weiterhin bei einzelnen Aspekten noch deutlichen Entwicklungsbedarf gibt. Die erforderliche Verarbeitung der Modelle im Infrastrukturbereich ist zurzeit noch sehr zeit- und rechenintensiv. Auch bei CDE-Anbietern wurden bisher keine Lösungen gefunden, die alle gewünschten Funktionen beinhalten. Die Performance der eingesetzten Software, der Viewer, der Software zur Verknüpfung, Erzeugung und Weiterverarbeitung von 4D- und 5D-Modellen sowie der automatisierten Modellprüfung ist bisher in den komplexen Strukturen der Infrastruktur nicht zufriedenstellend. Die entsprechenden Neuerungen in den Programmsystemen sollen die größten Hindernisse lösen. Die planenden Unternehmen sollen, wie in den INFRABIM Handlungsempfehlungen von 2017 zur Auswertung der Vorbereitungsphase zur BIM-Einführung festgestellt, die Weiterentwicklung von innovativen Technologien zur Unterstützung der BIM-Anwendungsfälle aktiv mitgestalten, indem die Anforderungen verstärkt an die Softwarehersteller kommuniziert werden. Den planenden Unternehmen wird hinsichtlich der Technologie folgendes empfohlen:

- Möglichkeiten und Beschränkungen ausgewählter BIM-Software vor Modellierungsbeginn genau zu überprüfen. Es soll kurzfristig die Errichtung einer Testumgebung zu Softwareprodukten in Betracht gezogen werden. Die Überprüfung einzelner Schnittstellen im Vorfeld der Projekte ist sowohl bei der Umsetzung des OpenBIM- als auch des ClosedBIM-Ansatzes empfehlenswert, da es in beiden Fällen zu einzelnen Schwierigkeiten beim Datenaustausch kommen kann.
- Die Funktionstüchtigkeit der Import- und Exportschnittstellen, die Kompatibilität der Software-Versionen und die Kosten für weitere Lizenzen vor dem Projektbeginn zu klären. Zusätzlich sollen von den Softwarefirmen Angaben zu Grenzen der Nutzung u.a. hinsichtlich der maximalen Ausdehnung der Modelle, der Anzahl der verarbeitbaren Objekte, der Einschränkungen beim Export von Geometrie und Attributen, der zulässigen Projektdimensionen oder der Abbildung spezieller Geometrien gefordert werden. Es soll ebenfalls die Möglichkeit der Anpassung der im Unternehmen vorhandenen Soft- und Hardware an die Anforderungen der BIM-Methodik überprüft werden. Die Grenzen des Einsatzes einer Hochbau-Software im Infrastrukturbereich sollen mitbeachtet werden.
- Falls kein konkretes natives Format in den AIA vorgegeben wurde, sicherzustellen, dass das gewählte native Format die in den AIA beschriebenen Anforderungen erfüllen kann.
- Entsprechende Voraussetzung zur Nutzung der Software im eigenen Unternehmen zu schaffen. Dabei soll ein ausreichend leistungsfähiger Internetzugang (Up- und Download) sowie eine leistungsfähige Hardwarelandschaft (Smartboards, großformatige Bildschirme mit großer Auflösung) beschafft werden.

- Die Datengröße der Modelle im Blick zu haben, da sie zu Schwierigkeiten beim Austausch der Daten führen kann. Hilfestellung bei den Softwareeinstellungen sollte von den Produktentwicklern eingeholt werden.

#### 4.3.1.4 Qualifikation

Die erfolgreiche Projektplanung und -abwicklung mit der BIM-Methode hängt deutlich von den vorhandenen Kompetenzen und Erfahrungen der Projektbeteiligten ab. Um die Rolle des BIM-Nutzers, BIM-Autors und BIM-Koordinators in den planenden Unternehmen (s. Beschreibung in Handlungsempfehlungen vom Jahr 2017) erfolgreich erfüllen zu können, ist eine entsprechende Weiterbildung in den rollen- und fachspezifischen Bereichen erforderlich. Die hohen Qualifikationen der Projektbeteiligten sowie die Sicherung des kontinuierlichen Einsatzes des qualifizierten Personals waren im Fall der begleiteten Pilotprojekte neben der entsprechenden technologischen Ausstattung (Software, Hardware) die wichtigsten Kriterien für die effektive Projektausführung. Zu den themaspezifischen Schulungen, die die Umsetzung von BIM-Projekten unterstützen, gehören z.B.:

- Methodische Schulungen für BIM-Basis-Wissen und ein einheitliches BIM-Verständnis
- Software-Schulung für Standard-Software im Unternehmen mit Beleuchtung kleinerer Werkzeuge zur Erleichterung der Arbeit
- Schulung für Modellierung und Koordination
- Schulung für spezielle Projektmitarbeiter für Viewer, 4D- & 5D-Anwendungen, Prüfung der Planungsmodelle, etc.
- Interne Ausbildung zum BIM-(Gesamt)Kordinator
- Diversifizierung von weiteren BIM-Fachschulungen

Für die Projektsteuerung wird es empfohlen, die folgenden Kompetenzen zu fordern:

- Grundlegendes Verständnis der Methodik
- Navigationsfähigkeit in Modellen – Informationsbeschaffung
- Sicherer Umgang mit BIM-Modellen bzw. spezieller Software, vorrangig zur Koordination
- Erfahrung im Umgang mit 3D/4D/5D-Planung

Den planenden Unternehmen wird hinsichtlich der Qualifikation folgendes empfohlen:

- BIM Kompetenzen in den eigenen Unternehmensstrukturen zu fördern und aufzubauen, dabei soll die BIM-Methode sowohl von den Führungskräften als auch von allen Projektbeteiligten einheitlich verstanden und akzeptiert werden.
- Das eigene Personal regelmäßig und projektbegleitend zur BIM-Thematik zu schulen. Dabei soll zielgerecht ein entsprechendes Qualifikationsprogramm zum Erwerb erforderlicher Kompetenzen für die entsprechende Zielgruppe gewählt werden. Die Schulungen sind auf eine notwendige Anzahl zu begrenzen.

- Die Erfahrungen aus den bisherigen BIM-Projekten regelmäßig zu sammeln, auszuwerten und unternehmensintern vorzustellen. Dabei stehen die realen, sowohl die positiven als auch die negativen Projektergebnisse, die mit BIM erzielt wurden, im Vordergrund.
- Die Vorteile der BIM-Methode auch für die Mitarbeiter klar darzustellen und zu kommunizieren, dabei ist es vorteilhaft, wenn erkenntlich ist, wie die Mitarbeiter selbst am Mehrwert partizipieren können.
- Die Erstellung einer Angebotskalkulation für einen realistischen Angebotspreis der BIM-Leistungen und damit die Einschätzung ihres Aufwands schrittweise mit den Erfahrungen zu lernen.

#### 4.3.2 Handlungsempfehlungen für bauausführende Unternehmen

Die Anforderungen an den BIM-Prozess betreffen nicht nur den Auftraggeber und den Planer, sondern auch Bauunternehmen, die für die Ausführung der Bauprojekte im vorgegebenen Zeitraum und Finanzrahmen verantwortlich sind. Bauausführende Unternehmen sind dabei zunehmend verpflichtet, BIM-Leistungen in der Bauausführungsphase zu erbringen und sich dabei die entsprechenden Kompetenzen anzueignen.

##### 4.3.2.1 Daten

Die bauausführenden Unternehmen sind verpflichtet, das Bauwerksmodell gemäß den in den AIA definierten Anforderungen und dem aufgestellten Zeit- und Kostenplan umzusetzen. Die Grundlage dafür bilden laut der BIM-Methodik nicht die 2D-Pläne, sondern die Bauwerksmodelle, die durch die Ausführenden gelesen und verstanden werden müssen. Sie liefern schließlich direkt und möglichst automatisiert u.a. Informationen zum Materialbedarf oder den Soll-Ist-Vergleich des Bauzeitenplans bei der Baustellenkontrolle. Mit den BIM-Modellen sind die aktuellen Planungs- und Änderungsstände in der Ausführung und Abnahme jederzeit verfügbar.

Die Ausführung von Projekten mit der BIM-Methode muss dabei gemäß einem strukturierten Informationsmanagement erfolgen. Eine Grundlage dafür bilden die zu Beginn der Ausführungsphase erstellten AIA und der BAP.

Den bauausführenden Unternehmen wird bzgl. des Datenmanagements folgendes empfohlen:

- Sich die Kenntnisse dafür anzueignen, um ausgeschriebene BIM-Leistungen und die in den Dokumenten, wie AIA und BAP, formulierten Informationsanforderungen für die Bauausführung und Objektbetreuung zu verstehen und umzusetzen.
- In der Lage zu sein, die von der Planung übergebenen Bauwerksmodelle zu übernehmen und auf deren Basis eigene Bau- und Montagemodelle erzeugen zu können. Hierfür müssen vom AG geforderte Objekt- und Attributkataloge (Semantik) insbesondere für die spätere Betriebsphase eingebunden werden.

- Die in den AIA und BAP angeforderten herstellerneutralen Formate für die Ablage der Baudokumentation und die Kommunikation der während der Bauausführung vorgenommenen Änderungen in der durch den AG bereitgestellten CDE zu verwenden. Die Möglichkeiten zu deren Unterstützung mit Hilfe der im Unternehmen eingesetzten Softwareprodukte soll vor dem Projektbeginn geprüft werden.

#### 4.3.2.2 Prozesse

Die bisherigen Pilotprojekte haben nachgewiesen, dass die Bauausführung mit Hilfe der BIM-Methode bereits möglich ist. Es wurden einzelne Baubesprechungen sowie die Verortung einzelner Mängel anhand von Fachmodellen durchgeführt, eine modellbasierte Ausschreibung und Vergabe beauftragt. Alle relevanten Leistungen können somit prinzipiell ab 2020 modellbasiert bearbeitet werden. Die Anwendung der BIM-Methode in der Bauausführung wurde jedoch in den 13 wissenschaftlich begleiteten BIM-Projekten ziemlich begrenzt verwendet und soll in den künftigen Projekten stärker zum Einsatz kommen, um die bisherige beschränkte Datengrundlage für die Kategorie zu vergrößern.

Die generellen Handlungsempfehlungen aus dem INFRABIM-Bericht der Vorbereitungsphase zur BIM-Einführung sind im Fall der bauausführenden Unternehmen weiterhin gültig. Dazu gehören u.a. die kritische Prüfung der unternehmensinternen und projektspezifischen Prozesse und Monitoring des eingesetzten Veränderungsprozesses.

Den bauausführenden Unternehmen wird hinsichtlich der Prozesse folgendes empfohlen:

- Den partnerschaftlichen Ansatz der Projektabwicklung für den gesamten Projektverlauf zu fördern und künftig zu vereinbaren.
- Baubesprechungen verstärkt anhand von Fachmodellen durchzuführen und diese als Standardformat für die Kommunikation mit Planern und Bauherren zu verwenden.
- Das bisher bereits mögliche BIM-basierte Mängelmanagement zu implementieren, um die einzelnen Mängel verstärkt auf Basis von digitalen Fachmodellen zu erfassen, die Informationen und Berichte in herstellerneutralen Formaten auszutauschen und in der CDE zu speichern.

#### 4.3.2.3 Technologie

Im Rahmen der 13 BIM-Pilotprojekte wurden unterschiedliche Technologien zur Bestandsaufnahme, Erstellung der Bauwerksdokumentation und Generierung eines qualitätsgesicherten Betreibermodells verwendet. Die zum Abgleich der gebauten Elemente mit dem 3D-Planungsmodell und zur Erfassung des Ist-Zustandes verwendeten Technologien, u.a. stationäre und mobile Laser-Vermessung, terrestrische Aufnahmen, Fotogrammetrie, Drohnenbefliegung oder georeferenzierte Orthofotographie, wurden als essentielle Grundlage für die Durchführung der BIM-Methodik im Planungsverlauf bewertet und für weitere Projekte empfohlen. Der hohe geometrische Detaillierungsgrad der Bestandsmodellierung stellt dabei für den gewünschten Anwendungsfall einen starken Mehrwert dar, wobei hier-



bei Datenmenge und -qualität differenziert betrachtet werden müssen. Eine hohe Datenmenge ist nicht gleichbedeutend mit einer hohen Datenqualität, sondern kann sogar hinderlich für die Umsetzung der BIM-Prozesse sein.

Problematisch wurde dagegen die Nutzung von digitalen Technologien an der Baustelle bei der Bauausführung bewertet. Dazu gehören u.a. Tablets und mobile Endgeräte für Mängelerfassung sowie Cloud-Dienste für die Mängelverwaltung und Visualisierungsmethoden wie Virtual Reality. Auf Grund der erkannten fehlenden Akzeptanz und der zum Teil technischen Unzulänglichkeiten wurden das Potential sowie der gesamte Funktionsumfang der neuartigen Technologien nicht ausgeschöpft. Diese Barrieren sollen in künftigen BIM-Projekten beseitigt werden.

Den bauausführenden Unternehmen wird daher hinsichtlich der Technologie empfohlen:

- Digitale Technologien zur Bestandsaufnahme, Erstellung der Bauwerksdokumentation, Generierung eines qualitätsgesicherten Betreibermodells, Mängelerfassung und Baufortschrittskontrolle in die eigenen Prozesse zu integrieren. Die entsprechenden Technologien sollen seitens der Unternehmen auf ihre Potentiale und Beschränkungen (z.B. Genauigkeit, Nachmodellierungsbedarf) getestet und zielgerichtet für die Durchführung von bestimmten Projektaufgaben ausgewählt werden.
- Die Weiterentwicklung von innovativen Technologien zur Unterstützung der BIM-Anwendungsfälle aktiv mitzugestalten. Dazu gehört die Durchführung von Transferprojekten im Rahmen einer angewandten Forschung sowie eine direkte Kommunikation mit den Herstellern, die für die Optimierung der jeweiligen Technologien zuständig sind.
- Die Verordnungen zur Datenaufnahme mit Hilfe neuartiger Technologien wie Drohnenbefliegung sowie die Antragsfristen für die Genehmigung zu beachten. Die Nutzung derartiger Technologien erhöhen die Anforderungen an das Projekt.

#### 4.3.2.4 Qualifikation

Viele von den bauausführungsbezogenen Anwendungsfällen können heutzutage mit Hilfe neuartiger Technologien effektiv und effizient umgesetzt werden. Die Mängelerfassung kann beispielsweise mithilfe von Tablets beschleunigt und die Mängelverwaltung mittels eines Cloud-basierten Systems fehler- und redundanzfrei durchgeführt werden. Das BIM-gestützte Mängelmanagement mithilfe mobiler Endgeräte wurde jedoch in den BIM-Pilotprojekten auf Grund der Akzeptanzprobleme nur teilweise umgesetzt. Das größte erkannte Hemmnis bei den digitalen Bauprozessen bildet demzufolge die Akzeptanz der Technologien und daraus folgend die Bereitschaft zu ihrer Nutzung. Die Probleme betreffen sowohl die Softwarekonfiguration als auch die Handhabbarkeit der Technologien auf der Baustelle, was im Endeffekt zu Doppelarbeiten sowie zur parallelen Dokumentation unterschiedlicher Mängel führt; teilweise papier- und teilweise Cloud-basiert mit Hilfe automatisch generierter Formulare. Die Erhöhung der Akzeptanz kann ausschließlich durch den

Erwerb entsprechender Kompetenzen sowie Erprobung neuer Technologien und geänderter Abläufe erfolgen.

Den bauausführenden Unternehmen wird dementsprechend folgendes empfohlen:

- Gemeinsam mit allen anderen involvierten Baubeteiligten ein gleiches BIM-Verständnis zu erarbeiten.
- Das eigene Personal regelmäßig bzgl. der Nutzung neuer Technologien und des Einsatzes von digitalen Bauwerksmodellen zu schulen. Dafür sollen zuerst die Anforderungen an die Qualifikation formuliert und darauf basierend ein Qualifizierungsprogramm bereitgestellt werden, welches den Mitarbeitern/innen ermöglicht, Kompetenzen auf dem geforderten Gebiet zu erwerben.
- Die gesamte Wertschöpfungskette zu betrachten und daher Kompetenzen sowohl auf der Seite der bauausführenden Unternehmen, der Haupt- und Subunternehmen, als auch der planenden Unternehmen zur Erhöhung der Qualität der Zusammenarbeit zu fördern.

## 5 Ausblick

Die erweiterte Phase der BIM-Implementierung gemäß dem Stufenplan „Digitales Planen und Bauen“ zeigt deutlich, dass der Einsatz der BIM-Methodik zur Umsetzung der wichtigen Anwendungsfälle bereits möglich ist und qualitativ bessere, mindestens aber gleichwertige Ergebnisse wie die konventionelle Arbeitsweise erzielt. Um den BIM-Prozess jedoch reibungslos und mit einem niedrigeren Aufwand realisieren zu können, sollen die in diesem Bericht erfassten Maßnahmen und Handlungsempfehlungen zur Beseitigung der während der Pilotierung identifizierten Schwierigkeiten umgesetzt werden. Diese sollen die breite Implementierung von BIM in der Bauwirtschaft sichern.

In einem ersten Schritt sollen die bisher nicht umfangreich getesteten Anwendungsfälle in weiteren BIM-Projekten ausgearbeitet werden. Dazu gehören u.a. das BIM-basierte Planfeststellungsverfahren, der BIM-basierte Bauaufsichtsprozess nach VV Bau, die modellbasierte Wartungs- und Instandhaltungsplanung sowie die BIM-basierte Instandhaltung und Instandsetzung. Der Schwerpunkt der nächsten Pilotierung soll v.a. in der Nutzung von BIM sowohl in der Genehmigungsphase als auch primär in der Betriebsphase liegen, in denen die größten Potentiale der BIM-Anwendung erwartet werden. Die Weiterentwicklung der Methodik soll überdies in der laufenden Anwendung erfolgen.

Um die Umsetzung des im Stufenplan geforderten Leistungsniveaus 1 zu vereinfachen, sind technische Optimierungen der auf dem Markt vorhandenen Softwareprodukte für bestimmte Fachbereiche und Anwendungen sowie die Weiterentwicklung von herstellerneutralen Schnittstellen erforderlich, die vor allem im Infrastrukturbereich für einen reibungslosen Datenaustausch noch verbessert werden müssen. Es mangelt weiterhin an standardisierten Vorlagen und Mustern u.a. für Leistungsbeschreibungen. Die bisher in der Pilotphase erarbeiteten Dokumente bilden eine hervorragende Basis für ihre Standardisierung, die jetzt verstärkt vorgenommen werden soll.

Die in den BIM-Pilotprojekten festgestellten, sowohl seitens des AG als auch des AN ausbaufähigen Kompetenzen in der BIM-Anwendung im Infrastrukturbereich sollen in der gesamten Branche verstärkt werden. Die notwendige Weiterbildung muss sowohl die Grundmethodik von BIM darlegen als auch die Spezialisten aus allen beteiligten Fachbereichen ansprechen, für die die Entwicklung eines zielgerichteten und fachorientierten Qualifizierungsprogramms vorgenommen werden muss, um die Bedürfnisse der einzelnen Bereiche und Zielgruppen abzudecken. Das betrifft auch den Einsatz weiterer moderner Technologien, die den gesamten Lebenszyklus des Bauwerks unterstützen können. Die bisher in den BIM-Pilotprojekten kaum genutzten und wenig akzeptierten Cloud-Anwendungen und mobilen Endgeräte auf der Baustelle, die Telematik sowie der 3D-Druck sollen in den nächsten Projekten stärker zum Einsatz kommen.

Detaillierte Berichte aus der BIM-Pilotierung sowie der Nutzung entsprechender Technologien, die sowohl die positiven Erfahrungen als auch die bisherigen prozess-, technologie- und organisationsbezogenen Einschränkungen offenlegen, sollen vermehrt sowohl schrift-

lich als auch mündlich in unterschiedlichen Formaten den Projektbeteiligten zur Verfügung gestellt werden.

Wie bereits im Bericht der wissenschaftlichen Begleitung der BIM-Vorbereitungsphase vom Jahr 2017 dargestellt wurde, sollen nach dem Erreichen des BIM Leistungsniveaus 1 auch zeitnah die Grundlagen für die Einführung der weiteren Leistungsniveaus, des zweiten und des dritten, erarbeitet werden. Damit soll sichergestellt werden, dass der im Stufenplan „Digitales Planen und Bauen“ festgelegte Leitfaden zur breiten Einführung der BIM-Methodik in der deutschen Wirtschaft und ihrer Digitalisierung erfolgreich umgesetzt wird. Dafür ist weiterhin eine enge Zusammenarbeit zwischen allen Akteuren der Branche erforderlich, sowohl zwischen den privaten Unternehmen, den öffentlichen Auftraggebern und politischen Institutionen als auch den Forschungs- und Bildungseinrichtungen. Eine zentrale Rolle für die Realisierung der Aufgaben kann das im Juli 2019 neu gegründete BIM-Kompetenzzentrum des Bundes übernehmen. Die weitere Unterstützung seitens der Bundesministerien und die Förderung von BIM-bezogenen Vorhaben sind weiterhin essenziell für die Fortsetzung der Digitalisierung im Bauwesen in der gesamten Bundesrepublik Deutschland.