

Digitaler Zwilling Bundesfernstraßen ■

Eine Perspektive der Beratenden Ingenieure zum
Masterplan Digitaler Zwilling Bundesfernstraßen des BMV

Unsere Definition und Kernbotschaft

Was wir unter einem Digitalen Zwilling Bundesfernstraßen verstehen

Ein Digitaler Zwilling Bundesfernstraßen ist eine virtuelle dynamische Repräsentation des realen Systems und seiner Wirkzusammenhänge. Er unterstützt über einen (teil)automatisierten bi-direktionalen Daten- und Informationsaustausch ein nachhaltiges Management im Lebenszyklus der Infrastruktur und optimiert Entscheidungsgrundlagen für die verschiedenen Stakeholder. In unserem Verständnis meint Infrastruktur die Gesamtheit der (bebauten) Umwelt.

Kernbotschaft

Der Nutzen beginnt früh in Planung und Bau und reicht bis in den Betrieb. Erst die dynamische Rückkopplung mit der realen Anlage macht aus einem Modell einen Digitalen Zwilling. Voraussetzungen dafür sind ein belastbares, gepflegtes Datenfundament sowie ein einheitlicher und zentraler Zugangspunkt zu den Daten über den gesamten Lebenszyklus.

Der Verband der Beratenden Ingenieure (VBI) unterstützt das Ziel eines Digitalen Zwillings Bundesfernstraßen ausdrücklich. Ein Digitaler Zwilling entsteht aus mehreren Bausteinen. BIM gehört dazu, ebenso Geodaten, Bestandsdaten sowie Betriebs-, Zustands- und Sensordaten. BIM ist damit ein Baustein des Digitalen Zwillings, nicht seine Voraussetzung. Auch dort, wo für Bestandsbauwerke kein Modell und teilweise nicht einmal belastbare Grunddaten vorliegen, kann ein Digitaler Zwilling entstehen und schrittweise wachsen. Voraussetzung hierfür ist ein belastbares Datenfundament mit klarer Governance, offenen Schnittstellen und pragmatisch eingeführten Standards. In diesem Papier zeigen wir anhand von vier Anwendungsideen, wo der Digitale Zwilling Entscheidungen besser und schneller ermöglicht, und formulieren konkrete Erwartungen an den Masterplan des BMV.

1. Ausgangslage und Abgrenzung

Die Datenlandschaft der Bundesfernstraßen ist historisch gewachsen, heterogen und überwiegend dateibasiert. Modelle und Daten entstehen projektbezogen und werden nach Projektabschluss nur selten auf Systemebene in den Betrieb überführt. Damit bleibt Wissen an einzelne Dateien und Projekte gebunden, statt über den Lebenszyklus der Anlage vernetzt nutzbar zu sein. Wo wir heute konkret stehen und was daraus folgt, beschreibt Kapitel 2.

Die begriffliche Abgrenzung zwischen BIM und Digitalem Zwilling ist im Rahmendokument der Bundesanstalt für Straßenwesen zur Musterrichtlinie BIM bereits beschrieben. Darauf aufbauend werden zwei Punkte aus der Planungspraxis ergänzt. Erstens ist BIM ein Baustein des Digitalen Zwillings, neben Geodaten, Bestands-, Betriebs- und Sensordaten. Zweitens entscheidet nicht ausschließlich der Detaillierungsgrad der Modelle über den Nutzen, sondern die Rückkopplung: IST-Daten aktualisieren das digitale Abbild fortlaufend, und die daraus abgeleiteten Entscheidungen wirken auf die Anlage zurück. Ein BIM-Modell alleine kann nicht den hohen Anforderungen an dynamische Daten eines Digitalen Zwillings gerecht werden.

2. Datenfundament und Datenraum

Alle Anwendungsideen dieses Papiers stützen sich auf dieselben Datengrundlagen und stoßen auf dieselben Hürden. Sie werden hier deshalb gebündelt, statt sie in jeder Anwendungsidee zu wiederholen.

2.1 Der heutige Datenstand in der Praxis

In den Projekten zeigt sich durchgängig ein ähnliches Bild:

- Heterogene Datenquellen, Formate und Plattformen, häufig veraltete und unvollständige Datenstände.
- Unklare Georeferenzierung und/oder unterschiedliche Koordinatensysteme.

- Keine deutschlandweit einheitliche Datenplattform und kein durchgängiges Datenmodell für Geodaten, für BIM-Daten fehlt ein verbindlich vorgeschriebener, durchgängiger Standard über alle Lebenszyklusphasen.
- Überwiegend dateibasierte Arbeitsweise, fehlende Interoperabilität zwischen und zu den Common Data Environments (CDE).
- Fehlende Angaben zu Datenqualität, Herkunft und Aktualität, dadurch unklare Belastbarkeit der Grundlagen.
- Grundlagendaten werden vielfach getrennt erhoben und verwaltet, teils mehrfach erhoben und nicht geteilt, zum Beispiel Baugrundaufschlüsse.
- Regelwerke und Prozesse sind noch nicht durchgängig auf eine digitale, modellbasierte Arbeitsweise ausgerichtet.

Der Informationsaustausch findet zumeist auf Dateiebene statt. Lieferanforderungen beziehen sich primär auf Geometrie und Semantik einzelner Objekte in der jeweiligen Datei. Ableitungen und Relationen zwischen Objekten sind dateibasiert kaum offen übertragbar und Modelle und Daten können in der Regel nach Projektabschluss nicht übergeordnet auf Systemebene in den Betrieb überführt werden. Es fehlt an geeigneten Datenräumen. Damit bleibt viel Wissen an einzelne Dateien und Projekte gebunden, statt für die gesamte Anlage über ihren Lebenszyklus nutzbar zu sein.

2.2 Zielbild: vom Projektmodell zum vernetzten Datenraum

Aus der Ausgangslage wird ein klares Zielbild abgeleitet:

- Ein durchgängiger, projektübergreifender Datenraum über die gesamte Infrastruktur in Deutschland.
- Nutzbar auch ohne klassische BIM-Modelle, etwa über Platzhalter für noch nicht modellierten Bestand, damit der Zwilling flächendeckend wachsen kann.
- Grundlagendaten werden einmal erhoben und geteilt, statt mehrfach erhoben, mit klaren Angaben zu Qualität, Herkunft und Aktualität.

- Integration von Echtzeitdaten dort, wo sie Entscheidungen verbessern, mit klar definierter Granularität der Daten.
- Klare Prozesse und Zuständigkeiten (Governance) sowie pragmatisch und schrittweise einfühnbare Standards.

Leitprinzip bleibt dabei: ein Digitaler Zwilling für die gesamte Infrastruktur. Ziel ist nicht die Summe vieler Projektmodelle, sondern ein gemeinsam genutzter Datenraum, in den Projekte einzahlen und aus dem sie sich bedienen.

2.3 Anforderungen an das Datenfundament

Ein leistungsfähiger Digitaler Zwilling Bundesfernstraßen setzt ein belastbares Datenfundament und einen übergreifenden Datenraum voraus. Nur wenn Informationen aus Planung, Bau, Betrieb und Erhaltung in einheitlichen Strukturen zusammengeführt werden, lassen sie sich dauerhaft verknüpfen, auswerten und für Aufgaben wie Überwachung, Analyse, Simulation sowie vorausschauende Instandhaltungsstrategien nutzen. Der Digitale Zwilling lebt dabei nicht primär von der Menge der Daten, sondern von deren Qualität, Aktualität, Nachvollziehbarkeit sowie der Interoperabilität über offene Schnittstellen.

Grundlage hierfür sind bundesweit einheitliche Datenmodelle, Objektkataloge, Metadatenstrukturen und Austauschformate. Insellösungen einzelner Bundesländer oder Organisationen müssen vermieden werden, um eine durchgängige Datennutzbarkeit sicherzustellen. Neben standardisierten Datenstrukturen sind auch einheitliche Definitionen für Datenqualität erforderlich. Dabei müssen Anforderungen an Vollständigkeit, Konsistenz, Aktualität und Genauigkeit festgelegt und an den jeweiligen Anwendungsfall angepasst werden. Nicht jede Anwendung benötigt dieselbe Detailtiefe, weshalb Mindestanforderungen an die Datenqualität Use-Case-spezifisch definiert werden müssen.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Herkunft und Vertrauenswürdigkeit der Daten. Für jeden Datensatz sollten Quelle, Erfassungsmethode, Erfassungszeitpunkt, Angaben zur Genauigkeit sowie der aktuelle Gültigkeitsstatus dokumentiert werden. Dies gilt gleichermaßen für Bestandsdaten aus Laserscanning,

Photogrammetrie oder Drohnenbefliegungen wie für Betriebs- und Zustandsdaten aus Sensorik- und Monitoring-Systemen. Insbesondere Live-Daten, beispielsweise zu Verkehrsbelastungen, Bauwerksverformungen oder Umwelteinflüssen, müssen fachlich aufbereitet und in einen nachvollziehbaren Nutzungskontext eingeordnet werden.

Zentral ist zudem ein aktives Informationsmanagement über den gesamten Lebenszyklus der Daten. Daten besitzen einen zeitlichen Wert und können mit zunehmendem Alter an Aussagekraft verlieren. Daher sind Prozesse zur Aktualisierung, Versionierung, Archivierung und gegebenenfalls Löschung veralteter Informationen erforderlich. Werden neue Daten erhoben, müssen ältere Daten nachvollziehbar ersetzt oder archiviert werden, um Widersprüche innerhalb des Datenbestands zu vermeiden. Ein klar definierter Datenlebenszyklus schafft dabei Transparenz und stellt sicher, dass Entscheidungen stets auf einer aktuellen Informationsgrundlage basieren.

Der Datenraum des Digitalen Zwillings sollte als Umgebung verstanden werden, in der Informationen aus unterschiedlichen Quellen gemeinsam nutzbar gemacht werden. Dabei sind auch Informationen von Netzbetreibern, Spartenträgern, Kommunen oder weiteren Infrastrukturbetreibern einzubeziehen. Entscheidend ist jedoch nicht die zentrale Speicherung sämtlicher Daten, sondern die standardisierte Integration über offene Schnittstellen. Der Fokus muss daher auf der Vernetzung von Informationsquellen liegen, nicht auf der Schaffung immer neuer Datensilos.

Neben technischen Fragestellungen sind organisatorische Regelungen unverzichtbar. Verantwortlichkeiten für Datenpflege, Datenhaltung und Datenqualität müssen eindeutig definiert werden. Dabei ist zwischen Data Governance und Data Ownership zu unterscheiden: Während Data Governance die Regeln, Prozesse und Verantwortlichkeiten für den Umgang mit Daten festlegt, beschreibt Data Ownership, wer für Erstellung, Pflege und Aktualisierung einzelner Informationen zuständig ist. Mit zunehmender Digitalisierung könnten hierfür neue Rollen entstehen, vergleichbar mit den heute etablierten BIM-Managern oder BIM-Koordinatoren.

Letztlich muss das Datenfundament konsequent von den Informationsanforderungen aus gedacht werden. Nicht die Frage „Welche Daten können wir erfassen?“ steht im Vordergrund, sondern „Welche Informationen werden für welche Entscheidungen benötigt?“.

Erst daraus lassen sich Anforderungen an Datenumfang, Detailgrad, Aktualität und Qualität ableiten. Ein zukunftsfähiger Digitaler Zwilling der Bundesfernstraßen benötigt daher ein einheitliches Informationsmanagement, das GIS-, BIM- und Betriebsdaten zusammenführt und die Grundlage für datenbasierte Entscheidungen über den gesamten Lebenszyklus der Infrastruktur schafft.

2.4 Datengrundlagen, die alle Anwendungsideen benötigen

Über alle Anwendungsideen hinweg werden im Kern dieselben Datengrundlagen benötigt:

- Geobasisdaten, Digitale Geländemodelle und Netzdaten als räumlicher Kontext.
- BIM-Fachmodelle der Planung (IFC) einschließlich Prüfregele (IDS) und Koordinationsdaten (BCF).
- Bestandsdaten der Straßenbauverwaltung zu Straßen, Brücken und Tunneln einschließlich Zustandsdaten, etwa nach SIB-Bauwerke.
- Geometrische Bestandserfassung aus Laserscanning, Photogrammetrie und Befliegungen, auch als Grundlage dort, wo kein Modell vorliegt.
- Material-, Hersteller- und Nachweisdaten sowie Prüf-, Wartungs- und Schadenshistorien.
- Bauablauf- und Baudokumentation einschließlich Termin-, Logistik- und Fortschrittsdaten.
- Umwelt-, Schutzgebiets-, Leitungs- und Sparten- daten sowie Eigentums- und Genehmigungs- daten.
- Verkehrs-, Betriebs- und Sensordaten aus Monitoring- und Managementsystemen.

Ein Großteil der relevanten Daten ist bereits vorhanden. Die Herausforderung liegt daher nicht primär in der Erfassung neuer Daten, sondern in ihrer Digitalisierung und standardisierten, interoperablen und dauerhaft aktuellen Zusammenführung.

3. Anwendungsideen der Branche

Die folgenden vier Anwendungsideen zeigen beispielhaft, wo der Digitale Zwilling eine Entscheidung besser oder schneller machen kann. Sie sind nicht abschließend, sondern stehen laut dem Autorenteam dieses Dokumentes für typische Situationen über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Die jeweils benötigten Datengrundlagen wurden in Kapitel 2 beschrieben und werden daher hier nicht einzeln wiederholt.

3.1 Bestandsdokumentation / As-Built / Übergabe

Phase: Bau zu Betrieb

Autor: Markus Löschner

Ausgangssituation / Problem

Fehlende Interoperabilität sowie Informationsverluste beim Übergang vom Bau in den Betrieb erschweren eine durchgängige Datennutzung. Ein As-Built-Modell beschreibt lediglich den Zustand zu einem bestimmten Zeitpunkt, dadurch verlieren zahlreiche Randbedingungen – beispielsweise Umwelt-, Eigentums-, Leitungs- oder Verkehrsdaten – im Laufe der Zeit ihre Aktualität und müssen für spätere Planungen teilweise erneut erhoben werden. Zusätzlich fehlen einheitliche Standards für Inhalt und Qualität von As-Built-Modellen. Bei vielen Baulastträgern fehlen klare Anforderungen und Zielbilder für den Einsatz digitaler Zwillinge im Betrieb.

Unterstützte Entscheidung

Ein Digitaler Zwilling unterstützt insbesondere die Priorisierung von Erhaltungs- und Sanierungsmaßnahmen, die Investitions- und Budgetplanung sowie die Entwicklung von Verkehrs- und Betriebskonzepten während Baumaßnahmen. Darüber hinaus beschleunigt er Genehmigungs- und Abstimmungsprozesse durch eine bessere Informationsverfügbarkeit.

Hauptnutzer & Prozessschritt

Zu den wesentlichen Nutzern gehören Infrastrukturbetreiber, Bauherren, Bauunternehmen, Bauwerksprüfer, Fachplaner verschiedener Disziplinen sowie Einsatz- und Krisenmanagementorganisationen. Der Schwerpunkt liegt auf dem Übergang vom Bau in den Betrieb sowie der anschließenden Nutzung in Betrieb, Erhaltung und Weiterentwicklung der Infrastruktur.

Erwarteter Nutzen

Der digitale Zwilling reduziert Mehrfacherfassungen und verbessert die Datenqualität über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks. Dadurch werden Planungs- und Entscheidungsprozesse schneller, wirtschaftlicher und belastbarer. Gleichzeitig ermöglicht er effizientere Bauwerksprüfungen, optimierte Wartungsstrategien sowie eine verbesserte Grundlage u. a. für Lastansätze oder bei Regelungen für Nachrechnungen bestehender Bauwerke. Für eine flächendeckende Datenerfassung ist eine Standardisierung selbiger erforderlich.

3.2 Vernetzte Bauausführung: Ablauf, Logistik und Fortschritt

Phase: Bau

Autor: Abduaziz Juraboev

Ausgangssituation / Problem

Die Bauausführung ist die kritische Bruchstelle des digitalen Lebenszyklus. An der Schnittstelle zwischen Planung und Ausführung gehen strukturierte Informationen verloren, sodass die operative Steuerung der Baustelle überwiegend auf Erfahrungswerten beruht. Die 4D-Methode verknüpft das Bauwerksmodell mit dem Terminplan und ermöglicht die Überprüfung des geplanten Bauablaufs, bleibt aber ein Soll-Modell der primären Bauprozesse. Die Baustellenlogistik als maßgeblicher Taktgeber bleibt darin unsichtbar, obwohl etwa ein Drittel der Arbeitszeit im Baubetrieb auf logistische Prozesse wie Transporte, Wege, Materialsuche und störungsbedingte Unterbrechungen entfällt. In der Ausführungsüberwachung sind zahlreiche Bauteile, Hersteller, Logistikdienstleister und Kolonnen zu koordinieren, und Verzögerungen in einer Bauphase wirken sich unmittelbar auf Termine und Kosten aus.

Unterstützte Entscheidung

Die zentrale operative Frage lautet, zu welchem Zeitpunkt welcher Transport auf die Baustelle gelangen darf und wie dort mit ihm weiter verfahren wird. Ein Digitaler Zwilling der Bauausführungsphase liefert darauf fortlaufend Antworten, indem er Ist-Datenströme mit den Soll-Vorgaben synchronisiert. Über die Lieferkette lassen sich Bauteile mit aktiver Sensorik sowie passiver RFID- und QR-basierter Identifikation von der Vorfertigung über Transport und Anlieferung bis zu Einbau und Qualitätsprüfung lückenlos verfolgen. Anliefe-

rungen erfolgen dann just in time und just in sequence entsprechend dem aktuellen Leistungsstand. Vernetzte Sensorik auf der Baustelle erfasst Geräte, Flächenbelegung und Umgebungsbedingungen und erlaubt die Steuerung von Engpässen bei Kranzeiten, Entladezonen und Lagerflächen. Photogrammetrisch oder per Laserscanning erzeugte Punktwolken objektivieren den Leistungsstand im Soll-Ist-Abgleich und lassen sich raumzeitlich auswerten.

Hauptnutzer & Prozessschritt

Hauptnutzer sind auf Auftragnehmerseite Bauleitung, Baulogistikfachplanung und Poliere als Last Planner sowie auf Auftraggeberseite die Bauüberwachung. Der Einsatz erfolgt in der operativen Baulogistiksteuerung, in der modellbasierten Vorschauplanung und in den täglichen Abstimmungen auf der Baustelle.

Erwarteter Nutzen

Es entsteht eine lückenlose Dokumentation darüber, welche Bauteile wann, woher und mit welchen Eigenschaften und Nachweisen eingebaut wurden. Aus dem fortgeschriebenen As-Processed-Modell wird das As-Built-Modell und schließlich das Asset-Modell für den Betrieb, einschließlich Rückverfolgbarkeit, Materialdokumentation und CO₂-Bilanzierung der Lieferketten. Über die CDE-gestützte Kopplung von Bauablauf, Baufortschritt und Lieferkette im Soll-Ist-Regelkreis wird die Bauausführung von einem erfahrungsgetriebenen Prozess zu einer verlässlichen Datenquelle für den gesamten Lebenszyklus.

3.3 Planungskoordination & Konfliktanalyse

Phase: Planung

Autoren: Paul-Christian Max, Fearghal Timlin

Ausgangssituation / Problem

Für Planung, Bau und Betrieb der Infrastruktur stehen bereits umfangreiche digitale Informationen zur Verfügung (siehe Kapitel 2).

Heute werden diese Informationen jedoch überwiegend in getrennten Fachsystemen verwaltet und projektbezogen genutzt. Die Koordination erfolgt häufig modellzentriert, während wichtige Randbedingungen aus Bestand, Betrieb, Genehmigung, Umwelt und angrenzender Infrastruktur nur eingeschränkt in die Planung einfließen. Konflikte werden zwar erkannt, ihre Auswirkungen auf das Gesamtsystem können jedoch oftmals nur mit erheblichem manuellem Aufwand bewertet werden.

Gerade im Bereich der Infrastruktur liegt die Herausforderung weniger in der Erstellung und Erfassung neuer Daten als vielmehr in der intelligenten Verknüpfung bereits vorhandener Datenbestände zu einem gemeinsamen Informations- und Entscheidungsraum. Dieser Ansatz orientiert sich an internationalen Digital-Engineering-Programmen, bei denen BIM-, GIS-, Betriebs- und Asset-Daten als gleichwertige Bestandteile eines Digitalen Zwillings betrachtet werden. Die Bewertung von Konflikten erfolgt nicht ausschließlich innerhalb einzelner Fachmodelle, sondern unter Einbeziehung geographischer, betrieblicher und netzbezogener Informationen. Dadurch können Planungsentscheidungen nicht isoliert innerhalb einzelner Fachmodelle betrachtet werden, sondern im räumlichen und fachlichen Kontext des bestehenden Bestands, angrenzender Infrastrukturen sowie betrieblicher und genehmigungsrelevanter Randbedingungen.

Unterstützte Entscheidung

Der Digitale Zwilling unterstützt Auftraggeber, Planer, Betreiber und Behörden bei der frühzeitigen Identifikation, Bewertung und Priorisierung von Konflikten und Planungsrisiken. Im Mittelpunkt stehen dabei nicht einzelne geometrische Kollisionen, sondern die Frage, welche Auswirkungen planerische Entscheidungen auf das Gesamtsystem Infrastruktur haben.

Darüber hinaus ermöglicht der Digitale Zwilling eine Bewertung von Planungsentscheidungen im Kontext der bestehenden Infrastruktur. Wechselwirkungen mit bestehenden Bauwerken, Verkehrsanlagen, Leitungen, Umweltbelangen und betrieblichen Anforderungen können frühzeitig erkannt und in die Entscheidungsfindung einbezogen werden. Dadurch wird die Planung nicht mehr ausschließlich aus Sicht einzelner Fachmodelle betrachtet, sondern im Kontext des vorhandenen Infrastrukturfelds.

So kann beispielsweise bewertet werden, welche Auswirkungen Planungsänderungen auf bestehende Bauwerke, Verkehrsanlagen und Betriebsabläufe haben, welche Umwelt-, Leitungs- oder Genehmigungsbelange betroffen sind, welche Konflikte tatsächlich entscheidungsrelevant sind und daher priorisiert behandelt werden müssen oder welche Folgen sich hinsichtlich Kosten, Terminen und späteren Erhaltungsmaßnahmen ergeben. Darüber hinaus ermöglicht der Digitale Zwilling den Vergleich unterschiedlicher Varianten und unterstützt die Auswahl von Lösungen mit geringeren Risiken, höherer Nachhaltigkeit und besserer langfristiger Wirtschaftlichkeit.

Hauptnutzer & Prozessschritt

Die Anwendung richtet sich an eine Vielzahl von Beteiligten entlang des gesamten Lebenszyklus der Infrastruktur. Zu den Hauptnutzern zählen BIM-Management und BIM-Koordination, Fachplaner aller Disziplinen, Projektsteuerungen, Auftraggeber, Prüf- und Genehmigungsbehörden sowie Betreiber und Organisationen des Erhaltungsmanagements.

Eingesetzt werden kann der Digitale Zwilling bereits ab der Grundlagenermittlung und begleitet die Vorplanung, Entwurfsplanung, Genehmigungsplanung und Ausführungsplanung bis hin zum Änderungsmanagement während der Projektabwicklung. Dadurch entsteht ein konsistenter Informationsraum, der fachübergreifende Entscheidungen über alle Projektphasen hinweg unterstützt.

Erwarteter Nutzen

Für die Planung ermöglicht der Digitale Zwilling eine frühzeitige Identifikation und Bewertung von Planungsrisiken. Konflikte können früher erkannt und im Kontext ihrer Auswirkungen bewertet werden, wodurch sich Planungsänderungen in späteren Projektphasen reduzieren lassen. Gleichzeitig verbessert sich die interdisziplinäre Zusammenarbeit, während Variantenuntersuchungen und Entscheidungsprozesse deutlich effizienter durchgeführt werden können.

Für Auftraggeber und Behörden schafft der Digitale Zwilling eine höhere Transparenz über Planungsstände, Risiken und Abhängigkeiten. Entscheidungen werden nachvollziehbarer, modellbasierte Prüf- und Genehmigungsprozesse können unterstützt werden und die Termin- und Kostensicherheit von Projekten verbessert sich.

Auch für Betrieb und Erhaltung entstehen wesentliche Vorteile. Betriebsrelevante Anforderungen können bereits während der Planung berücksichtigt werden. Darüber hinaus werden Entscheidungen und deren Grundlagen über den gesamten Lebenszyklus dokumentiert und stehen für spätere Umbau-, Erhaltungs- oder Erweiterungsmaßnahmen zur Verfügung.

Die positiven Effekte lassen sich unter anderem an verkürzten Koordinationszyklen, einer geringeren Zahl ungeklärter Konflikte, weniger Planänderungen während der Ausführung, beschleunigten Genehmigungsprozessen sowie einer höheren Datenqualität und Nachvollziehbarkeit messen.

3.4 Visualisierung & Kommunikationsunterstützung

Phase: Planung & Bau

Autorinnen und Autoren: Steffen Scharun, Rebecca Probst

Ausgangssituation / Problem

Infrastrukturmaßnahmen werden häufig durch Ängste, Unsicherheiten und Widerstände von Betroffenen erschwert oder verzögert. Ursachen hierfür sind oftmals ein fehlendes Verständnis der komplexen technischen Zusammenhänge, eine unzureichende oder zu spät einsetzende Kommunikation sowie fehlende Informationen und Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen über den gesamten Lebenszyklus. Die Projektbeteiligten (Bauherr, Planer, Baufirma) und betroffenen Stakeholder (Anwohner, öffentliche Entscheidungsträger, Umweltverbände) sprechen unterschiedliche Sprachen, was häufig Missverständnisse und Kommunikationsschwierigkeiten zur Folge hat. Auch die verspätete Einbindung relevanter interner und externer Stakeholder führt regelmäßig zu zusätzlichen Abstimmungsaufwänden, Verzögerungen und ineffizienten Entscheidungsprozessen.

Unterstützte Entscheidung

Eine frühzeitige, kontinuierliche und zielgruppengerechte Kommunikation über den gesamten Lebenszyklus einer Infrastrukturmaßnahme hinweg ist daher ein wesentlicher Erfolgsfaktor für eine effiziente Planung, Umsetzung, Erhaltung und Weiterentwicklung der Bundesfernstraßeninfrastruktur. Visualisierungen auf Basis digitaler Modelle unterstützen bereits heute die verständliche Vermittlung technischer Zusammenhänge sowie die Darstellung der Auswirkungen geplanter Infrastrukturmaßnahmen. Der Digitale Zwilling kann die Möglichkeiten der Kommunikationsunterstützung noch deutlich erweitern, indem unterschiedliche Planungs- und Bestandsdaten miteinander kombiniert und damit Informationen zu Baumaßnahmen verständlich, übersichtlich, nutzerorientiert und zentral über den gesamten Lebenszyklus für alle Beteiligten bereitgestellt werden.

Hauptnutzer & Prozessschritt

Die zusätzlichen Möglichkeiten des Digitalen Zwillings für die Visualisierung und Kommunikationsunterstützung sind von großer Bedeutung für Vorhabenträger bei der Initiierung neuer Bauvorhaben, um damit den Nutzen und die Auswirkungen darstellen und argumentieren zu können.

Aber auch über den gesamten Projektverlauf entsteht ein erheblicher Mehrwert für Projekt- und Kommunikationsverantwortliche, die mit diesen neuen Werkzeugen deutlich bessere Möglichkeiten zur Informationsbereitstellung und Kommunikation mit Stakeholdern zur Verfügung haben. Dies kommt beispielsweise bei Abstimmungen mit Fachbehörden, politischen Entscheidungsträgern, Genehmigungsbehörden oder im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung zum Tragen.

Erwarteter Nutzen (über BIM hinaus)

Heutige BIM-basierte Lösungen sind meist auf einzelne Projekte, Gewerke oder räumlich begrenzte Bereiche beschränkt, erfordern teilweise erheblichen Vorbereitungsaufwand und werden überwiegend dateibasiert bereitgestellt. Für großräumige Fragestellungen wie Trassenfindung, Netzbetrachtung oder Variantenuntersuchung werden ergänzend GIS-Systeme eingesetzt.

Ein Digitaler Zwilling der Bundesfernstraßen auf Basis einer zentralen Plattform mit integrierter BIM-GIS-Funktionalität und leistungsfähigen Visualisierungsmöglichkeiten schafft die Voraussetzungen für eine konsistente, medienbruchfreie und jederzeit aktuelle Informationsgrundlage. Durch die gemeinsame Bereitstellung und Visualisierung von Geometrie-, Fach-, Zustands-, Betriebs- und Umgebungsinformationen können komplexe Zusammenhänge verständlich dargestellt und fundierte Entscheidungen auf allen Ebenen unterstützt werden. Dies verbessert die Kommunikation zwischen Planung, Bau, Betrieb, Erhaltung und Verwaltung ebenso wie mit politischen Entscheidungsträgern, Genehmigungsbehörden, Rettungsdiensten, Anwohnern und der Öffentlichkeit.

Der Mehrwert eines Digitalen Zwillings geht dabei deutlich über einzelne Infrastrukturmaßnahmen hinaus. Er ermöglicht die netzweite Betrachtung des gesamten Anlagenbestands der Bundesfernstraßen einschließlich der gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen Bauwerken, Verkehrsströmen, Erhaltungsmaßnahmen und betrieblichen Randbedingungen. Dadurch können Auswirkungen einzelner Maßnahmen auf das Gesamtnetz frühzeitig erkannt, kumulative Effekte bewertet und Entscheidungen auf Grundlage eines ganzheitlichen Systemverständnisses getroffen werden. Der Digitale Zwilling entwickelt sich damit zu einem zentralen Kommunikations- und Entscheidungsinstrument für die strategische Steuerung, den nachhaltigen Betrieb und die langfristige Weiterentwicklung der Infrastruktur.

4. Hinweise an den Masterplan „Digitaler Zwilling Bundesfernstraßen“

Die vorliegenden Hinweise sind als Kommentar zum Masterplan zu verstehen, um die Perspektiven des VBI zu ergänzen.

4.1 Erwartungen

Aus Ausgangslage, Datenfundament und Anwendungsideen leiten wir konkrete, bewusst auf die Bundesebene gerichtete Erwartungen an das BMV ab. Die vier Anwendungsideen setzen dort an, wo der Digitale Zwilling aus unserer Sicht schon heute in Planung und Bau Nutzen stiften kann. Daraus folgt unsere Erwartung, dass der Masterplan diesen Nutzen über einen durchgängigen, projektübergreifenden Datenraum bis in Betrieb und Erhaltung weiterträgt.

- **Repräsentation der gesamten Infrastruktur sicherstellen:** Für die korrekte umfassende Darstellung des Projektkontextes ist eine vollumfängliche Datenbasis notwendig, die die Beteiligung aller involvierten Stakeholder ermöglicht.
- **Vollständigen Lebenszyklus abbilden:** von Planung und Bau über die As-Built-Übergabe an die Verwaltung bis Erhaltung, Ertüchtigung und Ersatz. Betrieb und Unterhaltung samt Zustandsdaten (etwa SIB-Bauwerke) nicht nachrangig behandeln.
- **Verbindlich für alle festlegen:** verbindliche Anwendungsvorgabe für Auftraggeber und Auftragnehmer statt unverbindlicher Empfehlungen, damit Ergebnisse projekt- und trägerübergreifend zusammenpassen, z. B. Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA), Leistungsbilder und Vergabeunterlagen des Bundes.
- **Ambitioniert mit belastbarem Stufenplan einführen:** realistischer, zugleich ambitionierter Fahrplan mit verbindlichem Zeitrahmen, definierten Reifegradstufen und geregelter Anschlussregelung bis zum Regelbetrieb. Technologischen Stand einschließlich KI als Beschleuniger nutzen.

- **Ziele, Zielgruppen und Genauigkeit definieren:** Use-Case-getrieben festlegen, welche Entscheidungen der Digitale Zwilling stützt, für welche Zielgruppen und mit welcher Informationsbedarfstiefe (z. B. LOIN) je Anwendungsfall. Ziele und Nutzen über nachvollziehbare Kennzahlen messbar machen.
- **Rückkopplung (physisch/digital) verankern:** dynamische Rückkopplung im Soll-Ist-Regelkreis als Definitionsmerkmal festschreiben. BIM-Lieferung und dynamisch gekoppelte Zwillingsleistung mit As-Built- und Betriebsdatenrückführung müssen unterschieden werden.
- **Als eigenständiges Datenkonzept verstehen:** datenzentriert, nicht datei- / modellzentriert, und damit keine bloße Verlängerung von BIM. Semantische Datenmodelle, Objektkataloge und eine skalierbare, tragfähige IT-Architektur von Anfang an voraussetzen.
- **Data Ownership, Governance und Datenfundament regeln:** klare Trennung von Data Ownership und Data Governance, also wer Daten pflegt, verantwortet und entscheidet, auf Basis eines belastbaren Datenfundaments, in dem Grundlagendaten einmal erhoben und geteilt statt mehrfach erhoben werden (Details in Kapitel 2).
- **Anschlussfähigkeit und Interoperabilität sichern:** offene Standards und Schnittstellen vorschreiben, offene Datenumgebungen gegenüber siloartigen Insellösungen präferieren. Standards pragmatisch und schrittweise einführbar halten, ohne Überstandardisierung, anschlussfähig zu anderen Infrastrukturbereichen und zum Hochbau.
- **Den Masterplan als lebendes Dokument verstehen:** regelmäßig evaluieren und aus den Erkenntnissen der Umsetzung fortschreiben.

4.2 Herausforderungen

Aus unserer Sicht sind folgende Punkte zu klären:

- Verantwortung für Datenqualität, Aktualität und Eigentum der Daten über den gesamten Lebenszyklus.
- Langfristige Finanzierung von Datenhaltung, Datenpflege und Qualitätssicherung.
- Standardisierte Verknüpfung von BIM-, GIS-, Bestands-, Betriebs- und Assetdaten.
- Anforderungen an leistungsfähige Softwarelösungen sowie ausreichende personelle Ressourcen für die Bestandsdatenpflege.
- Entwicklung geeigneter Strategien zur Personalgewinnung von Fachkräften für Datenmanagement, IT-Architektur, Semantik, Ontologien und Sensorik.
- Umgang mit veränderlichen Daten, etwa aus Umwelt und Verkehr, und deren Historisierung.
- Vermeidung neuer Datensilos sowie verbindliche Regeln für Datenzugriff, Datenlieferung und Upload.
- Der Bedarf an praxistauglichen Methoden zur automatisierten Bewertung und Priorisierung von Konflikten hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Kosten, Termine, Genehmigungen und Betrieb.
- Informationsanforderungen konsequent am tatsächlichen Nutzen ausrichten.
- Bereitstellung der notwendigen Funktionalität und Performance zur Visualisierung der verschiedenen Daten in einer integrierten, webbasierten BIM-GIS-Umgebung.
- Unterschiedliche Fragestellungen im Rahmen einer fortlaufenden und bidirektionalen Kommunikation adressieren können.

KONTAKT

Prof. Dr. Steffen Warmbold

Stv. Hauptgeschäftsführer & Leiter Grundsatzthemen

✉ warmbold@vbi.de

☎ +49 30 260 62-28



Verband Beratender Ingenieure VBI

Budapester Straße 31

10787 Berlin

Telefon +49 30 260 62-0

info@vbi.de

www.vbi.de