

# BIM@DSD: Übergreifende Standardisierung

*Julian Trujillo López und Volkmar Bachmann*

Der Roll-out des European Train Control System (ETCS) stellt die Deutsche Bahn AG (DB) in den nächsten Jahren vor große Herausforderungen. Im Rahmen der Digitalen Schiene Deutschland [1] (DSD) soll in mehreren Ausbaustufen der Wechsel von konventioneller auf digitale Leit- und Sicherungstechnik (LST) erfolgen. Das Zielbild sieht die Ausrüstung des gesamten bundeseigenen Schienennetzes mit einer Betriebslänge von über 33 000 km vor. Im ersten Schritt werden in den Projekten des DSD-Starterpaketes wichtige Korridore des transeuropäischen Netzes mit dem neuen Zugbeeinflussungssystem ETCS und digitalen Stellwerken (DSTW) ausgerüstet. Die jeweiligen Planungspakete umfassen meist mehrere Netzbezirke. Im Gegensatz zu Komplexmaßnahmen im Bereich Verkehrsanlagen oder konstruktivem Ingenieurbau bildet die LST hierbei nicht mehr nur ein mitgeltendes, sondern das führende Gewerk. Vor allem die zusammenhängende Planung der beteiligten Untergewerke, z. B. Bahnübergangssicherungsanlagen, stellt aufgrund der großen räumlichen Ausdehnung der Netzbezirke ein ernstzunehmendes Koordinationsrisiko dar. Die funktionalen Abhängigkeiten zwischen Nachbardisziplinen sowie die weitläufigen Planungsbereiche erschweren das frühzeitige Erkennen von Konflikten und folglich die Vermeidung von Planungsfehlern, welche die fristgerechte Realisierung eines derart umfangreichen Vorhabens immens gefährden können. Im Folgenden wird beschrieben, wie Building Information Modeling (BIM) in Verbindung mit neuen Datenstandards an ausgewählten Stellen im Lebenszyklus eines DSD-Projektes zum Einsatz kommen und die beschriebenen Risiken minimieren kann.

## 1 Durchgängig Digitale Datenhaltung

BIM stellt bei der DB die grundlegende Methode zur gewerkeübergreifenden, datenzentrischen Planung dar. Forschungen und Entwicklungen im Bereich Infrastrukturplanung, bspw. seitens BIM4Rail [2], zeigen, dass ein datenbasierter Workflow mit effizientem, interdisziplinärem Informationsaustausch die Planungsfehlerquote deutlich reduzieren kann. Informationen werden von Auftragnehmern nicht mehr dezentral, oft ohne ausreichend übergreifende Koordination, erzeugt und in Form von Papierunterlagen dem Auftraggeber übergeben. Stattdessen dienen Fach- und Koordinationsmodelle in einer gemeinsamen Datenumgebung als zentrale Anlaufstelle für Informationen [3]. Im Fachbereich LST werden die Anforderungen an Daten und Objektmodelle

maßgeblich durch das Projekt Durchgängig Digitale Datenhaltung im Planungsprozess (D3iP) beschrieben und in den Starterpaketprojekten pilotiert. Das Ziel von D3iP ist es, den digitalen Planungsprozess zu standardisieren und maximal zu beschleunigen. Der Prozess macht dabei Gebrauch von den Erkenntnissen der BIM-Pilotierung, verbindet diese mit bereits erprobten Werkzeugen und Objektmodellen der LST-Fachplanung und erweitert ihre Nutzungsmöglichkeiten durch den Einsatz neuer Technologien, wie z. B. der Objekterkennung mittels Künstlicher Intelligenz (KI).

Von der örtlichen Bestandserfassung zu Beginn eines Projektes über die Erzeugung und modellbasierte Koordination von Planungsdaten bis zur Rückführung in die Bestandssysteme werden hier widerspruchsfreie Informationen zur durchgängigen Nutzung geschaffen (Abb. 1). Die Vorteile daraus kommen somit nicht nur dem LST-Bereich zugute. Sämtliche nachgelagerten Prozesse wie Ersatzinvestitionen oder Instandhaltungen setzen auf dem hier geschaffenen Datenstandard auf und profitieren davon, dass Informationen möglichst nur einmal erhoben und anschließend zentral verfügbar gemacht werden. Damit Daten in der gesamten Wertschöpfungskette effizienzsteigernd eingesetzt werden können, müssen sie von Anfang an sinnvoll und einheitlich definiert werden.

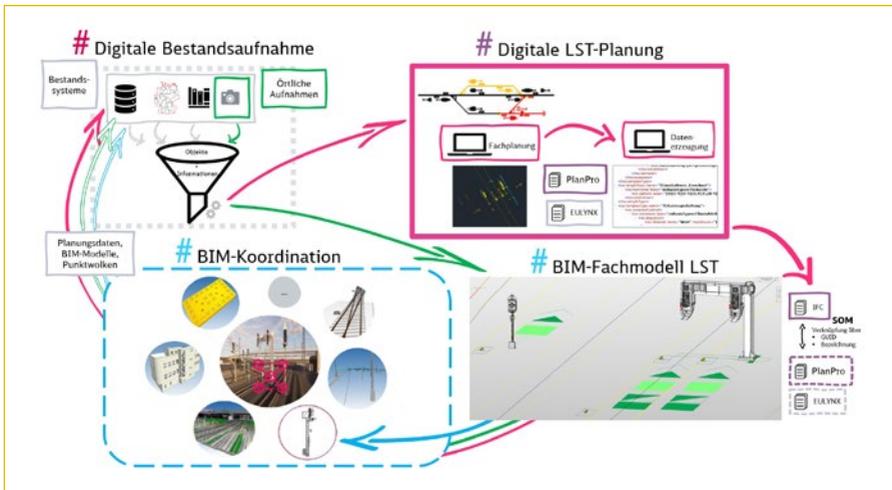


Abb. 1: BIM in der D3iP

## 2 Standardisierte Bestandsinformationen

Ein großer Teil der Investitionsmaßnahmen im Eisenbahnsektor widmet sich der Erweiterung und Anpassung der bestehenden Gleisinfrastruktur. Genaue und aktuelle Kenntnisse der örtlichen Situation sind entscheidend für eine erfolgreiche Planung.

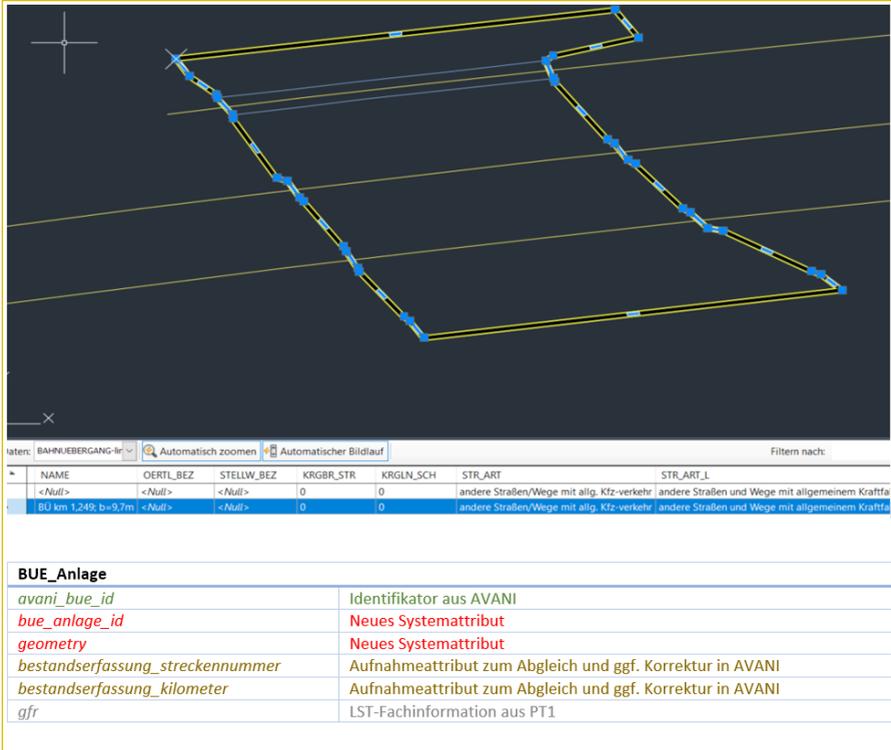
Aktuell liegen Bestandsinformationen der DB in einer Vielzahl von Systemen und Formaten vor. Während einige Datenhaltungssysteme noch klassische Lagepläne vorhalten, stellen andere bereits Datenmodelle zur Verfügung. Beispiele dafür sind die DB-interne Plattform Analyse, Verwaltung und Abgabe der DB Netz Geoinformationen (AVANI) oder externe Geodatendienste der Landesverwaltungen. Da die Informationen hinsichtlich Struktur und Inhalt sehr heterogen sind, müssen sie für den Aufsatz einer digitalen Planung in eine standardisierte Form überführt werden.

## 2.1 Digitale Aufnahme der Anlagen

Sowohl Pläne als auch Datenmodelle sind zu Beginn eines Projektes aus den jeweiligen Quellen abzurufen und auf Vollständigkeit, Aktualität und inhaltliche Konsistenz zu prüfen. Dazu wird ein Abgleich der Bestandsinformationen mit der Örtlichkeit durchgeführt. Zur schnellen und verlässlichen Überprüfung großer Planungsbereiche existieren Produkte wie z.B. schienenfahrzeuggebundene Multisensorsysteme, die eine genaue Aufnahme mit anschließender Objekterkennung samt Auswertung ermöglichen. Im Ergebnis werden Datenbanken erzeugt, die die bestehenden Infrastrukturobjekte um fehlende oder veränderte Informationen ergänzen. Durch die flächendeckende Aufnahme kann der interne Datenbestand gleichzeitig für verschiedene Fachgewerke aktualisiert werden.

Aufgrund der unterschiedlichen inhaltlichen Schwerpunkte zwischen Instandhaltungs- und Planungsdaten ergab sich die Notwendigkeit zur Definition einer gemeinsamen Mindestanforderung für die Bestandsaufnahme. Hierfür wurde die DSD-Bestandsdatenspezifikation entwickelt. In ihr sind die relevanten geometrischen und semantischen Eigenschaften aller Gewerke beschrieben, die zu Beginn einer Planung benötigt werden. Die geometrischen Informationen umfassen die Lage der Objekte im bahneigenen geodätischen Bezugssystem DB\_REF 2016 sowie deren Abbildung in Form von Punkten, Polygonen oder Flächenkörpern. Wenn diese sich, unter Beachtung vorgegebener Messtoleranzen, von den Daten aus AVANI unterscheiden, können sie korrigiert werden. Allgemeinere Informationen, wie die Anlagennummer, dienen der Identifikation und verbleiben unverändert im System oder werden im Fall eines Rückbaus aus dem Datensatz gelöscht (Abb. 2).

Die erzeugten Objekte müssen darüber hinaus mit planungsrelevanten Fachinformationen angereichert werden. Diese oft logischen Attribute lassen sich nicht direkt über die Feldaufnahme ermitteln. Zur Vervollständigung und Anpassung der Daten müssen also weitere Quellen, wie etwa Signaltabellen des LST-Plan-Teil 1 (PT 1), herangezogen werden. Nach Abschluss der Bestandsaufnahme werden die Daten strukturiert in einem offenen Format wie z.B. SQLite oder, im Fall der LST, im facheigenen PlanPro-Format [4] zur Erzeugung des Bestandsmodells übergeben.



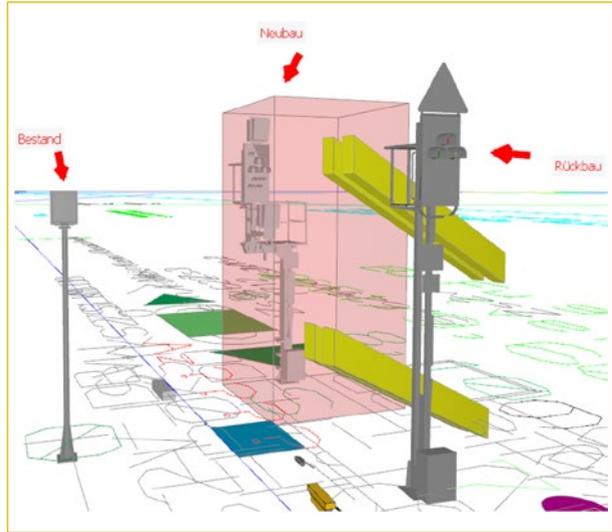
**Abb. 2:** Bahnübergangsobjekt als Polygon aus AVANI

## 2.2 Bestandsmodellierung

Als grundlegender Anwendungsfall der BIM-Methodik dient die Bestandsmodellierung vor allem der detaillierten Darstellung existierender, koordinationsrelevanter Objekte. Dies betrifft den Großteil der gleisnahen Anlagen, selbst wenn planerisch nicht direkt in diese eingegriffen wird. Beispielsweise kann beim Neubau von Signalen die Sicht durch bestehende Bauwerke verdeckt sein oder der berechnete Signalstandort mit der bestehenden Kabeltrasse kollidieren. Generell kann die Notwendigkeit eines Eingriffs in den Bestand oft erst mit fortgeschrittener Planungsreife erkannt werden. In DSD-Projekten wird der restlose Rückbau der Altanlage mit anschließender Kompletterneuerung der Zugbeeinflussungs- und Freimeldekomponenten angestrebt. Jedoch lässt sich zu Planungsbeginn nicht pauschal abschätzen, ob der Rückbau tatsächlich vollständig erfolgt oder Objekte nach Projektabschluss im Bestand verbleiben. Weiterhin kann aufgrund betrieblicher Randbedingungen das idealtypische Umbaukonzept, d. h. unter durchgängiger Vollsperrung und ohne

Einrichtung von Bauzuständen, nicht garantiert werden. Die phasenweise Außerbetriebnahme von Bestandselementen bleibt weiterhin ein wichtiger Faktor der Bauablaufplanung und bedarf einer betrieblichen Einordnung mit mehreren Jahren Vorlaufzeit.

Die Kombination aus Bestands- und Planungsmodellen ermöglicht es, diese Zusammenhänge datenbasiert abzubilden. Dies beginnt bereits in frühen Planungsphasen mit Beschreibung der Bauzustandsabfolge über Attribute oder spezielle Objekte für Rück- und Neubau (Abb. 3) und schafft somit die Grundlage für die BIM-Anwendungsfälle im Bereich Termin- und Kostenplanung.



**Abb. 3:** Bauzustandsvisualisierung im LST-Fachmodell

Modellierungstiefe und verwendete Formate können je nach Planungsinhalt und Anzahl der beteiligten Gewerke variieren. Auch die Aufteilung der Fachmodelle erfolgt mit Blick auf die Kollisionsprüfung nicht zwangsläufig innerhalb der Fachwerkergrenzen. In DSD-Projekten hat sich folgender Umfang für Bestandsmodelle etabliert:

- Fachmodell LST: Umwandlung von Bestandsinformationen in das PlanPro-Format und Ableitung von IFC-Modellen über entsprechende Planungstools.
- Fachmodell Kabeltiefbau: Erzeugung von 3D-Modellen im IFC-Format sowie nativen Formaten aus Punktwolken, Kabellageplänen und ggf. Georadardaten.
- Fachmodell Fahrbahn: Erstellung von 3D-Raumkurven der Gleislage (aus Gleisnetzdaten) in entsprechenden Trassierungswerkzeugen; Ableitung von 3D-Profilkörpern im Fall der Notwendigkeit.
- Weitere Gewerke / Elemente, z. B. Oberleitungsanlagen, Bauwerke: Referenzieren von Punktwolken und Bestandsdaten in das Koordinationsmodell; Erzeugung von 3D-Modellen nach Notwendigkeit.

Bestandsmodelle werden zukünftig bei Projektabschluss als sogenannte As-Built-Modelle in die interne Datenhaltung überführt. Damit sollen die klassischen Be-

standspläne langfristig abgelöst werden. Dies ist nur möglich, wenn die komplette Anlage durchgängig im Datenmodell abgebildet wird. Ist das nicht der Fall, bleibt der Bestandsdatensatz unvollständig und kann nicht als Quelle für Folgeprozesse dienen.

### 3 Planung und Koordination mit BIM

Das Ziel der digitalen Planung besteht darin, die Erzeugung und Verteilung von Planungsinformationen effizienter zu gestalten und Fehler zu minimieren. Dazu werden datenorientierte Werkzeuge eingesetzt. Anpassungen am Planungsergebnis können durch Aktualisierung eines zentralen Datensatzes vorgenommen werden und erfordern nicht mehr die Verteilung konventioneller Austauschpläne.

Zur Erzeugung konsistenter Informationen zwischen den verschiedenen Untergewerken der LST ist eine kollaborative Form der Planung von Vorteil. An dieser Stelle setzt die BIM-Methodik an. Mit den zuvor beschriebenen Daten aus der Planungsvorbereitung ist es nun möglich, die Planungsergebnisse in ein Koordinationsmodell zu integrieren. In diesem lassen sich Zusammenhänge, Lösungsvarianten und Konflikte in einer dreidimensionalen Umgebung visualisieren. Dies erleichtert die Abstimmung zwischen den Projektbeteiligten und trägt zu einer sichereren Entscheidungsfindung bei. In ETCS-Projekten dient sie vorrangig der inhaltlichen Konkretisierung von LST-Fachmodellen.

#### 3.1 Digitale LST-Planung

Um die LST-Planung digital und modellbasiert durchzuführen, bedarf es der Harmonisierung zweier DB-interner Standards: Dem Objektmodell PlanPro sowie dem semantischen Objektmodell DB Netz (SOM). Das PlanPro-Objektmodell beschreibt die Planungsinhalte der LST in Form eines XML-Schemas. Es ermöglicht die Einbindung in moderne Planungswerkzeuge, einfache Ableitung von Planunterlagen, teilautomatisierte Qualitätsprüfung sowie standardisierte Übergabe an Auftragnehmer aus der Signalbauindustrie. Dabei stehen die logischen Zusammenhänge der Stellwerksplanung im Vordergrund. Physische Objekte der Außenanlage werden in der klassischen PT 1-Planung nur oberflächlich betrachtet. Erst durch Untersetzung der funktionalen Anforderungen mit herstellerspezifischen Informationen entsteht eine realisierbare Lösung. Die Schnittstelle bildet hierbei der Plan-Teil 2 (PT 2), also die Ausführungsplanung des Ausrüsters.

Das SOM hingegen definiert gewerkübergreifende Strukturen, Inhalte und Reifegrade von Bauwerksdatenmodellen. Dabei wird eine Untermenge von Planungsinhalten (Semantik) mit einem dreidimensionalen Modell (Geometrie) verknüpft. Des Weiteren beinhaltet es die Vorgaben zum Export in das IFC-Format.

Indem es relevante Informationen aller Fachgewerke über eine gemeinsame Datensprache konsolidiert, bildet das SOM die Basis für eine schnittstellenübergreifende Standardisierung. Die Planungsergebnisse verbleiben nicht isoliert in ihrem jeweiligen Fachbereich, sondern werden zueinander in Beziehung gesetzt.

Bisher waren die beiden Objektmodelle aufgrund unterschiedlicher Entwicklungsstände kaum kompatibel. Hinsichtlich LST-Eigenschaften beschränkte sich das SOM auf wenige Inhalte wie Bezeichnungen von Signalen, Kilometrierungspositionen oder native Identifikatoren (z. B. GUIDs). Bei tieferer Betrachtung der Objektmodelle und ihrer jeweils typischen Verarbeitungswerkzeuge wird deutlich, dass sie sich umfassender ergänzen können, als es bisher der Fall war. Im Rahmen der Entwicklungen von D3iP werden bestimmte Grundzüge des PlanPro-Formats wie z. B. die Verwendung von Objektreferenzen und Verknüpfung von Punktobjekten mit der Gleistopologie in die SOM-Struktur überführt. Dadurch entstehen neue Anwendungsmöglichkeiten der 3D-BIM-Modelle. Im Folgenden wird dies am Beispiel des Objektes „ETCS-Datenpunkt“ (Abb. 4) skizziert.

name	ETCSDatenpunkt	lst.zbe.20	
Kürzel	ETCS		
Elternklasse	LPO:GRU		
Besteht aus:	ETCS:ETCSF		
Attribut	Alternativname	IfcBuildingElementProxy / IfcGroup	
instBG	MID_BG	077	
instC	MID_C	10225	
dpLaenge	Datenpunkt_Laenge	5	
dpTyp	DP_Typ_ETCS	26<=>21	
idB/Funktional	ID_DP_Bezug_Funktional	86N3	
idEinmesspunkt	ID_Einmesspunkt	86Vp3	
abstandEinmesspunkt	Abstand_Einmesspunkt	6	
beschreibung	Datenpunkt_Beschreibung	Rel. Lage zu Bp Sig 86N3: 152 m	
idRBC	ID_RBC	077 9003	
name	ETCSBalise	lst.zbe.20.10	
Kürzel	ETCSB		
Elternklasse	LBO:GRU		
Besteht aus:	-		
Attribut	Alternativname	IfcBuildingElementProxy	
anordnungDP	Anordnung_Im_DP	1	
fabrikat	Fabrikat	Beispiel AG_BIMBalise	
hinweisbefestigung	Hinweis_Balisenbefestigung	Laengbefestigung	
montageabweichung	Montageabweichung	-0.3	
idDatenpunkt	ID_Datenpunkt	077 10225-E	
name	ETCSFachtelegamm	lst.zbe.20.20	
Kürzel	ETCSF		
Elternklasse	AE:GRU		
Besteht aus:	-		
Attribut	Alternativname	IfcBuildingElementProxy	
wirkrichtung	Wirkrichtung_In_Datenpuni	in/nominal	
etcs2Typ	-	21	
idDP/Telegramm	ID_DP_Telegramm	2085417	

**Abb. 4:** SOM-Struktur eines ETCS-Datenpunktes

#### ETCS-Datenpunkt:

- Dreidimensionale Abbildung von Balisen und Fachtelegammen in einer Gruppenstruktur (Objekttyp: IfcGroup). [5]
- Vererbung übergeordneter Eigenschaften, z. B. Bauteilklassifikation, Streckenbezeichnung und Position zur vereinfachten Orientierung und Datenauswertung der Einzelbalisen.
- Spezifische Eigenschaften, z. B. Referenz zum Bezugspunkt, Balisenabstände, Telegramminhalte.

Anwendung:

- Validierung der geplanten Datenpunktlängen und Identifizierung des Einbauortes im Fachmodell Oberbau (Auswahl der Schwelle).

- Unterstützung der Abnahme durch modellbasierten Abgleich der Baliseninhalte.

Moderne IFC-Viewer ermöglichen durch Scripting-Funktionen die Einbindung vieler PlanPro-Inhalte in 3D-Modelle, die bislang nicht dargestellt wurden. So ist es möglich, logische Objekte wie z. B. ETCS-Fachtelegramme über geometrische Platzhalter ins IFC-Format zu exportieren. Danach werden skriptbasiert Auswahlgruppen erstellt, deren Eigenschaften den jeweiligen Datenpunkten zugewiesen und die Platzhalter anschließend ausgeblendet.

Generell sind nun Inhalte der PT 1-Tabellen in Form von Modelleigenschaften darstellbar, die für Planungsbesprechungen oder Simulationen unterschiedlichster fachlicher Tiefe relevant sind.

### 3.2 Gewerkübergreifende Koordination

Die Weiterentwicklung der LST-Eigenschaften im SOM wirkt sich auch positiv auf die Passfähigkeit zu Fachmodellen anderer Gewerke aus. Nahezu alle streckennahen Objekte lassen sich über die relative Position zum Gleis beschreiben. Demnach ist es notwendig, dass zwischen den Fachmodellen LST und Oberbau dieselben Standards für Gleisbezeichnungen und topologische Abschnitte gelten. Mit einheitlich definierten Eigenschaftssätzen können Sachzusammenhänge zwischen den beiden Gewerken aufgezeigt werden, auf denen viele Inhalte der LST-Planung basieren. Ein Beispiel für die Abbildung derartiger Zusammenhänge im SOM ist das Objekt „Fahrstraße“ (Abb. 5).  
Fahrstraße:

- Verknüpfung von Start- und Zielsignal eines einstellbaren Fahrweges samt Durchrutschweg mit dem zugehörigen Gleisabschnitt über gemeinsame Identifikatoren (Gleis: idGleis, idStartpunkt, idEndpunkt; Signal: idGleis; Fahrstrasse: idStart, idZiel).
- Zuordnung der Entscheidungsweichen samt Stellung zum Objekt FahrwegBefahrbar sowie der stellbaren Elemente WkrGspElement zum Fachmodell Oberbau (Weichenschienenpaar: stammgleis, zweiggleis, aSeite etc.).

Anwendung:

- Identifizierung von Sperrbereichen und Umfahrungsmöglichkeiten bei baulichen Eingriffen ins Gleis.
- Schnelle Überprüfung des Durchrutschweges und der Gleisnutzlänge im Falle von Trassierungsänderungen.

Mithilfe der bereits im Bestandsmodell definierten Eigenschaften kann nun die Außerbetriebnahme von Fahrstraßen bei Bautätigkeiten im Modell dargestellt werden. Dies



**Abb. 5:** Visualisierung von Fahrstraßen anhand gewerkübergreifender Eigenschaften

geschieht über einfache Ansichtsteuerungsfunktionen oder später per detaillierter Bauablaufsimulation. Somit unterstützt das Modell bei der Abstimmung der baubetrieblichen Anmeldung. Da die Definition der Basiseigenschaften im SOM je Gewerk gleich ist, können weitere Gewerke verknüpft werden. So kann man zur Feststellung der elektrischen Befahrbarkeit auch die Schaltabschnitte aus dem Fachmodell Oberleitung in die Ansichtsdefinitionen integrieren.

Abgesehen von diesen neu entwickelten Anwendungen sind die bereits erprobten Planungsfälle, wie Signalsicht- oder Regellichtraumprüfung, über das Koordinationsmodell realisierbar. Egal ob der Schwerpunkt eines Anwendungsfalls auf geometrischen oder semantischen Inhalten liegt, werden zur modellbasierten Arbeit in jedem Fall dreidimensionale Objekte benötigt.

### 3.3 Planungsstandard: Objektbibliothek

Bislang basierte die Modellierung von 3D-Objekten auf Eigenentwicklungen der Projekte. Bei der Definition der Bauteile kam es bisher kaum zur Standardisierung. Dies führte zu schwer abschätzbaren Aufwänden in der Planung, Komplikationen bei der Qualitätssicherung sowie rechtlichen Unklarheiten hinsichtlich Weitergabe und Nutzung der Objekte. Daher wurde durch die Zentrale der DB Netz AG der Aufbau einer Objektbibliothek beschlossen. Ziel ist es, einen standardisierten Katalog an wiederverwendbaren Bauteilen zu kreieren, welcher gemäß dem offenen BIM-Ansatz für alle Nutzer frei einsetzbar und möglichst softwareunabhängig ist [5].

Ähnlich wie bei der Weiterentwicklung des SOM, beteiligt sich D3iP an der Definition und Erstellung relevanter Objekte für die LST-Planung. Bisher konnte bereits eine Signalbibliothek, welche nach den DB-internen Regelzeichnungsbildern modelliert wurde, bereitgestellt werden. Dabei lag der Schwerpunkt zunächst auf der Erstellung von Kombinationssignalen (KS) im IFC-Format nach aktueller Regelzeichnungsfamilie. Signale älterer Bauformen sowie weitere LST-Objekte werden kontinuierlich zur Bibliothek hinzugefügt. Die Objekte beschränken sich nicht mehr nur auf die Streckenausrüstung. Mit Einführung der DSTW-Technologie rücken komplexe Stellwerksmodelle in den Fokus. Die Notwendigkeit einer gewerkeübergreifenden Standardisierung ist bei diesen Objekten aufgrund der Planungsschnittstellen zwischen den Anlagen des Hochbaus, der Telekommunikation (TK) sowie der LST besonders hoch. Der erste Schritt zur Erweiterung der Objektbibliothek bestand in der Erstellung parametrischer Bauteilvorlagen für Betriebs- und Technikstandorte (BSO/TSO).

Die Bauteilvorlagen bilden alle relevanten Gewerke und Bestandteile wie technische Gebäudeausrüstung und Bedienplätze ab (Abb. 6). Langfristig werden neben den BSO und TSO weitere Schnittstellenkomponenten wie Gleisfeldkonzentratoren (GFK) und Feldelementanschlusskästen (FEAK) modelliert und in die Objektbibliothek aufgenommen.



**Abb. 6:** Beispiele aus der BSO/TSO- Bauteilbibliothek

Ziel ist es, Musterplanungen für die gesamte Stellwerksarchitektur zu erstellen, die bis auf unvermeidbare standortspezifische Anpassungen, das Niveau einer fertigen Ausführungsplanung erreichen sollen. Für Auftragnehmer reduziert sich der Planungsaufwand damit auf BIM-Anwendungsfälle wie 2D-Planableitung und modellbasierte Kostenplanung. Auch hierbei wird Wert auf die Einheitlichkeit der Modellstrukturen

gelegt, damit die erzeugten Planungsdaten nach Abnahme standardisiert in die betrieblichen Zielsysteme überführt werden können.

## 4 Datenbasierte Abnahme und Übergabe in den Betrieb

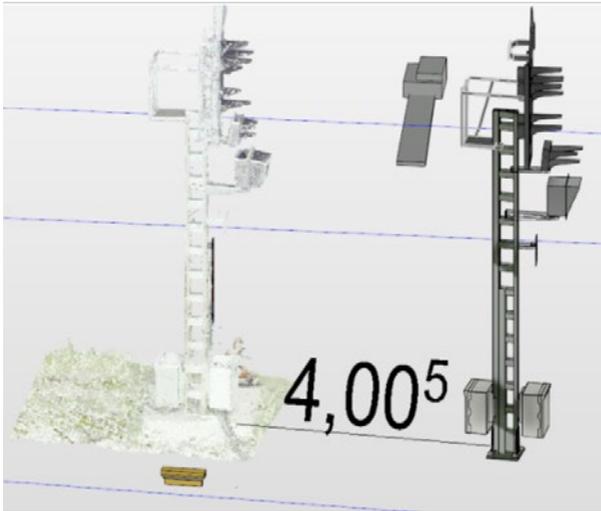
Bei der Abnahme von LST-Anlagen werden die Übereinstimmung mit der Ausführungsplanung, Einhaltung von Richtlinien sowie die Mängelfreiheit und Funktionstüchtigkeit geprüft [6]. Die Prüfungen erfolgen vor Ort unter Zuhilfenahme konventioneller Methoden, wie z. B. Abstandsmessungen per Messrad. In DSD-Projekten sind aufgrund des Planungsumfangs auch die zu prüfenden Bereiche sehr groß. Darüber hinaus besteht ein Mangel an zugelassenen Abnahmeprüfern, was zu langen Prüfzeiträumen und betrieblichen Einschränkungen führt.

Im Sinne der digitalen Durchgängigkeit ist es somit sinnvoll, auch diesen Prozess modellbasiert zu unterstützen und so zu optimieren. Die dafür notwendigen Soll-Daten werden bereits im Zuge des digitalen Planungsprozesses erzeugt und können nach Erhebung der Ist-Daten mit ebendiesen abgeglichen werden. Das Ziel besteht in der Erstellung einer digitalen Prüfunterlage, welche die Notwendigkeit von Vor-Ort-Prüfungen reduziert. D3iP entwickelt zu diesem Zweck ein Dynamisches Nachweissystem (DNS). Dieses beruht auf gleisgebundenen multisensorischen Vermessungssystemen, welche bereits bei der Bestanderfassung eingesetzt wurden, sowie den entsprechenden Analytik- und Auswertemodulen. Weiterhin kommt die Juridical Recording Unit (JRU) [7] des Messfahrzeugs zum Einsatz, welche bei der sogenannten Verifikationsfahrt die durch Passieren der Balisen übertragenen Telegramme aufzeichnet. Gemeinsam bilden das DNS und JRU folgenden Funktionsumfang ab:

- Gleisgebundene multisensorische Aufnahme und anschließende Objekterkennung mit Ergebnisausgabe (z. B. Punktwolken, analog zur Bestandsaufnahme)
- Einlesen von Referenzdaten (modellbasiertes Planungs-Soll) zum Abgleich mit der gebauten Anlage
- Einlesen von JRU-Daten
- Nachweis der korrekten Positionierung aller LST-Außenelemente durch Modellabgleich (Abb. 7)
- Nachweis der korrekten Baliseninhalte und -prüfsummen durch Abgleich mit JRU-Daten (nur bei Festdatenbalisen)
- Erzeugung eines Abgleichsreports.

Da die Planungsmodelle über alle notwendigen physischen und funktionalen Attribute verfügen, ermöglichen sie den einfachen Abgleich mit den Befahrungsergebnissen.

Die Standortüberprüfung der Außenelemente nimmt einen Großteil des Abnahmezeitraums in Anspruch. Das DNS nutzt die während der Bauphase verfügbaren betrieblichen Sperrungen für die Verifikationsfahrt. Die anschließende Abnahmezeit kann durch



**Abb. 7:** Soll-Ist-Vergleich zwischen Modell und Punktwolke nach Abnahmefahrt

den können. Dazu gehören z.B. die Telegramme schaltbarer Balisen, welche mehrfach überfahren werden müssten, um jeden Schaltfall zu überprüfen. Dennoch kann die einmalige Überfahrt bereits dabei helfen Inkonsistenzen zu den Soll-Daten aufzuzeigen, falls keines der aufgezeichneten Telegramme zu den Referenzdaten passt.

Neben der Zeitersparnis im Prüfprozess dient das System auch der digitalen Abbildung der As-Built-Situation. Da über das DNS eine flächendeckende Aufnahme des gesamten Umbaubereiches erfolgt, können im Ergebnis Daten übergeben werden, die für alle Gewerke relevant sind. Ähnlich wie beim Projektaufsatz, nur in umgekehrter Reihenfolge, wird ein Datenstrom gebildet, der die spezifischen Informationen und Formate der LST-Planung (PlanPro und IFC-Fachmodell), die gewerkübergreifende Aktualisierung der Bestandsobjekte und die Überführung in Bestandsdatensysteme bedient (georeferenzierte Punktwolken mit Objektklassifizierung und Geopackage-Datensatz). Letztere sind z. B. AVANI zur Vorhaltung der Infrastrukturobjekte oder InfraMaps zur flächendeckenden Speicherung von Punktwolken und Orthofotos.

## 5 Fazit

Der Schritt von der konventionellen zur digitalen Planung bietet viele Vorteile, war in der Vergangenheit aber oft risikobehaftet. Systemhürden wie z.B. inkompatible Formate konnten den Prozess erschweren und durch zusätzliche Arbeitsschritte die Beschleunigungseffekte mindern oder gar umkehren. Es entstanden viele Individuallö-

Aufbereitung eines Soll-Ist-Vergleichs der baulichen Umsetzung, unter Beachtung möglicher Toleranzen, verkürzt werden. Der Abgleichsbericht samt Punktwolken und 3D-Modell kann dem Abnahmeprüfer in der gemeinsamen Datenumgebung bereitgestellt werden. Es gibt trotz der Unterstützungsmöglichkeiten durch das DNS jedoch bestimmte Prüfinhalte, welche weiterhin nur vor Ort nachgewiesen werden

# INNOVATIVE LÖSUNGEN

BERATUNG · PLANUNG · PRODUKTION · LIEFERUNG · MONTAGE



Großflächenplatten **MOSELLAND**



Auffangsystem an Tankanlagen



Lokabstellplätze



Leckagewannen



Versorgungs- und Dienstwegsystem



Weitere Informationen gerne auf Anfrage

Wilde Acht 15  
D-54329 Konz

Tel. +49 6501 9411-0  
Fax +49 6501 9411-25

[www.weco-gmbh.com](http://www.weco-gmbh.com)  
[info@weco-gmbh.com](mailto:info@weco-gmbh.com)

sungen, deren langfristiger Mehrwert meist gering blieb. Die Vorteile der BIM-Methodik konnten auch in der LST-Planung bisher nicht vollständig ausgeschöpft werden. Die Inhalte der IFC-Modelle waren aufgrund fehlender Werkzeuge von den PlanPro-Inhalten entkoppelt. Dadurch waren sie aufwendig in der Erstellung, schwer zu prüfen und bei Planungsänderungen nicht automatisiert anpassbar. Die Softwareindustrie hat auf die wachsenden Bedarfe der DSD-Projekte reagiert. So existieren mittlerweile Planungswerkzeuge, die sowohl die Ausgabe des PlanPro-Formats als auch die Ableitung von 3D-Modellen im IFC-Format nach SOM-Struktur unterstützen. Da die Werkzeuge die inhaltliche Validierung der beiden Datenmodelle beim Export sicherstellen, können so widerspruchsfreie Daten erzeugt werden. Bei der Anwendung der BIM-Methodik in der LST entstehen stetig Erkenntnisse zu Umfang und Nutzen von Bauwerksdatenmodellen. Diese können zukünftig in immer mehr Gewerken adaptiert werden. D3iP verfolgt unter anderem das Prinzip einer gesamthaften Bestandsaufnahme für alle Gewerke. Die aufgenommene Ist-Situation wird in Rohdatenform (Punktwolke) jedem Fachbereich zur spezifischen Weiterverarbeitung zur Verfügung gestellt. Im Falle der LST mündet die Weiterverarbeitung in die Formate PlanPro und IFC. Andere Gewerke können ihre bevorzugten Formate bedienen und die Ergebnisse zur übergreifenden Koordination bereitstellen. Der Schlüssel dazu liegt in der Einheitlichkeit der Datenstrukturen. Dies wird bereits beim Abruf der Bestandsdaten offensichtlich. Auch wenn die speziellen Sichten der Datenhaltungssysteme unterschiedlich sind, verbirgt sich dahinter eine Schnittmenge wiederkehrender Informationen. Der große Umfang des Programmes DSD bietet aus Sicht von D3iP eine ebenso große Chance: die Hebung eines Informationsschatzes, der für die gesamte DB langfristig einen hohen Nutzen generieren wird.

## Quellen

- [1] <https://digitale-schiene-deutschland.de/de/projekte/Infrastrukturprojekte>, 20.08.2023 um 17:50
- [2] ARGE BIM4RAIL: Endbericht AP2 Handlungsempfehlungen zur wissenschaftlichen Begleitung von 13 Pilotprojekten zur Anwendung von BIM im Schienenwegebau, Stand: 28.11.2019
- [3] <https://www1.deutschebahn.com/db-netz-bim/Standards/BIM-Kernelemente-5536652>, 03.05.2023 um 17:30
- [4] <https://fahrweg.dbnetze.com/fahrweg-de/unternehmen/dienstleister/PlanPro>, 04.06.2023 um 19:30
- [5] <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifcgroup.htm>, 08.05.2023 um 17:10
- [6] § 17 Verwaltungsvorschrift für die Überwachung der Erstellung von Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnischen Anlagen (VV Bau-STE) i. d. F. v. 15.07.2020
- [7] Technische Regel ETCS – Anhang 2 – Juridical Recording Unit (JRU), DB-Dokumentnummer: 21-Generik-I.NAI 452-Pi-FRT001, Version 1.0, Stand: 20.04.2021



**Julian Trujillo López, M.Sc.**

Teilprojektleiter D3iP BIM und Projektpilotierung  
julian.trujillo-lopez@deutschebahn.com



**Dr.-Ing. Volkmar Bachmann**

Projektleiter D3iP  
volkmar.bachmann@deutschebahn.com

Alle Autoren:  
DSD Projektportfolio  
Digitale Schiene Deutschland  
DB Netz AG, Leipzig

**Rail**  
BUSINESS

+ **bahn manager**

DAS WIRTSCHAFTSMAGAZIN FÜR DEN SCHIENENSEKTOR

**WÖCHENTLICHER BRANCHENREPORT UND WIRTSCHAFTSMAGAZIN**

Die ideale Kombination für Entscheider in der Bahnbranche

**JETZT NEU!**

Jedes Rail Business-  
Abo enthält ab  
sofort den  
bahn manager

JETZT TESTEN: [www.eurailpress.de/doppelpack](http://www.eurailpress.de/doppelpack)