

Digitale LST-Planung im Kontext Digitale Schiene Deutschland und BIM

PlanPro-Daten bilden das Fundament für die Integration der Leit- und Sicherungstechnik in BIM.

VOLKER UMINSKI | CHRISTOPH KLAUS

Die Digitale Transformation der deutschen Bahnindustrie ist in vollem Gange. Selbst die Zweifler und Kritiker müssen mittlerweile feststellen: Das Thema wird bei der Deutschen Bahn AG (DB) und in der gesamten Branche sehr ernst genommen und wird nicht „bald wieder in irgendeiner Schublade verschwinden“.

Die Motive liegen auf der Hand:

- Eine Lücke von vielen Jahren zu anderen Branchen muss bezüglich der Umsetzung von Industrie 4.0 geschlossen werden.
- Durch verkehrs- und klimapolitische Themen ist die Bahn im politischen Ranking deutlich nach oben gestiegen.
- Die Modernisierung der Bahn wird umfänglich von der Bundesregierung, insbesondere vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), gefördert und infolge auch gefordert.
- Um die getroffenen Zusagen zu Infrastruktur- und Kapazitätsausweitungen halten zu können, bedarf es einer enormen Kraftanstrengung auch im Planungs- und Prüfbereich und einer effizienteren Gestaltung von Prozessen und Datenflüssen.

Insgesamt hat sich diesbezüglich das „Digitale Zielbild“ auch bei der Bahn weitgehend etabliert. Der Beitrag weist einige zentrale Erfolgskriterien für die digitale Planung der Leit- und Sicherungstechnik (LST) aus und zeigt auf,

wie sie aktuell in der Entwicklung von Standards wie dem Building Information Modeling (BIM) und entsprechender Software berücksichtigt werden. Dabei wird auch die Frage beantwortet, was es Neues von PlanPro [1] und ProSig [2] gibt.

Erfolgskriterien für die digitale Planung von Bahnanlagen bzw. Stellwerken

Die BIM-Methodik entspringt namentlich wie inhaltlich dem Bereich der Gebäudeplanung und -ausrüstung. Während Gebäude meist auf einen übersichtlichen Raum ausgedehnt sind (Punktbauwerke), können sich Bahnanlagen über viele Kilometer erstrecken, weshalb sie auch Linienbauwerke genannt werden. Allein dieser Umstand ist für die Übersetzung der BIM-Methodik in den Bahnbereich von grundlegender Bedeutung.

Entsprechende „technologische Übersetzungen“ waren auch für die digitale Planung von Stellwerken vorzunehmen. Die Erfolgskriterien lassen sich jedoch auf alle (Unter-)Gewerke übertragen:

- Klarheit erlangen über Prozesse, Informationsinhalte und die zu realisierenden Anwendungsfälle als Anforderung für die Erstellung des Objektmodells,
- Grundlagen der datenbasierten Planung schaffen durch möglichst vollständige Digitalisierung von Bestandsdaten bzw. digitale Neuvermessung z. B. via „Mobile Tracking“,
- sukzessives Anreichern der Grundlagendaten im Laufe der Planung in allen Leistungsphasen, beginnend mit der betrieblichen Aufgabenstellung,

- standardisierte, offene und dokumentierte Schnittstellen für alle Datenströme innerhalb der Bearbeitungsketten über alle Phasen eines Infrastrukturprojektes hinweg, die idealerweise einen Datenkreislauf ergeben (Abb. 1),
- erprobte Systemlandschaft für alle beteiligten Gewerke mit standardisierten Prozessen und (prä-)qualifizierten Softwaretools,
- Daten- und Systemschnittstellen zwischen den Gewerken bzw. LST-Untergewerken, v. a. für die Übernahme der BIM-Objekte in das gemeinsame 3D-Koordinationsmodell bzw. in den „Digitalen Zwilling“.

Die LST, die im Fokus dieses Beitrags steht, bringt dabei ihre Besonderheiten und entsprechende Erfolgskriterien mit, insbesondere:

- Die LST verknüpft physische Infrastrukturobjekte logisch miteinander und beschreibt deren Funktionalität bzw. Restriktionen für deren Nutzung. Standardanwendungen für BIM sind daher oft nur bedingt anwendbar, da sie lediglich auf räumliche Anordnungen fokussiert sind.
- Die LST ist geprägt durch eine nicht unerhebliche Komplexität und Variationsvielfalt. Diese gilt es abzubilden, wo notwendig, jedoch auch einzugrenzen, wo möglich. Eine umfangreiche fachliche Begleitung von Entwicklungsarbeiten, multifunktionale Teams und umfangreiche Tests sind daher erforderlich.

Entwickeln von Standards am Beispiel PlanPro

Noch bevor die BIM-Methodik im Planungsumfeld allseits ins Bewusstsein rückte, hat die DB Netz im Jahr 2008 im Rahmen des Projekts PlanPro entsprechende Aktivitäten zur Digitalisierung der Planung von leit- und sicherungstechnischen Anlagen gestartet. Vollständig im Einklang mit BIM besteht das Ziel, die Planung durchgängig datengestützt und kollaborativ zu erstellen und Effizienzgewinne durch eine elektronische Datenübernahme sowie automatisierte Qualitätsprüfungen zu erzielen. Einzig der 3D-Aspekt spielte in der Anfangszeit von PlanPro keine Rolle, da aus der klassischen Stellwerksplanung kommend, bauliche Ausprägungen mithilfe von Regelzeichnungsangaben definiert werden. Die entscheidenden Informationen sind damit jedoch vorhanden, sodass mit PlanPro-Daten und geeigneten Konvertierungswerkzeugen auch der Schritt in das 3D-Koordinationsmodell gegangen werden kann. Hierzu später mehr.

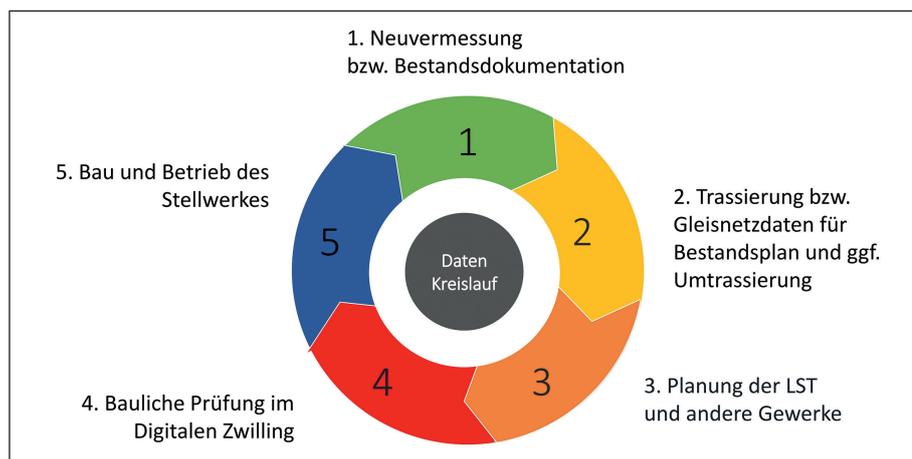


Abb. 1: Datenkreislauf in den Infrastrukturprojekten der Bahn

Rund um den Kern der Planungsdaten für das Elektronische Stellwerk (ESTW) ist das PlanPro-Datenmodell kontinuierlich und umfangreich erweitert worden, sodass es nunmehr alle Inhalte für ESTW/DSTW, Zuglenkung und Zugnummernmeldeanlagen, Bahnübergänge, ETCS (European Train Control System) und weitere balisengestützte Zugbeeinflussungssysteme sowie die Kabelplanung abbildet. Aktuelle Erweiterungen betreffen das automatische Fahren (ATO) und Inhalte des PT 2. Nicht zu unterschätzen ist in diesem Zusammenhang auch die Nachführung von Regelwerksänderungen, die insbesondere im ETCS-Umfeld umfangreich auftreten. In gleichem Maße mitberücksichtigt werden müssen Vorgaben und Algorithmen für die automatisierte und standardisierte Erstellung der Ausgabeformate in Form von Lageplänen und Tabellen. Bei all den Änderungen und Erweiterungen, die aktuell stattfinden und noch stattfinden werden, hat sich jedoch gezeigt, dass die grundsätzliche Modellstruktur geeignet ist, die Anforderungen an digitale Planungsabläufe bei der LST zu erfüllen. Der zunehmenden Zahl von Anwendungsfällen und Datenströmen wird durch eine zunehmende Flexibilisierung des Modells Rechnung getragen.

PlanPro-Objektmodell vs. Semantisches Objektmodell

Um die Informationsanforderungen für BIM-Projekte zu definieren, wurde von der DB Netz 2020 das Semantische Objektmodell (SOM) veröffentlicht. Dieses führt für unterschiedliche Projekt- bzw. Planungsphasen die jeweils zu liefernden Informationen in Form von Objekten und Attributen auf. Obwohl bei einem Vergleich mit dem PlanPro-Objektmodell schnell die übereinstimmenden Inhalte deutlich werden, so entstand doch die Frage, ob und wie die beiden Standards miteinander kompatibel sind und welche Datenflüsse und Formate damit einhergehen.

Um diese Fragen zu beantworten, wurden zunächst die BIM-Anwendungsfälle für die LST noch einmal herausgearbeitet. Diese bestehen im Wesentlichen aus der (physischen) Kollisionsprüfung und der Signalsichtprüfung, die als ein Spezialfall betrachtet werden kann. Darüber hinaus sind auch die Mengen- und Kostenermittlung sowie die Bauablaufplanung im Sinne der Abfolge von Bauzuständen von Interesse. Für eine Konflikterkennung im Rahmen der Kollisionsprüfung muss die physische Ausprägung und Ausdehnung aller realen Infrastrukturelemente im Koordinationsmodell vorhanden sein. Darüber hinaus sind auch Attribute für die Ermittlung der Sichtanforderungen maßgebend. In keinem Fall müssen jedoch alle funktionalen Parameter zur Bedienung vorgenannter Anwendungsfälle in das Koordinationsmodell übernommen werden. Dies gilt umso mehr, als dass die entsprechenden Standardwerkzeuge diese LST-Inhalte nicht verarbeiten können. Insofern kann als erstes Ergebnis festgehalten werden: Das PlanPro-Datenformat ist und bleibt das

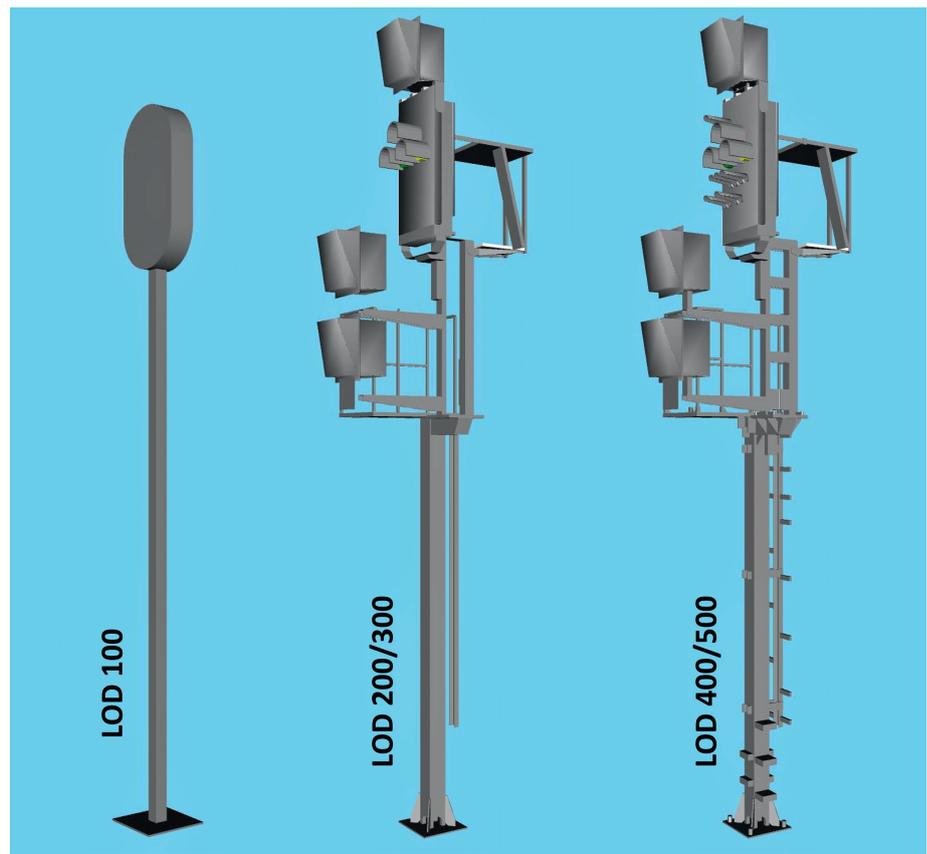


Abb. 2: Definition von drei Detaillierungsstufen (LOD) für die Planung der LST

Datenformat der LST-Fachplanung – auch bei Projekten nach BIM-Methodik.

Nichtsdestotrotz müssen aus den LST-Planungsdaten einige Informationen in das Koordinationsmodell übernommen werden, um eine Identifikation der Objekte zu ermöglichen und die Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten zu erleichtern. In einem ersten Realisierungsschritt wurden für die Übernahme folgende Informationen ausgewählt:

- Global Unique Identifier (GUID): eindeutiger maschinenlesbarer Identifikator, der die Verknüpfbarkeit der PlanPro-Daten im XML-Format mit den Objekten im Koordinationsmodell sicherstellt
- Bezeichnung: menschenlesbarer, LST-fachlicher Identifikator, bestehend aus Kennzahl, Kennbuchstabe (sofern vorhanden) und örtlichem Elementnamen (z. B. für Signal: 60N1)
- Strecken- und Kilometrierungsangabe: zur schnellen räumlichen Einordnung des Elements
- Klassifizierung gemäß IFC: Kategorie „Railway Signalling“

Die Sinnhaftigkeit weiterer Inhalte wird im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung der eingesetzten Werkzeuge fortlaufend überprüft.

Die Brücke von PlanPro-Daten zum 3D-Koordinationsmodell

Aus den PlanPro-Daten werden nun einerseits die Informationen entnommen, die unmittelbar für die Erzeugung der dreidimensionalen

Darstellung erforderlich sind: Position, Objektart und Regelzeichnungsangaben. Anhand dieser Angaben muss nun das korrekte 3D-Objekt ausgewählt und korrekt positioniert werden. Stellt sich die Erzeugung der 3D-Repräsentation bei standardisierten Elementen wie Gleismagneten oder Achszählpunkten noch als einfach dar, so besteht insbesondere bei den Signalen eine größere Herausforderung. Zum einen wäre es möglich, die geplanten Signalanordnungen auf Basis der Einzelbestandteile (Mast, Schirm, Zusatzanzeiger etc.) zusammenzusetzen. Dies erfordert jedoch eine umfangreiche Logik und die Abbildung vielfältiger baulicher und fachlicher Restriktionen in der Umwandlungssoftware.

Eine alternative Möglichkeit besteht darin, für jede zulässige Anordnung eine fertige 3D-Repräsentanz in einer Objektbibliothek zur Verfügung zu stellen. Diese kann dann von Softwaresystemen wie ProSig genutzt werden, um einen BIM-konformen Datenexport für die Darstellung in 3D-Räumen zu realisieren. Gemäß [3] sind für Ks-Signale mit Mast 1296 Kombinationen denkbar. Im Sinne der Ausrichtung auf die relevanten Anwendungsfälle ist jedoch eine Zusammenfassung von Anordnungsvarianten möglich, sodass je Detaillierungsstufe ca. 100 bis 120 3D-Objekte zu erwarten sind. Die Umsetzung gelingt allerdings nur, sofern die Regelzeichnungen alle zulässigen Signalanordnungen explizit enthalten und damit eine eindeutige Zuordnung des 3D-Äquiva-

lenkt möglich ist. Im Sinne der Standardisierung von Planung und Bau sowie der Harmonisierung von Regelzeichnungen und digitalen Abbildern wird diese Methodik angestrebt. Zur Abbildung von Signalanordnungen ohne Regelzeichnung können später auch die Einzelbauteile (Schirm, Zusatzanzeiger etc.) als IFC-Dateien verwendet werden, sodass sich ein projektspezifisches 3D-Objekt erstellen lässt.

Aufbau der LST-Objektbibliothek

Um einerseits die Genauigkeitsansprüche für Visualisierung und Kollisionsprüfung in verschiedenen Planungs- und Realisierungsphasen zu erfüllen, andererseits aber auch den Aufwand für die Erstellung der Objektbibliothek zu begrenzen, wurden die bekannten Level Of Detail (LOD) 100 bis 500 teilweise zusammengefasst, sodass folgende Detaillierungsstufen für die LST-Planung existieren (Abb. 2):

- LOD 100 – Vorplanung: Aufrechtstehendes Lageplansymbol mit Standard-Tiefe

- LOD 200/300 – Entwurfs-/Genehmigungsplanung: Hinreichend genaue Körperhülle (ohne z.B. Bindebleche, Verstärkungen, Steigleiter)
- LOD 400/500 – Ausführungsplanung/Bestand (as built): Detailgetreue Ausprägung aller Einzelbestandteile, jedoch ohne irrelevante Inhalte wie Schweißnähte oder Schrauben.

Die jeweiligen Objekte werden bei DB Netz mit dem Werkzeug Inventor konstruiert. Um die Dateigröße zu begrenzen, wird dabei eine Konturvereinfachung durchgeführt, sodass Kleinteile sowie Bohrungen, Taschen, Abrundungen und Fasen entfernt werden. Die Reduzierung der Variantenvielfalt wird durch die gemeinsame Abbildung von Elementen im Sinne einer Maximalausrüstung (z.B. Zusammenfassung Haupt- und Mehrabschnittssignal) sowie durch Weglassen irrelevanter Bauteile (z.B. Mastschilder) erreicht. Im Ergebnis entstehen IFC-Dateien

mit einer durchschnittlichen Größe von 10 KB für LOD 100, 400 KB für LOD 200/300 sowie 900 KB für LOD 400/500. Auch für große Projekte mit vielfältigen Objektvarianten lässt sich die Dateigröße somit auf einen akzeptablen Wert begrenzen. Aktuell werden schrittweise die Signalanordnungen der Regelzeichnung 8000.5 umgesetzt. Die Veröffentlichung findet zusammen mit der Aktualisierung der Regelzeichnung statt.

Umsetzung in Softwaresystemen am Beispiel ProSig

Mit den o.g. Vorgaben bezüglich Objektmodellierung, Objektstruktur, Namenskonventionen, Dateiformaten, Anwendungsfällen und Arbeitsprozessen lässt sich ein entsprechendes „Digitales Ökosystem“ aufbauen, was insbesondere die Bereitstellung von Softwaresystemen beinhaltet.

Neben anderen Teilsystemen im Kontext „PlanPro“ ist auch die Software „ProSig 7 EPU“ für die Planung der LST im Laufe der letzten Jahre entstanden und hat sich bereits in vielen LST-Planungsprojekten bewährt. Mit den aktuellen Anforderungen und Standards zu BIM und ETCS sind die ProSig-Funktionen weiter ergänzt und verbessert worden, um einen digitalen Workflow in den Planungsprozessen weitreichend zu unterstützen.

Dabei waren und sind die oben erwähnten PlanPro-Daten im XML-Format ein wichtiges Ergebnis der Planung neben den klassischen Formaten wie Plänen und Tabellenwerk. Im Kontext BIM kommen jetzt noch Daten im IFC-Format hinzu, um die Brücke zur „3D-Welt“ zu schlagen. Eine BIM-konforme LST-Planung ist somit das Zusammenspiel aus den fachlichen Informationen über die Ausrüstung und das Stellwerk in der „PlanPro-XML“ und die baulichen Informationen in der „PlanPro-IFC“.

Für den ersten Teil stehen in ProSig 7 schon seit längerem effektive Funktionen für die folgenden Planungsschritte zur Verfügung:

- Herstellen der Planungsgrundlagen, insbesondere Gleislageplan bzw. Bestandsplan inkl. der Geo-Informationen wie Kilometrierung, Höhenpunkte und Gleisüberhöhung
- Konfigurieren des Planungsprojektes via Basisparameter (z.B. typische Schriftfeldinformationen)
- Planen der Ausrüstung wie z.B. Signale, Gleismagnete, Achszählpunkte und ETCS/ZBS-Datenpunkte in den Lage- und Übersichtsplänen
- Herstellen von fachlichen bzw. sicherungstechnischen Zusammenhängen für die Erfüllung der betrieblichen Anforderungen, wie z.B. das Planen von Freimeldeabschnitten, BÜ-Gefahrraumgrenzen, Fahrstraßen und Flankenschutz
- Verkabeln der Ausrüstung im jeweiligen Stellwerkskontext
- Änderungsmanagement bezüglich Bauzustände und Trassierung (Umtrassierung)

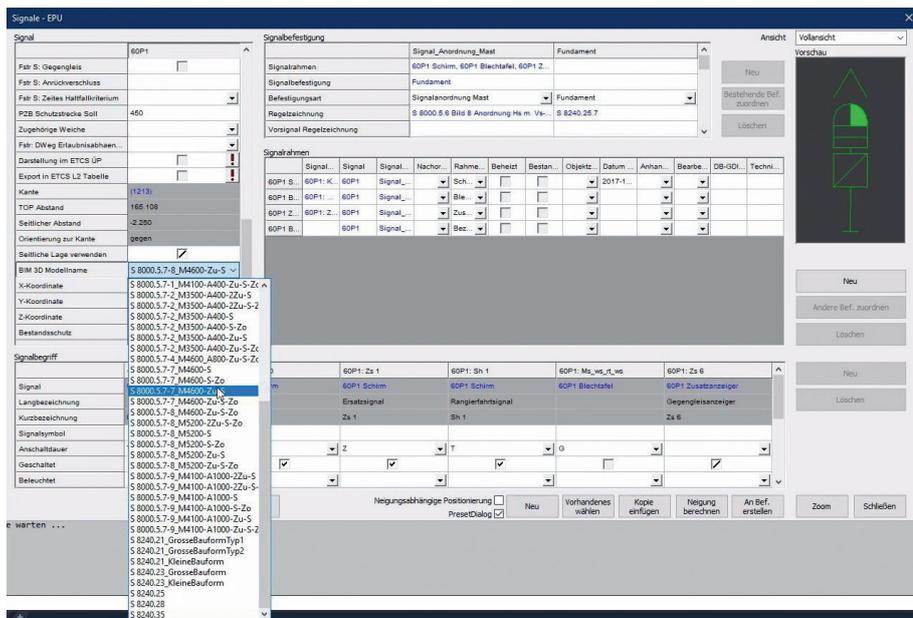


Abb. 3: Zuordnen der BIM/3D-Modellvorlage für ein verwendetes Signal inkl. Fundament

```

1 ISO-10303-21;
2 HEADER;
3 FILE_DESCRIPTION (('Export from ProSig', '2;1');
4 FILE_NAME ('Phausen_1AEM.IFC', '2021-08-17T10:22:25', ('prosig.support'), ('WSP
5 GmbH', 'ProSig', 'ProSig 2021', 'LST2BIM', 'ProSig');
6 FILE_SCHEMA (('IFC2X3'));
7 ENDSEC;
8 DATA;
9 #1=IFCORGANIZATION($, 'WSP IE ProSig', $, $, $);
10 #5=IFCAPPLICATION(#1, '2021', 'ProSig LST2BIM', 'ProSig');
11 #6=IFCCARTESIANPOINT((0., 0., 0.));
12 #9=IFCCARTESIANPOINT((0., 0.));
13 #11=IFCDIRECTION((1., 0., 0.));
14 #13=IFCDIRECTION((-1., 0., 0.));
15 #15=IFCDIRECTION((0., 1., 0.));
16 #17=IFCDIRECTION((0., -1., 0.));
17 #19=IFCDIRECTION((0., 0., 1.));
18 #21=IFCDIRECTION((0., 0., -1.));
19 #23=IFCDIRECTION((1., 0., 0.));
20 #25=IFCDIRECTION((-1., 0., 0.));
21 #27=IFCDIRECTION((0., 1., 0.));
22 #29=IFCDIRECTION((0., -1., 0.));
23 #31=IFCAXIS2PLACEMENT3D(#6, $, $);
24 #32=IFCLOCALPLACEMENT(#140, #31);
    
```

Abb. 4: Ausschnitt aus dem IFC-Export aus ProSig

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für WSP Infrastructure Engineering GmbH, DB Netz AG / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

- Exportieren der Planungsergebnisse in das PlanPro-Format sowie in das Tabellenwerk bezüglich ESTW und ETCS (derzeit ca. 30 Tabellenformate).

Für den zweiten Teil in Richtung BIM-Export ist in der neusten Version von ProSig das Modul „LST2BIM“ hinzugekommen, das schon 2017 im Zuge eines Forschungsprojektes mit der DB E&C seinen konzeptionellen Anfang hatte. Mit der DB-weiten Entscheidung, einen BIM-Standard für die Planung der Gewerke voranzutreiben und dafür IFC als verbindliches Austauschformat zu verwenden, konnte seit Ende 2020 das Modul schlussendlich in ProSig realisiert werden.

Damit kann direkt im Zuge der Ausrüstungsplanung eine Zuordnung zwischen den fachlichen LST-Objekten und ihren 3D-Repräsentationen gemäß Regelzeichnungen vorgenommen werden. Die hinterlegte BIM-Bau teilbibliothek speist u.a. eine entsprechende Liste im Signaleditor, aus der die verwendete Signalanordnung und das zugehörige Fundament ausgewählt werden können (Abb. 3).

Zuletzt werden mit „LST2BIM“ alle im Projekt vorhandenen Objekte in der erforderlichen (baulichen) Genauigkeit exportiert. Die beim IFC-Export gewünschte Detaillierung (LOD) kann zuvor in den Projekteigenschaften eingestellt werden. Ist für ein konkretes Objekt keine 3D-Vorlage in der gewählten Detaillierung (z.B. LOD 200/300) hinterlegt, wird von ProSig die nächstbeste Vorlage (z.B. LOD 100) ersatzweise exportiert. Somit ist sichergestellt, dass auch bei noch fehlenden Vorlagen oder fehlenden Angaben für die Zuordnung immer ein BIM-Objekt an der entsprechenden Koordinate im 3D-Plan zu finden ist.

Im Ergebnis des Exports entsteht eine Textdatei im IFC-Format (Abb. 4), die in alle IFC-konformen BIM- bzw. CAD-Anwendungen importiert werden kann und deren Inhalt (Abb. 5) dann in einem 3D-Koordinationsmodell zusammen mit den Objekten der anderen Gewerke dargestellt wird.

Fazit und Ausblick

Die Digitale Transformation der deutschen Bahnindustrie wurde und wird vielgestaltig vorangebracht. Im Bereich der LST hat sich hierzu das Konzept der „Durchgehenden Digitalen Datenhaltung“ schon weitgehend in den idealen Prozessen verankert. Jedoch ist deutlich zu erkennen, dass sich diese „Idealprozesse“ noch auf einem längeren und steinigem Weg in Richtung „Realprozesse“ befinden.

Die Forderung nach validen Fachdaten und deren Ströme über Medien-, Gewerke- und Firmengrenzen hinweg ist schneller formuliert als letztlich umgesetzt. Die „Gravitation der Historie“ und unpassende wirtschaftliche Rahmenbedingungen stehen dem politischen Willen und den technischen Möglichkeiten noch wirkmächtig gegenüber.

Auch im Kontext der Digitalisierung gilt das Prinzip „Die Kette ist nur so stark, wie ihr

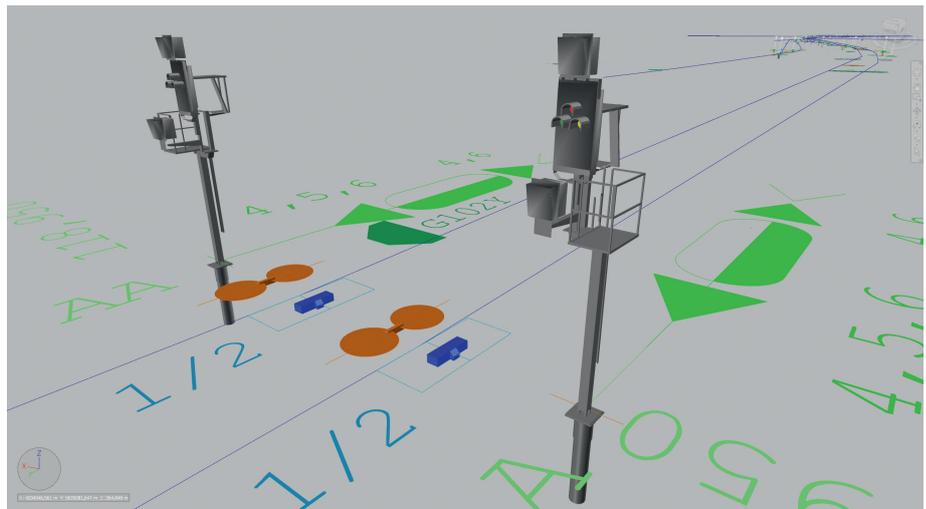


Abb. 5: In Navisworks importierte 3D/IFC-Objekte in LOD 200/300, hier im Bild durch den typischen 2D-Lageplan ergänzt

schwächstes Glied“: Solange die Prozesse noch „opto-manuelle“ Schnittstellen bzw. nicht-digitale Bearbeitungsschritte beinhalten und die in der Planung erstellten Daten nicht über den Lebenszyklus der Anlage vorgehalten werden können, solange wird der so oft geforderte Rationalisierungseffekt nicht oder nur sehr eingeschränkt eintreten.

Für die Überwindung dieser typischen Hürden zu Beginn einer komplexen Umstellung ist das Verändern der Sichtweise auf die neue Situation ein probates Mittel. Schon längst haben sich Hochschulen, Fachgremien und Verbände der Aufgabe angenommen, für die intendierte Veränderung das nötige „Mindset“ aufzubauen. Auch Firmen und Konzerne erkennen die strategische Notwendigkeit, der aktuellen und insbesondere kommenden Generation von Fachpersonal dieses „Digitale Mindset“ zu vermitteln. So haben z.B. im September ein

„LST2BIM Summer Camp“ von Siemens und WSP und die Sicherungstechnische Fachtagung der Professur für Verkehrssicherungstechnik der TU Dresden mit passenden Schwerpunkten stattgefunden.

Und es zeigt sich allenthalben, dass das „Digitale Mindset“ nicht nur das rein technische Verständnis, sondern eine wichtige Erkenntnis umfassen muss: „Der Nutzen von Daten verdoppelt sich für alle – und zwar jedes Mal, wenn man sie teilt!“

QUELLEN

- [1] „PlanPro“ ist ein von DB Netz vorgegebenes Schnittstellenformat für die digitale durchgehende Datenhaltung in der LST-Planung. Informationen unter <http://www.dbnetze.com/planpro>
- [2] Planungssoftware für Bahnanlagen im Bereich der Leit- und Sicherungstechnik. „ProSig“ ist eine eingetragene Wortmarke. Informationen unter www.prosig.de
- [3] Zimmermann, A.: BIM-gerechte Aufarbeitung von LST-Planungsdaten, Diplomarbeit, TU Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Professur für Verkehrssicherungstechnik, 2021



Dipl.-Wirt.-Inf. (FH) Volker Uminski
Leiter Softwareentwicklung
WSP Infrastructure Engineering GmbH,
Braunschweig
volker.uminski@wsp.com



Dipl.-Ing. Christoph Klaus
Referent LST
Grundsätze Stellwerkstechnik
DB Netz AG, Berlin
christoph.klaus@deutschebahn.com