

# BIM: 3D-Planen beim Bauen

LEONHARD WEISS hat sich entschieden, in dem Projekt Haltepunkt Hallstadt-Breitengüßbach einen BIM-Piloten in Eigeninitiative durchzuführen. Dafür sprachen die räumliche Ausdehnung, die typischen Gewerke für ein Bahnprojekt, das Vorliegen von Bestandsunterlagen der Planung. Ein späterer Auftragsbeginn als zunächst geplant öffnete ein Zeitfenster, das genutzt wurde.



Bild 1: Baustelle Haltepunkt Hallstadt-Breitengüßbach

Parallel zu den im technischen Planungsbüro der LEONHARD WEISS laufenden Bauvorbereitungen wurde unter Einbindung des Top-Managements von LEONHARD WEISS gemeinsam mit A+S Consult die Herangehensweise, Daten und Austausch, Workflows sowie die Aufgabenverteilung in mehreren Treffen und Workshops festgelegt. Natürlich gab es bereits jahrelange Vorarbeiten und Kooperationen mit verschiedenen „BIM-Firmen“, die mit eingebracht wurden. Die Arbeitsplanung wurde in einem BIM-Projektentwicklungsplan (BAP) ähnlichen Papier als Grundlage verschriftlicht und während der Umsetzung immer wieder angepasst. Parallel zur Umsetzung wurden Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA) spezifische Inhalte diskutiert und festgehalten. Zu den technischen Prozessen wurden nach Abschluss (in der Regel

Gewerke- und BIM-Anwendungsfallweise) Lehrmaterialien und Lehrfilme erstellt, um das Projekt und die o.g. Musterunterlagen für die Schulung der Mitarbeiter zu verwenden. In Managementreviews wurde ein Reporting abgerufen und Entscheidungen projektbegleitend getroffen.

---

## Das Bauen ist die Realisierung des Infrastrukturprojekts.

Damit einher geht notwendigerweise ein hoher Informationsbedarf, der die Planung, den Erstellungsprozess und schließlich den Abgleich mit der Wirklichkeit umfasst. Dabei vollzieht sich das Bauen mit sämtlichen Informationen der Planung

selbst in einem hochveränderlichen Erstellungsprozess mit ständig anzupassender Bauplanung. Damit muss dieser Prozess die höchsten Anforderungen an das Management der Informationen, die Informationsverarbeitung und an die Qualitätssicherung aller Informationen stellen.

Gerade beim Bauen auftretende unvorhersehbare Ereignisse müssen sofort bearbeitet werden. Die daraus abgeleiteten Entscheidungen müssen konsistent und qualitätssicher sein – ein Vertagen von Entscheidungen ist nicht möglich. Dabei hilft BIM nur, wenn moderne Paradigmen der Informationsverarbeitung mit integrativer hoher Automatisierung inklusive maschineller Auswertungen eingesetzt werden.

Der aktuelle Informationsbruch zwischen Planen und Bauen beruht auf dem Nichtvorhandensein von geeigneten Modellen. Dabei ist es unerheblich, ob die Modelle nicht übergeben werden oder die Modelle der Planung die für die Ausführung gegebenen Informationsanforderungen nicht erfüllen. In beiden Fällen muss das Informationsmodell über optimierte neue digitale Workflows durch die Baufirma neu aufgebaut werden.

In diesem Artikel wird in die Anforderungen an das Informationsmodell für das Bauen – in Erweiterung zu den Anforderungen der Planung – eingeführt und dazu ein Konzept auf dem Weg zum IT-gestützten SOLL-/IST-Vergleich mit realen Usecases skizziert.

Diese Strategie setzt konsequent auf

- 1 beidseitigem verlustfreien und damit vollständigen sowie semantischen Austausch aller Informationen der jeweiligen Fachplanungen mit dem Gesamtmodell,
- 2 Erhalt dieser Vernetzung bei Aktualisierung der Fachplanung oder des Gesamtmodells,
- 3 Nutzen dieser Vernetzung für die Planung und insbesondere Qualitätssicherung sowie für vernetzte Anwendungen beim Planen und Bauen,
- 4 Trennung von Fachlichkeit und Sachlichkeit in einem widerspruchsfreien, normierten sowie relationalen Informationsmodell und
- 5 Trennung von Fachobjekt als reale Umsetzung einer Baumaßnahme und Bauteil als bestellbares, lieferbares und einbaubares Muster.

Wichtigste Prämisse beim BIM-3D-Planen ist jedoch das Verbot jeder Kopie von Geometrie oder Eigenschaft und damit die kompromisslose Vorgabe einer Single Source of Truth (SSoT).

## Workflows beim 3D-Planen

Beim Bauen wird insbesondere die Strategie BIM 3D-Planen umgesetzt und entfaltet hier ihre Vorteile gegenüber klassischen Workflows.

## Gesamtmodell des Bauprojekts Hallstadt

Damit Bauen mit BIM effizient funktioniert, ist der Aufbau eines hochvernetzten „intelligenten“ Ge-

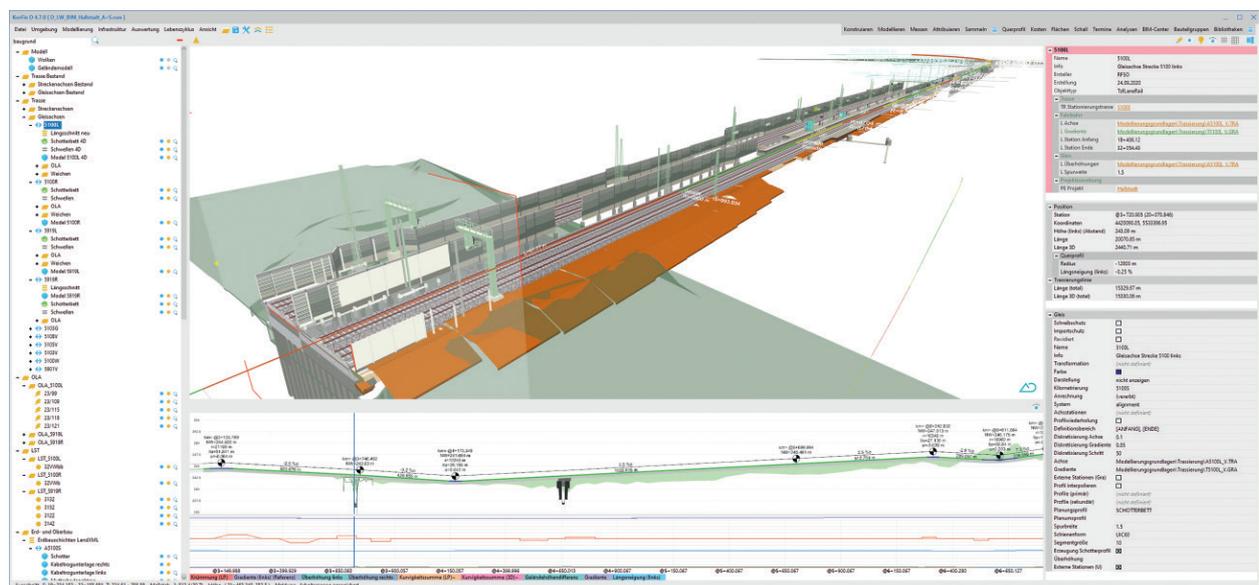


Bild 2: KorFin® Gesamtmodell Haltepunkt Hallstadt-Breitengüßbach

samtmodells im Sinn 3D-Planen unumgänglich. Die datentechnischen Anforderungen an das Gesamtmodell resultieren aus der jetzt stattfindenden Anwendung mit vielen unvorhersehbaren dynamischen Ereignissen, Änderungen und Anpassungen. Ein CAD-Modell ohne integrative Fachplanung oder nur mit ausgewählten Planungsinformationen und ohne Fachmodell-übergreifender Vernetzung kann das nicht leisten.

Demnach muss zunächst aus den der Baufirma übergebenen Grundlagedaten ein „intelligentes“ Gesamtmodell erstellt werden; es sind dazu

- native offene Schnittstellen zu benutzen und Schnittstellen, ohne oder mit geringem Informationsverlust zu bevorzugen,
- hochautomatisierte Workflows zur (echtzeitfähigen) Modellierung und Vernetzung einzusetzen und
- intelligente Modellierungen der Geometrie und Informationen zu nutzen, die den dafür vorgesehenen Einsatz des modellhaften Bauens realisieren.

Für jedes Fach und damit für jede Informationsquelle muss ein digitaler Prozess entworfen und umgesetzt werden, der die – teils klassischen – Planungsdaten automatisch oder automatisiert mit neuen digitalen Methoden zu einem gemeinsamen Ziel verarbeitet.

### Modellaufbau

Es wurden folgende Fachmodelle mit spezifischen Workflows in das Gesamtmodell integriert. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Grundlagedaten direkt und ohne Informationsverlust verwendet werden – also keine Konvertierung in IFC oder andere CAD-Daten erfolgt:

- Hochgenaue Trassen als Basis des Infrastrukturbaus mit abrechenbaren Erd- und Oberbauschichten,
- Oberleitungsanlage (OLA),
- Leit- und Sicherungstechnik (LST),
- Hochgenauer bauteilbasierter Bahnsteig mit Bahnsteigausstattung,
- Entwässerungsanlage,
- Hochgenauer konstruktiver Ingenieurbau für Brücken,
- Hochgenaue Lärmschutzwände (LSW),
- Hochgenauer Spezialtiefbau (Verbau),
- Vorbereitung der Lieferlogistik durch Lieferflächen,

- Mediennetze für Be- und Entwässerung, Strom (Bahnsteig), LST (Kabelkanäle) und OLA sowie
- Baugrund.

Es wird für jedes Fachmodell der entsprechende Workflow mit Informationsfluss spezifiziert, die Schnittstellen ausgewählt und das Informationsmodell auf das Bauen mit dem Fokus der beidseitigen Vernetzung zugeschnitten.

In diesem Artikel werden konkret praktisch durchgeführte Workflows zum Modellaufbau ausgewählt und kurz darstellt.

### Hochgenaue Trassen und Erd-/Oberbau

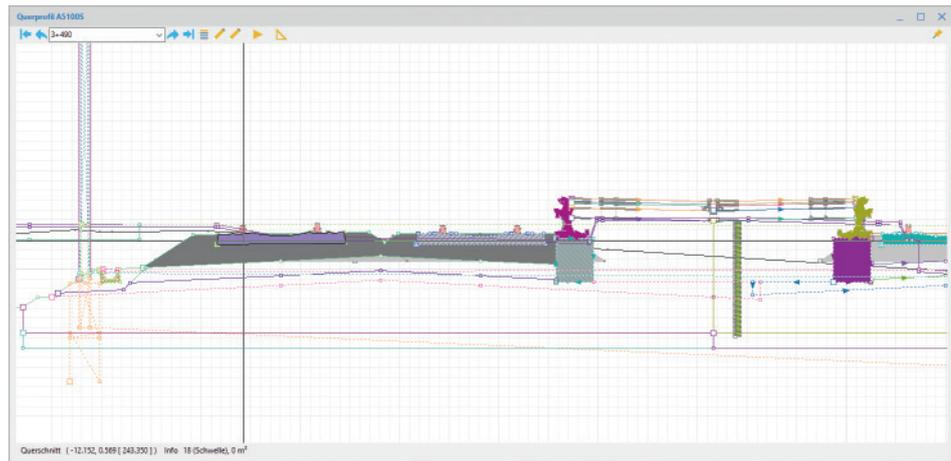
Aus dem Autorenwerkzeug ProVI wurden die klassischen Trassierungen exportiert und auf Basis ihrer Exportdateien – noch nicht über ihre Identifizierung – mit dem Gesamtmodell vernetzt. Es entstehen Kilometrierungsgleise und Gleise inklusive der zugrundeliegenden Trassierung mit Profilplanungen des Erd- und Oberbaus:

Eingangsdaten	Format
klassische Trassierungen aus Achse, TRA/GRA Gradiente, Überhöhung,	
klassische Profile und	D66/LandXML
Weichen	EXC

Anforderungen im Bauprojekt (unvollständig):

- Schienen und Schwellen werden in vorgefertigten Segmenten zusammengestellt. Diese Segmentierung muss das zu bauende Gleis als Verhalten des Fachobjekts „intelligent“ enthalten und entsprechende „Einheiten“ bilden.
- Aus den Profilen werden Volumina vollständig automatisiert erstellt. Dazu müssen die klassischen Profile (Bild 2) vom Planer als Flächen erstellt werden. Im Projekt wurde diese Anforderung vom Planer noch nicht umgesetzt. Daher muss das Gesamtmodell die Flächen aus einzelnen Profilen funktional ableiten und bilden.
- Für baufähige Volumina des Erd- und Oberbaus muss eine interne Segmentierung verwandt werden – also die Ansprache von Segmenten innerhalb des Fachobjekts (Schotter, Frostschutz, Oberboden, Damm). Darüber hinaus muss diese implizit sein – also die Aufnahme beliebiger bautechnologisch bedingter Stationen während des Bauens (und damit nach dem Planen) ermöglichen, um beispielsweise beliebige Bereiche (Standort des Baggers) abrechnen zu können. Das Gesamtmodell reagiert demnach auf ein unvorhersehbares Ereignis.

Bild 3: Beispielhafte Profillinien mit automatisierter Ableitung von Profilflächen (und daraus Volumina)



### Oberleitungsanlage und Leit- und Sicherungstechnik

In diesem Fach geht es um die Koordination und nicht um den Bau der OLA oder LST. Hierzu sind neben den Oberleitungsmasten mit sämtlichen Auslegern auch Block- und Ankerfundamente sowie übersichtlich Kettenwerke abzubilden. Bei der LST sind Signale, Balisen und Gleismagnete zu modellieren und an das Medienetz anzuschließen. Wichtig sind die Fachmodelle OLA und LST zur Sicherstellung der Kollisionsfreiheit beispielsweise mit dem Fachmodell Lärmschutz.

Eingangsdaten	Format
OLA-Mastliste der Ausführung mit Details zu Fundamenten und Verankerung	CSV
LST-Planung	PlanPro (XML)

Anforderungen im Bauprojekt (unvollständig):

- In diesen Fachmodellen (Bild 4) erkennt man die Anforderungen des Gesamtmodells durch das 3D-Planen: Die Positionen der punkthaften Fachobjekte Oberleitungsmast, Signal, Balise oder Gleismagnet werden auf Basis der Fachplanung Trassierung exakt berechnet und nicht über statische absolute Koordinaten platziert. Damit ist zum einen die infrastrukturtypische Vernetzung zum Gleis gegeben und zum anderen die Fachplanung in ihrer originären Form im Gesamtmodell enthalten – ein Informationsverlust findet nicht statt.
- Ausleger oder Fundamente werden bezüglich des für sie maßgebenden Oberleitungsmasts relativ platziert und ggf. über kompatible Befestigungen (Fußplatten) verbunden.
- Signale werden zunächst als richtlinienkonforme Bauteilgruppe gebildet und im Anschluss

referenziert. Damit ist die Herstellung des Signals und der Einbau des Signals getrennt und auswertbar.



Bild 4: Fachmodell OLA und LST

### Bahnsteige

Bahnsteige (Bild 5) werden auf Basis der vorgegebenen Bauteilbibliothek der DB Station & Service gebildet. Dazu findet die Planung im ProVI statt. Das Ergebnis ist jedoch nicht das von dieser Planung abgeleitete IFC-Modell, sondern die positionsgenaue Liste der geplanten Fachobjekte in jeder Entität. Damit sind die Bauteilinformationen – im Gegensatz zum IFC-Modell – in einem SSoT noch verfügbar und für die spätere Auswertung beispielsweise für Bestell- und Lieferlisten ansprechbar. Die grundlegenden Fachobjekte sind Randsteine, Fundamente, Beläge, Erdbauschichten und Kastenrinnen.

Eingangsdaten	Format
Planung in Form der Parametrisierung eines Dynamo®-PlugIns für Revit®	PVI_REVITOUT
Bauteilbibliothek der DB Station & Service	IFC

Anforderungen im Bauprojekt (unvollständig):

- Jedes Element des Bahnsteigs ist ein Fachobjekt mit eindeutigem Verweis in die Bauteilbibliothek von DB Station & Service. Nur damit ist die spätere Zählung (Bestell- und Liefervorgang) ohne Heuristik möglich.
- Jedes Element besitzt ggf. eine absolute Position, die durch den Bezug zum Gleis in eine relative Position umgerechnet werden kann (Station, Abstand). Damit ist die abschnittsweise Auswertung des Baus (Abrechnung) und die Kontrolle der einzuhaltenden Vorschriften gegeben.
- Durch die Referenz zum Bauteil sind entsprechende Informationen des Bauteils (Bestellnummer) direkt durch das Fachobjekt – im SSoT – abrufbar und werden für Lieferprozesse verwendet.

### Lärmschutzwand

Besonderes Augenmerk liegt auf der Herstellung der Lärmschutzwand. Demnach muss die Detailplanung der Lärmschutzwand wie Träger, Sockel und Tafeln als jeweils eigene vernetzte Fachobjekte umgesetzt werden. Das richtige Winkel-Profil wird dabei aus den Informationen der Planung automatisch gewählt (Bild 6) und kann daher niemals

unpassend sein. Die Tafeln sind in ihrer Gestaltung frei und müssen in jeder Ausführung im Gesamtmodell umgesetzt (und ausgewertet) werden.

Eingangsdaten	Format
Direkte Fachplanung als Tabelle von Bauteilen und Bauteilersetzungslisten	CSV

Bauteilbibliothek der Hersteller IFC der Tafeln und Sockeln

Bauteilbibliothek der Profilträger IFC und Bohrfahlfundamente

Anforderungen im Bauprojekt (unvollständig):

- Die Träger sind durch Vor- und Nachfolger verkettet. Demnach ist die gesamte Kette einer Lärmschutzwand im Gesamtmodell enthalten und auswertbar.
- Jedes Segment wird mit der Detailplanung der Ausführung als Sockel und Tafel automatisch modelliert. Dazu kommen spezifische Elemente des jetzt festgelegten Herstellers mit zusätzlicher Gestaltungsfreiheit (RAL-Farbe) zum Einsatz. Aus dem SSoT resultieren direkt modellbasierte Stücklisten.
- Jeder Träger erhält ein Bohrfahlfundament in der richtigen Abmessung.
- Durch die Referenz zum Bauteil sind entsprechende Informationen des Bauteils (Gewicht, Befestigung) direkt am Fachobjekt abrufbar und werden im Bauprozess verwendet.

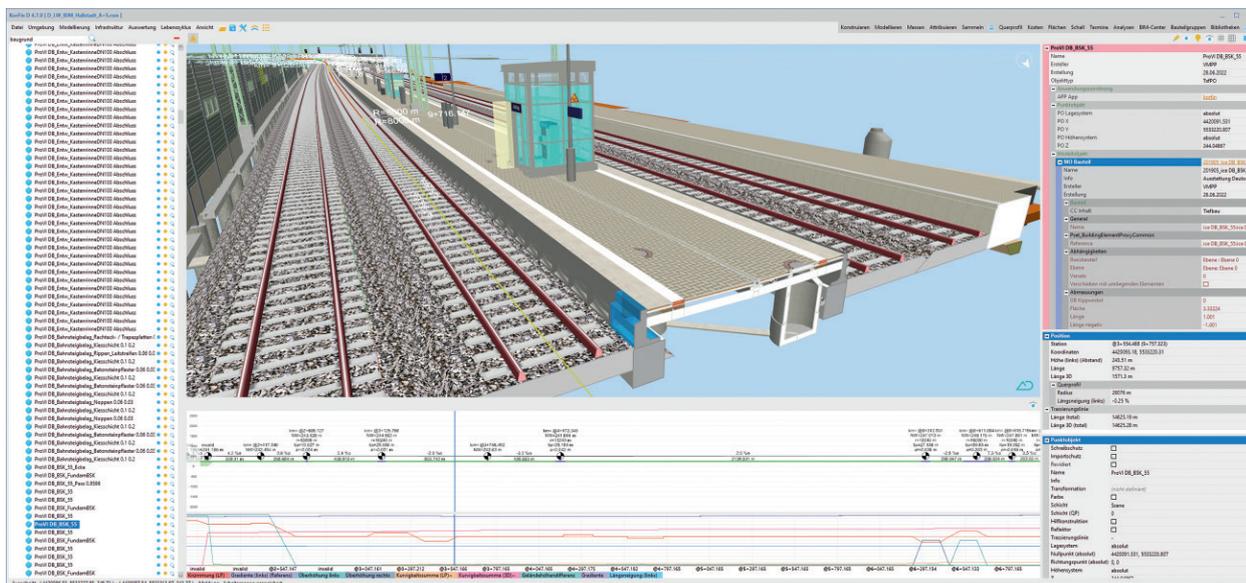
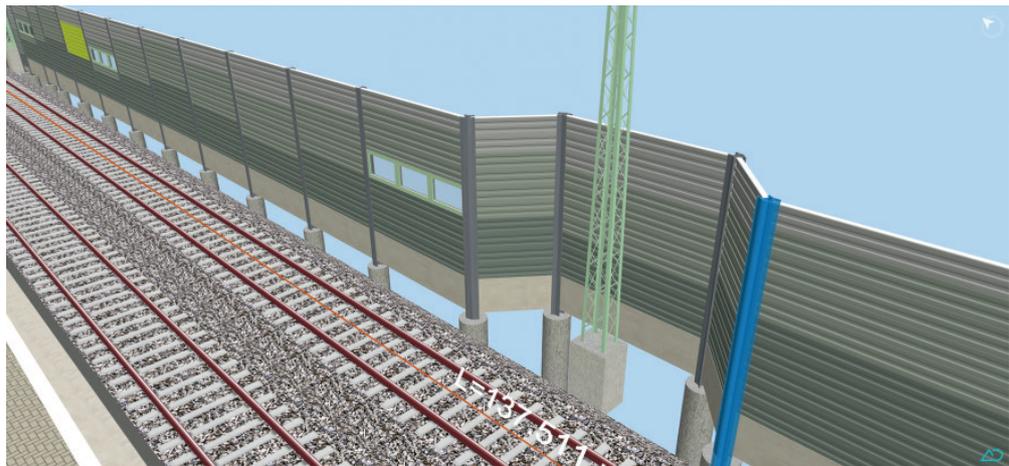


Bild 5: Bahnsteig im SSoT und eindeutige Bauteilattribute der DB Station & Service

Bild 6: Fachmodell Lärmschutz mit selektiertem automatisch gewählten Winkel-Profil eines LSW-Trägers



### Spezialtiefbau (Verbau)

Bei der Modellierung des Verbaus (Bild 7) wird ähnlich vorgegangen wie im Fachmodell Lärmschutz. Aus direkten Listen – als Endprodukt der Planung – zu Trägerbohl- und Spundwänden wird die Vernetzung zur Ausgangsplanung erstellt, das richtige Bauteil gewählt und das Fachmodell automatisch produziert.

- Jedes Segment wird mit der Detailplanung der Ausführung als Feld der Trägerbohlwand oder Spundwand automatisch modelliert (da die Planung ebenso feldweise ist).
- Durch die Referenz zum Bauteil sind entsprechende Informationen (Belastbarkeit) des Bauteils direkt am Fachobjekt abrufbar und werden für den Bauprozess verwendet.

Eingangsdaten	Format
Direkte Fachplanung als Tabelle von Trägern, Trägerbohl- und Spundwandfeldern	CSV
Bauteilbibliothek der Hersteller der Träger, Kanaldielen, Dielen und Spundwänden	IFC

### Medien und Entwässerung

Das Fachmodell Medien umfasst unter anderem Medienführungen (Leerrohre, Kabelkanäle), Medienleitungen (Strom-/LST-/Netzwerk-Kabel, Wasser-/Gasrohr, Haltung) und Medienknoten (Verbraucher, Schacht). Dabei werden die gleichen Fachobjektklassen für das jeweilige Mediennetz (LST, Strom, Gas, Be- und Entwässerung, Lüftung) verwendet und die daraus gebildeten Fachobjekte untereinander vernetzt. Die Kollisionsprüfung ist durchführbar. Im Projekt werden der Schutz des Bestands gewährleistet und der Test der Anschlüsse auf Vollständigkeit durchgeführt.

Anforderungen im Bauprojekt (unvollständig):

- Die Träger der Trägerbohlwand sind durch Vor- und Nachfolger verkettet. Durch Integration in das Gesamtmodell haben die Träger sämtliche Informationen zur Einbindetiefe, Abstände und Ausrichtung zum Gleis.

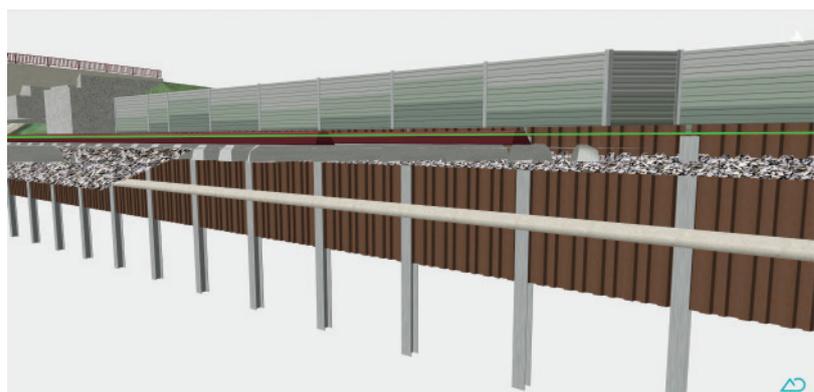


Bild 7: Fachmodell Spezialtiefbau (Verbau)

Eingangsdaten	Format
Direkte Fachplanung als Fachobjektinformation mit Geometrie der Leitlinien	CSV mit DXF
Planung der Entwässerung	ISYBAU (XML)
Bauteilbibliothek der Hersteller der Medien- und Entwässerungsbauerteile	IFC

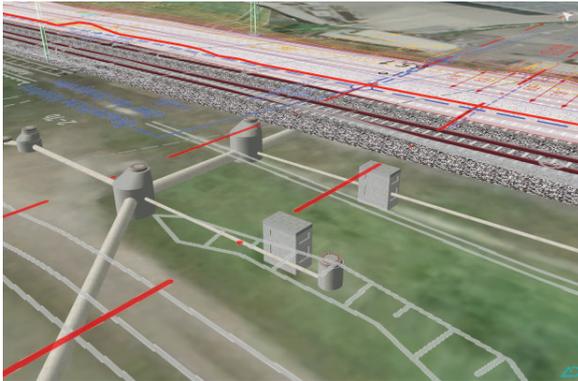


Bild 8: Fachmodell Entwässerung

#### Anforderungen im Bauprojekt (unvollständig):

- Das Mediennetz (Bild 8 als Beispiel Entwässerung) ist jeweils ein Knoten-/Kantenmodell. Damit ist auch die nachträgliche Auswertung (Was fließt wohin?, Was ist wie angeschlossen?) möglich.
- Mediennetze werden auf teils analogen Daten in verschiedenen Workflows erstellt (Bestand, Planung). Es müssen daher mehrere Workflows digitalisiert werden. Das resultierende Informationsmodell ist dabei jedoch immer das gleiche.
- Die Planung von Kabelkanälen (aus diskreten Bauteilen) und Leerrohren inklusive deren Belegung ist ein besonderer Anwendungsfall des Fachmodells Medien. Hier wird die Vernetzung für das „Einlegen“ von Kabeln verwandt und die „Überbelegung“ ausgeschlossen.

#### Baugrund

Das Fachmodell Baugrund setzt die Anforderungen des Arbeitskreis 2.14 der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (AK 2.14) um. Darin wird insbesondere ein relationales Informationsmodell gefordert.

Ausgangspunkt für das Baugrundmodell sind vorhandene oder neu hinzukommende Aufschlüsse, aus denen Baugrund- und Homogenbereichsschicht abgeleitet werden. Die Grundlagedaten

liegen analog in Form eines geotechnischen Entwurfsberichts (PDF, Pläne) vor – und müssen daher re-digitalisiert werden.

Eingangsdaten	Format
Relationale Tabellen der Aufschlüsse und Aufschlussbereiche sowie Bodenansprache (Baugrundtypen), alternativ: Aufschlussdatenbank	CSV oder IDAT

#### Anforderungen im Bauprojekt (unvollständig):

- Vernetzung der Aufschlüsse zu ihren Aufschlussbereichen und diese zu ihren Baugrundtypen.
- Vollständig parametrische – damit maschinelle – Modellierung der Baugrund- und Homogenbereichsschichten damit im Falle neuer Aufschlüsse (neue Informationen beim Bauen) eine konsistente Aktualisierung des gesamten Fachmodells Baugrund inklusive der abhängigen Auswertungen effizient ermöglicht wird.

In Zukunft sollten alle Angaben des geotechnischen Entwurfsberichts inklusive aller Aufschlüsse und Aufschlussbereiche in maschinenlesbare Schnittstellen übergeben werden (Anforderung des AK 2.14). Das verhindert die fehleranfällige – und kostenintensive – Re-Digitalisierung.

#### Usecases

Das Gesamtmodell besteht aus Fachobjekten, die genau einen Planungsgegenstand geometrisch repräsentieren, ein spezifisches fachliches Verhalten zum Modellieren, Planen, Auswerten und Bauen enthalten – das ist die Intelligenz – sowie alle Informationen zum Planen und Bauen aufrufen. Die Abhängigkeiten der Fachobjekte untereinander (vom Gleis, vom Mast) wird mit der Vernetzung realisiert; die Abhängigkeiten der Informationen werden durch eine gemeinsame relationale Datenbank realisiert.

Mit diesem technischen Informationsmodell können nun Usecases speziell beim Bauen durchgeführt werden; eine Auswahl wird im Folgenden kurz beschrieben.

#### Anreicherung der Zugehörigkeit zu einer Gruppierung

Wichtig für jede zukünftige Auswertung ist die Zuordnung der Fachobjekte zu verschiedenen

Gruppierungen. Dabei kann eine Gruppierung eine standardisierte Gruppe des „Baubereichs“ oder bezüglich der Abwicklung projektspezifisch sein. Beispiele:

Gruppe	Thema	Inhalt
PROJECT	Projekt	Projekt
PROJECTSECTION	Projekt	Projektabschnitt
PROJECTSTAGE	Projekt	Planfeststellungsabschnitt
PROJECTRANGE	Lokalität	Projektbereich
PROJECTPHASE	Logik	Projektphase wie Bestand, Rückbau und Bau

Jedem Fachobjekt wird also die Zugehörigkeit zu einer oder mehrerer dieser Gruppen zugewiesen. Das geschieht automatisiert, wodurch alle externen Informationen für diese Zuordnung benutzt werden können. Das Ergebnis ist eine saubere informationstechnische Referenzierung zu den Gruppen – keine alphanumerische Information. Die Anwendungen daraus sind vielfältig und können als Eingangsbeschränkung für jeden Anwendungsfall benutzt werden – Lieferung, Bestellung, Abnahme, SOLL/IST, etc. Als Beispiel zur Demonstration soll die Selektion von zu rückgebauten OLA-Maste dienen (Bild 9):



Bild 9: Per automatischer Selektion markierte Fachobjekte des Rückbaus durch Zugehörigkeit der Fachobjekte zur Gruppe „Rückbau“

### Vereinheitlichung von Informationen verschiedener Planungsquellen

Alle Baufirmen haben das Problem der heterogenen (ob externe oder interne) Planungsinformationen. Insbesondere beim konstruktiven Ingenieurbau (Brücke) werden korrekterweise IFC-Modelle übergeben. Leider sind die Informationen darin weder standardisiert, widerspruchsfrei noch für das Bauen vollumfänglich. Aus diesem Grund muss eine Maschine das Re-Engineering und die weitere

Anreicherung durchführen. Dazu bedarf es einer vollständigen Dokumentation der Quellinformationen und dem Aufbau einer Zuordnung in das widerspruchsfreie Informationsmodell des 3D-Planens. Der Aufwand muss für jede Quelle einmalig investiert werden. Im Ergebnis besitzt die Baufirma ein einheitliches auswertbares Informationsmodell aller Bauwerke, wodurch sich jetzt eine Qualitätssteigerung und die Synergieeffekte einstellen.

### Informationsübergabe für die Kalkulation in iTWO®

Aus dem einheitlichen, widerspruchsfreien Informationsmodell des 3D-Planens können spezifische Exporte für externe Workflows erstellt werden (Bild 10). Dazu werden die Informationen für das Ziel automatisch umbenannt und beispielsweise via CPIXML aus dem Gesamtmodell (in einer oder mehreren Gruppierungen) extrahiert. Die Extraktion schließt auch die Live-Berechnung von beispielsweise Längen, Flächen oder Volumina ein (veraltete Mengenwerte sind damit ausgeschlossen).

### 4D-SOLL-Modell der Bauabwicklung

Der SOLL-Terminplan ist eine eigenständige Planung des Bauablaufs mit Vernetzung zum SOLL-Modell. Dabei bleibt die Vernetzung stabil, wenn sich der Terminplan oder das grundlegende SOLL-Modell ändert.

Es ist besonders auf die Synchronisierung statt skriptbasierter Neuvernetzung hinzuweisen: Im BIM 3D-Planen ist das Substituieren von Informationen wegen eines Updates verboten.

Dieser SOLL-Terminplan (Bild 11) wird im externen Workflow mit TILOS® oder Microsoft® Project® bearbeitet. In späteren Phasen wird der SOLL-Terminplan durch ein ergänzendes Vorgangsmodell aus iTWO® ersetzt, das dann auch die notwendigen Ressourcen (Personal, Maschinen) enthält. Ein Usecase des so erstellten 4D-SOLL-Modells ist insbesondere die bautechnologische Kontrolle der Abläufe der Vorgänge. Zum einen werden so die korrekte Verkettung mit entsprechenden Pufferzeiten kontrolliert und zum anderen Optimierungspotentiale durch mögliche engere Taktung der Vorgänge aufgespürt.

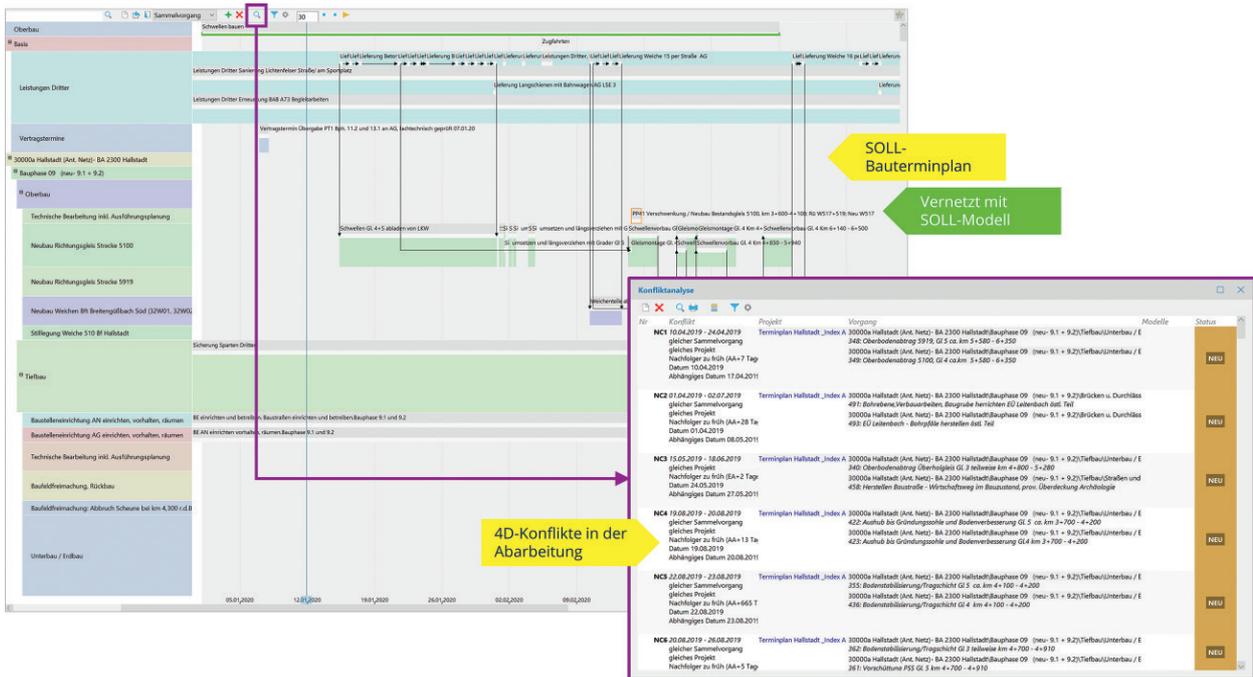


Bild 10: Export mit direkten 5D-Attributen oder gepappten Attributen

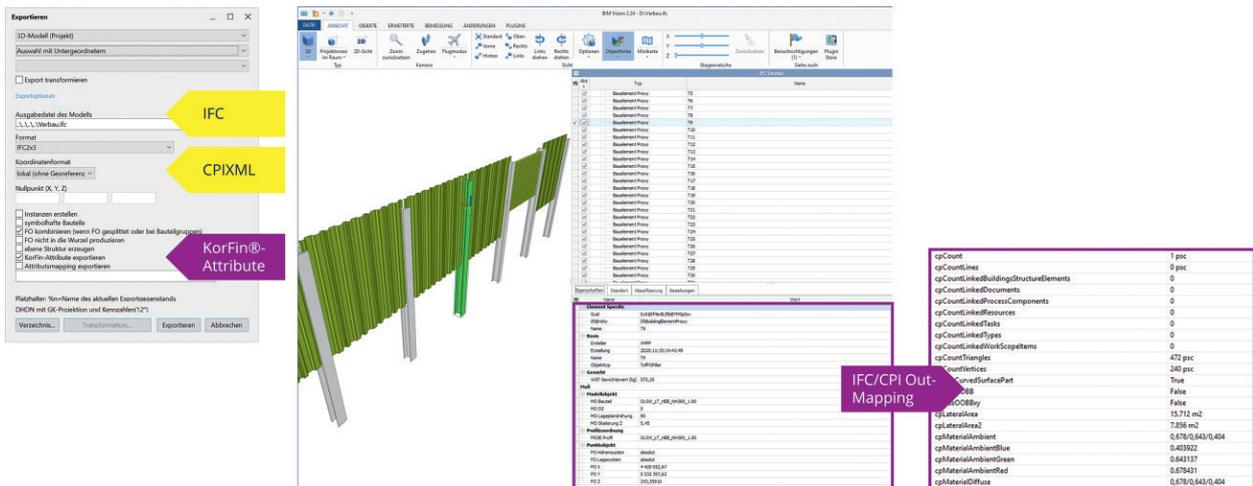


Bild 11: SOLL-Terminplan

## Digitalisierung der Terminplanung: Segmentierung und Zeitverhalten

Das Ziel der Digitalisierung ist die Überführung bewährter klassischer Denkweisen des Planens und Bauens in neue digitale Prozesse. Daher ist der Bauvorgang der Herstellung eines linienhaften Erd- oder Oberbauvolumens im 3D-Planen ein Vorgang – anstatt vieler Vorgänge. Um den digitalen Prozess bilden zu können, wird die „Intelligenz“ des 3D-Fachobjekts (beispielsweise des Schotterbetts oder der Frostschutzschicht) und die „Intelligenz“ des Vorgangs im Terminplan – als 4D-Fachobjekt – benutzt. Die interne Segmentierung des 3D-Fachobjekts wird also mit dem Zeitverhalten

des Vorgangs – als zeitliche Ansprache von internen Segmenten innerhalb des Vorgangs – kombiniert.

## Integration Leistungsverzeichnis und Vorgangsmodell

Die Vernetzung mit dem externen Leistungsverzeichnis oder externen Vorgangsmodell geschieht in der gleichen Art und Weise wie die Vernetzung mit dem SOLL-Terminplan: Die Positionen des Leistungsverzeichnisses stellen eigene Fachobjekte des Leistungsverzeichnisses dar; die Aktivitäten sind Fachobjekte des Vorgangsmodells. Diese werden wie

Bild 12: Lieferflächen als Ausgangspunkt für die Lieferlogistik



andere Fachobjekte auch mit den Fachobjekten des SOLL-Modells und/oder Vorgängen des Terminplans und/oder Aktivitäten des Vorgangsmodells im Gesamtmodell vernetzt. Eine Änderung der Fachobjekte ist von der Vernetzung unabhängig, wodurch die klassischen Workflows im digitalen Prozess des 3D-Planes vollständig inkludiert sind. Als Übergabeformat sind die GEAB X81, 84, 85 und 86 ausgezeichnet und im Falle des Vorgangsmodells das CPIXML direkt aus iTWO®.

In Zukunft müssen GEAB und CPIXML noch weiter digitalisiert werden, indem Vernetzungsinformationen in Form von IDs in beide Richtungen sowie vollständig ausgetauscht werden.

### Bestellung von Baumaterial und Lieferlogistik

Die Lieferlogistik im Gesamtmodell umfasst drei Teilaufgaben:

- 1 Lieferflächen als Fachobjekte definieren,
- 2 zeitliche Inanspruchnahme managen sowie
- 3 modellbasierte Auswertungen zu Bestellungen (Stücklisten) ermitteln.

Dabei ist die Verteilung oder der Bezug der Informationen klar: Das Fachobjekt Lieferfläche definiert die Lokalität und maximale „Aufnahmefähigkeit“, die Inanspruchnahme entspricht der Verwaltung dieser Lagerung und die modellbasierten Auswertungen resultieren direkt aus Abfragen des „intelligenten“ Gesamtmodells mit dem fachlich-zeitlichen Aspekt einer Gruppierung. Die zur Lagerung benötigte Fläche ist in den Eigenschaften des jeweiligen Bauteils selbst gespeichert. Die graphische Darstellung der Lieferflächen (Bild 12) spielt eine untergeordnete Rolle. Vielmehr rückt

der zu jeder Zeit planbare und auswertbare Ausnutzungsgrad in den Vordergrund. Kombiniert mit den automatisch ableitbaren modellhaften Bestellungen des Materialeinsatzes ist die Prüfung der „Überausnutzung“ digital – und vor allem vor dem Bauen – möglich.

---

### Follow-Up

Der Wunsch von LEONHARD WEISS und wohl aller Baufirmen besteht in der modellhaften kontrollierten – damit evaluierten sowie belastbaren – Kontrolle und Abrechnung des Baus. Wobei insbesondere die Erfassung und Auswertung des IST gemeint ist. Durch die Vernetzung zum SOLL-Terminplan und zu den Ressourcen des Vorgangsmodells ist durch die Erfassung des IST die stetige Kontrolle

- der Übereinstimmung mit der 3D-Planung,
- des Einsatzes von Maschinen sowie des Materialeinbaus,
- der funktionierenden Logistik und
- des verbrauchten sowie zukünftigen Budgets (unter anderem Lohnkosten)

in einem gemeinsamen konsistenten Informationsmodell – damit in einem gemeinsamen nD-Modell – realisierbar.

### IST-Modell zur modellhaften Abrechnung

Das Gesamtmodell des SOLL (Planung) muss während des Bauens um das IST ergänzt werden. Dadurch wird das IST als Erfassung des Baufortschritts über der Zeit eine unabhängige Informationsebene und Teil des Gesamtmodells, die zum

SOLL vernetzt ist. Das IST ist dabei mit modernen Methoden zu erfassen und wie alle anderen Informationen auch in die Datenwolke des Projekts zu laden sowie im Anschluss auszuwerten. Die Aufgaben bestehen also in

- der bautechnologisch-bestimmten IST-Leistungsmeldung, was gerade gebaut wurde (Fachobjekte, Einbaulage, Einbauseite, Verdichtung),
- der Prüfung der IST-Leistungsmeldung als Vorbereitung der IST-Abrechnung,
- der modellhaften IST-Auswertung der IST-Leistungsmeldung bezüglich des SOLL-Modells,
- dem Abgleich des gemeldeten IST mit dem tatsächlichen IST (beispielsweise anhand Drohnenflug) und
- die daraus generierten Daten zur Abrechnung und zum As-built-Modell.

Bei jeder Aufgabe treten bezüglich der Planung nicht vorhersehbare Ereignisse – und damit unmöglich bereits während der Planung ins Gesamtmodell integrierte Informationen – oder bezüglich der Dynamik des Bauens neue Grundlagen – neues, tatsächlichen IST – auf. Um trotzdem ständig up-to-date zu sein, muss demnach das Gesamtmodell darauf technologisch – „intelligent“ – reagieren. Eine mögliche Realisierung einer digitalen Baustelle ist die Erfassung des IST per App (Smartphone) und die Auswertung mit dem „intelligenten“ Gesamtmodell des 3D-Planens (Bild 13):

## Schlussfolgerung

Der BIM-Pilot, aufbauend auf den internen IST-Abläufe, brachte die Unterschiede zur konventionellen Bearbeitung klar heraus: sowohl die Vor- als auch die Nachteile und mündete in eine Aufgabenliste für die Folgeschritte. Er war ein wichtiger Schritt zur Einführung von BIM bei LEONHARD WEISS. Damit wurde die Hemmschwelle, mit Daten des Bestandes und der Planung offen umzugehen, überwunden. Klar wurde auch, an welchen Stellen das Change Management ansetzen muss. Eine wichtige Erkenntnis war, dass Digitalisierung mit Mehrwert auf dynamischen Datenmodellen beruhen muss, so dynamisch wie die Baustelle.

Ein konsistentes Informationsmodell und damit Gesamtmodell aller Informationen – inklusive Fachplanung, Terminplan, Leistungsverzeichnis und Vorgangsmodell – ist Voraussetzung zur Realisierung der IST-Leistungsmeldung, IST-Leistungskontrolle und Historisierung des Baufortschritts. Der Fokus beim Bauen mit BIM liegt also im Aufbau eines „intelligenten“ Gesamtmodells durch moderne Schnittstellen und Verfahren der IT.

Daher sind im 3D-Planen die komplexen Auswertungen des Bauens möglich, die zusätzlich – durch die innewohnende „Intelligenz“ der Fachobjekte aller 3D-Ebenen – auf unvorhersehbare und daher unmöglich beim Planen bedachte Ereignisse beim Bauen reagieren. Eine solche Auswertung ist nach erfolgter modellhafter Leistungsmeldung (mit oder ohne Drohnendaten) der SOLL-/IST-Vergleich des gesamten Projekts als Filterung der Fachobjekte, die teilweise hinter dem SOLL-Zeitplan oder vor dem SOLL-Zeitplan liegen – selbstverständlich mit sämtlichen vernetzten Informationen dazu.



Bild 13: Modellierung und Auswertung des remote erfassten IST-Standes der Baustelle.

---

Als Schlussfolgerung kann daher für den erfolgreichen Einsatz von BIM beim Bauen die Notwendigkeit eines normalisierten widerspruchsfreien sowie vollständigen Informationsmodells festgehalten werden. Das dafür bereitstehende BIM 3D-Planen realisiert diese Anforderung unter Anwendung intelligenter hochvernetzter Algorithmen für ein konsistentes Gesamtmodell bei bestmöglicher digitaler und realer Qualität.

---

### **BIM Bahnsteigverlängerung Knoten Bamberg**

Mit den Erkenntnissen aus dem BIM-Pilotprojekt VDE 8.1 BA 2300 Hallstadt konnte im Januar 2021 das offizielle DB BIM-Projekt Bahnsteigverlängerung Knoten Bamberg erfolgreich akquiriert werden.

Bereits in der Angebotserstellung war ein BAP (BIM-Abwicklungsplan) erforderlich, in dem die exakte Umsetzung der BIM-Ziele und Anforderungen seitens LEONHARD WEISS beschrieben wurden. Hier kamen uns die Erkenntnisse aus der BAP-Erstellung im Zuge des Pilotprojektes Hallstadt entgegen.

Dabei war es erforderlich, die Anwendungsfälle aus dem BIM-Pilotprojekt Hallstadt zu vertiefen und vor allem um die Anwendungsfälle 4D und 5D zu erweitern.

Zusätzlich wurden diesmal durch den AG klare Anforderungsdefinitionen mittels AIA gestellt, z. B. wurden die zu verwendenden Softwareprogramme (Desite MD, Revit) und Datenformate (.cpa, .rvt, .ifc) verpflichtend vorgegeben.

Des Weiteren kam die Kollaborationsplattform EPLASS zum Einsatz, die die Verwendung von Viewpoints im BCF-Format, sprich einen digitalen Workflow, ermöglichte.

Neu war auch, dass alle unsere nachfolgenden Tätigkeiten dieses Mal auf einem an uns übergebenen Ausschreibungsmodell basierten.

### **3D-Modellierung und BIM-Management**

Als Planungsgrundlage diente ein Ausschreibungsmodell im Desite- und Revit-Format, welches während der Ausführungsplanung kontinuierlich fortgeschrieben wurde. Dabei waren besonders die Virtual Design Review-Besprechungen mit dem AG wichtig, da hier Planungsvarianten bzw. -änderun-

gen vorgestellt und alle relevanten Projektabstimmung am Modell durchgeführt wurden.

Da das Koordinationsmodell aus mehreren Gewerken bestand, gab es im Projekt verschiedene Planer, die ihre jeweiligen Fachmodelle erstellten. Die Besonderheit war es, die Fachmodelle aus herstellerunabhängigen Autorensystemen und nativen Datenformaten in einem einheitlichen geodätischen Bezugssystem zusammenzuführen. Das Koordinationsmodell wurde in Desite MD, das als BIM-Managementsoftware diente, anhand von Prüffregeln automatisch auf Kollisionen geprüft. Ermittelte Kollisionen wurden als Viewpoints gespeichert und über die BCF-Schnittstelle in die CDE hochgeladen und per automatischer Benachrichtigung inklusive Qualitätssicherungsbericht an die jeweiligen Projektbeteiligten gesendet, um die Beseitigung von geometrischen und regelbasierten Konflikten durchzuführen. Die Viewpoints haben sich als besonders nützlich für Besprechungen erwiesen, da sie im Voraus erstellt und in Besprechungen effizient eingesetzt werden können.

Die gemeinsame Festlegung der Ablagestruktur und der Modellnummernkonvention auf der CDE zwischen dem BIM-Manager und dem BIM-Koordinator diente als Grundlage für die reibungslose Koordination der Fachgewerke, da die strukturierte Ablage zu weniger Informationsverlusten führte und Doppelarbeiten vermieden wurden. Ganz im Sinne der Vermeidung von Doppelarbeiten wurde auch versucht, 2D-Pläne aus dem BIM-Modell zu erzeugen. Die generierten 2D-Pläne wurden lediglich um kleinere Details im CAD ergänzt.

Das 3D-Modell, das die Grundlage für die 4D- und 5D-Phasen bildet, muss mit den entsprechenden Metadaten versehen werden. Dazu war es notwendig, dass das BIM-Projektteam gemeinsam eine Logik für die notwendige Attribuierung erarbeitet. Die Attribute enthielten geometrische und bauteilspezifische Informationen sowie Kriterien für die regelbasierte Verknüpfung zwischen dem BIM-Modell und dem Terminplan bzw. Leistungsverzeichnis.

### **4D-Terminplanung**

Die 4D-Terminplanung erforderte nicht nur eine zusätzliche Attribuierung des BIM-Modells, sondern auch die Anpassung der Terminplanstruktur, um die objektbezogene Abhängigkeit zwischen den einzelnen Bauteilen und dem Terminplan zu ermöglichen. Damit die Verknüpfungen dynamisch und somit bei kontinuierlicher Aktualisierung des Terminplans beibehalten werden können, war

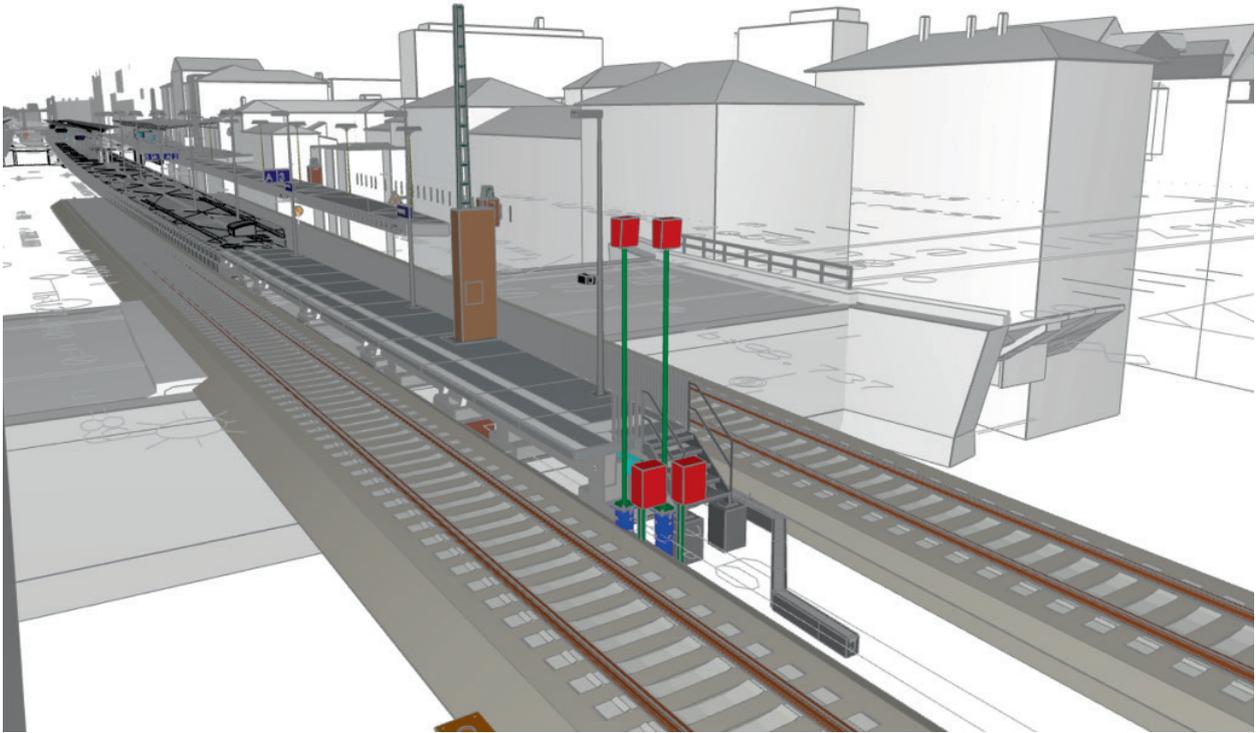


Bild 14: Bahnsteigverlängerung Knoten Bamberg

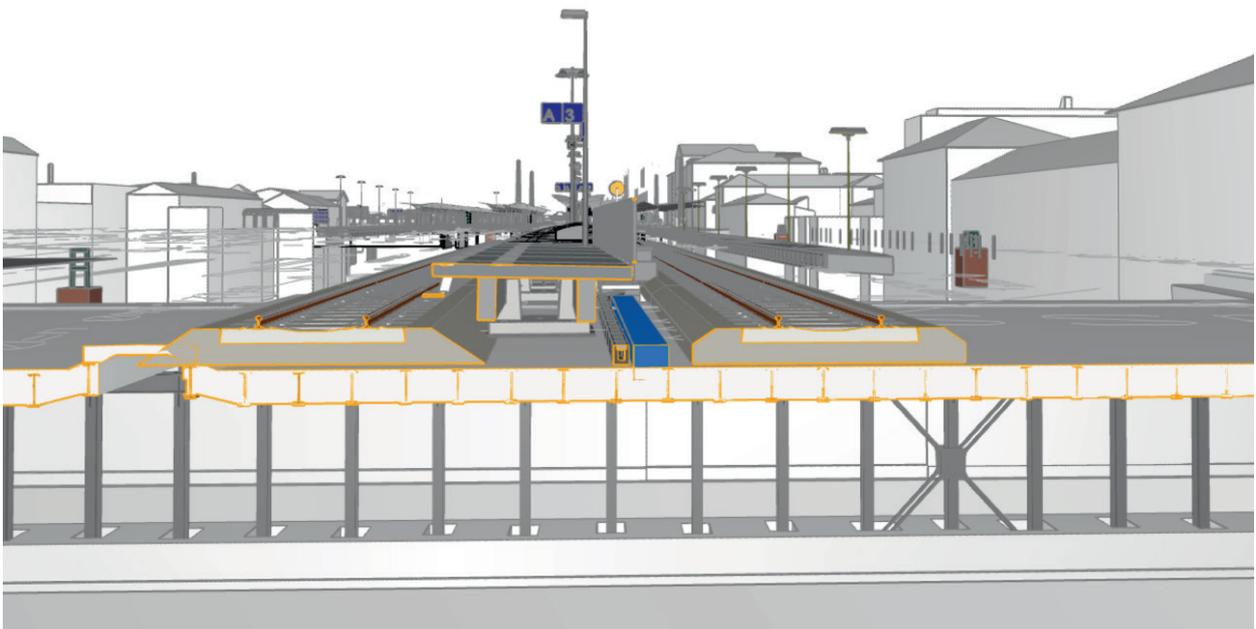


Bild 15: Querschnitt im BIM-Modell Knoten Bamberg

---

es notwendig, zu Beginn Verknüpfungsregeln zu definieren. Die Verknüpfungsregeln ergaben sich dabei aus mehreren Kriterien, die sowohl im BIM-Modell als auch im Terminplan enthalten waren.

Mit Hilfe des 4D-Modells konnten bauzeitliche Kollisionsprüfungen durchgeführt werden, um die geplanten Bauabläufe zu optimieren. Zudem wurden aus dem Modell Einbautermin für einzelne Bauteile eingesehen, die eine Hilfestellung für die Material- und Ressourcenplanung waren.

### 5D-Kostenplanung

Für die modellbasierte Kostenplanung wurde das 4D-Modell mit dem Leistungsverzeichnis ebenfalls regelbasiert verknüpft. Um die Einsetzbarkeit für den Abrechnungsprozess zu gewährleisten, wurden die Randbedingungen mit den Abrechnern abgestimmt. Dabei stellte sich heraus, dass die modellbasierte Kostenplanung in der Software Desite MD mit vielen manuellen Arbeitsschritten verbunden ist. Dennoch wurde die 5D-Kostenplanung parallel zur konventionelle Abrechnung durchgeführt, um gemeinsam mit dem Auftraggeber Erfahrungen zu sammeln.

Im Zuge der sehr partnerschaftlichen und von Wissensaustausch geprägten Zusammenarbeit zwischen AG und AN wurden aber auch alternative Lösungsansätze untersucht. So konnte durch die Erfahrung der Abrechner seitens LEONHARD WEISS dem Kunden auch eine alternative Abrechnungsmethodik mittels der Software iTWO aufgezeigt werden, was aufgrund der teilautomatisierten Verknüpfung Vorteile generieren ließ.

### As-built-Modell

Das Wie-gebaut-Modell wurde auf Basis des Ausführungsmodells mit Hilfe der Bestandsvermessung angepasst. Zusätzlich wurden Dokumente mit dem As-built-Modell verknüpft, z. B. 2D-Pläne oder Fotos von Begehungen. Fotos von offenen Kabelschächten wurden mit den entsprechenden 3D-Modellobjekten verknüpft, um die Schachtbelegung jederzeit nachvollziehen zu können.

Leider wird noch immer zu selten der Mut aufgebracht, neue Projekte in der BIM-Methodik umzusetzen. Um dennoch das erlernte zu vertiefen, ging LEONHARD WEISS in 2022 den Weg, auch im Zuge bisher konventionell geplanter Projekte Teile der BIM-Methodik einzubringen.

---

## Anwendung der BIM-Methodik in konventionellen Projekten

### Grundausrichtung

Die vorangegangenen BIM-Projekte waren enorm wichtig für die Erarbeitung des großen Ziels, den Mehrwert der BIM-Methodik zu erkennen und ihn unabhängig von den Anforderungen des Auftraggebers anzuwenden.

Im Projekt S21 PfA 1.6 BS2a GFK-Standorte wog das Projektteam von LEONHARD WEISS das Aufwand-Nutzen-Verhältnis für ein solches Projekt ab.

### 3D-Modellierung und Mehrwert

Das hochkomplexe Projekt liegt aufgrund seiner Lage zum einen direkt neben der Bahntrasse, die sich in Dammlage befindet, und zum anderen direkt neben der Straße, die in Längsrichtung eine Steigung aufweist. Aufgrund der hohen Anforderungen und der zahlreichen Zwänge wie dem begrenzten Platz und den vielen Gewerken, hat sich das Projektteam letztlich entschieden die Ausführungsplanung mit Hilfe eines 3D-Modells zu erstellen. Während der Modellierung in Revit wurden bereits kurzfristig Kollisionen in der vorangegangenen Planung ersichtlich. Somit waren Optimierungsvorschläge gefragt, die auch direkt modelliert wurden. Mit Hilfe des Modells konnten die ursprünglich geplanten Sicherungen der Geländesprünge entfallen, da durch das Modell das Urgelände und neugeplante Bauwerk nicht nur punktuell betrachtet wird, wie in einem Querprofil, sondern immer das gesamthafte Verhältnis zwischen Ausgangslage und Endzustand. Somit konnte die Dammflanke der Bahntrasse mit einer neuen Böschungsneigung ausgebildet werden, sodass keine Stützwand zur Böschungssicherung nötig ist. Ebenfalls konnte die Spundwand inklusive Kopfbalken entfallen, in dem die Rampe um 90° gedreht wurde und aus dem Böschungsbereich entfernt wurde. Die Optimierungen wurden in den gemeinsamen Projektbesprechungen mit dem AG am 3D-Modell gesichtet und bewertet. Besonders hilfreich waren die Variantenvergleiche am 3D-Modell, da alle Beteiligten ein gemeinsames Verständnis hatten und die Vorteile der Änderungen sofort erkennbar waren. Dadurch wurden Freigabe- und Genehmigungsprozesse durch den AG deutlich beschleunigt. Beispielsweise konnten die vom AG geforderten Schleppkurvenanalysen für den späteren Transport von Einbauelementen mittels Hubwagen und Europalette durchgeführt werden.

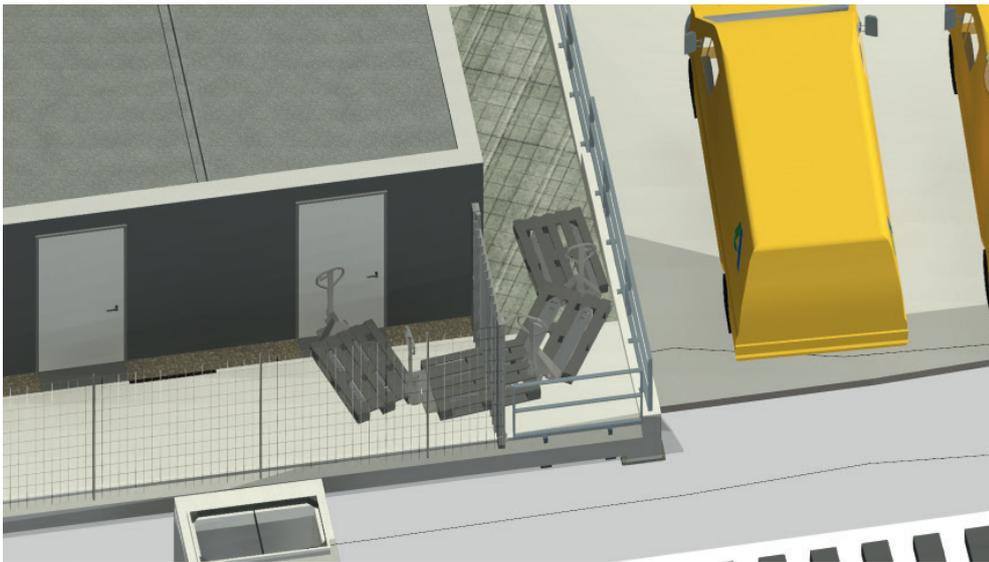


Bild 16: Schleppkurvenanalyse für den Transport mittels Hubwagen und Europalette

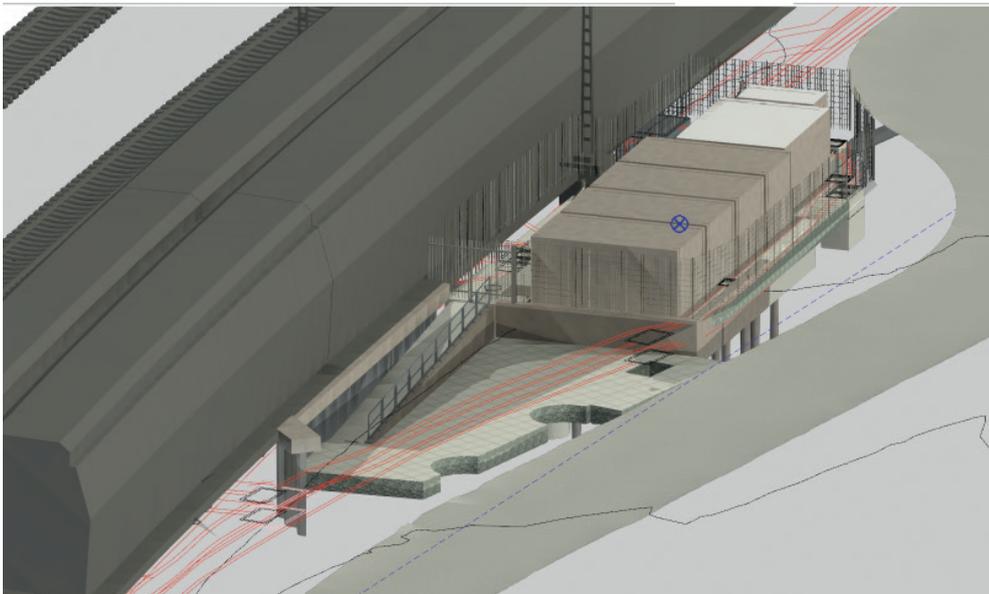


Bild 17: S21 GFK Standort Planungsvariante Nr.1



Bild 18: S21 GFK Standort Planungsvariante Nr.2

Für die umwelttechnische Betrachtung der Bäume im Baufeld war das 3D-Modell ebenfalls eine große Hilfe, da die Auswirkungen des Endzustandes nun mittels Modell visuell nun deutlich besser ersichtlich waren, als in den bisherigen 2D-Plänen und durch die geometrische Kollisionsprüfung zusätzliche Sicherheit gegeben war.

Das 3D-Modell war auch für die bauausführenden Kollegen sehr nützlich, da die Planungsoptimierungen aus bautechnologischer Sicht am 3D-Modell bewertet wurden. Besonders die automatisierte Erstellung von Querprofilen und Längsschnitten im Modell beschleunigt die Variantenuntersuchung und Plausibilitätsprüfung. Das 3D-Modell fungierte nicht nur als ergänzendes Hilfswerkzeug, sondern auch als Grundlage für die 2D-Pläne, da der Lageplan sowie die Querprofile aus dem 3D-Modell generiert sind, die anschließend noch im CAD detailliert wurden. Zur Erstellung des Absteckplans wurden die Absteckpunkte direkt im 3D-Modell erfasst und die 3D-Koordinaten tabellarisch aufgelistet. Da das 3D-Modell lageecht im Gauß-Krüger Koordinatensystem erstellt wurde, können daraus ebenfalls 3D-Maschinendaten ausgegeben werden.

---

### Ausblick

Die BIM-Methodik ist bei LEONHARD WEISS bereits im Einsatz. Sie wird in Zukunft erweitert, sodass die Projektabwicklung mithilfe der BIM-Methodik zum Regelprozess wird. Dafür wird aktuell ein unternehmensweiter Fahrplan für die Imple-

mentierung der BIM-Methodik in allen Bereichen erstellt. So soll künftig in Mehrgewerke-Projekten der gleiche Wissenstand vorhanden sein und somit Informationsverluste vermieden werden.



**Dr. Veit Appelt**

Geschäftsführer  
A+S Consult GmbH, Dresden,  
Lehrbeauftragter BIM  
Fakultät Verkehrswissenschaften  
TU Dresden, Dresden  
veit.appelt@apluss.de



**Dipl.-Ing. (FH)/Dipl.-Wirt.-Ing. (FH)  
Yüksel Büyükasik**

Technischer Leiter/Prokurist  
LEONHARD WEISS GmbH & Co. KG  
Generalunternehmer Netzbau  
y.bueyuekasik@leonhard-weiss.com



**Dipl.-Ing. Michael Seeger**

Leiter Technisches Planungsbüro  
LEONHARD WEISS GmbH & Co. KG  
Generalunternehmer Infrastrukturprojekte  
Technisches Planungsbüro  
m.seeger@leonhard-weiss.com



**M.Sc. Ozan Salma**

Teamleiter Technisches Planungsbüro  
LEONHARD WEISS GmbH & Co. KG  
Generalunternehmer Infrastrukturprojekte  
Technisches Planungsbüro  
o.salma@leonhard-weiss.com