

Zusammenhängende und modellbasierte Planung der Brücken und Gebäude Alles BIM – beim Werksneubau in Graben-Neudorf

■ ■ ■ von Hans Grassl, Nazereh Nejat, Jacqueline Donner, Thilo Weischedel

Im Lebenszyklus von Infrastrukturbauten mit ihren komplexen Planungs- und Realisierungsabläufen liegen erhebliche Innovationspotenziale. Die aus der Vernetzungsära entstandene Digitalisierung hat dabei eine Schlüsselrolle. Vernetzungen der digitalen Repräsentation der Bauteile und Abläufe in der Planung und Ausführung in einem Bauwerksdatenmodell schaffen entscheidende Effizienzgewinne. Im Stufenplan fordert das BMVI »die Einführung von modernen, IT-gestützten Prozessen sowie Technologien zur Planung, für den Bau und das Betreiben von Bauwerken« und treibt somit die Umsetzung von BIM voran. Die BIM-Arbeitsmethode ist eine objektorientierte, fachwerk-spezifische computerunterstützte Technologie, die das Bauwerksmodell parametrisch beschreibt und die Arbeitsabläufe mit dem Bauwerksmodell verknüpft. Grassl Ingenieure setzten insbesondere bei den komplexen Projekten des konstruktiven Ingenieurbaus die BIM-Technologie ein. Somit kommt auch beim Werksneubau in Graben-Neudorf für die Planung sämtlicher Ingenieurbauwerke und Gebäude die BIM-Methode erfolgreich zur Anwendung.

1 Gesamtmaßnahme

Die SEW-Eurodrive GmbH & Co KG ist ein seit den 1930er Jahren bestehendes deutsches Unternehmen in der Antriebstechnik. In 51 Ländern mit Montagewerken und Servicepunkten präsent, ist die Zentrale des Familienunternehmens mit den wichtigsten Fertigungswerken im badischen Bruchsal angesiedelt. Entwickelt und hergestellt werden innovative, modulare Komponenten wie Motoren, Getriebe, Steuerungen, Umrichter etc., aber auch Komplettsysteme.

Unter dem Namen »Lean Sm@rt Factory« treibt die SEW die Vision der Industrie 4.0 in Gestalt einer modularen Fabrik voran. Hierfür werden mobile Montageassistenten produziert, die den Mitarbeiter mit Informationen versorgen und ihn ergonomisch entlasten. Autonome, intelligente und selbstorganisierende Logistikassistenten übernehmen die Andienung von Material für die Arbeitsplätze just in time. Diese intelligenten Logistikassistenten sollen aber nicht nur an Kunden vertrieben werden, sondern auch die eigene Fertigung und Montage effektiver gestalten. Hierzu investiert die SEW unter anderem am Standort in Graben-Neudorf in die Erweiterung des Werks. So soll in den nächsten Jahren das bestehende Werk mit bislang 110.000 m² Fläche nahezu verdoppelt werden.

Das Werksgelände ist auf der Südseite durch die Bahnlinie und auf der Nordseite durch die Ernst-Blickle-Straße begrenzt. Um die nötigen Erweiterungsflächen zu schaffen, wurde in einer Vorabmaßnahme das Mitarbeiterparkhaus errichtet und ein bestehendes Umspannwerk aus dem Bau-feld verlegt. Die Halle Süd mit Hochregal-lager, Büro- und Technikgebäude befindet sich derzeit im Bau. Für die nördlich der Straße liegenden Erweiterungsflächen, für die neben der Errichtung der Energie-zentrale weitere Fertigungs- und Montagehallen vorgesehen sind, ist eine Straßenbrücke über die Ernst-Blickle-Straße zur werksinternen Verbindung für Fahrzeuge erforderlich. Parallel zur Straßenbrücke werden die Mitarbeiter künftig trockenen Fußes über eine kombinierte Fußgänger- und Medienbrücke das Parkhaus sowie die Hallen Süd und Nord erreichen können. Zudem dient diese Brücke auch der Überführung der Medien von der Energiezentrale zur Halle Süd und damit unter anderem der Versorgung der neuen Produktionsstätten mit Strom, Wärme, Dampf, Druckluft etc. Die Fertigstellung der Gesamtbaumaßnahmen soll in 2019 erfolgen (Bild 1).

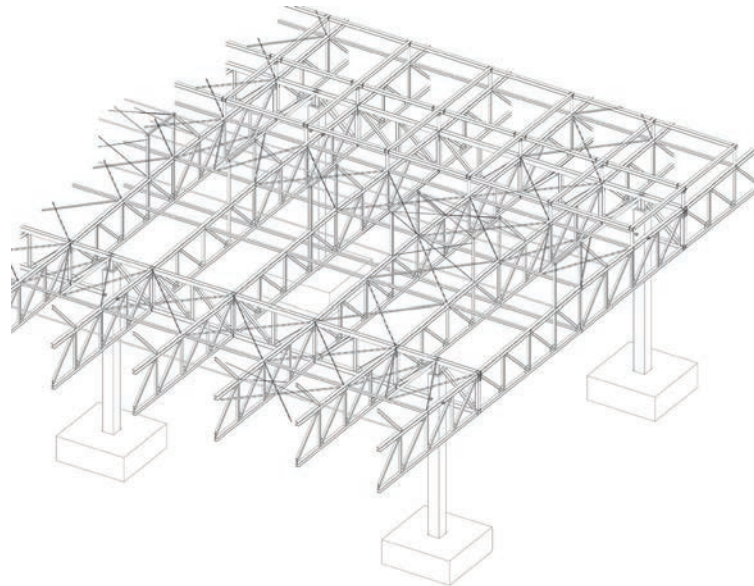


1 Luftaufnahme des Bau-felds
© Siegfried Hauf

2 Werksgebäude

Die Gebäudekonstruktionen wurden entsprechend den Anforderungen aus der Nutzung, den baurechtlichen und baubetrieblichen Rahmenbedingungen festgelegt. Dabei kamen Ortbeton-, Fertigteil- sowie Stahlbauweisen zum Einsatz. Während Technik- und Administrationsgebäude (Randbau) mit Büros und Sozialräumen aufgrund der individuellen, aus der Architektur resultierenden Geometrie überwiegend in Ortbeton errichtet wurden, konnten beim Hochregallager Stahlbau- und Spannbetonfertigteile verwendet werden. Dabei kamen Fertigteilstützen mit einer Länge von 30 m und einem Gewicht bis zu 80 t sowie Spannbetonbinder mit 31,30 m Länge zur Ausführung. Die Stützen wurden über Köcheraussparungen in eine Ortbetonbodenplatte eingespannt, die aus Gründen der geforderten minimalen Verformungen aus dem Regalbetrieb mit einer Dicke von 1,20 m auf einem mittels Rütteldruckverdichtung vergüteten Baugrund realisiert worden war.

Für die ca. 28.000 m² große eingeschossige Produktionshalle wurde eine modulare Tragstruktur gewählt, die hochflexibel auf die unterschiedlichen Anforderungen und den Bauablauf reagieren kann. Als Achsraster wurden im Rahmen intensiver vergleichender Voruntersuchungen 24 m x 24 m bei einer lichten Hallenhöhe von 9 m festgelegt. Für die Dachkonstruktion wurden Stahlfachwerkträger als Haupt- und Nebenträger angeordnet. Die Hauptträger wurden dabei als parallelgurtige Träger im Abstand von 24 m, die Nebenträger mit veränderlicher Bauhöhe im Abstand von 6 m erstellt. Die gesamte umfangreiche Technik- und Medienversorgung wird innerhalb der Fachwerkträger geführt. Die Aussteifung der Hallenkonstruktion erfolgt über eingespannte Stahlbetonfertigteilstützen. Somit ist gewährleistet, dass jedes Hallenfeld für sich selbst ausgesteift ist und während der Bauphase keine provisorischen Aussteifungsverbände eingebaut werden mussten. Dadurch konnte mit der Hallenmontage sehr flexibel auf Verzögerungen durch Witterung bzw. Prozessoptimierungen reagiert werden (Bild 2).



2 Modulare Struktur der Hallenkonstruktion
© Ingenieurbüro Grassl GmbH

Die gesamte Planung der Gebäude erfolgte nach der BIM-Methode. Alle Bauteilinformationen wie zum Beispiel Positionsbezeichnungen, Materialgüten, besondere Anforderungen, Betonstahlgehalt etc. wurden im Modell erfasst sowie für die Ausschreibung und Massenkontrolle ausgewertet und überwacht. Mit den Planern der Technikgewerke erfolgte ein fortwährender Austausch der Modelle zur Kollisionskontrolle zwischen Konstruktion und Technik, ebenso mit dem Ersteller der Werkstattplanung für den Stahlbau.

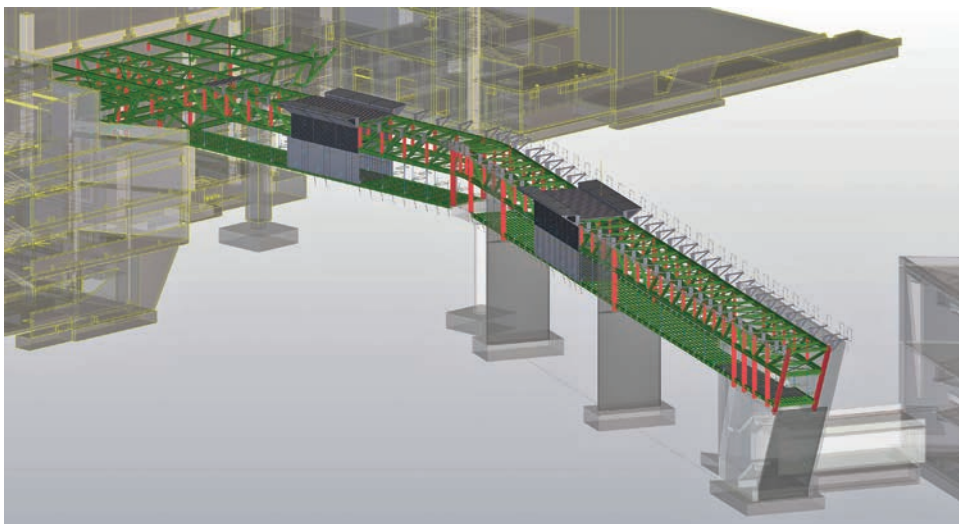
Bei der Realisierung des Modells konnte weitgehend auf die Funktionalitäten der gängigen Softwarelösungen sowie auf bürointerne Standards zurückgegriffen werden. Somit war eine zügige und wirtschaftliche Erstellung des Modells möglich. Auf Änderungen konnte flexibel und schnell reagiert und die Qualität der Planung optimiert werden.

3 Kombinierte Fußgänger- und Medienbrücke

Die Medienbrücke wird als wärmegeämmte Stahlfachwerkkonstruktion mit einer Breite von 3,40 m und einer Höhe von ca. 2,45 m ausgebildet. Die Stützweiten betragen 9,30 m + 35,50 m + 9,40 m + 25,10 m + 26,90 m = 106,20 m. Beim Anschluss an die Halle Süd weitet sich die obere Ebene in ein großes Vordach zur Überdeckung der Warenlieferung mit Abmessungen von ca. 14,50 m x 22,50 m auf.

Die Fußgängerebene als Stahlkonstruktion wird von der obenliegenden Tragkonstruktion der Medienbrücke über Zugstäbe abgehängt. Aus architektonischen Gründen und zum Witterungsschutz erhält die Brücke eine Blechverkleidung, im begehbaren Bereich mit Lochblechkassetten.

Die Auflagerung erfolgt auf Stahlbetonstützen, die konstruktiv von der benachbarten Straßenbrücke komplett getrennt sind. Zur Aufnahme der Horizontallasten werden einzelne Pfeiler bis zur Brückenoberkante geführt sowie dort die Fachwerkkonstruktion in Querrichtung unverschieblich und in Längsrichtung verschieblich gelagert. Auf der Nordseite der Brücke ist ein kombiniertes Schacht- und Treppenbauwerk vorgesehen. Der Stahlbetonschacht fungiert als Verbindung der Medien von der Brücke zur Energiezentrale, und zwar unter der Straßenbrücke hindurch. Gleichzeitig dient die Stahlbetonkonstruktion auch zur Auflagerung der Medienbrücke sowie als Festpunkt zur Aufnahme der Horizontalkräfte. Eine mehrläufige Stahlbetontreppe stellt im Widerlager Nord die Verbindung zwischen der Gehbahn des Überbaus und dem Werksgelände her.

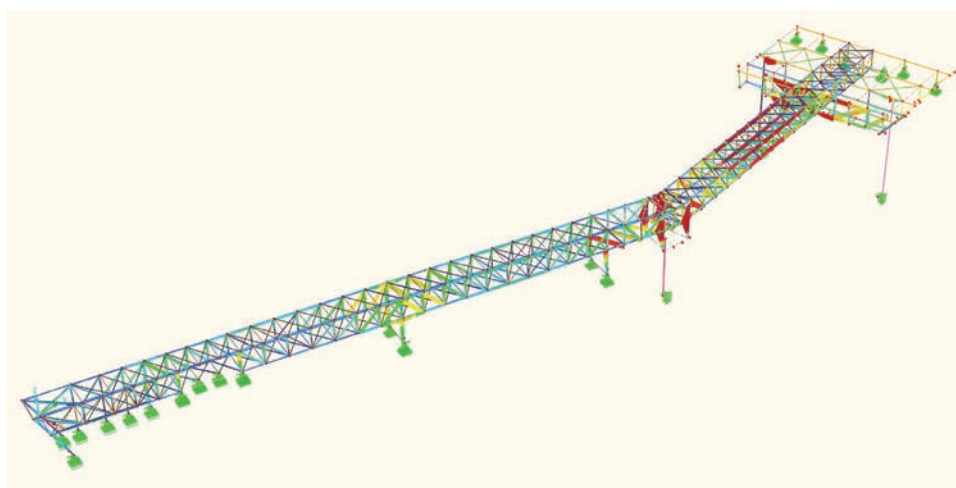


3 Planungsmodell der Fußgänger- und Medienbrücke
© Ingenieurbüro Grassl GmbH

Die kombinierte Fußgänger- und Medienbrücke berücksichtigt bereits sowohl für die Medien- als auch für die Fußgänger-Verbindung eine künftige Verlängerung der Brücke zur Halle Nord. Die Treppe dient dann weiterhin als Anbindung des Technik- und Bürogebäudes sowie als Fluchtweg.

Die Erstellung der Bauwerksmodelle erfolgt nach der BIM-Methode in einer hybriden Programmstruktur. Zur Steigerung der Effektivität und zur wirtschaftlichen Optimierung bei der Modellerstellung werden teilweise getrennte Modelle mit den für die jeweilige Aufgabe optimalen Softwarelösungen erarbeitet. Die Tragkonstruktion aus Stahl wurde dabei mit einer BIM-fähigen Software abgebildet (Bild 3).

Maßgebliche Anschlüsse und Verbindungen wurden exemplarisch modelliert. Die vollständige Werkstattplanung erfolgt anschließend durch die ausführende Stahlbaufirma. In weiteren Modellen wurden darüber hinaus Massivbauteile sowie sämtliche Ausbauteile wie Wandverkleidungen, Dämmungen, Trapezbleche, Geländer etc. hinterlegt. Auch bei diesem Bauwerk war ein ständiger Austausch mit den Planern der Technikgewerke zur Koordination und zur Kollisionsprüfung sowie mit dem für die Gestaltung verantwortlichen Architekten gegeben.



4 Berechnungsmodell der Fußgänger- und Medienbrücke
© Ingenieurbüro Grassl GmbH

Zur Erstellung der statischen Berechnung der gesamten Brücke erfolgte die Übernahme des Konstruktionsmodells über eine integrierte Schnittstelle direkt in das Berechnungsprogramm als Stabwerksmodell. Mit geringfügigen geometrischen Anpassungen einzelner Knoten sowie Ergänzungen von weiteren Lastfällen und der Lastfallkombinationen konnten die erforderlichen Nachweise und Bemessungen geführt werden. Anschließend wurden die gewonnenen Ergebnisse wieder in das Gesamt-BIM-Modell übernommen (Bild 4).

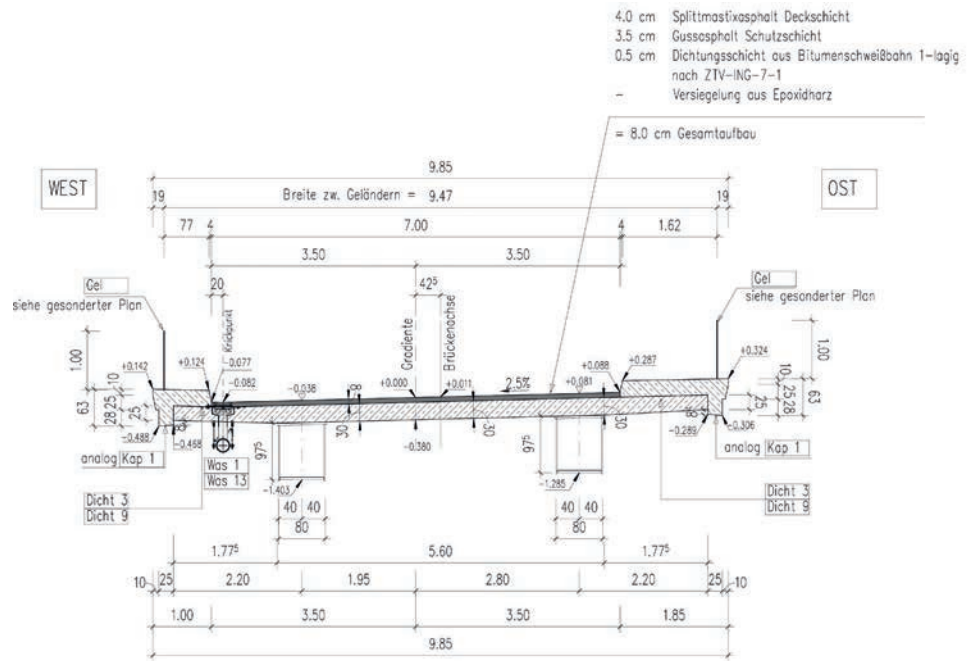
4 Straßenbrücke

Die Straßenbrücke, als werksinterne Verbindung über die Ernst-Blickle-Straße konzipiert, wird als Stahlverbundstruktur mit anschließenden Trögen geplant. Sie erhält im Regelbereich eine Fahrbahnbreite von 7,00 m.

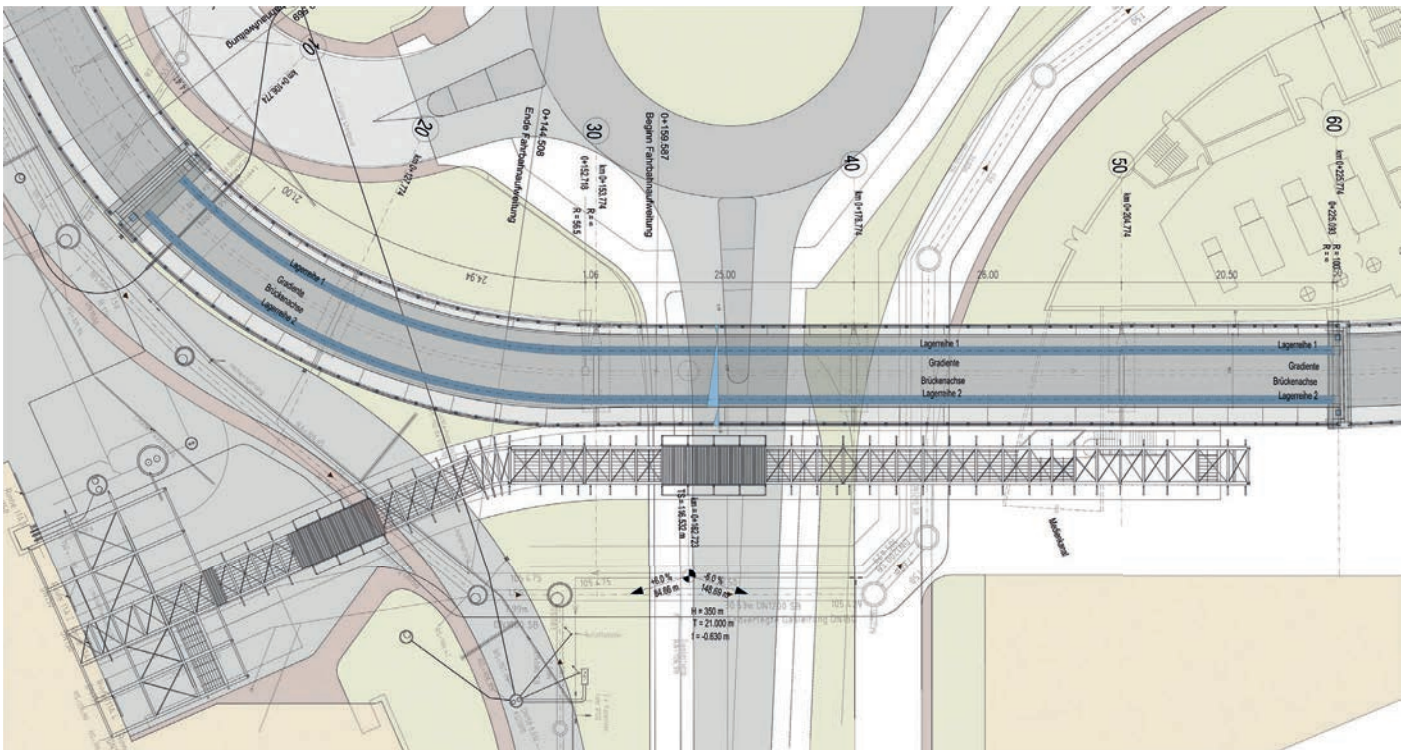
Die Trassierung erfolgte durch einen Fachplaner für Verkehrsanlagen: Im südlichen Anschluss an den Bestand beginnt die Trasse in der Lage mit einem Radius von 90 m, gefolgt von einem geraden Zwischenstück und einem anschließenden Radius von 56,50 m. Hier liegt auch der Übergang vom Trogbauwerk auf die Brücke. Nach einer weiteren Zwischengerade schließt im Bereich des nördlichen Troges ein Radius von 100 m an. Im Bereich des engen Radius von 56,50 m zeigt die Schleppkurvenüberprüfung, dass für den Nachweis des Begegnungsverkehrs von Lkws eine einseitige Aufweitung der Fahrbahnbreite um 50 cm erforderlich ist. Der Hochpunkt der Gradienten befindet sich im Bereich der Ernst-Blickle-Straße auf dem Brückenbauwerk und ist mit einem Kuppenhalbmesser von $H = 350$ m ausgerundet. Auf beiden Brückenrichtungen beträgt das Längsgefälle 6 %. Der Überbau besteht aus einem Plattenbalken mit zwei Stegen in Stahlverbundbauweise. Die beiden Stege sind als luftdicht geschweißte Stahlhohlkästen ausgebildet. Die Konstruktionshöhe beträgt konstant 1,275 m (Bild 5).

An den Pfeilern sind als Querträger luftdichtgeschweißte Stahlhohlkästen und an den Widerlagern Endquerträger in Stahlbetonbauweise angeordnet. Im Bereich der Ernst-Blickle-Straße ist unterhalb der Brücke eine lichte Höhe von 5 m einzuhalten. Die Querschnittsbreite zwischen den Kappenaußenkanten beträgt im Regelbereich 9,85 m. Im Aufweitungsbereich ergibt sich die Gesamtbreite des Überbaus zu 10,35 m. Beidseitig werden

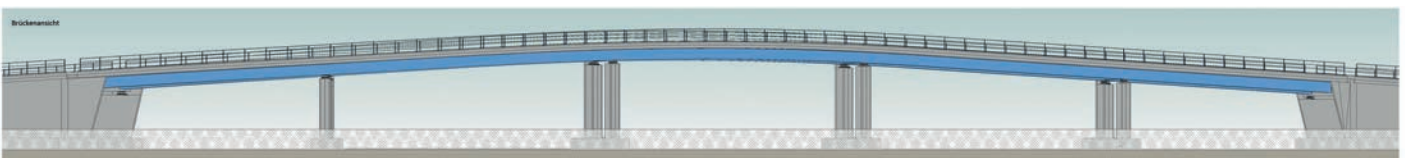
besonders gestaltete Kappen mit Absturzsicherung vorgesehen. Einseitig misst die nutzbare Kappenbreite 1,50 m, um als Notgehweg dienen zu können. Die Stützweiten ergeben sich zu 21 m + 26 m + 25 m + 26 m + 21 m = 119 m (Bild 6). Die Unterbauten bestehen aus flach gegründeten Pfeilerscheiben und kastenförmigen Widerlagern, wobei deren Vorderkanten architektonisch gestaltet sind und schräg ausgebildet werden. Die Pfeilerstellung ergibt sich aus der unter der Brücke liegenden Straße und dem Medientunnel. Die Anbindung der Straßenbrücke erfolgt über Rampen mit Stützbauwerken als flach gegründeter Stahlbetontrog. Für die Zugänglichkeit der Fahrbahnübergangskonstruktion verfügt das südliche Widerlager über einen Kammergang. Am nördlichen Widerlager liegt der Festpunkt, weshalb kein Kammergang vorgesehen werden muss (Bild 7).



5 Regelquerschnitt der Straßenbrücke © Ingenieurbüro Grassl GmbH



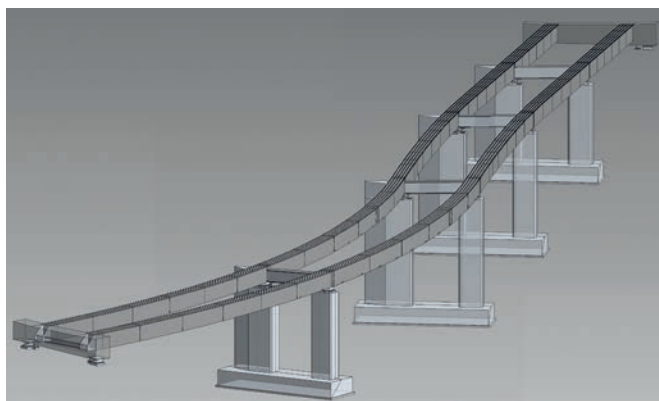
6 Grundriss: Straßenbrücke sowie Fußgänger- und Medienbrücke © Ingenieurbüro Grassl GmbH



7 Ansicht der Straßenbrücke © Ingenieurbüro Grassl GmbH

Die Erstellung des Planungsmodells für die Straßenbrücke erfolgte analog zu den übrigen Objekten nach der BIM-Methode in einer parametrisierten Bauteilstruktur. Zur Steigerung der Flexibilität und Effizienz bei der Modellanfertigung wurden standardisierte und projektspezifische Bauteile mit den für das jeweilige Bauteil optimalen Parametern eingepflegt. Der Überbau wurde als parametrisierter Querschnitt erstellt und entlang der Achse extrudiert. Die anderen Bauteile wie Querträger, Elastomerlager, Lagersockel, Pfeiler, Widerlager, Stützwände, Trogbauwerk, Geländer, Befestigungselemente, Entwässerungselemente etc. wurden auch mit den für das Projekt geeigneten Parametern erfasst und in der Bauteildokumentation beschrieben (Bild 8). Das Planungsmodell wurde ebenfalls für die erforderlichen Kollisionsprüfungen mit den Sparten verwendet. Im südlichen Trogbereich sind drei Spartenkreuzungen notwendig, so dass hier die Bodenplatte unterbrochen und die Trogwände statisch entsprechend ausgelegt werden. Durch enge Abstimmungen mit den anderen Planern konnte auf weitere Kreuzungen verzichtet werden.

Das Verkehrsanlagenmodell wurde zeichnerisch als dwg-Datei und parametrisch als standardisierte 040-Datei für die Achse und als 021-Datei für die Gradiente übergeben und mittels einer hierfür programmierten Schnittstelle als Grundlage für das Planungsmodell verwendet. Somit sind alle Überbaubauteile in der Lage mit der Achse und in der Höhe mit der Gradiente verknüpft. Die Unterbauten haben ebenfalls Bezugspunkte in Achse wie Gradiente und zudem eine Referenzierung zum modellierten Gelände. Hierdurch werden die Lage und Höhe der Unterbauten in Abhängigkeit von der Trasse und dem Gelände angepasst.



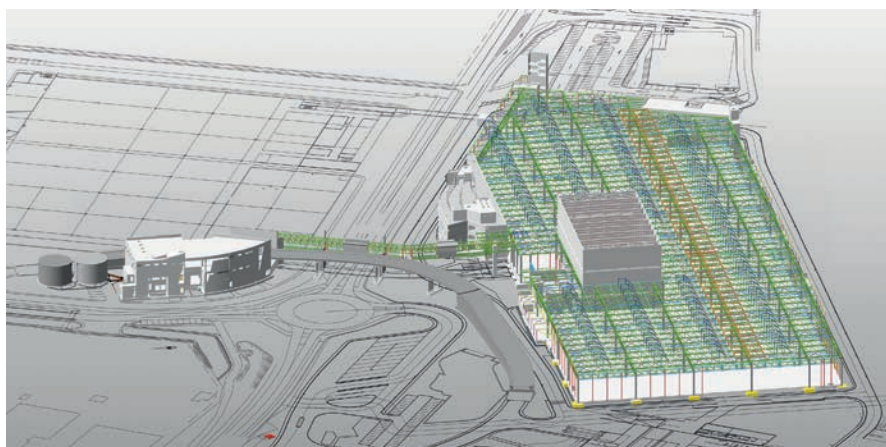
8 Planungsmodell der Straßenbrücke
© Ingenieurbüro Grassl GmbH

Das Arbeiten mit parametrisierten Bauteilen und die Verwendung gemeinsamer Parameter ermöglichen, bei erforderlichen Änderungen die entsprechenden Anpassungen parallel an alle Objekte des Planungsmodells zu übertragen, die Resultate auf Plausibilität zu prüfen, eventuell auftretende Konflikte rechtzeitig zu erkennen und zu lösen. Somit konnten das Planungsmodell der Straßenbrücke und die zugehörige Planableitung durch das Einlesen einer parallel zur Planung der Ingenieurbauwerke angepassten Trassierung der überführten Straße automatisch aktualisiert werden. Bei der Erstellung der Bauteile wurden über die geometrischen Parameter hinaus Felder für die Hinterlegung von weiteren Informationen eingefügt. Während der Planung konnten somit Bauteilinformationen wie Stoffe, Betongüte, Expositions-kategorie, Richtzeichnungstyp etc. hinterlegt werden. Im weiteren Verlauf der Planung und des Baus ist es möglich, zusätzliche Informationen, etwa die IFC-Klassen oder auch die für Erhaltung und Betrieb notwendigen Angaben zu Herstellern, Lieferanten, Herstellungsdatum etc., zu ergänzen.

Die Pläne werden anschließend aus dem Modell extrahiert, so dass Änderungen sogar bis in die Pläne übernommen werden. Für die in Infrastrukturprojekten erforderlichen Längsabwicklungen entlang gekrümmten Linien, in diesem Fall zum Beispiel zur Ausgabe eines Längsschnittes entlang der Gradiente, wurde ein weiteres Programm verwendet, in welchem diese Generierung programmiert werden konnte, und mit dem Planungsmodell verknüpft. Somit ist es möglich, auch alle Schalpläne der gekrümmten Bauteile aus dem 3-D-Modell zu erzeugen und die Effizienz so weiter zu steigern.

5 Fazit

Die Planung der Maßnahme »Werksneubau in Graben-Neudorf« konnte nicht nur für die Hochbauten, sondern auch für die Infrastrukturbauwerke vollständig modellbasiert inklusive der Planableitung für Entwurf und Ausführung erfolgen. Somit steht zudem ein Gesamtmodell aller neu zu errichtenden Objekte für Bauausführung, Betrieb und Erhaltung zum ganzheitlichen Einsatz der BIM-Methode zur Verfügung (Bild 9). Die BIM-Methode ermöglicht dem Planer, ausführenden- und bauteilorientierter zu arbeiten. Qualität und Effizienz werden dadurch gesteigert, dass die Fülle der im Rahmen der Planung zu verarbeitenden Informationen zentral im Modell, das heißt nur an einer Stelle, verwaltet wird und sich in den jeweiligen Planungsphasen für unterschiedliche Zwecke, wie zum Beispiel für Variantenauswahl, Entwurf, Genehmigung, Ausschreibung, Bauüberwachung, ableiten lässt.



9 Planungsmodell der Gesamtmaßnahme »Werksneubau«
© Ingenieurbüro Grassl GmbH



10 Visualisierung der beiden Brückenbauwerke
© Ingenieurbüro Grassl GmbH

Dem Bauherrn steht bereits in der Planungsphase ein Modell der Gesamtmaßnahme zur Verfügung, das dazu dienen kann, den Verlauf der Maßnahme zu veranschaulichen sowie für die Öffentlichkeit oder für beteiligte Dritte verständliche Darstellungen in Form von Bildern, Filmen oder Echtzeitmodellen zu generieren (Bild 10).

Darüber hinaus können die nach der BIM-Methode erstellten Modelle eingesetzt werden, um den Baulastträger nach Fertigstellung der Baumaßnahme bei seinen Aufgaben im Rahmen von Betrieb und Erhaltung zu unterstützen.

Autoren:
Dr.-Ing. Hans Grassl
Nazereh Nejat M.Sc.
Jacqueline Donner M.Sc.
Dipl.-Ing. (FH) Thilo Weisedel
Ingenieurbüro Grassl GmbH,
München und Stuttgart

Bauherr
SEW-Eurodrive GmbH & Co. KG, Bruchsal

Objekt- und Tragwerksplanung
Ingenieurbüro Grassl GmbH, Stuttgart

Architektur
Studio Wolfhugel, Hoerd, Frankreich
Dill + Hauf Architekten, Mühlacker

Prüfingenieur
Dr.-Ing. Dietmar H. Maier, Karlsruhe