

Parametrisierte Brückenmodellierung mit PythonParts in Allplan

Überführungsbauwerke im Zuge eines Autobahnabschnitts stellen häufig ähnliche Anforderungen an die Bauwerksplanung. Dies gilt insbesondere bei Bauwerken zur Überführung kleinerer Verkehrswege, bei flachem Geländeverlauf und bei Brückenfamilien, die einem gemeinsamen Gestaltungskonzept unterworfen sind. Sie gleichen sich z. B. in Stützweiten, bei der baulichen Ausbildung und in der Gestaltung, unterscheiden sich aber in Querschnitten, Kreuzungswinkeln, Gradienten und Einbindung in die Umgebung. Es ergeben sich ähnliche, aber nicht gleiche Bauwerke und damit ideale Voraussetzungen für eine Sortenfertigung. Parametrisierte Modellerstellung ist eine Voraussetzung für effiziente Bearbeitung von BIM-Planungen im Ingenieurbau. Nur mit der Hilfe von Vereinfachungen in der Durcharbeit der Planung und ihrer Ableitung in prüfbar darstellbaren Darstellungen kann eine effektive und auch im Komplexen korrekte und damit konkurrenzfähige Planung erreicht werden. Am Beispiel der Überführungsbauwerke der sich in Planung befindlichen Verlängerung der Autobahn A 20 wird versucht, mithilfe einer parametrisierten Modellerstellung eine Sortenfertigung der Bauwerksplanung zu erreichen. Ziel ist die weitere Fokussierung des Planers auf seine Facharbeit in der Erzeugung kreativer technischer Lösungen durch Entlastung bei wiederkehrenden Planungsaufgaben.

Stichworte BIM; Brücken; Allplan PythonParts; parametrische 3D-Modellierung; Infrastruktur

1 Aufgabenstellung

Unterschiedliche Überführungsbauwerke (Ü-Bauwerke) im Zuge eines Autobahnabschnitts stellen häufig ähnliche Anforderungen an die Bauwerksplanung. Sie gleichen sich z. B. in Stützweiten, bei der baulichen Ausbildung und in der Gestaltung. Dies gilt insbesondere bei Bauwerken zur Überführung kleinerer Verkehrswege, bei flachem Geländeverlauf und bei Brückenfamilien, die einem gemeinsamen Gestaltungskonzept unterworfen sind. Unterschiede gibt es augenscheinlich v. a. im Brückenquerschnitt und im Baugrund. Weniger offensichtliche Unterschiede gibt es bei den Gradienten der überführten Wege, bei Kreuzungswinkeln oder Einbindung ins Gelände. In der Summe ergeben sich scheinbar ähnliche Bauwerke, die sich aber in ihren Maßen gering bis deutlich unterscheiden und somit jeweils Einzelstücke bilden.

Teilweise parametrisierte Modellerstellung ist eine Voraussetzung für effiziente Bearbeitung von BIM-Planungen im Ingenieurbau. Mit dem Schritt von der schemati-

Parameterized bridge modeling with PythonParts in Allplan
Overpass structures along a highway section often place similar demands on structural design. This is especially true for structures crossing smaller traffic routes, where the terrain is flat, and for bridge families that are subject to a common design concept. They are similar, for example, in span, construction details and design, but differ in cross-section, crossing angle, gradient and integration into the surroundings. The resulting structures are similar but not identical and thus they fulfill the ideal conditions for batch production. Parameterized model creation is a prerequisite for efficient processing of BIM planning in civil engineering. Only by simplifying the processing of planning and its derivation into auditable representations can an effective, and also for structural complexes a correct and thus competitive planning be achieved. Using the example of the overpass structures along the planned extension of the A 20 highway, an attempt is made to achieve batch production of the structural designs by implementing a parameterized model. Ultimately, the goal is to enable planners to focus further on specialist tasks and the development of creative technical solutions by relieving them of routine, menial work.

Keywords BIM; bridges; Allplan PythonParts; parametric 3D modeling; infrastructure

sehen Darstellung in Ansichten, Draufsichten und Schnitten hin zur Darstellung des gesamten Bauwerks in 3D und Parametrisierung aller Bauteile erhöht sich der Aufwand in der Darstellung der Planungsergebnisse erheblich. Nur mit der Hilfe von Vereinfachungen in der Durcharbeit der Planung und ihrer Ableitung in prüfbar darstellbaren Darstellungen kann eine effektive und auch im Komplexen korrekte und damit konkurrenzfähige Planung erreicht werden. Sie ermöglicht, wiederkehrende Planungsleistungen – Fleißarbeit – zu teilautomatisieren.

Wenn man Methoden der parametrisierten Modellerstellung und die Planungsaufgabe ähnlicher Bauwerke zusammenführt, kann eine Sortenfertigung von Planung erreicht werden. Ziel dabei ist die weitere Fokussierung des Planers auf seine Facharbeit in der Erzeugung kreativer technischer Lösungen durch Entlastung bei der Fleißarbeit.

Unter den genannten Randbedingungen stellen die Ü-Bauwerke der zurzeit in Planung befindlichen Verlän-

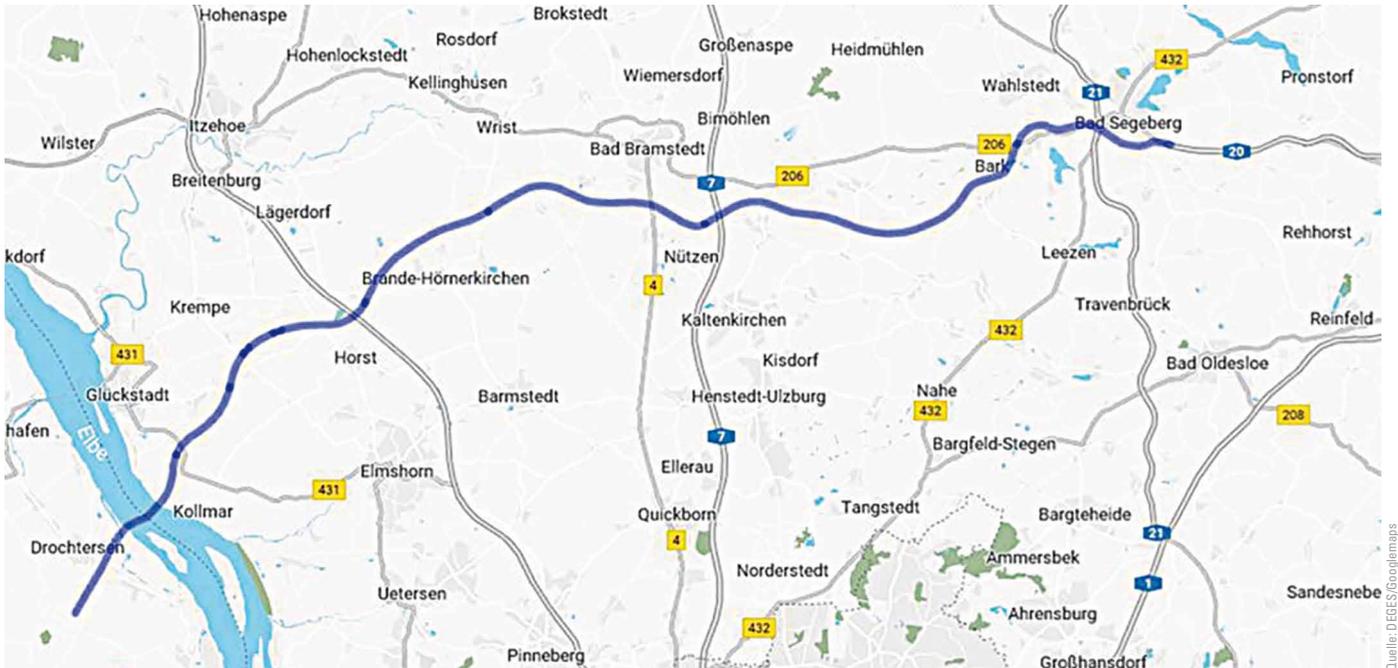


Bild 1 Kartenausschnitt zum Ausbau A 20
Map section of the A 20 extension

gerung der Ostseeautobahn A 20 die idealen Bauwerke dar, um die Idee der Sortenfertigung auf Basis einer parametrisierten Brückenmodellierung in der Praxis anzuwenden und weiterzuentwickeln. Die Fortsetzung der Ostseeautobahn A 20 soll mit einer Nord-West-Umfahrung Hamburgs und Anschluss an die A 26 in Niedersachsen die Häfen der Nord- und Ostsee miteinander verbinden (Bild 1). Mit der Übernahme des Projekts durch die DEGEGES wurde eine „Machbarkeitsstudie Ü-Bauwerke“ über den Entfall der Mittelstützen erstellt. Entsprechend dieser Machbarkeitsstudie fiel die Entscheidung auf eine Realisierung aller Ü-Bauwerke als weitgespannte Rahmenbauwerke. Weiterhin wurde ein übergreifendes Gestaltungskonzept für diesen Streckenabschnitt durch das Architekturbüro Keipke erstellt. Es sieht für die Ü-Bauwerke grundsätzlich eine Rahmenlösung mit zur BAB hin geneigten Rahmenstielen vor, lässt aber in der Interpretation der Widerlageranordnung und Riegeleinbindung Spielraum zu (Bild 2).

Damit ergeben sich ideale Voraussetzungen für die Anwendung parametrisierter Brückenmodelle für eine Sortenfertigung der Planung:

- gleiche Bauwerksform als Verbundfertigteilrahmen (VFT)
- einheitliches Gestaltungskonzept
- ähnliche Stützweiten
- unterschiedliche Ausbildung jedes Bauwerks aufgrund individueller Gradienten und unterschiedlicher Querschnitte

Bei Anwendung der BIM-Methode erfolgt die 3D-Modellierung im „Fachmodell Planung“ mittels parametrisierter Modellerstellung je Bauwerk. Ziel dabei ist, mithilfe einer Eingabeplattform alle Ü-Bauwerke teilautomatisiert modellieren zu können. Die Modellierung erfolgt in Orientierung an den gegebenen Trassen und den Gelände-modellen der jeweiligen Standorte.

Die Umsetzung erfolgte entsprechend den beauftragten Leistungsphasen in zwei Teilschritten. In der Leistungsphase 2 wurden die bauwerksprägenden Proportionen in Abstimmung mit dem Architekten variiert und in eine für alle Anwendungsfälle gültige Vorgabe übersetzt. Hierfür wurden in Modellsimulationen die Anordnung und Neigung der Rahmenstiele sowie die Proportionen von Lise-

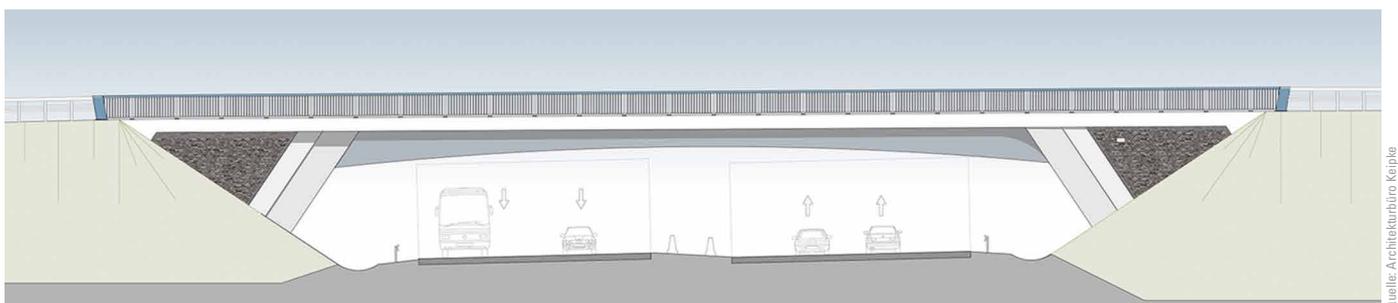


Bild 2 Auszug aus dem Gestaltungskonzept, Ü-Bauwerke
Excerpt from the design concept



Quelle: SSF Ingenieure AG

Bild 3 Visualisierung des Brückenmodells aus dem Planungsmodul
Visualisation of the bridge model from the planning module

nen und Mauerwerksverblendungen unter Berücksichtigung der geometrischen Randbedingungen der einzelnen Bauwerksstandorte und der tragwerksplanerischen Randbedingungen simuliert und im 3D-Modellraum geprüft und bewertet. Jedes Bauwerk konnte so bereits in der frühen Leistungsphase dreidimensional in verschiedenen Varianten in seiner Umgebung visualisiert und mögliche Defizite aufgezeigt werden (Bild 3). In der Leistungsphase 3 wurde auf Basis eines internen Musterentwurfs zur Bauwerksfamilie das parametrisierte Brückenmodul ausgebaut, detailliert und durch Bauwerksvordimensionierung und Gründungsdimensionierung weiterentwickelt. Die Leistungsphase 3 endete mit der teilautomatisierten Planableitung nach Anforderungen der RAB-ING.

2 Grundlagen

Die SSF Ingenieure AG begann Ende der 2000er-Jahre mit der Umsetzung erster 3D-Planungen im Brücken- und Ingenieurbau im Rahmen von Ausführungsplanungen für Baufirmen. Die ersten Projekte waren vor die Herausforderung gestellt, dass es keine geeignete BIM-Software gab, die einen sinnvollen Workflow für die Planung von Brücken bereitgestellt hätte. Die Konsequenz waren mehr oder weniger praktikable Workarounds und Eigenbaulösungen, die sich findige Anwender oder extern beauftragte Spezialisten in Visual-Scripting-Umgebungen oder Programmschnittstellen selbst entwickelten.

Eine adäquate Konstruktionssoftware für die Arbeit in 3D war Ende der 2000er-Jahre im Bereich Bauwesen nicht verfügbar. Entsprechend wurde in Abstimmung mit Partnern in der Bauindustrie mit Siemens NX eine Maschinenbausoftware eingesetzt. Das Grundprogramm wurde mit eigenen Aufsätzen versehen, um Planableitungen aus den 3D-Modellen zu ermöglichen. Diese Kombination funktionierte gerade für geometrisch schwierige Bauwerke gut und wird bis heute bei SSF eingesetzt.

2013/2014 wurde erstmals mit Autodesk Revit als originäre Bausoftware ein geometrisch anspruchsvolles Brückenbauwerk, die Wehretalbrücke im Zuge der A 44, geplant. Zwar waren Planableitungen aus dem verwendeten Programm möglich, dafür konnte die Geometrie der mehrfach gekrümmten Raumkurve inkl. Abfahrtsrampe in Gegenkrümmung vom Programm nur mithilfe extern

programmierter Aufsätze bewältigt werden. Auch klassische Auswertungen wie Längsschnitte konnten am gekrümmten Bauwerk zum damaligen Zeitpunkt nicht geführt werden. Die Anwendung einer 3D-Planung im Ingenieurbau war weiter abhängig von der Programmierung der Planung.

In den vergangenen Jahren hat sich dies geändert, da die ersten großen Softwarehersteller Grundlagen für Brückenmodellierungen als räumliche mehrfach gekrümmte Bauwerke in ihren Programmen umgesetzt haben. So wurden in Allplan und Revit Softwarepakete eingeführt, die den Entwurf von Brücken abdecken.

Aufgrund der hohen Freiheitsgrade, die eine Software mitbringen muss, gestaltet sich der 3D-Entwurf gerade in den frühen Leistungsphasen – verglichen mit einer konventionellen Planung von Ansichten, Draufsichten und Schnitten – immer noch als sehr aufwendig. Freiheitsgrade sind systemdefinierende Eingaben und abhängigkeitsfreie Entscheidungen, die ein Planungsingenieur treffen kann – und auch treffen muss. Zudem kann, Stand heute, auch nicht von umfassenden Modellkatalogen profitiert werden, aus denen gebräuchliche generische Details erzeugt werden können.

Im Vergleich der aktuell zur Verfügung stehenden Möglichkeiten wurde für die Aufgabenstellung einer Sortenfertigung daher untersucht, in welcher Softwareumgebung sich die Aufgabenstellung am besten umsetzen lässt. Es sollte eine Software sein, die schon vorhanden ist, damit die Mitarbeiter nicht neu auf das Konstruktionsprogramm geschult werden müssen. Dies schränkte die Auswahl auf Allplan des Herstellers Nemetschek und Revit des Herstellers Autodesk ein. Beide bringen jeweils ein Zusatzmodul für die parametrisierte Brückenmodellierung mit. Diese sind aber eher auf die Betrachtung einer einzelnen Brücke ausgelegt und eigneten sich daher nicht besonders gut für eine Sortenfertigung.

Somit richtete sich der Blick auf die PythonParts in Allplan, denn die versprachen ein geschlossenes System in einer guten Konstruktionssoftware. Mithilfe der PythonParts konnte ein Planungsmodul Brücke entwickelt werden, mit dem es möglich war, vordefinierte Bauwerkstypen in wenigen Schritten dreidimensional zu entwerfen. Dazu werden die systemdefinierenden Freiheitsgrade

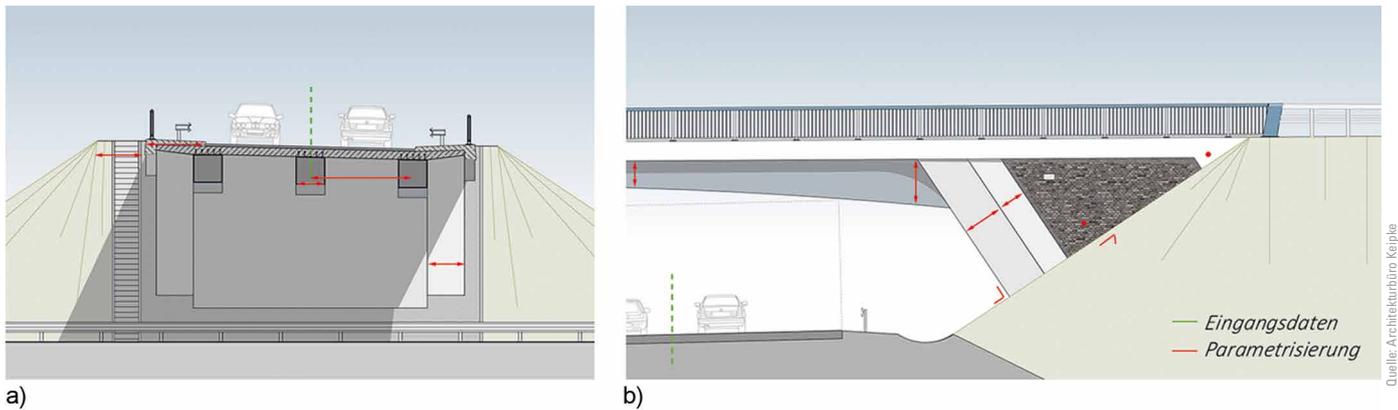


Bild 4 Parametrische Einstellungen: a) Trassierungsvorgaben Strecke oben, Kappengeometrie, Tragwerksanforderungen, Gestaltungselemente Widerlager, Kappenabschluss
b) Trassierungsvorgaben Strecke unten, Durchstoßpunkt in der Böschung, Böschungsneigung, Neigung Rahmen, Lisenen, Betonspiegel, Verklinkerung, Kappenabschluss
Parametric settings

entfernt, denn das Brückenmodell sollte sich, basierend auf den Rahmenbedingungen der Situation, automatisch konstruieren. Größen wie Stützweiten, Trägerlängen, Flügelwandlängen und Stellung der Widerlager werden so von zu ermittelnden Eingangsgrößen zu resultierenden Ausgangsgrößen.

Das Entwurfsmuster ist vollständig parametrisiert und erlaubt dem Planungsingenieur, jederzeit umfassende Änderungen vorzunehmen (Bild 4). Danach wird das Modell mit den veränderten geometrischen Abhängigkeiten und Zwangspunkten neu konstruiert. Zudem werden Abmessungen und Abrechnungsmengen automatisch ermittelt und ausgegeben. Das könnten z.B. Stützweiten, Träger- und Flügelängen, Volumen und Stückzahlen von Bauteilen sein. Allen Elementen der Brücke können Informationsgruppen zugeordnet werden, die sich mit einem Tabellen- oder Textprogramm zusammenstellen lassen.

Der modulare, objektorientierte Aufbau der Programmierung ermöglicht es, das Planungsmodul um weitere Prototypen zu ergänzen. Denkbar und teilweise bereits umgesetzt ist z.B. der Austausch des ganzen Tragsystems oder das Anreichern des Modells um weitere Details. Auch die Anwendung an anderen Bauwerkstypen, wie z.B. A-Bauwerke und Talbrücken, fand bereits statt bzw. ist in der Entwicklung.

3 Umsetzung der Aufgabenstellung

3.1 Anforderung an den Ingenieurbau

Basis der Bauwerksplanung waren eine Variantenuntersuchung, die die Bauweise für alle Ü-Bauwerke als VFT-Rahmenbauwerk vorgibt, sowie ein interner Musterentwurf für die gewählte Bauweise. Für die Gestaltung der Bauwerke wurde ein Gestaltungskonzept übergeben. Dieses stellt dar, wie die Anmutung des gesamten Bauwerks und Details auszubilden sind. Die Aufgabe war die Erstellung eines internen Musterentwurfs und dessen Umset-

zung unter Anwendung des Gestaltungsentwurfs auf die verschiedenen Brückenstandorte mit unterschiedlichen Querschnitten der überführten Verkehrswege, der Achsen und Gradienten, Kreuzungswinkeln und lokalen Randbedingungen aus z.B. Gelände, Baugrenzen und Baugrund.

Es waren für jeden Standort die geeigneten Tragwerke und Gründungskörper unter unterschiedlichen Randbedingungen zu entwickeln. Die Entwicklung der Tragwerke bei Anwendung der vorgegebenen Regelbauweise stellte eine Routinearbeit dar. Gestalterisch war die Anwendung der schräg gestellten Rahmenstiele bei stark gekrümmten Überführungen mit großem Quergefälle und großer Bauwerksschiefe eine Herausforderung hinsichtlich einer Harmonisierung aller Ansichtsflächen. Unausgewogene Flügelängen, bedingt durch den Kreuzungswinkel, und ggf. ungünstige Anordnung der Böschungstreppe galt es zu vermeiden. Das Planungsmodul Brücke ist an dieser Stelle flexibel hinsichtlich der Widerlager- und Anordnungsanstellung einzustellen.

Die Konstruktionsdicken werden entsprechend der Überbauform und unter Beachtung der kritischen Höhen parametrisiert gesteuert. Basis hierfür ist die Festlegung des Ingenieurs in Abwägung u.a. des Stahlverbrauchs und des Bewehrungsgehalts. Die variierenden Nutzungsanforderungen der über- und unterführten Verkehrswege erfordern des Weiteren einstellbare Konstruktionsdicken der Unterbauelemente. Gemäß den vorliegenden Baugrundeigenschaften ergeben sich Anforderungen an die Gründungsart, Gründungsform und Gründungsabmessungen.

3.2 Umsetzung in der Software

Ausgehend von der Aufgabenstellung und den Anforderungen an den Ingenieurbau wurde zunächst eine Softwarestrategie entwickelt. Umfangreiche Tests resultierten in der Software Allplan Engineering aus dem Hause Nemetschek und deren PythonParts (Bild 5).

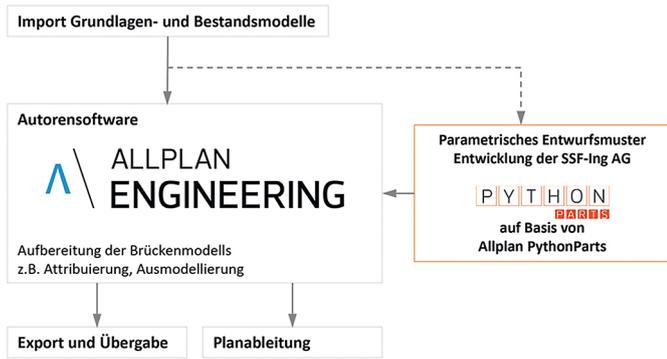


Bild 5 Softwarestrategie
Software strategy

3.2.1 Das Planungsmodul Brücke

Unter Verwendung der Allplan PythonParts wurde ein Planungsmodul Brücke erstellt, welches das Brückenbauwerk mit all seinen Elementen und auch weitere Objekte wie bspw. das DGM und die Streckenquerschnitte beinhaltet. Alle sich beeinflussenden Objekte werden hier integriert und verknüpft.

Das Planungsmodul Brücke verarbeitet alle Daten und Parameter und gibt anschließend das Brückenmodell in der Autorensoftware aus. Im Anschluss kann in Allplan Engineering das Brückenmodell nachbearbeitet und für den Export vorbereitet werden (Bild 6).

3.2.2 Datengrundlage

Als externer Input für das Planungsmodul Brücke dienen ausschließlich die Achsdaten und das Geländemodell. Die Achsdaten werden vom Streckenplaner übergeben, vom Modul als Punkte (X, Y, Z) aus einer Textdatei ausgelesen und in einen dreidimensionalen Spline übersetzt. Dabei sollte der Punktabstand den Wert von 0,1 bis 1,0 m nicht überschreiten. In diesem Fall bildet der

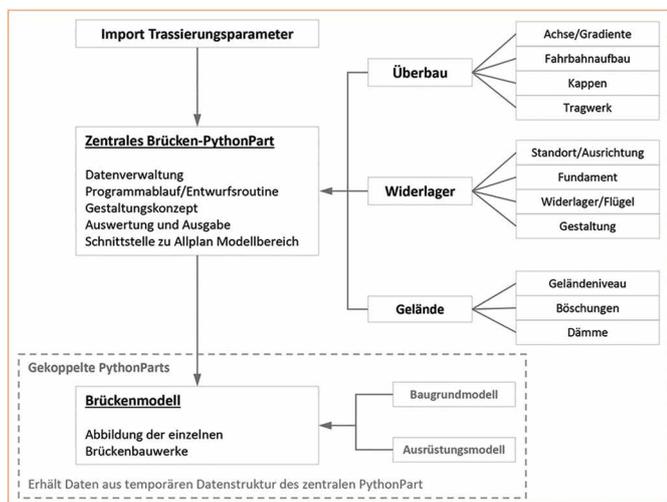


Bild 6 Aufbau Planungsmodul Brücke
Setup of the planning module

Spline die Achse hinreichend genau ab. Die weitere Konfiguration wird über die Eingabepaletten im Modul vorgenommen.

3.2.3 Aufbau des Planungsmoduls

Ziel war es, ein Planungsmodul zu schaffen, welches durch den Planungsingenieur ohne Unterstützung der EDV zu bedienen ist. In einem PythonPart wurden Einstellungspaletten angelegt, die ermöglichen, alle derzeit ca. 400 Parameter einzustellen (Bilder 7–10). Ausgehend von den vorliegenden Achsen der Verkehrswege mit ihrem vorgesehenen Regelquerschnitt und dem Geländemodell berechnet das PythonPart entsprechend den aktivierten Randbedingungen geometrisch alle Zwangspunkte der Brücke. Relevante räumliche Durchstoß- und Schnittpunkte, Stützweiten, Flügelwandlängen und sonstige resultierende Größen, die im Laufe einer Planung erarbeitet werden, werden hier in Abhängigkeit von den Parametern automatisch ermittelt und in eine 3D-Konstruktion im Modellbereich von Allplan übersetzt. Darüber hinaus kann neben den geometrischen Grundparametern auch eine Vielzahl weiterer Parameter verwendet werden. Sichtbarkeiten einzelner Komponenten, Layer-Steuerung und Farben hinsichtlich Planableitung und Bürostandards, Attributgruppenzuweisungen, AVA-Grundlagen usw. können direkt im Planungsmodul vorgenommen, angepasst oder als Standard hinterlegt werden.

Nachdem der Algorithmus einmal durchgelaufen ist, erfolgt eine Text- und Konsolenausgabe, in der der Brückenentwurf zusammengefasst ist (Bild 11). Optional können Daten exportiert werden, die für die Ausmodellierung gewisser Bauteile benötigt werden. So können z. B. Daten für die zur Brücke passende Bauwerksaus-

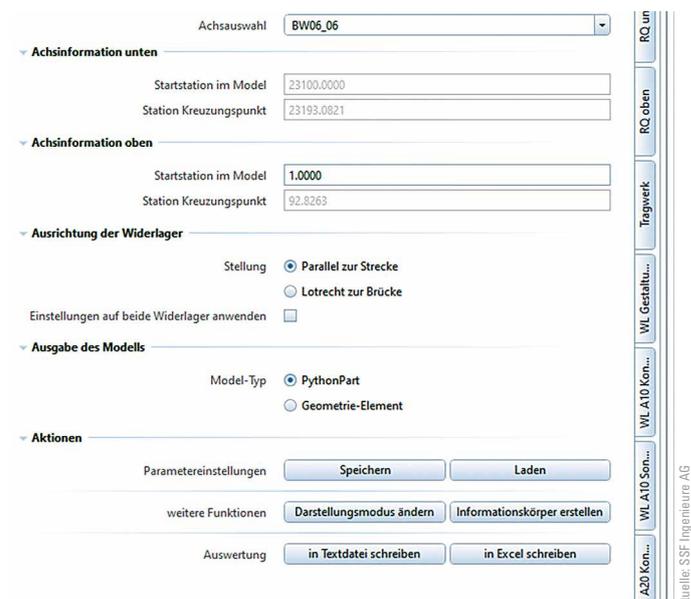


Bild 7 Beispiel einer Einstellungspalette im Planungsmodul
Example of the tab of settings from the planning module

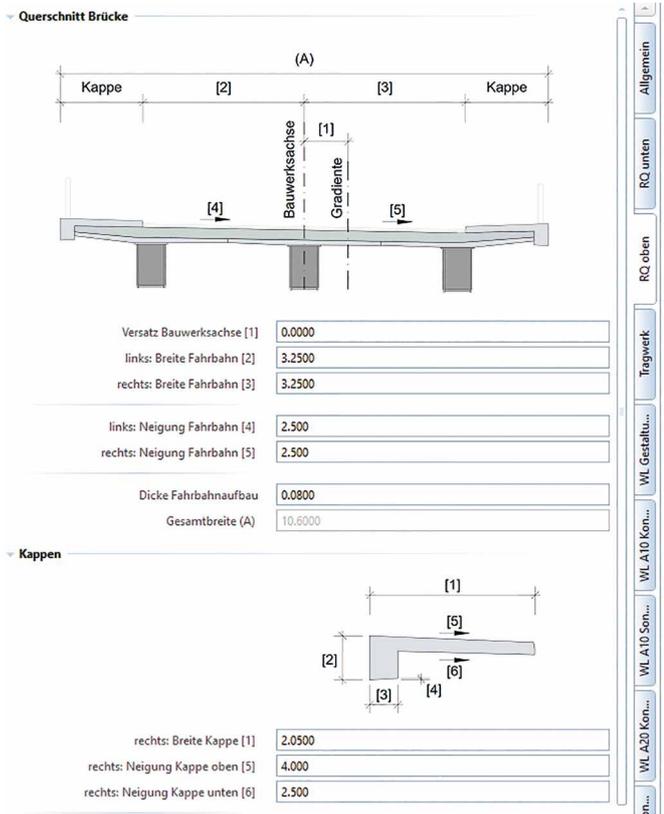


Bild 8 Auszug Einstellungspalette Querschnitt oben
Example of the tab of settings cross section

staltung wie Lager, Übergangskonstruktionen und Geländer bereitgestellt werden.

Querschnitt Überbau

Im ersten Schritt wurde ein Einfeldrahmen in VFT-Bauweise als Brückentyp hinterlegt. Dabei wird der Überbau in zwei Teilen betrachtet: zum einen der Entwurfsklassen definierende Teil, bestehend aus Fahrbahn, Kappen und

eventuellen Querneigungsvariationen, zum anderen das Tragwerk, bestehend aus den VFT-Trägern und der Ort-betonplatte.

Prinzipiell werden Überbau- und Streckenquerschnitt technisch gleichermaßen erzeugt. Eine besondere Herausforderung ist hierbei allerdings die Aufteilung und Konstruktion der Fertigteile. In Abhängigkeit von der Brückenbreite, der eingegebenen Anzahl an Fertigteilen, der Fahrbahnneigung und den Kappenbreiten ergeben sich zahlreiche Varianten und unterschiedliche Profilkpunkt-Reihenfolgen. Die Höhe des Trägers kann mit einer kubischen Funktion variiert werden. Zur Steuerung der Funktion werden drei bzw. fünf Definitionspunkte zur Verfügung gestellt, die im Längsschnitt des Trägers verteilt werden können. Um den Überbau vollständig zu erstellen, werden einige Geometrien und Definitionspunkte von den Unterbauten benötigt.

Durchstoßpunkt in der Böschung

Das Gestaltungskonzept beschreibt, wo das Widerlager aus der Böschung treten muss. Um dies zu realisieren, wurden Hilfsböschungen entlang der BAB erzeugt. Die Achse des Ü-Bauwerks erzeugt in dieser Hilfsböschung einen Schnittpunkt, über den später die Positionen der Widerlager entsprechend Gestaltungskonzept ermittelt werden. Bei Bedarf können die Widerlagerpositionen manuell nachjustiert werden.

Widerlager

Die Entwicklung eines flexiblen Widerlagers stellte die größte Herausforderung dar. Im Gegensatz zum Überbau und dem Streckenquerschnitt wirken auf das Widerlager die meisten geometrischen äußerlichen Randbedingungen ein. So wird das Widerlager achsenorientiert, querachsenorientiert und aus dem Lageplan heraus kon-

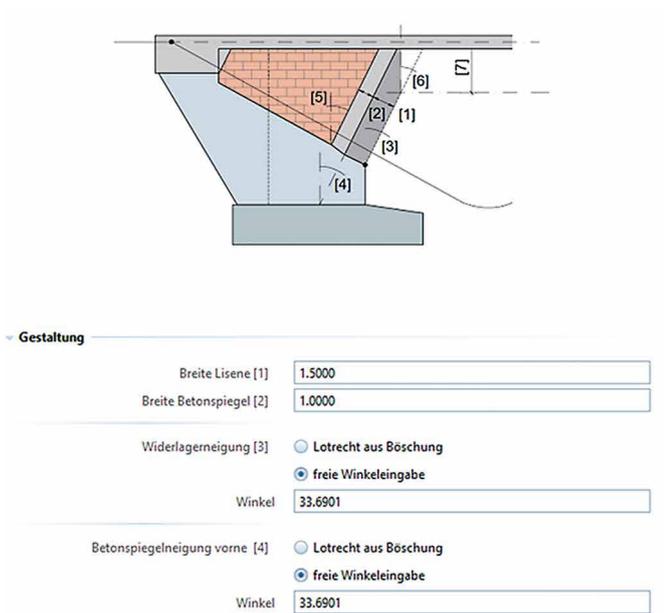
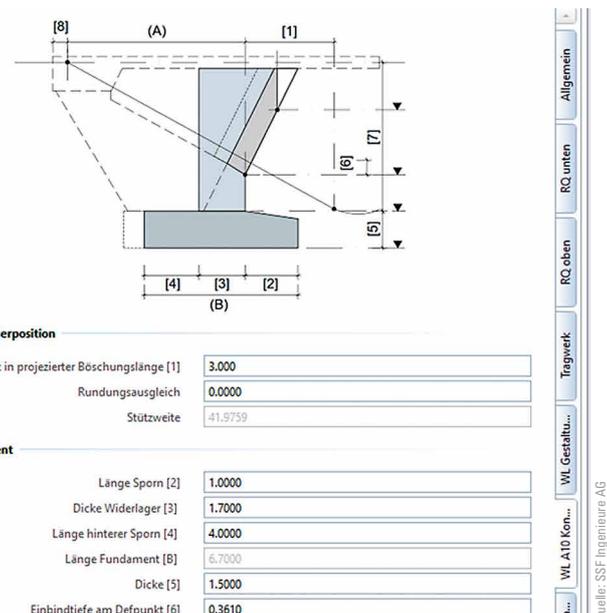


Bild 9 Auszug Einstellungspalette Widerlager
Example of the tab of settings abutment

Quelle: SSF Ingenieure AG



Quelle: SSF Ingenieure AG

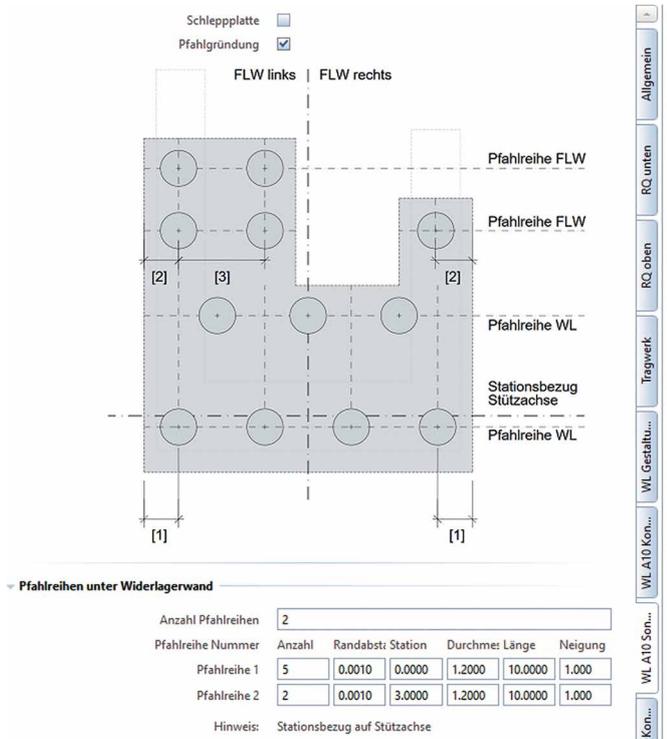


Bild 10 Auszug Einstellungspalette Gründung
Excerpt settings tab foundation

struiert. Zudem ist es erforderlich, dass das Planungsmodul die Widerlager lotrecht zur Achse oder parallel zum Fahrbahnrand ausrichten kann. Zusätzlich müssen alle Proportionen und Längenverhältnisse aus dem Gestaltungskonzept eingehalten werden. Somit muss ein räumlicher Schnittpunkt, von dem aus sich das Widerlager aufbaut, über viele Iterationsschritte erzeugt werden.

Gründung

Die Gründung des Bauwerks wird in ihren Dimensionen als Ergebnis der Vorstatik vorgegeben. Ist für das Bauwerk eine Tiefgründung notwendig, lässt sich diese einfach dazuschalten. Im Bereich Gründungen lassen sich über die Einstellungen einzelne Pfähle bis hin zu ganzen Pfährlagen unter der Widerlager- und Flügelwand anbringen. Der Durchmesser sowie die Neigung der Pfähle lassen sich variieren.

3.2.4 Attribut- und Parameterverwaltung

Einstellungen und Parameter des PythonParts können in einem Excel-Formblatt gespeichert werden. Umgekehrt können die konstruktiven Parameter und Randbedingungen in der Excel-Datei ausgefüllt und in das Planungsmodul geladen werden.

Diese Verknüpfung erleichtert nicht nur die Dokumentation der erstellten Modelle und ein effizientes Abspeichern von Zwischenständen und Modellvarianten, sondern ermöglicht auch das schnelle Voreinstellen einer ganzen Serie von Bauwerken.

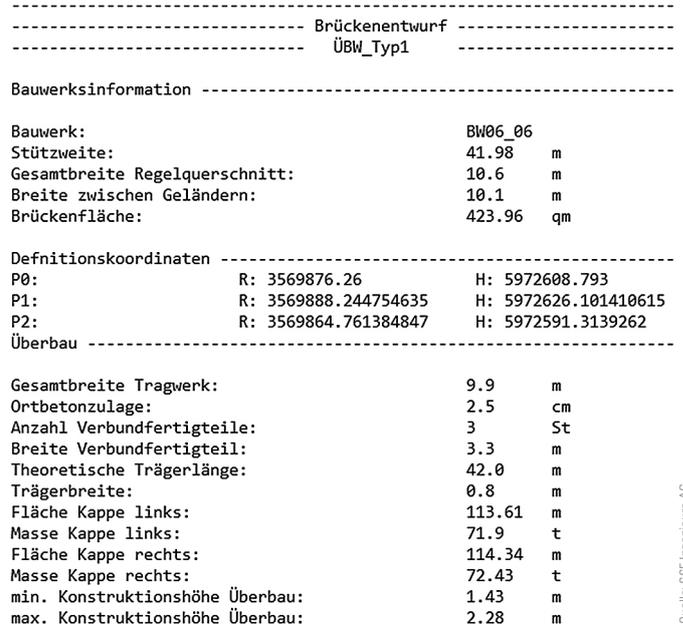


Bild 11 Auszug Ausgabe von Konstruktionswerten
Output of construction values

Weiter lassen sich die erstellten Geometrien mit Informationen durch Attribute füllen. Zur Erleichterung dieses Prozesses werden alle Einzelgeometrien wie Kappen, Flügelwände usw. mit einem eindeutigen Namen und einer ID versehen, die in jedem Projekt und über den gesamten Planungsprozess gleich bleibt, auch bei Löschung und Neuerstellung von Bauteilen. Dies ermöglicht eine direkte Zuweisung der üblicherweise in Tabellenform vorliegenden bauteilspezifischen Attributgruppen.

So lassen sich Varianten vergleichen und Ergebnisse sichern. Außerdem lassen sich diese Daten direkt weiterverarbeiten, z.B. für die Planbearbeitung oder die Befüllung von Leistungsverzeichnissen.

3.2.5 Auflösung des Planungsmoduls Brücke

Das Planungsmodul ist ein zusammenhängendes Konstrukt von Elementen und fester Bestandteil der AutoCAD-Software. Möchte man nun das Brückenmodell in seinen einzelnen Bestandteilen weiterbearbeiten und/oder für den Export vorbereiten, muss das parametrische Planungsmodul „aufgelöst“ werden. Dabei wird das Modell vom Planungsmodul entkoppelt und in eine normale Allplan-Geometrie umgewandelt. Hierbei verleiht das Brückenmodell seine Parametrik an die Ableitung. Während dieser Umwandlung erhalten alle Bauteile ihre vordefinierten Attribute.

3.2.6 Zusatzmodule für die Detaillierung

Unter einer hohen Anzahl von Elementen im Planungsmodul kann die Leistungsfähigkeit der AutoCAD-Software leiden. Vor diesem Hintergrund wurden im Modul nur

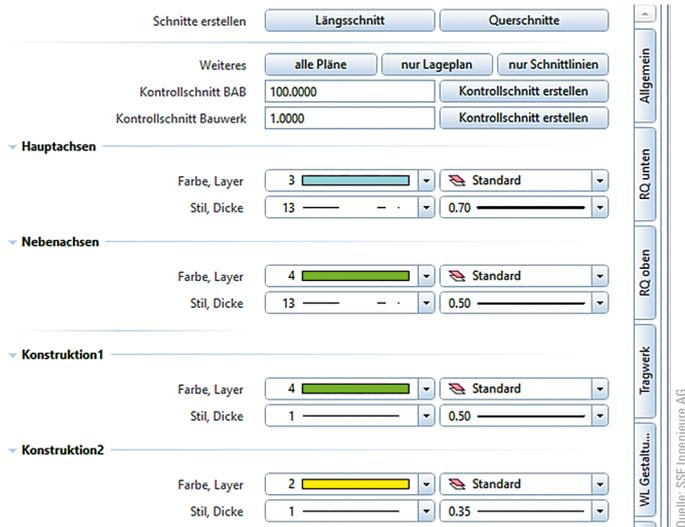


Bild 12 Auszug Einstellungspalette Planableitung
Excerpt from the settings tab for plan derivation

die wesentlichen Bauteile mit der nötigen Detaillierung berücksichtigt. Für die Erweiterung und Detaillierung des Brückenmodells wurden Zusatzmodule entwickelt. So kann bspw. mit dem Zusatzmodul Geländer ein sehr detailliertes Geländer auf dem Brückenmodell angeordnet werden. Hierbei wurden weitere PythonParts entwickelt, welche sich die Bauwerksinformationen aus dem Planungsmodul Brücken ziehen. Die Zusatzmodule bauen sich so auf dem Planungsmodul auf.

3.2.7 Teilautomatisierte Planableitung

In dem Planungsmodul Brücke werden grundlegende Schnitte wie z.B. Draufsicht, Längsschnitt und Regelquerschnitt definiert (Bild 12). Durch die Aktivierung

„Ausgabe Planableitung“ werden diese Schnitte automatisch im Modellbereich der Autorensoftware ausgegeben und bleiben mit dem Modul verbunden. Durch planerische Änderung am Brückenmodell, welche die Geometrie des Modells ändert, werden auch die parametrisierten Schnitte nachgeführt. Zusätzliche und Detailschnitte werden durch den Planungsingenieur im Modellbereich direkt am Brückenmodell erzeugt.

4 Projektbearbeitung mit einem parametrischen Modell

Der Planungsingenieur nimmt das Planungsmodul aus der internen Bibliothek der Autorensoftware und setzt es im Modellbereich ab. Das Brückenmodell baut sich um den Kreuzungspunkt der über- und unterführten Achse mit voreingestellten Werten auf. Im nächsten Schritt wählt der Ingenieur alle Grundeinstellungen wie Auswahl der Achsen, Offset-Werte usw. Anschließend ist die Brücke entsprechend den Regelwerken und den aus der Tragwerksplanung vorgegebenen Abmessungen zu konfigurieren und einzustellen. Stützweiten, Flügellängen, Widerlagerhöhen usw. werden in diesem Zuge automatisch vom Planungsmodul berechnet. Entscheidungen müssen hier auf Grundlage von Randbedingungen, wie z. B. Baugrund, Gestaltung, besondere Lichtraumanforderungen, weitere Trassierungsanforderungen oder Anforderungen durch die Statik, vom Planungsingenieur getroffen werden. Sollten sich noch Anpassungen ergeben, können diese Iterationsschritte einfach und unkompliziert durchgeführt werden. Durch die dreidimensionale Planung werden hierbei alle Randbedingungen in einfacher Weise überwacht. Bei kompliziertesten Geometrien ist der iterative Prozess zur Einhaltung von Lichträumen, Konstruktionsdicken und Widerlagerstellungen einfach und unkompliziert durchzuführen.

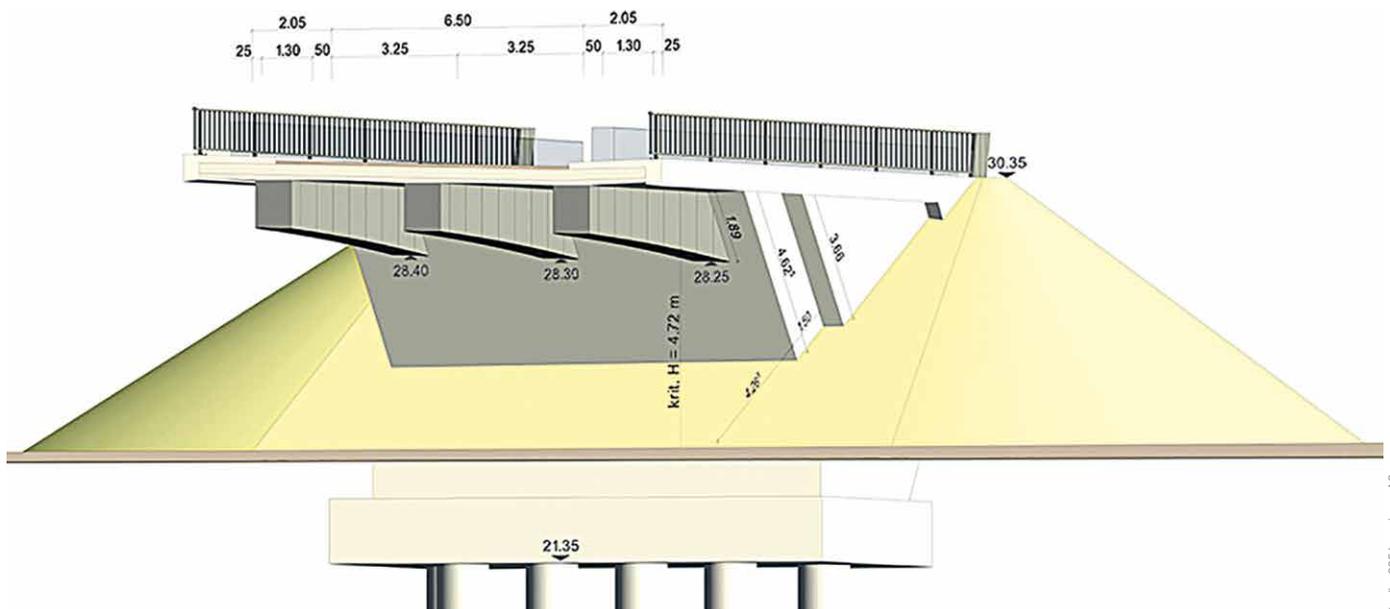


Bild 13 Auszug aus dem Planungsmodul – Ansicht Widerlager
Excerpt of the planning module – view abutment

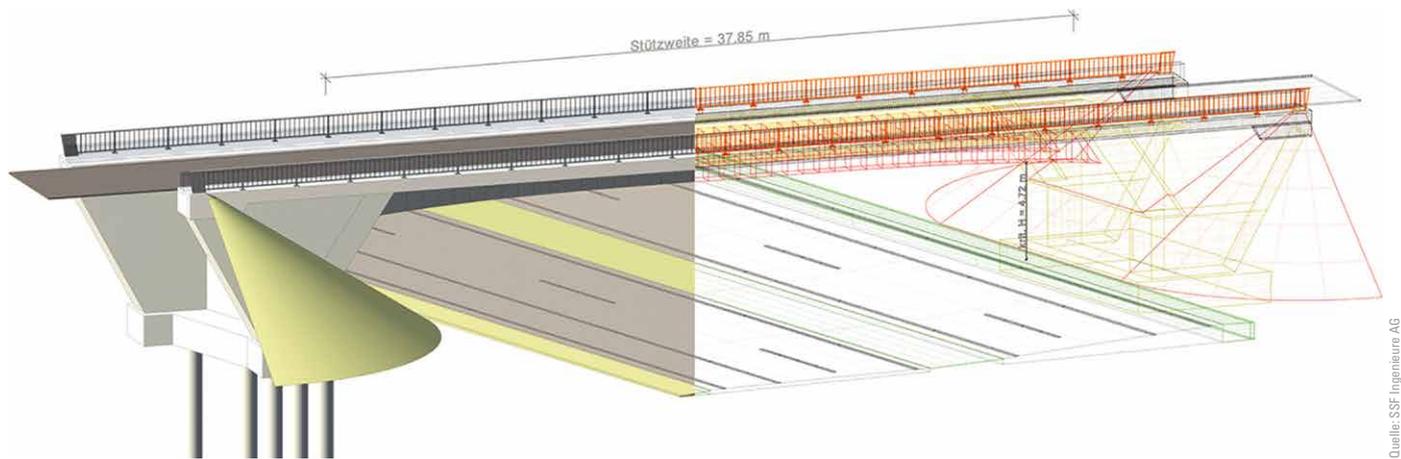


Bild 14 Auszug aus dem Planungsmodul – Ansicht Bauwerk
Excerpt of the planning module – view of structure

Überprüft werden kann die Konstruktion visuell im 3D-Raum und parallel an den teilautomatisierten Schnitten (Bilder 13, 14). Ist der iterative Prozess abgeschlossen, können die teilautomatisierten Schnitte ausgearbeitet und weitere Detailschnitte erzeugt werden. Auf den vor-konfigurierten Plan-Layouts erstellen sich die Pläne.

5 Erkenntnisse und Ausblick

5.1 Erkenntnisse aus der Sicht des Planungsingenieurs

Es zeigt sich, dass trotz scheinbar gleichartiger Bauwerke jedes Bauwerk seine eigenen planerischen Randbedingungen mitbringt. Somit ist jedes Bauwerk wieder individuell zu betrachten. Das erfordert eine permanente Fortschreibung des Planungsmoduls bei Anwendung auf neue Planungsaufgaben. Aus Sicht des Planungsingenieurs erfordert dies eine enge Zusammenarbeit mit dem Entwickler.

Dennoch zeigen sich viele Vorteile in dieser Planungsmethode. So war durch die Parametrisierung eine schnelle Iteration zwischen Stützweite, Trägerhöhe und freizuhaltendem Lichtraum möglich. Der Planungsingenieur erhält durch das dreidimensionale Brückenmodell ein Arbeitsmittel, das ihn selbst bei kompliziertesten Geometrien die komplexen Randbedingungen einfach überblicken lässt. Die Parametrisierung hat sich als so umfassend und flexibel erwiesen, dass das Planungsmodul deutlich mehr leisten kann als eine konventionelle Planung – gerade was die Stellung und Gestaltung der Widerlager und damit die Anmutung der Brücke betrifft. Der oft iterative Planungsvorgang lässt sich mit diesem Hilfsmittel am gesamten Bauwerk jederzeit abfragen und deutlich verkürzen. Das am Ende des Planungsprozesses entstandene Brückenmodell enthält die bereits heute gewohnten BIM-Standards hinsichtlich der Attribuierung für die Weiterverarbeitung in der weiteren Planung und Ausführung. Die geometrische Sicherheit des Gesamtmodells hinsichtlich Objektplanung, Statik und Ausschreibung als entscheidender Vorteil der BIM-Methode ist jederzeit gegeben.

5.2 Erkenntnisse aus der Sicht der Programmierung

Auch aus Sicht der Entwicklung war der Austausch zwischen Planungsingenieur und Programmierer essenziell wichtig. Das Planungsmodul baut auf die erfahrene Denkweise des Planungsingenieurs auf und bestimmt die Routinen im Planungsmodul.

Mit wachsender Komplexität des Moduls und somit zunehmenden Einstellungsmöglichkeiten spielten die Benutzerfreundlichkeit und die Oberflächen eine immer größere Rolle. Der Anwender muss hier an die Hand genommen und durch das Programm geführt werden. Zudem steigt der Aufwand, das Modell auf korrektes Verhalten und richtige Geometrie zu prüfen und im Ergebnis dessen das Planungsmodul fortzuschreiben.

Aufbauend auf dem Modul können weitere Brückentypen implementiert und dadurch das Modul erweitert werden. Das Tool wurde im Rahmen des gleichen Projekts schon auf A-Bauwerke mit Plattenbalkenquerschnitt und zwei getrennten Überbauten erweitert. Gerade auch Talbrücken als Bauwerke mit wiederkehrenden Lösungen bei verschiedenen Feldweiten und Stützenachsen in veränderlicher Geometrie scheinen vielversprechend für eine parametrisierte Modellerstellung. Entsprechend wird eine Anwendung auf Talbrücken zurzeit programmiert.

Es zeigte sich, dass mit steigender Komplexität des Planungsmoduls dieses an die Grenzen der nutzbaren Leistungsfähigkeit kommt. So musste eine praktische Möglichkeit gefunden werden, das Modell zu detaillieren und zu ergänzen. Mit weiteren und externen PythonParts, die auf dem Planungsmodul aufbauen, könnten Bauteile wie Träger, Geländer usw. detailliert oder das Bauwerk z.B. mit einer Brückenentwässerung ausgestattet werden, ohne die Leistungsfähigkeit des Planungsmoduls zu stark einzuschränken. Auch die Ausbildung eines anschließenden Streckendamms, die Überführung einer Lärmschutzmaßnahme oder die komplette Ausbildung der Bewehrung sind denkbar und wurden teilweise bereits umge-

setzt. Auch die weitere informative Auswertung ist möglich und wurde bereits zum Teil integriert. So kann eine vollautomatische Auswertung der kritischen Höhen, eine Überprüfung zur Einhaltung von Lichträumen oder das Auswerten ganzer Attributsätze stattfinden.

6 Fazit

Wir schaffen einen Algorithmus, mit dessen Hilfe man mit wenigen Mausklicks eine Brücke konstruiert. Braucht man zum Planen dann noch einen Ingenieur? Klare Antwort: Jetzt erst recht! Das Planungsmodul erstellt eine Brückenplanung auf der Basis eines Musterentwurfs, welche über die Parameter und Eingabepattformen manipuliert werden kann, oder besser gesagt: manipuliert werden muss, um vom Musterentwurf zum bauwerkspezifischen Entwurf zu kommen. Ingenieurtechnische Kompetenzen sind gefordert bei der Erstellung eines variablen und fehlerfreien Musterentwurfs, bei der sinnvollen Ableitung in Einzelentwürfe und beim Anleiten des Programmierers. Wo das Brückenmodul ansetzt, ist die schnellere Übersetzung der Ingenieurleistung in eine Bauwerksfamilie im erforderlichen Detailgrad einer BIM-Planung. Mit dem Modul lassen sich viele Iterationsschritte bei der Erstellung der Bauwerkskonstruktionen sparen, denn die Bauwerke passen sich auf die eingestellten Situationen und bei Änderungen automatisch an. Ziel ist die Fokussierung des Ingenieurs auf seine Kern-

kompetenz, die Erzeugung kreativer technischer Lösungen.

Die Erstellung eines solchen Werkzeugs ist aufwendig, lohnt sich aber, insbesondere für eine Abfolge mehrerer gleichartiger Bauwerke oder für Bauwerke mit vielen Feldern. Dabei sollte im Voraus definiert werden, in welcher Tiefe ein solches Modul ausgebaut werden muss, denn je variantenreicher oder detaillierter die Konstruktion wird, desto mehr Randbedingungen werden erzeugt, die das Modul in der Flexibilität einschränken können. So kann geschlussfolgert werden, dass sich das Modul in der Breite für die frühen und in der Tiefe für die späteren Leistungsphasen eignet.

Klar ist schon jetzt, dass das parametrische Planungsmodul ein Erfolg ist und weiterentwickelt wird. Die Entwicklung solcher Tools zur Parametrisierung wird dabei auf mittlere Sicht in der Verantwortung der planenden Ingenieurbüros bleiben, die ihre Kompetenzen entsprechend in Richtung Visual Scripting und Programmierungen ausbauen müssen. In den bestehenden Strukturen werden damit größere Betriebseinheiten bevorzugt, die entsprechende Spezialisten anstellen und mit regelmäßiger Arbeit beschäftigen können. Die Herausforderung besteht darin, regelmäßig wiederkehrende Aufgaben zu akquirieren, um eine regelmäßige Anwendung und Fortschreibung der aufwendig zu erstellenden und damit kostenintensiven Planungsmodule sicherzustellen.

Autoren

M.Sc. André Jeske (Korrespondenzautor)
ajeske@ssf-ing.de
SSF Ingenieure AG
Schönhauser Allee 149
10435 Berlin

Dipl.-Ing. (FH) Maximilian Scheil
mscheil@ssf-ing.de
SSF Ingenieure AG
Schönhauser Allee 149
10435 Berlin

Dipl.-Ing. Ulrich Castrischer
ucastrischer@ssf-ing.de
SSF Ingenieure AG
Schönhauser Allee 149
10435 Berlin

Zitieren Sie diesen Beitrag

Jeske, A. J.; Scheil, M.; Castrischer, U. (2022) *Parametrisierte Brückenmodellierung mit PythonParts in Allplan*. Bautechnik 99, H. 7, S. 565-574. <https://doi.org/10.1002/bate.202200053>



SSF Ingenieure

Planen im Dialog
Begeisterung für Engineering

ssf-ing.de

