

Eine seilverspannte Brücke im Seeton Mangfallbrücke Rosenheim

■ ■ ■ von Hans Grassl, Jacqueline Donner

Die Westtangente Rosenheim schließt die Lücke zwischen der bestehenden B 15 nördlich von Rosenheim und der A 8. Dieser Lückenschluss erfordert unter anderem die Querung des dicht bebauten Gewerbegebiets Aicherpark, der Mangfall und des Mangfallkanals. Der durch sehr mächtige Beckenablagerungen, sogenannte Seetone, Tone, Schluffe und Seesande umfassend, gekennzeichnete Rosenheimer Baugrund stellt aufgrund seiner Setzungsanfälligkeit eine wesentliche Randbedingung für die Neubaumaßnahme dar. Die neue Mangfallbrücke erfüllt mit ihrem weichen seilverspannten System die durch den setzungsempfindlichen Baugrund gestellten Anforderungen bestmöglich und fügt sich als schlankes und transparentes Bauwerk mit Zurückhaltung in das landschaftliche und städtebauliche Umfeld ein.

1 Hintergrund der Maßnahme

Die Bundesstraße B 15, Westtangente Rosenheim, stellt eine tangentielle Verbindung zwischen der Bundesautobahn A 8 und der bestehenden B 15 nördlich von Rosenheim dar. Sie beginnt ca. 2 km westlich des Inntaldreiecks an der BAB A 8 und schließt mit einer neuen Anschlussstelle an die Autobahn an. Sie verläuft in Richtung Norden zwischen den Orten Schlipfham und Westerdorf und überquert die St 2078 westlich des Rosenheimer Ortsteiles Schwaig. Anschließend überquert die Westtangente Rosenheim die Mangfall, den Mangfallkanal, das Gewerbegebiet Aicherpark an der Stadtgrenze zwischen Rosenheim und Kolbermoor, die Bahnlinie Holzkirchen-Rosenheim und den Stillerbach mit einer ca. 650 m langen Brücke, »Hochstraße über den Aicherpark« genannt, und durchfährt nördlich davon Waldgebiete, Felder, das Inntal, kreuzt zwei Bahnlinien und schließt nördlich von Pfaffenhofen wieder an die bestehende, bereits ausgebaute B 15 an. Die Verkehrsbelastung auf der B 15 wird im Prognosehorizont 2030 bei voller Verkehrswirksamkeit der Westtangente Rosenheim im Bauwerksbereich südlich der Anschlussstelle Aicherpark mit 19.600 Kfz/d und nördlich der Anschlussstelle mit 20.200 Kfz/d veranschlagt.

Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten ergibt sich unabhängig von der letztlich gewählten Entwurfsvariante für das Gesamtbauwerk (Bau-km 3+807.50–4+476.00) eine »Trennung« in zwei Teilbauwerke. In der Abwägung stellte sich für Teilbauwerk 1 (Bau-km 3+807.50–4+000.00) ein schlanker Stahlverbundüberbau als Durchlaufträger in Kombination mit einer relativ flach geneigten Überspannung und niedrigen Pylonen als bevorzugte Variante heraus. Für Teilbauwerk 2 (Bau-km 4+000.00–4+476.00) mündete der Abwägungsprozess ebenfalls in einen Stahlverbundüberbau, hier als mehrfeldrige, durchlaufende Deckbrücke ausgebildet. Der Übergang zwischen den beiden Teilbauwerken erfolgt bei Bau-km 4+000 mittels eines Trennpfeilers.

Gegenstand des vorliegenden Tagungsbeitrags ist das seilverspannte Teilbauwerk 1 zur Querung der Mangfall und des Mangfallkanals und damit die Mangfallbrücke südlich des Gewerbegebietes Aicherpark westlich von Rosenheim mit einer Gesamtspannweite von 192,50 m. Die beengten Verhältnisse im Gewerbegebiet des Aicherparkes und die Flussläufe bilden die Hauptzwangspunkte der Bauwerksplanung. Insgesamt ist hier auf die besonderen örtlichen Verhältnisse



1 Visualisierung der Gesamtmaßnahme mit beiden Teilbauwerken: Brücke über Renkenweg, Mangfall und Mangfallkanal sowie Brücke über Aicherpark und Deutsche Bahn
© Ingenieurbüro Grassl GmbH

hinzuweisen: Die Mangfallbrücke quert ein Gewässer erster Ordnung, einen parallel dazu verlaufenden Kanal und Teile des Gewerbegebiets. Eine große Herausforderung stellt dabei unter anderem die Errichtung des nördlichen Brückenteils im Gewerbegebiet dar, da hier das Bauwerk unter beengten Verhältnissen auf Betriebsgrundstücken unter Aufrechterhaltung der Produktion und Logistik realisiert werden muss. Die Gradienten im Brückenbereich ist einer möglichen Trassierung der B 15 Westtangente in diesem Bereich geschuldet. Die Zwänge aus den örtlichen Gegebenheiten und Auflagen aus dem Planfeststellungsverfahren bedingen die gewählte Trassierung. Eine Optimierung der Trassierungselemente bezüglich des Brückenbaus wurde angestrebt, soweit dies aufgrund der Rahmenbedingungen machbar war.

Die Längsneigung der Mangfallbrücke zwischen den Widerlagern beträgt 0,80 %, die Querneigung variiert mit einem Querneigungswechsel auf der Brücke zwischen -3,15 % und 4 %. Von Süden kommend, nähert sich die Gradienten der Mangfallbrücke mit einem Radius $R = 800$ m und geht mit einer Klothoide $A = 275$ auf einen Radius $R = 600$ m über.

Auf Basis der Vorgaben aus der Planfeststellung und der örtlichen Situation waren vor allem nachfolgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

- Das Lichtraumprofil für Fußgänger und Radfahrer auf der mittleren Dammkante zwischen Mangfall und Mangfallkanal liegt mit einer minimalen lichten Höhe im Bauwerksbereich bei 2,25 m über Dammoberkante.
- Das Lichtraumprofil für Fahrzeuge liegt beim Renkenweg am südlichen Widerlager mit einer minimalen lichten Höhe im Bauwerksbereich bei 4,00 m über Belagsoberkante.
- Der Kreuzungswinkel zwischen der B 15 und der Mangfall beträgt ca. 124 gon.
- Die Trasse der B 15 liegt im Brückenbereich in einer Wendeklothoide, $A = 275$, die Gradienten wird mit einer konstanten Längsneigung von 0,80 % über die Mangfall und den Mangfallkanal geführt.

- Der Fahrbahnquerschnitt besitzt ein Pultprofil mit Querneigungswechsel auf dem Bauwerk (-3,15 bis +4,00 %).
- Die erdverlegten Wasser- und Hochdruckgasleitungen der Stadtwerke Rosenheim laufen mit variablem Abstand relativ parallel zur Bauwerkstrasse.
- Das Querprofil (Regelquerschnitt in Anlehnung an RQ 10,5) ist wie folgt aufgeteilt: Notgehweg und Schutzzeineinrichtung 1,80 m, Fahrbahn 8,00 m, Notgehweg und Schutzzeineinrichtung 1,80 m.
- Für die Gründung steht setzungsempfindlicher Baugrund durch mächtige Beckenablagerungen in Form von Seetonen an.
- Im nördlichen Teil des Brückenbauwerks tangiert die Trasse unmittelbar die vorhandenen Gewerbebauten des Aicherparks.

2 Baugrund

Das Bauvorhaben liegt im Bereich von sehr mächtigen Beckenablagerungen. Bei diesen Beckenablagerungen handelt es sich um sogenannte Seetone, Tone, Schluffe und Seesande: Während die Seetone bei überwiegender weicher Konsistenz stark zusammendrückbar sind, konnten bei den Seesanden eine mitteldichte bis dichte Lagerung und entsprechende Tragfähigkeit nachgewiesen werden. Es galt zu berücksichtigen, dass die vorhandenen Seetone äußerst sensitiv sind und sich bei Erschütterungen verflüssigen. Das Bauwerk befindet sich im Mangfalltal, in dem die Beckenablagerungen von Auelehmen und Kiesschichten mit einer Mächtigkeit zwischen 4 m und 7 m überdeckt sind. Das Grundwasser fließt in den wasserleitenden Kiesschichten.

3 Entwurfsplanung

Ziel des Entwurfs war ein Brückenbauwerk mit ausgewogenen Proportionen, das sich gut in die landschaftliche Situation und das Gewerbegebiet einpasst. Aufgrund der beschriebenen besonderen örtlichen Randbedingungen, der Vorgaben aus der Planfeststellung und der schwierigen Baugrundverhältnissen waren die »grundsätzlichen« Variationsmöglichkeiten im Zuge der Entwurfserarbeitung sehr eingeschränkt.

Im Bereich der Mangfallbrücke ist auch der Naherholung als wichtiger Nutzung in verstärktem Maß Rechnung zu tragen, da hier entlang den Gewässern mit entsprechendem Wegenetz eine starke Frequentierung von Fuß- und Radverkehr stattfindet. Resultierend aus der Gradientenlage, den notwendigen Stützweiten, der Aufrechterhaltung der bestehenden Wege und der Einhaltung des Hochwasserabflusses lässt sich hier nur ein oberliegendes Tragwerk errichten. Die mangels technischer Realisierbarkeit ausgeschlossenen Bauweisen würden darüber hinaus auch aus optischen und gestalterischen Gründen nicht in Frage kommen, da sie infolge ihrer großen Überbauhöhen den Flussraum regelrecht »abriegeln« würden.

Abweichend vom Vorentwurf einer Stabbogenbrücke über die Mangfall mit Durchlaufwirkung zum Nachbarfeld als Deckbrücke über den Mangfallkanal muss, gemäß der zweiten Tektur der Planfeststellung, der Abschnitt Bau-km 3+810–3+842 südlich der Mangfall im Bereich des Renkenwegs freigehalten und das Widerlager in Richtung Süden verschoben werden. Weiterhin sind bezüglich des querenden Dükers für die Hauptwasser- und Gashochdruckleitung der Stadtwerke Rosenheim beim Mitteldamm sowie für eine im Rahmen der Vorplanung vorgesehene Gründung des Bauwerkes in diesem Bereich Kosten für eine etwaige Spartenverlegung (vorhandene Kollision mit Gründungsbauteilen im Mitteldamm) ermittelt worden, welche sich auf über 3 Mio. € belaufen. Die Verlegung der Leitungen wurde in der Abwägung wegen der örtlichen Randbedingungen als großes Risiko betrachtet, das es möglichst zu vermeiden gilt.

Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, die Mangfall und den Mangfallkanal mit einem großen Feld ohne Pfeiler im Mitteldamm zwischen den beiden Gewässern zu überbrücken. Dabei scheiden aufgrund des setzungsempfindlichen Baugrunds steife Durchlaufträgertragbrücken aus. Übrig bleiben obenliegende Stabbögen in Form von Langer'schen Balken als Einfeldträgerketten oder mit Durchlaufwirkung, Trogbrücken als Einfeldträgerketten sowie seilverspannte Brücken als Durchlaufsysteme.



2 Künftige Autofahrerperspektive: Brücke über Renkenweg, Mangfall und Mangfallkanal
© Ingenieurbüro Grassl GmbH

Maßgebend für die Wahl der Vorzugsvariante einer seilverspannten Stahlverbundbrücke mit niedrigen Pylonen waren die gute Einpassung in das landschaftliche und städtebauliche Umfeld, die hohe Dauerhaftigkeit durch den Verzicht auf Bauwerksfugen und die durch den weichen Überbau vorhandene gute Verträglichkeit hinsichtlich der zu erwartenden Differenzsetzungen. Durch die Einspannung der Pylone in den Überbau und die Anordnung von Lagern in den Pylonachsen werden die Gründungslasten reduziert und Ausgleichsmöglichkeiten zur Kompensation der Differenzsetzungen geschaffen. Eine weitere Minimierung der Gründungslasten resultiert aus den Haupt- und Querträgern sowie Pylonen in Stahlbauweise. Lediglich die Fahrbahnplatte wird im Hinblick auf die Verkehrssicherheit und die Betriebskosten im Winter in Stahlbeton ausgeführt. Darüber hinaus bietet das seilverspannte System durch die Möglichkeit der Nutzung des endgültigen Tragwerks für den Freivorbau bei der Montage große Vorteile gegenüber einer Stabbogenreihe.

Der dreifeldrige Überbau der Vorzugsvariante besteht aus einem Stahlträgerrost mit außenliegenden, torsions- und biegesteifen Längsträgern aus luftdicht verschweißten Stahlhohlkästen. Zur Steigerung der wahrgenommenen Schlankheit in der Brückenansicht weisen die Außenstege im Querschnitt einen Knick auf. Durch die neigungsbedingte unterschiedliche Reflexion des Lichts wird eine Gliederung der Ansichtsfläche erzeugt – oberhalb des Knicks in ein durchlaufend helles und unterhalb in ein dunkles Band.

In Querrichtung werden im Abstand von 3,45 m Stahlquerträger als offene Profile angeordnet, die an die Längsträger biegesteif angeschlossen sind. Die über den Querträgern liegende Stahlbetonfahrbahnplatte wirkt in statischem Verbund. An den Innenstützen wird je Längsträger ein Pylon situiert, in der Fachliteratur für das System der extern überspannten Brückenbauwerke auch als »Deviator« bezeichnet, der jeweils mit 8° zur Lotrechten nach außen geneigt ist. Die Überspannungen aus Stahlzuggliedern liegen in der Ebene zwischen Pylon- und Längsträgerachse.

Die Zugglieder werden durch Litzenbündelseile gebildet, die am Deviator fest und an den Längsträgern nachspannbar verankert sind. Die Litzenbündelseile werden aufgrund der beengten Platzverhältnisse für die Bauzustände – es sind nur aufgerollte Litzenbündel verwendbar, und ihr Einbau muss mit leichtem Gerät erfolgen –, der guten Prüfbarkeit des Litzenzustandes (magnetinduktive Prüfung) und des mittlerweile erfolgreich erprobten Einsatzes (ohne Zustimmung im Einzelfall) den vollverschlossenen Seilen vorgezogen. Ein ausführlicher Vergleich der beiden möglichen Spannsysteme ist in aktueller Fachliteratur (BAST-Heft B 98 und Stahlbau-Kalender 2012) zu finden. Die Litzen sind an- und nachspannbar sowie austauschbar. Die Seilverankerung schließt statisch vorteilhaft in den Systemachsen der Längsträger an. Eine Konsolkonstruktion an den Längsträgeraußenseiten, welche neben dem exzentrischen Anschluss in Querrichtung auch geometrisch bedingte Zusatzmomente abtragen müsste, wäre

ebenso aufwendig und passt nicht zum gestalterischen Konzept des Bauwerkes mit seinem durchgängigen Überbauband und geneigten Außenseiten. Die Problematik der Seilschwingung wurde im Zuge der Ausführungsplanung überprüft. Dennoch ist es möglich, Schwingungsdämpfer nachträglich vorzusehen, sollte sich in der Realität ein anderes Ergebnis zeigen. Für die gesamte Stahlkonstruktion wird Stahl der Gütegruppen S 355 und S 460 nach DIN EN 10025 für Zugbleche bis $t = 80 \text{ mm}$ und -30 °C Nutzungs- bzw. Verarbeitungstemperatur gewählt. Die Errichtung der Fahrbahnplatte aus Stahlbeton erfolgt in C 35/45, sie ist schlaff bewehrt.

Die Dicke der Stahlbetonverbundplatte beträgt im Regelquerschnitt 35 cm. Sie ist in den Randfeldern auf jeweils ca. 31,00 m Länge auf ca. 1,20 m vergrößert, um den erforderlichen Ballast für die Lagerstabilität zu gewinnen. Der Ballast wird als voll mittragender Konstruktionsbeton ausgeführt und die in Längsrichtung wirkenden Zwangskräfte über seitlich angeordnete Kopfbolzen in die Hauptträger eingeleitet. Eine Zugverankerung der Lager ist aufgrund der zu gewährleistenden Ausgleichbarkeit von Auflagersetzungen (Ausgleichsplatten) nicht möglich.

Die Lagerung des Überbaues erfolgt auf jeweils zwei Kalottenlagern an allen Pfeilerachsen und an der Widerlagerachse. Zur Querfesthaltung des Überbaues ist an den Achsen 20 und 30 jeweils ein Lager quer fest vorgesehen. Der Festpunkt in Längsrichtung wird durch eine Festhaltung an dem westlichen Pfeilerlager der Achse 30 erzielt.



3 *Komplette Querung von Renkenweg, Mangfall und Mangfallkanal*
© Ingenieurbüro Grassl GmbH

Aufgrund der Setzungsproblematik und der hohen, für den Überbau nicht verträglichen möglichen Differenzsetzungen ≤ 6 cm werden nach Feststellung von Differenzsetzungen $\geq 2-3$ cm Ausgleichsplatten eingefügt. Bei der statischen Berechnung wurden Differenzsetzungen von 3 cm berücksichtigt. Für spätere Lagerwechsel wurden Pressenplätze zum Anheben des Überbaues angeordnet, die an den Pfeilern und am Widerlager unter den Längsträgerinnenstegen bzw. Querträgern und Endquerträgern seitlich der Lagersockel platziert sind.

Je Übergang wird eine geräuscharme, wasserdichte Lamellenfahrbahnübergangskonstruktion mit auskragenden rautenförmigen Stahlplatten im Fahrbahnbereich eingebaut. Im Gehwegbereich sind die Lamellen mittels Tränenblechen abgedeckt. Am Widerlager Süd, Achse 10, und am Trennpfeiler ist die Fahrbahnübergangskonstruktion an den Anschlüssen zum Längsträger jeweils um 90° abgewinkelt.

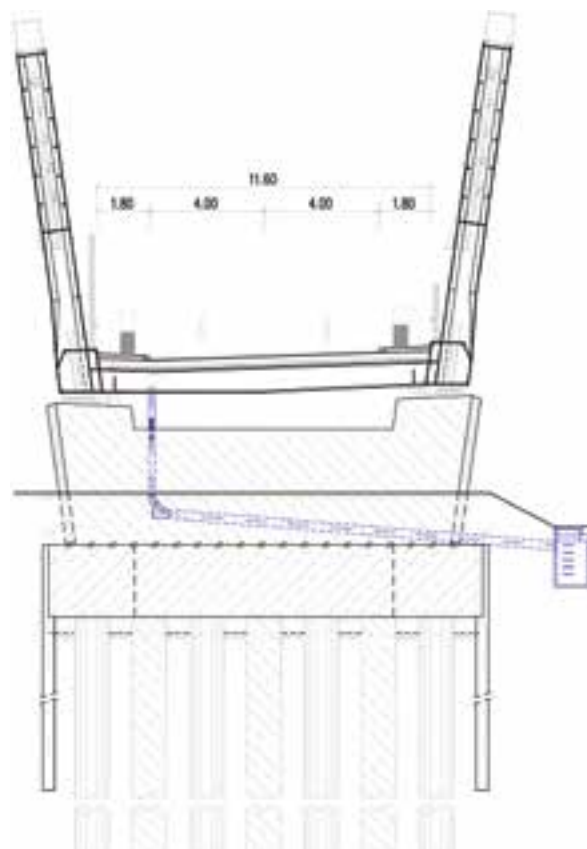
Die Pylonhöhe beträgt ca. 10,70 m, so dass sich ein Verhältnis von 1/10 zur maximalen Spannweite ergibt. Die Pylone mit reduzierter Bauhöhe fügen sich gut in die Umgebung ein.

Die Pylonpfeiler, als Stützenscheiben mit abgesetzten Auflagerbereichen vorgesehen, weisen an den Stirnseiten analog zur Neigung der Pylone einen um 8° nach außen geneigten Verlauf mit einem abgekanteten Rechteckquerschnitt aus Stahlbeton auf. Sie sind jeweils rechtwinklig zur Bauwerksachse unterhalb der Pylone angeordnet, die variablen Grundrissabmessungen betragen maximal $15,10 \text{ m} \times 1,90 \text{ m}$.

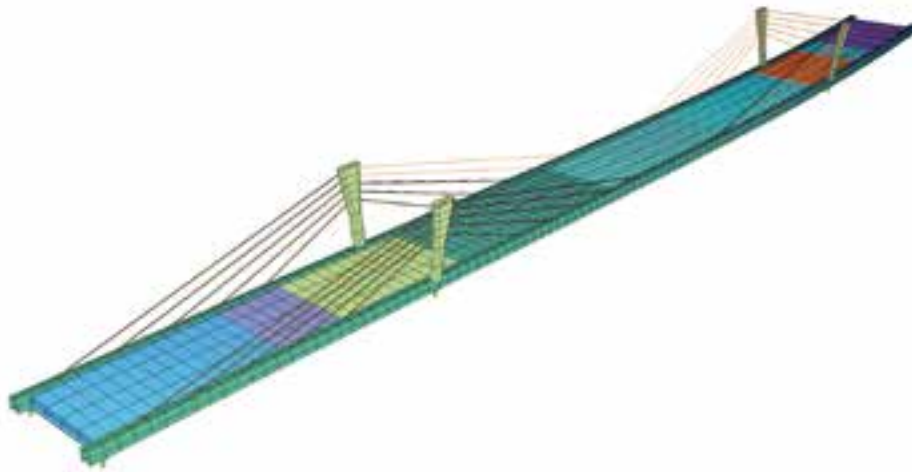
Der Trennpfeiler weist analog den Pylonpfeilern einen zur Außenseite abgekanteten Rechteckquerschnitt aus Stahlbeton, auch mit geneigten Stirnseiten und variablen Querschnittsbreiten, mit den Außenabmessungen von maximal $14,10 \text{ m} \times$

2,45 m auf. Angeordnet ist er unterhalb der Lagerachsen der hier zusammen aufliegenden Mangfall- und Aicherparkbrücke.

Für das Widerlager ist ein Kastenwiderlager aus Stahlbeton geplant.



4 *Querschnitt in Pfeilerachse 30*
© Ingenieurbüro Grassl GmbH



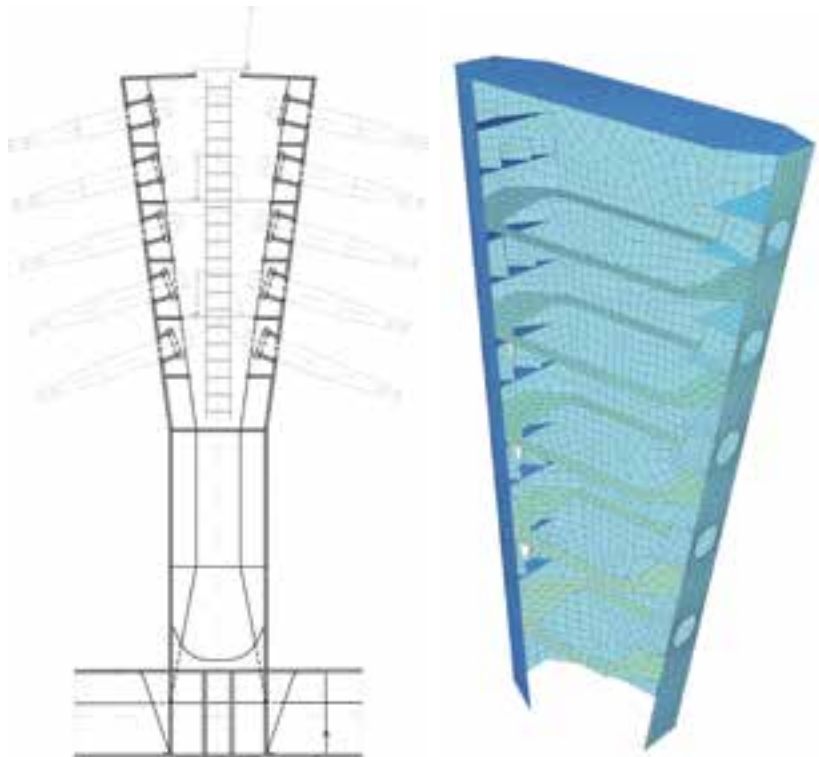
5 Berechnungsmodell der Ausführungsplanung
© Ingenieurbüro Grassl GmbH

Die vorgesehene Mischgründung besteht aus Pfahlkopfplatten, Ortbetonbohrpfählen, Vertikaldrains und Verdrängungssäulen. Ihre konstruktive Durchbildung und sämtliche baubegleitende Maßnahmen zu ihrer Herstellung und Qualitätssicherung beruhen auf der Gründungsempfehlung des Zentrums für Geotechnik der Technischen Universität München (TUM), die auf Basis umfangreicher Pfahlprobelastungen entwickelt wurde. Im Ergebnis stellt die Mischgründung in ihrer Gesamtheit ein robustes Gründungsbauteil dar, welches nicht nur auf das Tragverhalten einzelner Bohrpfähle angewiesen ist. Die Verdrängungssäulen bewirken eine Verdichtung und eine Verspannung des Bodens, die eine Erhöhung der Scherfestigkeit und der Steifigkeit des Seetons sowie des aktivierbaren Mantelreibungswiderstandes der Bohrpfähle hervorrufen. Zudem erzeugen die Verdrängungssäulen eine Homogenisierung des Baugrundes hinsichtlich seines Tragverhaltens und wirken herstellungsbedingten Störungen entgegen. Die Verdrängungssäulen werden nicht an die Pfahlkopfplatten angeschlossen. Es ist ein Polster aus gebrochenem, gut verdichtbarem Material als Drainageschicht unter den Pfahlkopfplatten vorgesehen, die ebenfalls einen direkten Kraftschluss mit den Verdrängungspfählen verhindert. Die Vertikaldrains ermöglichen einen raschen Abbau der durch die Bodenverdrängung infolge der Herstellung der Verdrängungspfähle induzierten Porenwasserüberdrücke und somit eine schnelle

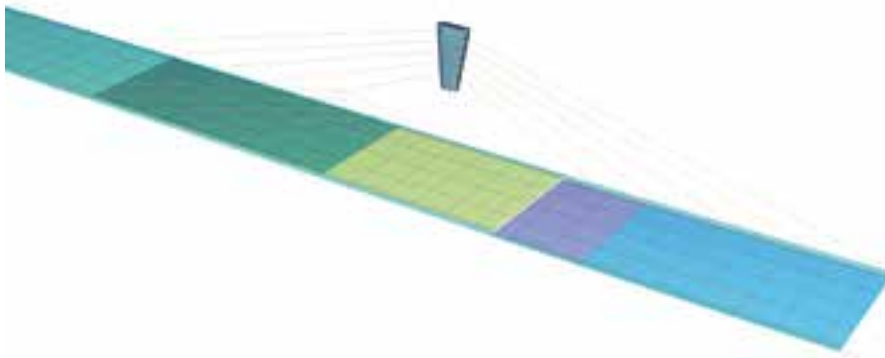
Konsolidierung des Seetons. Sie führen das Wasser in die Kiesschicht unterhalb der Pfahlkopfplatte, die mit einer Drainage zu entspannen ist. Durch die für die Errichtung der Pfahlkopfplatten vorgesehenen Spundwände, die ausreichend in den Seeton einbinden und auch nach Fertigstellung der Pfahlkopfplatten verbleiben sollen, wird dauerhaft eine hydraulische Verbindung der Vertikaldrains mit dem quartären Grundwasserhorizont in den kiesigen Deckschichten verhindert.

4 Ausführungsplanung

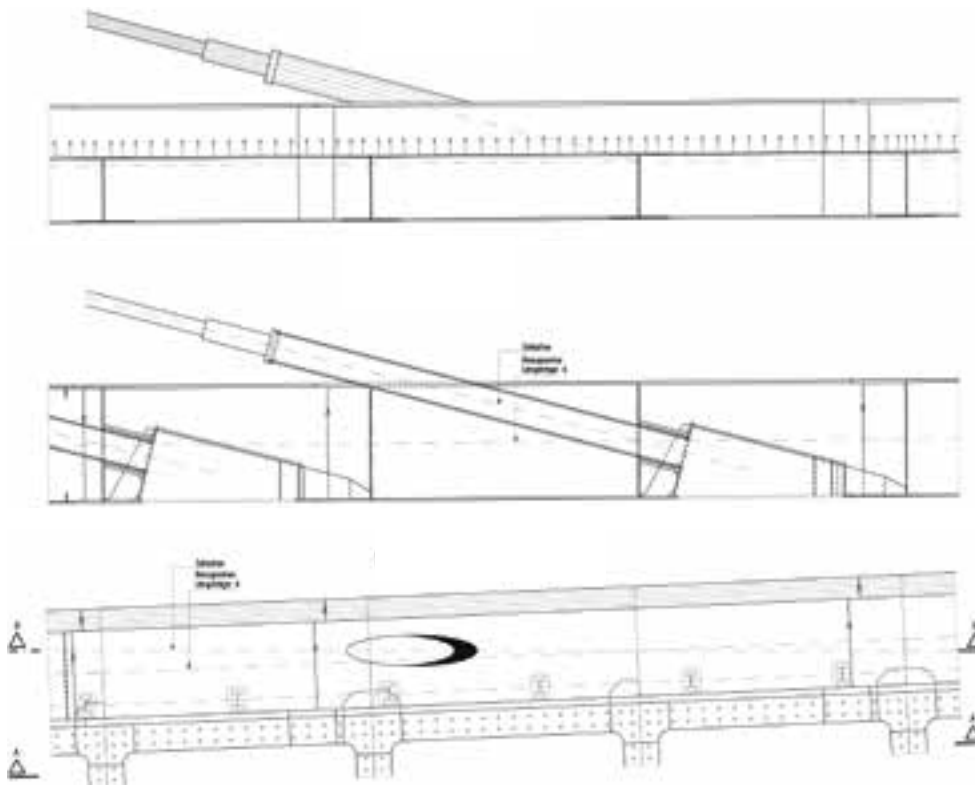
Im Rahmen der Ausführungsplanung wurden die statischen Nachweise des Überbaus unter Zuhilfenahme von Berechnungsmodellen erbracht. Hierfür wurde ein Stabwerkmodell mit Sofistik für den Stahlbau erzeugt und die Fahrbahnplatte mit Plattenelementen integriert. Somit war es möglich, sowohl die Nachweise des Stahlbaus als auch die Bewehrungsermittlung in der Betonplatte an nur einem Modell durchzuführen. (Bild 5)



6 7 Auszug Stahlbaudetailplan: Längsschnitt in Pylonachse und zugehöriges Detailmodell des Pylonkopfes für die Berechnung
© Ingenieurbüro Grassl GmbH



8 Einbindung des Pylonkopf-Detailmodells ins Stabwerkmodell
© Ingenieurbüro Grassl GmbH

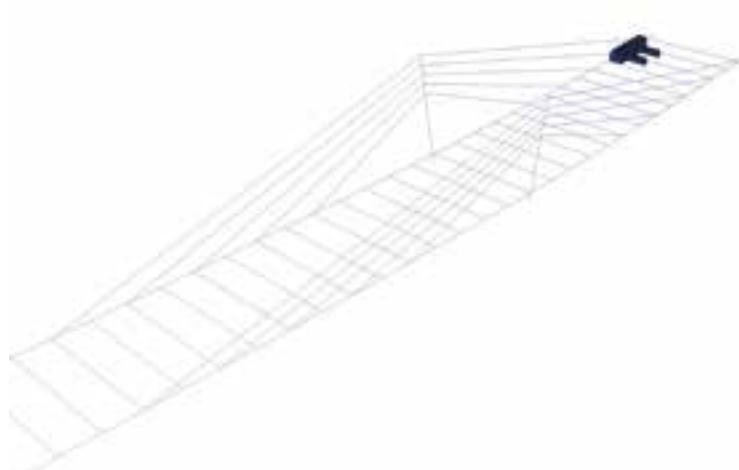


9 10 11 Seilverankerung im Hauptträger: Längsschnitt mit Ansicht, Längsschnitt und Draufsicht (v.o.n.u.)
© Ingenieurbüro Grassl GmbH

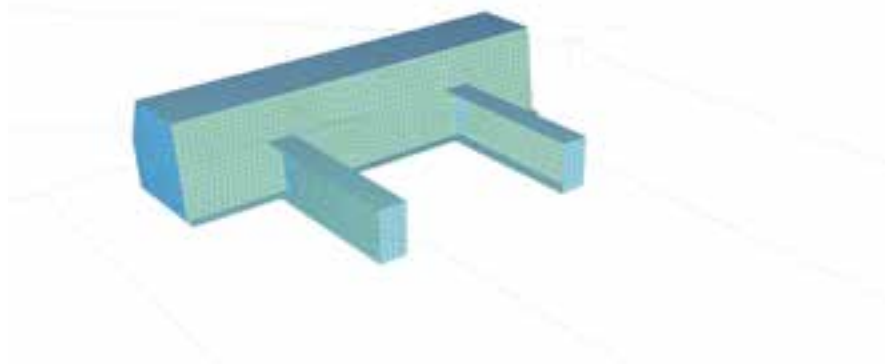
Das Tragwerk hat, wie beschrieben, einige konstruktiv anspruchsvolle Details, welche ausgearbeitet und entsprechend statisch nachgewiesen wurden. Für die statischen Betrachtungen wurden Detailmodelle als Finite-Elemente-(FE-)Plattenmodelle erstellt. Problematisch sind bei derartigen Detailmodellen insbesondere die korrekte Lagerung im Raum und das Aufbringen der Beanspruchungen.

Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurden sie jeweils in das Stabwerkmodell integriert, was gewährleistet, die Randbedingungen und Beanspruchungen der im Stabsystem integrierten Detailmodelle zutreffend zu erfassen. Solche Detailmodelle wurden für die Seilverankerung im Längsträger, an der Stelle mit der maximalen Seilkraft, einen Pylonkopf inklusive sämtlicher Seilverankerungen

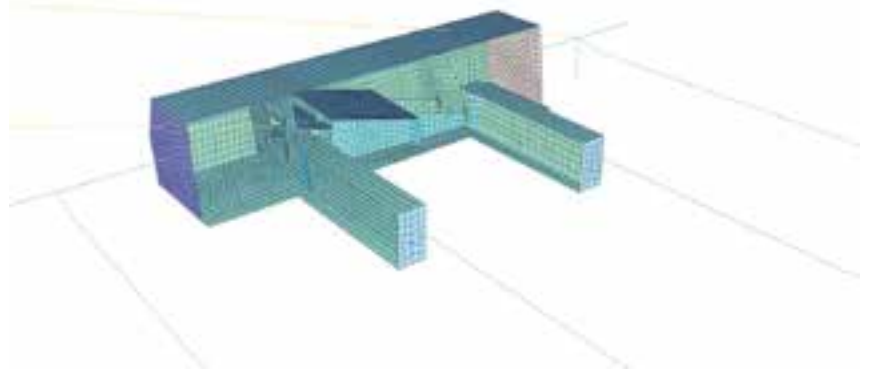
und einer monolithischen Verbindung zwischen Pylonfuß und Längsträger erarbeitet, in das Stabwerkmodell integriert und nachgewiesen. Die Rechenzeiten konnten mit diesem Vorgehen in einem verträglichen Rahmen gehalten werden.



12 Einbindung des Detailmodells »Seileinleitungspunkt« ins Stabwerkmodell
© Ingenieurbüro Grassl GmbH



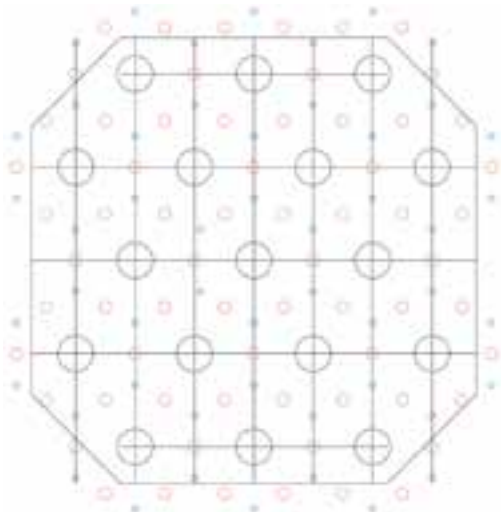
13 14 Detailmodell des Seileinleitungspunkts:
Außenansicht und Blick ins Innere
© Ingenieurbüro Grassl GmbH



Da die Geometrie des Stahlbaus aufgrund der Trassierung im Grundriss als Klothoide und des vorhandenen Querneigungswechsels sehr komplex und variabel über die Brückenlänge ist und, im Raum liegend, über schräge und variable Winkel verfügt, wurden jene Detailmodelle mit Revit erstellt. Das Revit-3-D-Modell wurde in das Sofistik-Modul Sofiplus übertragen, daraus ein Strukturmodell erzeugt und mit Koppellementen in das Stabwerkmodell integriert. Die Plananszüge und Graphiken der Strukturmodelle in den Bildern 6–14 illustrieren die beschriebene Vorgehensweise beispielhaft für das Pylonkopf- und das Seileinleitungsdetail. Für den Pylonfußpunkt wurde das gleiche Vorgehen gewählt.

Diese Detailmodelle konnten zudem zur Überprüfung des Zusammenbaus und der Schweißreihenfolge sowie zur Festlegung der Schweißnahtdetails verwendet werden. Da der Bauablauf wesentliche Auswirkungen auf die Beanspruchungen in den Bauteilen, mögliche Umlagerungen im System und somit auf die Nachweise hat, wurden die einzelnen Bauphasen im Berechnungsmodell detailliert abgebildet. Abschließend wurde mit jenem Modell die Verformungsberechnung für die Angabe der Überhöhung erarbeitet.

Neben der komplexen und anspruchsvollen Geometrie des Überbaus stellt die Gründung der Brücke im Rosenheimer Seeton eine wesentliche Herausforderung sowohl für die Planung als auch für die Realisierung dar. Durch das Zentrum für Geotechnik der TUM wurde ein Herstellungsverfahren entwickelt und anhand von Pfahlprobelastungen verifiziert. Parameter, wie die Bohr- und Ziehgeschwindigkeit, das Vorseilmaß der Verrohrung, die Wasserauflast, die Prüfung des Bohrloches etc., wurden optimiert und sind exakt für die Ausführung vorgegeben.



15 Mischgründung in den Pylonachsen auf 17 Großbohrpfählen, 50 Drainagesäulen und 66 Verdrängungspfählen
© Zentrum für Geotechnik der Technischen Universität München

Abschließend wurde ein Gründungsvorschlag ausgearbeitet, der eine Mischgründung auf Großbohrpfählen mit der Bodenverbesserung durch ringsherum angeordnete Verdrängungs- und Drainagesäulen vorsieht (Bild 15).

Ein Teil der Belastungen wird durch den verbesserten Boden abgetragen, das Gros durch die Großbohrpfähle. Hiermit konnte der Nachweis der Gründungselemente erbracht werden. In den Pylonachsen der Brücke über Renkenweg, Mangfall und Mangfallkanal müssen die Gründungselemente ab Unterkante Pfahlkopfplatte 45 m lang sein. Mit einer Aufstandsfläche für die Geräte 5 m oberhalb der Pfahlkopfplattenunterkante ergeben sich 50 m erforderliche Bohrlängen sowohl für die Großbohr- als auch für die Drainage- und Verdrängungspfähle. Im Rahmen der Probelastungen wurde die Realisierbarkeit dieser Lösung, die mit solchen Abmessungen und in einer derartigen Komplexität in Deutschland erstmalig realisiert werden muss, nachgewiesen.

Zur Überprüfung des Bodenverhaltens während der Bauausführung und der nachfolgenden Setzungen wurde durch das Zentrum für Geotechnik der TUM zudem ein Monitoringkonzept erstellt, welches Gegenstand der Ausschreibung der Bauleistung ist und auch in dieser Form zur Ausführung kommen wird.

5 Ausschreibung

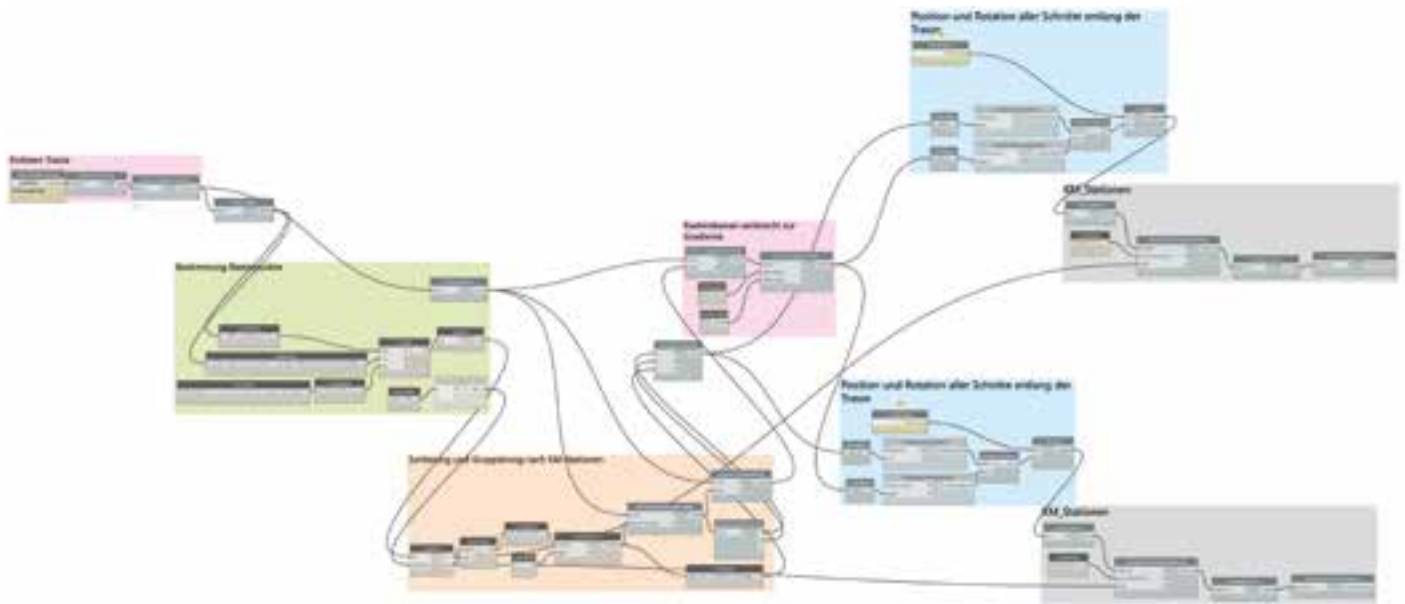
Bei der Brücke über Renkenweg, Mangfall und Mangfallkanal stellt die Ausschreibung von Litzenbündelseilen aktuell noch eine Besonderheit dar. Zum Zeitpunkt der Bearbeitung lag keine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für ein System mit 37 Litzen vor. Somit wurden sowohl die Bauleistung der Seile als auch die Arbeiten zur Erlangung einer Zustimmung im Einzelfall (ZiE) in das Leistungsverzeichnis aufgenommen und in der Baubeschreibung – in Anlehnung an die fib recommendation »acceptance of stay cable systems using prestressing steels« und die ZTV-ING Abschnitte 4-4 und 4-5, welche damals nur als Gelbdruck vorlagen – die entsprechenden Randbedingungen erläutert. Außerdem wurde mit Abgabe des Angebotes gefordert, den Seillieferanten und eine Zeitschiene zur Erlangung der ZiE zu nennen, neben weiteren Punkten zum gewählten System. Damit soll sichergestellt werden, dass diesem doch sehr kritischen Punkt von den Bietern in der Angebotsphase ausreichend Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Bei der Erstellung der Ausschreibung war zu berücksichtigen, dass wesentliche Teile der Ausführungsplanung – das umfasste Standsicherheitsnachweise, Überhöhungsberechnungen, Stahlbau-, Schal- und Bewehrungspläne sowie Pläne für Absteckung, Entwässerung, Erdung und Ausstattung – dem Auftragnehmer (AN) vom Bauherrn zur Verfügung gestellt werden. Aufgrund der Komplexität des Projekts sowie zur Sicherstellung der Terminalschiene, zur Erlangung einer Massensicherheit und zur Reduzierung des Nachtragspotentials wurde auf das zu Zeiten der Beauftragung von Sondervorschlägen im Brückenbau gängige Überspringen der Leistungsphasen 4 und 5 der Tragwerksplanung verzichtet. Hierbei ist es enorm wichtig, die Leistungsgrenze exakt zu definieren und zu beschreiben, so dass für den AN Bau bei der Angebotsbearbeitung klar erkennbar ist, welche Teilleistungen der Ausführungsplanung, wie zum Beispiel Montage- und Werkstattplanung etc., von ihm zur Realisierung der Maßnahme zu erbringen sind.

6 Bauausführung

Ende Oktober 2018 wurde die Arbeitsgemeinschaft aus Habau Hoch- und Tiefbaugesellschaft mbH und MCE GmbH beauftragt, die Bauleistung auszuführen. Für die Spezialtiefbauarbeiten sind die Firmen Bauer AG und Menard SAS als Nachunternehmer vorgesehen. Nach ersten Anlauf- und Abstimmungsgesprächen wird aktuell die Planung des Spezialtiefbaus vorgenommen und die Werkstattplanung für die Stahlbauten erstellt.

Direkt nach Auftragsvergabe erfolgten Abstimmungsgespräche mit der Stahlbaufirma, um die Stahlbaudetails und den vorgesehenen Bauablauf zu diskutieren. Einige Anpassungen hinsichtlich der firmenspezifischen Fertigungs- und Montagerandbedingungen konnten berücksichtigt werden. Mit den abgestimmten Parametern wurde die Überhöhungsberechnung erneut durchgeführt und dann übergeben.



16 Flussdiagramm: Programmierung der Stahlbaugeometrie in Dynamo Studio
© Ingenieurbüro Grassl GmbH

Zur Verkürzung der Bearbeitungszeiten für die Werkstattplanung wurde die Systemgeometrie als Grundlage für die Werkstattzeichnungen als Plandarstellung und in Tabellenform dem Werkstattplaner übersandt. Die Stahlbaugeometrie wurde in Abhängigkeit der Querneigung entlang der Trassierungsachse mit Dynamo Studio programmiert und in Revit abgebildet.

Neben den oben beschriebenen Detailmodellen hat auch hier die Anwendung neuer Technologien zu einer Verkürzung der Bearbeitungsfristen sowie zu einer Verbesserung der Qualität und Genauigkeit der Ergebnisse geführt.

Mit der Stahlbaufertigung soll im November 2019 begonnen werden, die Fertigstellung der Brücke ist für August 2022 geplant.

Autoren
Dr. sc. techn. Hans Grassl
Dipl.-Ing. Jacqueline Donner
Ingenieurbüro Grassl GmbH,
München

Bauherr
Freistaat Bayern

Auftraggeber
Staatliches Bauamt Rosenheim

Objekt- und Tragwerksplanung: Entwurf, Genehmigungs- und Ausführungsplanung, Vorbereitung und Mitwirkung bei der Vergabe
Ingenieurbüro Grassl GmbH, München

Örtliche Bauüberwachung und Bauoberleitung
SSF Ingenieure AG, München
Ingenieurbüro Grassl GmbH, München

Fachbauüberwachung Geotechnik
Ingenieurbüro Gebauer, Traunstein

Verkehrsanlagenplanung
Wagner Ingenieure GmbH, München

Baugrundgutachten
Schubert + Bauer GmbH, Ingenieurbüro für Geotechnik,
Olching

Geotechnische Beratung
Zentrum für Geotechnik, Technische Universität
München

Prüfingenieur
Prof. Dr.-Ing. Robert Hertle, Gräfelfing

Bauausführung
Habau Hoch- und Tiefbaugesellschaft mbH,
Perg, Österreich
MCE GmbH, Linz, Österreich