Ersatzneubau in exponierter, innerstädtischer Lage

Thierschbrücke in Lindau am Bodensee

von Gerhard Pahl, Stefan Wilfer

1 *Gesamtansicht der Thierschbrücke*
© Dr. Schütz Ingenieure

Die neue Thierschbrücke verbindet als einzige Straßenanbindung die Kernstadt von Lindau mit der westlichen Insel. Die städtebauliche Neuordnung der westlichen Insel nimmt mit der Thierschbrücke und der anschließenden Verkehrsführung ihren Anfang und wird dadurch wesentlich beeinflusst. Ein abwechslungsreiches Bauwerk mit vielfältigen Blickbezügen und einer hohen Aufenthaltsqualität macht die bestehende Trennung der Inselteile weitgehend vergessen. Die Herausforderungen aufgrund der innerstädtischen Lage, der zu querenden Bahngleise und des Denkmalschutzes bestimmten die Planung und die Bauausführung, sind dem fertigen Bauwerk aber nicht anzumerken.

1 Einleitung

1.1 Aufgabe und Randbedingungen

Das Bauwerk der Thierschbrücke mit einer Länge von ca. 50,00 m verbindet als einzige Straßenanbindung die Kernstadt von Lindau mit der westlichen Insel, die durch die Bahnlinie und das Bahnhofsvorfeld voneinander getrennt sind. Das Bauwerk tangiert die historischen Schanzenanlagen der Stadt aus dem 17. Jahrhundert und bildet die nördliche Verbindung des Uferweges rund um die Insel.
Aufgrund der erheblichen Schäden des Bestandsbauwerks von 1901 waren Verkehrseinschränkungen, wie zum Beispiel Gewichtsbegrenzungen und Fahrbahneinengungen, erforderlich.
Das neue Bauwerk sollte die Verkehrsbeziehungen, insbesondere durch einen breiteren Gehweg, verbessern. Gleichzeitig war die Unterkante, wegen der Erneuerung und Erweiterung der Elektrifizierung der Bahnstrecke, mit ca. 1,00 m deutlich anzuheben.

Die beengte innerstädtische Lage, mit der Forderung, die einzige Verkehrsverbindung auf die hintere Insel jederzeit aufrechtzuerhalten, die Schwierigkeiten aufgrund der zu querenden Bahngleise und die historischen Schanzenanlagen stellten hohe Anforderungen an die Planung und Bauausführung.
Die Gesamtmaßnahmen umfassten neben dem Ersatzneubau der Thierschbrücke auch die Neugestaltung der historischen Linden- und Sternenschanze. Hier sollten barrierefreie Anbindungen geschaffen und die Aufenthaltsqualität der parkähnlichen Anlagen großzügiger gestaltet werden. Die historischen Schanzenanlagen werden Teil der Landesgartenschau 2021 sein.
Um die Anbindung des Straßenverkehrs zu verbessern, war auf der Ostseite ein Kreisverkehr mit Stützmauer zu errichten.

2 *Brückenbauwerk mit LED-Beleuchtung*
© Dr. Schütz Ingenieure

1.2 Realisierungswettbewerb

Aufgrund der komplexen Randbedingungen wurde 2015 ein Wettbewerb mit anschließendem Verhandlungsverfahren durchgeführt, aus dem der nun realisierte Bauwerksentwurf als Sieger hervorging.

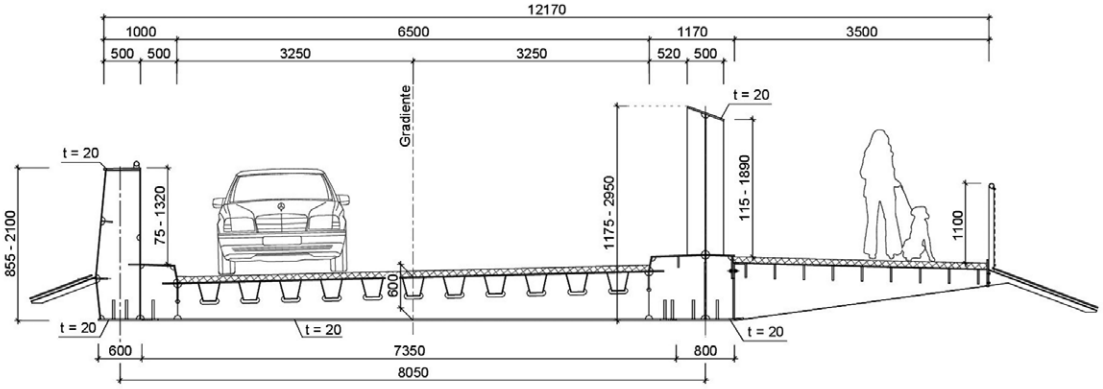
1.3 Bauwerksgestaltung

Das asymmetrische, obenliegende Tragwerk der Brücke entwickelt sich wellenförmig aus den Notwendigkeiten der vorgegebenen Stützweiten als Dreifeldträger. Die Tragelemente sind entsprechend ihrer Funktion und Belastung optimiert und ausgeformt.
Der südliche Randträger als geschlossener Kastenträger lässt als flache Welle Ausblicke auf das Bahnhofsvorfeld zu und erfüllt mit seiner massiven, glatten Ausprägung die Schutzfunktion entlang der Fahrstraße.
Der Mittelträger als ausgeprägte Welle nimmt augenscheinlich die Hauptlast des Bauwerkes auf. Er strukturiert und rhythmisiert den Übergang und macht das Tragraster der Brücke auch oberhalb der Fahrbahn sichtbar.
Der Gehweg ist als Kragträger an den Mittelträger angehängt, um größtmögliche Transparenz zum See zu schaffen und um die Welle des Haupttragwerks weithin erlebbar zu machen.
Die Widerlager der Brücke orientieren sich an der Bestandsstruktur der historischen Schanzenanlagen.
Die Geländerausbildung ist auf maximale Transparenz zur Inszenierung der sanften Wellenform der Brücke konzipiert. Unter dem punktuell gehaltenen Handlauf aus Edelstahl dienen Spannseile mit zwischengespanntem Edelstahlgeflecht als Absturzsicherung.
Die Ausleuchtung erfolgt durch eine beidseitige indirekte Effektbeleuchtung im Obergurt des offenen Mittelträgers. Diese LED-Punktbeleuchtung unterstreicht die Linienführung und den Rhythmus der Brücke. Darüber hinaus konnte so in Verbindung mit zwei Mastleuchten vor und hinter dem Bauwerk eine verkehrssichere und optisch reizvolle Ausleuchtung der gesamten Brücke erreicht werden.

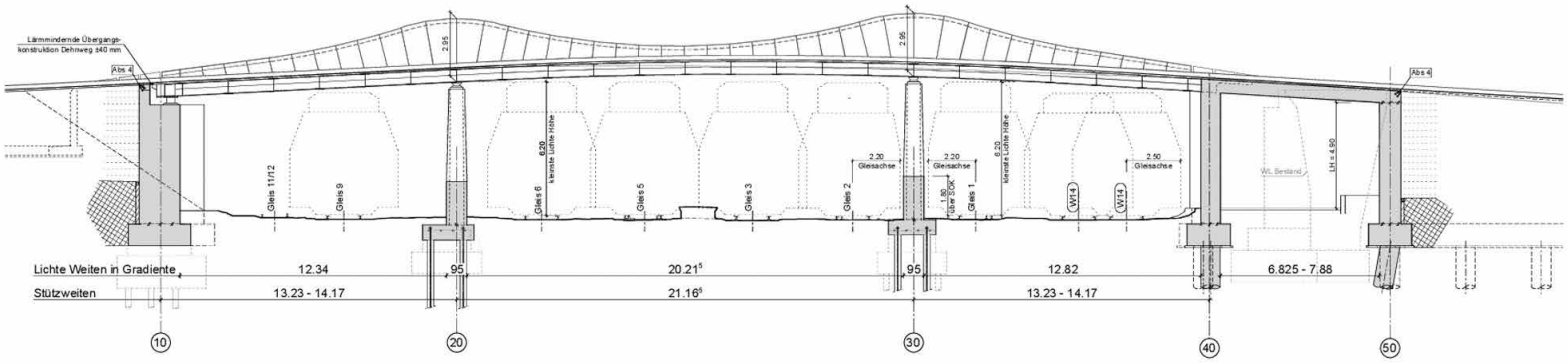
2 Tragwerk und Konstruktion

2.1 Überbau

Bei dem Tragwerksentwurf handelt es sich um eine semiintegrale Trogbrücke (Ganzstahlbrücke) mit einem angehängten Kragarm. Durch die Wahl des Tragwerks wurde die durch die deutliche Anhebung der Gradiente notwendige geringe Bauhöhe von ca. 65 cm erreicht. Das nachträgliche Anhängen des Kragarms war unabdingbar, da durch die größere Gesamtbreite des Neubaus im Vergleich zum Bestandsbauwerk und durch die Forderung nach einer Behelfsumfahrung für die Bauzeit eine Herstellung in der endgültigen Breite nicht umsetzbar war.
Es wurden zwei unterschiedlich hohe Hauptträger für die unterschiedlich hohen Beanspruchungen konzipiert. Ihre Steifigkeiten wurden im Rahmen der Entwurfsplanung so festgelegt, dass unter Volllast ähnliche Durchbiegungen vorliegen.



3 *Regelquerschnitt*
© Dr. Schütz Ingenieure



4 *Längsschnitt*
© Dr. Schütz Ingenieure

Beide Hauptträger wurden entsprechend dem Schnittgrößenverlauf »wellenförmig« ausgebildet. Der höhere Mittelträger wurde wegen seiner geringeren Torsionsbeanspruchung als einfaches, offenes Profil und der niedrigere Hauptträger als torsionssteifer dichtgeschweißter Hohlkasten realisiert.
Die Fahrbahn erhielt eine Durchbildung als orthotrope Platte. Die Hauptträger sind mit den Querträgern im Abstand von ca. 2,10 m verbunden. Die Querträger wurden auch im Kragarm- bzw. Gehwegbereich in gleichem Abstand weitergeführt. Hier wurde jedoch auf den Untergurt der Querträger verzichtet, um Verschmutzungen vorzubeugen. Die Längssteifen der orthotropen Platte wurden im Fahrbahnbereich als Trapez- und beim Gehweg als Flachstahlsteifen ausgebildet.

5 *Unterseite des Brückendecks*
© Dr. Schütz Ingenieure

2.2 Widerlager

Auf der Ostseite wurde die Widerlagerkonstruktion aufgelöst, um die Durchführung des verbreiterten Geh- und Radweges zu ermöglichen. Die Anbindung der unmittelbar angrenzenden Lindenschanze erfolgt über eine Treppenanlage und eine parallel verlaufende barrierefreie Rampe.
Auf dieser Seite liegt die tragfähige halbfeste bis feste Moränenschicht ca. 10–12 m unter Gelände. Es wurde deshalb eine Lastabtragung über Großbohrpfähle mit d = 1,00 m notwendig. Unter der Wandscheibe waren drei und unter dem Widerlager sechs Bohrpfähle erforderlich. Die Länge der Bohrpfähle variiert zwischen 13,00 m und 19,50 m.
Am Widerlager auf der Westseite mussten die Außenkanten des Bestandswiderlagers aufgenommen werden, um den ursprünglichen Verlauf der historischen Sternenschanze und damit deren Erscheinungsbild nicht zu beeinträchtigen. Im Anschluss an das Widerlager war noch eine ca. 38 m lange Stützwand mit Aussichtsbalkon herzustellen. Diese Stützwand in Verbindung mit der neuen Treppenanlage erhöht die Aufenthaltsqualität auf der historischen Schanzenanlage.
Auf der Westseite war aufgrund der günstigeren geologischen Beschaffenheit eine Flachgründung möglich. Durch die Wiederverwendung des vorhandenen Fundamentes ließen sich die Kosten für Rückbau, Baugrube und Verbau (Gleisnähe) einsparen.

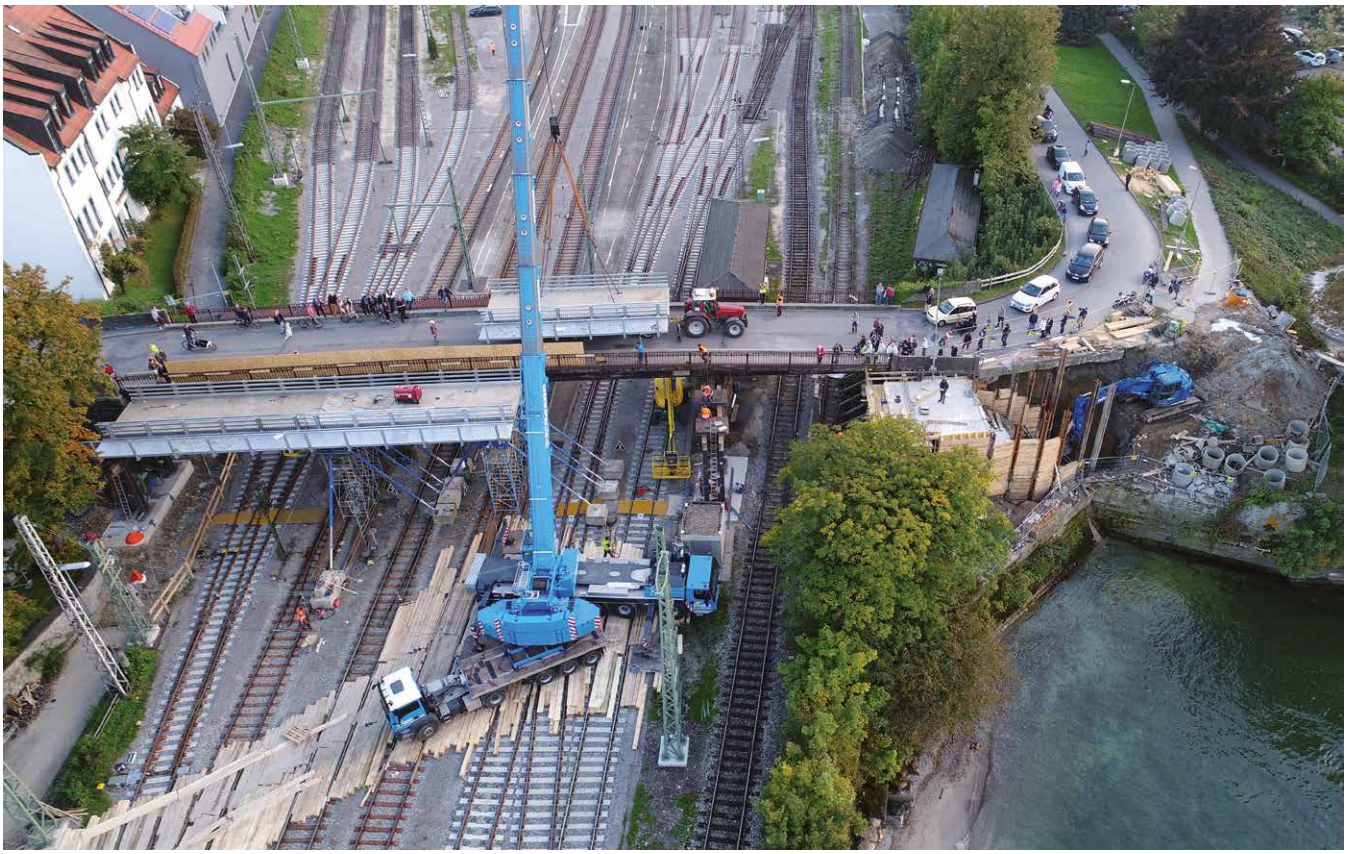
6 *Widerlager Ost mit Treppenanlage*
© Dr. Schütz Ingenieure

2.3 Pfeiler

Die Stahlbetondoppelpfeiler haben einen gemeinsamen Sockel und wurden geneigt ausgebildet. Entsprechend der Lastabtragung wurde der Pfeiler unter dem hohen Mittelträger mit größeren Querschnittsabmessungen ausgeführt. Die maximale Breite des Sockels beträgt 95 cm, die Breite am Pfeilerkopf ca. 60 cm.

Die Einschränkungen im Lichtraumprofil durch zu geringe Abstände zu den Gleisen wurden mit der Deutschen Bahn abgestimmt. Für den Pfeiler in Achse 20 waren eine unternehmensinterne Genehmigung der Deutschen Bahn und eine Zustimmung im Einzelfall des Eisenbahnbundesamtes erforderlich. Die Pfeiler sind auf Anprall infolge Schienenverkehrs bemessen.

7 *Pfeiler und Überbau noch ohne Gehweg*
© Dr. Schütz Ingenieure



8 *Montage der Behelfsbrücke*
© Dr. Schütz Ingenieure

Die bestehenden Pfahlkopfplatten wurden teilweise weiterverwendet. Es erfolgte eine Verstärkung der Gründung mit verpressten Mikropfählen. Aufgrund der Platzverhältnisse in den Gleisanlagen war eine Gründung mit Großbohrpfählen nicht möglich. Die teilweise Weiterverwendung der vorhandenen Pfahlkopfplatten ersparte deren Rückbau und die Anlage einer Baugrube. Resultierend aus der Gleisnähe, wären aufwendige Verbaumaßnahmen und Gleissicherungsmaßnahmen notwendig gewesen, die bei der gewählten Lösung entfallen konnten. Außerdem wurden so die erforderlichen Einschränkungen für den Bahnverkehr minimiert.
Angaben zur bestehenden Holzpfahlgründung lagen nicht vor, so dass sich deren Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit nicht beurteilen ließen. Die vorhandene Pfahlkopfplatte wurde deshalb auf die vollen Lasten ohne Mitwirkung der Holzpfähle verstärkt.

2.4 Lager und Übergangskonstruktion

Die Brücke lagert auf Kalotten- und Elastomerlagern. Auf den Pfeilern wurden Elastomerlager angeordnet, unter dem hohen Mittelträger befinden sich die querfesten Lager.
Am Widerlager West wurden Druck-Zug-Kalottenlager ausgebildet: Zugkräfte treten nur im Tragsicherheitsnachweis auf, ermüdungsrelevante Zugkräfte kommen nicht vor. Die Querfesthaltung wurde wiederum unter dem Mittelträger realisiert.
Am Widerlager Ost erfolgte ein monolithischer Anschluss des Stahlüberbaus an den Stahlbetonrahmen. Durch diese Lösung kann eine weitere Bauwerksfuge entfallen, und der zukünftige Unterhaltsaufwand wird minimiert.
Für die Übergangskonstruktion auf der Westseite ist eine einprofilige Übergangskonstruktion ausreichend, was die konstruktive Ausbildung vereinfacht. Es wurde eine wellenförmige Konstruktion gewählt, um den Lärmschutz zu verbessern.

3 Bauausführung

3.1 Behelfsbrücke

Zur Aufrechterhaltung des Straßenverkehrs wurde für die Bauzeit eine Behelfsbrücke aus vorgefertigten Systemelementen auf der Nordseite errichtet. Diese ermöglichte mit einer Fahrbahnbreite von 3,50 m und einer Gehwegbreite von 1,50 m die Überführung eines einbahnigen Straßenverkehrs, des Geh- und Radwegverkehrs, des ÖPNV und des Baustellenverkehrs. Aufgrund der zahlreiche Zwangspunkte im Gleisbereich, wie zum Beispiel Oberleitungsmasten und Stellwerk, und den Schanzenanlagen war die Gesamtlänge der Behelfsbrücke mit ca. 80 m länger als die des Ersatzneubaus. Die Positionierung war nur auf der Nordseite des Bestandes realisierbar, was noch die Anlage eines Behelfsbrückendamms im Anschlussbereich auf der Westseite bedingte.
Die Systembrücke wurde in einer Wochenendsperrpause mittels Kraneinsatzes hergestellt und in gleicher Weise wieder rückgebaut. Der Behelfsbrückendamm wurde als Trägerbohlwandverbau mit Verspannung der gegenüberliegenden Seiten ausgeführt.

9 *Fertiggestellte Behelfsbrücke, Restabbruch des Bestandsbauwerks*
© Dr. Schütz Ingenieure

3.2 Abbrucharbeiten

Das Bestandsbauwerk war eine Konstruktion aus genieteten Stahlträgern im Beton. Für den Abbruch wurde im Rahmen der Entwurfsplanung ein Konzept erarbeitet, das ein segmentweises Schneiden und Ausheben der Gesamtstruktur vorsah. Die dafür notwendigen Sperrzeiten wurden im Vorfeld mit der Deutschen Bahn abgestimmt.
Es war dem Auftragnehmer freigestellt, dieses Abbruchkonzept umzusetzen oder eine Alternative unter Berücksichtigung der abgestimmten Sperrzeiten zu planen. Innerhalb der Wochenendsperrpause wurde zwischen den vorhandenen Oberleitungen und dem Bestandsbauwerk ein Schutz- und Traggerüst eingebaut, und der Beton wurde durch Meiseln mit einem Kleinbagger von den Stahlträgern gelöst. Die Stahlträger wurden getrennt und ausgehoben.

3.3 Unterbauten

Auch die Widerlager mussten aufgrund der beengten Situation und der Nähe zur Behelfsbrücke in zwei Abschnitten errichtet werden. Erst nach Umverlegung des Verkehrs auf den neuen Brückenteil und nach Rückbau der Behelfsbrücke konnten auf der Ostseite der nördliche Flügel und die Treppenanlagen ausgeführt werden. Auf der Westseite gibt es im unmittelbaren Widerlagerbereich keine Treppenanlage, weshalb die Weiterführung des Gehweges über eine Kragplatte realisiert wurde.
Die neuen Pfeiler konnten ohne Arbeitsfuge hergestellt werden.
Die bestehenden Pfahlkopfplatten der Pfeiler wurden durchbohrt und mit jeweils 14 verpressten Mikrobohrpfählen mit d = 30 cm auf die volle Tragfähigkeit verstärkt. Die Lage der Mikropfähle wurde auf das in den Bestandsplänen eingetragene Holzpfahlraster angepasst. Im Zuge der Planung wurde außerdem vorauseilend ein gegebenenfalls notwendiger Versatz der Mikropfähle untersucht, um bei der Bauausführung kurzfristig reagieren zu können und nicht eine Überschreitung der Sperrpausen zu riskieren. Die Bestandsunterlagen und die darauf abgestimmte Planung waren jedoch so genau, dass bei der Herstellung der Mikropfähle kein Holzpfahl angebohrt wurde.
Die Errichtung der Pfeiler war, aufgrund der Geometrie und des hohen Bewehrungsgrades, mit besonderen Anforderungen an die Qualität des Schalungsbaus und an die Betonverarbeitung für die ausführende Firma verbunden. Als Schalhaut wurde eine saugende Schalungsplatte eingesetzt. Durch den Einsatz von Außen- und Innenrüttlern wurde eine nahezu lunkerfreie Betonoberfläche auch in den schrägen Ansichtsflächen erreicht.

3.4 Überbau

Der Stahlüberbau der Fahrbahn wurde in sechs Schüssen vorgefertigt. Es erfolgten ein Querstoß und zwei Stöße in Längsrichtung des Überbaus. Durch die Ausbildung nur eines Querstoßes wurde der Fertigungsaufwand, insbesondere die Montagezeit auf der Baustelle, minimiert. Die Lage des Stoßes erforderte aber zusätzliche Ermüdungsnachweise, da der Stoß, entgegen der ursprünglichen Planung, nun in Feldmitte der Querträger liegt und damit eine höhere Ermüdungsbeanspruchung erhält. Letztlich konnte dem Änderungswunsch des Auftragnehmers zugestimmt werden, da die rechnerische Gesamtlebensdauer dadurch nicht herabgesetzt wurde.

Der auskragende Gehweg wurde in drei Segmenten hergestellt.

Die Vormontage der Fahrbahnsegmente erfolgte auf der Ostseite. Die ersten beiden Schüsse wurden auskragend ausgerichtet und verschweißt. Die Platzverhältnisse erlaubten auch die Vormontage der folgenden beiden Schüsse, ohne dass ein Längsverschub notwendig war.

Nachdem die vier Segmente vollständig verschweißt waren, schloss sich der erste von insgesamt zwei Längsverschüben in Hochlage an. Das Bild 11 zeigt den Zustand nach Beendigung des ersten Verschubtaktes und verdeutlicht die Schwierigkeiten aufgrund der beengten Platzverhältnisse.

Nach Beendigung des zweiten Verschubtaktes wurde der Überbau auf den endgültigen Lagern abgesetzt. Danach begann der vollständige Ausbau dieses Brückenteils: eine Maßnahme, die notwendig war, um den gesamten motorisierten Verkehr und den Fußgängerverkehr auf diesen Abschnitt umzulegen. Nachdem die Verkehrsführung über den neuen Brückenteil erfolgte, konnte die Behelfsbrücke rückgebaut werden. Erst dann war es realisierbar, die Kragelemente des Gehweges einzuheben und zu montieren. Um die Ausrichtung der Kragelemente zu ermöglichen, wurden lediglich im Zugbereich Stirnplattenstöße vorgesehen. Die Druckkraft wird über einen Kontaktstoß ohne mechanische Verbindungsmittel in den Untergurt des Hauptträgers eingeleitet.

10 *Vormontage des Stahlüberbaus: Schuss 1 und Schuss 2*
© Dr. Schütz Ingenieure

11 *Einschub des Überbaus: Schüsse 1–4*
© Dr. Schütz Ingenieure

3.5 Bauzeit

Mit Baubeginn im Juli 2017 begannen die Arbeiten an der Behelfsbrücke. Der Abbruch wurde im Oktober abgeschlossen, so dass 2017 noch die Fundamentherstellung vollendet werden konnte. Zeitgleich mit der Fertigung des Stahlbaus wurden Anfang 2018 auch die Unterbauten hergestellt. Im Mai 2018 erfolgte die Montage der ersten Stahlbauteile im Taktkeller, die Verkehrsumlegung auf den neuen Überbau ebenfalls nach Bauzeitenplan im Dezember 2018. Somit musste die Behelfsbrücke nur über einen Winter betrieben werden.

Die Montage der Gehwegelemente, die Fertigstellung des Bauwerks und die Errichtung der angrenzenden Stützmauern wurden dann bis Ende Juni 2019 durchgeführt.

Die Bauzeit des Ersatzneubaus einschließlich der erforderlichen Stützmauern ersteckte sich über 24 Monate.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Beginnend mit dem Wettbewerb 2015 wurde seitens des Bauherrn konsequent das Ziel verfolgt, ein gestalterisch hochwertiges, technisch zuverlässiges und wirtschaftliches Bauwerk zu realisieren. Gleichzeitig waren die Anforderungen an Bauabwicklung, Natur- und Denkmalschutz ein wesentlicher Bestandteil der Entwurfsfindung, Planung und Bauausführung.

Die Forderung des Kreuzungspartners Deutsche Bahn, die Anhebung der Unterkante um ca. 1,00 m, hat außerdem den Entwurf wesentlich beeinflusst.

Die innerstädtische Lage stellte alle Beteiligten vor große Herausforderungen. Eine solche Baumaßnahme verlangte von allen Planungsbeteiligten ein hohes Maß an Engagement und Kompromissbereitschaft. Nicht zuletzt benötigt es aber auch eine qualifizierte Baufirma, die gewillt ist, sich den Herausforderungen zu stellen.

12 *Fertiggestelltes Bauwerk in Blickrichtung Norden*
© Dr. Schütz Ingenieure

Im Zuge des Ersatzneubaus der Thierschbrücke wurden auch die Außenanlagen an der Linden- und Sternenschanze aufgewertet. Durch die Neuordnung der Treppenanlagen wurden großzügige barrierefreie Aufenthaltsmöglichkeiten mit zahlreichen Sitzgelegenheiten geschaffen. Die Aufwertung der Sternenschanze ist ein Vorgriff auf die 2021 auf der hinteren Insel stattfindende Landesgartenschau.
Die Verkehrsanbindung wurde durch den Kreisverkehr auf der Ostseite wesentlich verbessert. Die Verbreiterung des Uferradweges unter dem Bauwerk beseitigte eine Engstelle im übergeordneten Radwegnetz.
Mit der neuen Thierschbrücke verfügen die Bewohner und die Besucher der Stadt Lindau über ein ästhetisches und abwechslungsreiches Bauwerk mit vielfältigen Blickbezügen auf die Stadt und den Bodensee. Die Stadt Lindau als Straßenbaulastträger hat im Juli 2019 eine sichere, langlebige und wartungsarme Konstruktion erhalten.

Autoren:
Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Pahl
Dipl.-Ing. Stefan Wilfer
Dr. Schütz Ingenieure,
Kempten

Bauherr
Stadt Lindau am Bodensee
DB Netz AG, Augsburg

Entwurf
Dr. Schütz Ingenieure
Beratende Ingenieure im Bauwesen PartG mbB, Kempten
Kolb Ripke Gesellschaft von Architekten GmbH, Berlin
Narr Rist Türk Landschaftsarchitekten, Marzling

Ausführungsplanung
Dr. Schütz Ingenieure
Beratende Ingenieure im Bauwesen PartG mbB, Kempten

Tragwerksplanung
Dr. Schütz Ingenieure
Beratende Ingenieure im Bauwesen PartG mbB, Kempten

Landschaftsplanung
Narr Rist Türk Landschaftsarchitekten, Marzling

Straßenplanung
Planungsbüro Bauen und Umwelt, Kempten

Prüfingenieur
Prof. Dr.-Ing. Hertle, Gräfelfing

Bauausführung
i+R Bau GmbH, Lauterach, Österreich
Raffl Stahlbau GmbH, Steinach, Österreich

13 *Impression »mit« Bodensee*
© Dr. Schütz Ingenieure