

Sachdarstellung:

1. Anlass

Der Friedrichsausteg über die Donau ist für den Fuß- und Radverkehr zwischen den Städten Neu-Ulm und Ulm seit der Fertigstellung im Jahr 1976 von großer Bedeutung.

Im Rahmen einer regulären Bauwerksprüfung nach DIN 1076 am 22. und 23.05.2023 wurden am Bauwerk zahlreiche Schäden festgestellt, u.a. Risse im Überbau im Bereich der Endquerträger. Bei Nachkontrollen wurden weitere dynamische Veränderungen des Rissbildes erkundet.

Infolge der Schadensfeststellungen wurde die Brücke für den Verkehr gesperrt. Mit der Beurteilung der Standsicherheit wurde die Konstruktionsgruppe Bauen AG aus Kempten (KB) beauftragt. Genauere Untersuchungen zu den Schäden und den Schadensursachen wurden schwerpunktmäßig vom Ingenieurbüro Schiessl/Gehlen/Sodeikat (IB SGS) aus München durchgeführt.

Von Seiten des IB SGS wurde festgestellt, dass korrosionsbedingt von der unteren Biegezugbewehrung im Endquerträger auf der Ulmer Seite nur noch ein Anteil von **im Mittel ca. 65 %** wirksam ist. Auf der Basis von KB - eigene statische Berechnungen unter Berücksichtigung dieser Schäden - wurden ab dem 28.06.2023 seitens der Stadt Neu-Ulm Maßnahmen in die Wege geleitet, die Brücke wieder für den Verkehr freizugeben. Wesentliche Bestandteile dieser Maßnahmen waren Notunterstützungen unter den Endquerträgern und lokale Teilsperren über den Endquerträgern.

Da es sich nur um temporäre Notmaßnahmen handelte, wurden KB-seitig Möglichkeiten untersucht, stark geschädigte Bereiche möglichst vor dem nächsten Winter zu sanieren. Als Grundlage dienten vorliegende Bestandsunterlagen, die Nachrechnung des Überbaus und weitere Untersuchungsergebnisse des IB SGS.

Mit der Umsetzung der KB-seitig geplanten Notinstandsetzung der Endquerträgerbereiche wurde am 05.10.2023 die Firma Karrié Bauwerkserhaltung GmbH aus Stuttgart beauftragt. Diese Maßnahme wurde im Februar 2024 abgeschlossen und der Friedrichsausteg wieder für den Fuß- und Radverkehr freigegeben.

Durch die Notinstandsetzung wird die Standsicherheit der Brücke vorübergehend wiederhergestellt. Da aufgrund von bereits in den Beton eingedrungenen Tausalzen (Chloride) von einer fortschreitenden Schädigung der Bewehrung ausgegangen werden muss, kann durch die Notinstandsetzung nur eine Verlängerung der Restnutzungsdauer des Bauwerks von ca. 5 Jahren erreicht werden.

Im Rahmen der vorliegenden Stellungnahme werden aktuelle Erkenntnisse zum Bauwerkszustand und zur Standsicherheit zusammengefasst. Aus den vorliegenden Erkenntnissen werden Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise abgeleitet.

2. Sachverhalt

2.1. Bauwerk und Bauwerkszustand

2.1.1. Bauwerk

Das Bauwerk besteht aus einem 3-feldrigen Spannbetonüberbau mit einer Länge von ca. 87,4 m (Stützweiten 27,05 m – 33,30 m – 27,05 m). Der Überbauquerschnitt ist trogförmig (siehe Abbildung 2) mit konstanter Querschnittshöhe (1,40 m) über die Länge. Durch die in Abbildung 1 erkennbare Krümmung des Überbaus in der Ansicht beträgt die Längsneigung des Überbaus bis zu 10 %. Die Längsspannglieder verlaufen in den Stegen. Spanngliedverankerungen befinden sich

ausschließlich an den Überbauenden (siehe Abbildungen 3 und 4). In Querrichtung ist der Überbau schlaff bewehrt. Der Überbau ist schwimmend auf Elastomerlagern gelagert. Bei den Widerlagern und Pfeilern handelt es sich um Stahlbetonkonstruktionen mit Flachgründung (teilweise mit Bodenaustausch unter dem Fundament).

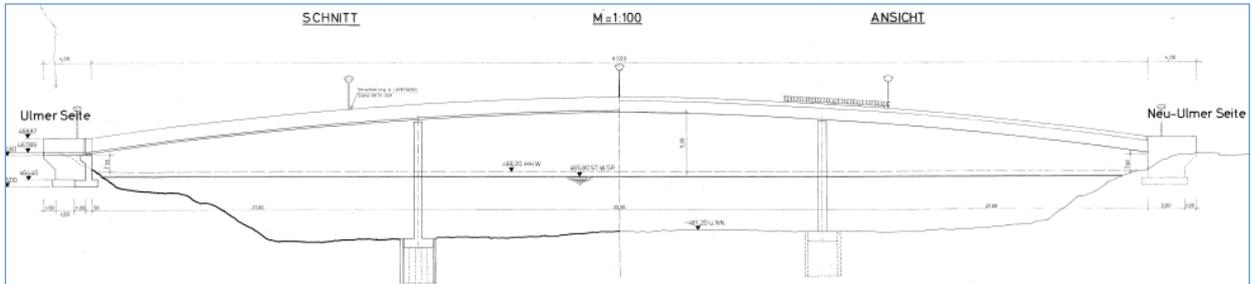


Abbildung 1: Friedrichsausteg in der Ansicht (Auszug aus Bauwerksplan vom 19.11.1974)

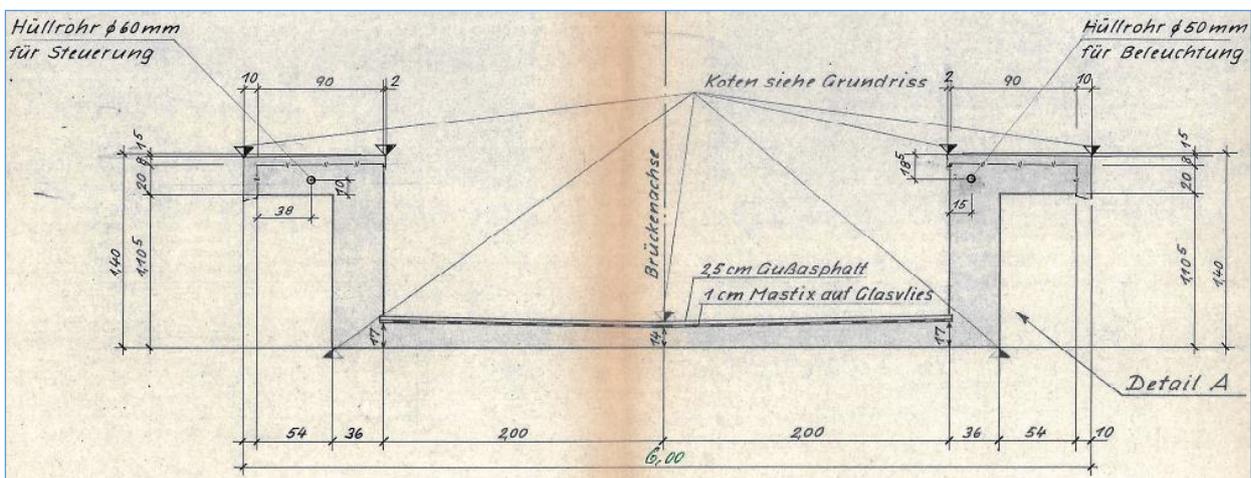


Abbildung 2: Überbauquerschnitt (Auszug aus Schalplan vom 25.02.1975)

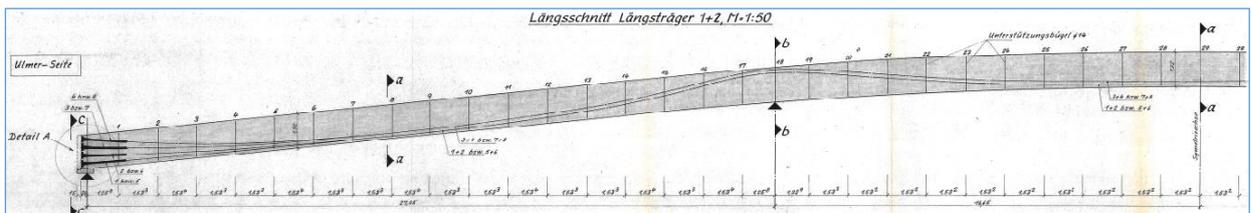


Abbildung 3: Längsvorspannung - Längsschnitt (Auszug aus Ausführungsplan vom 16.06.1975)

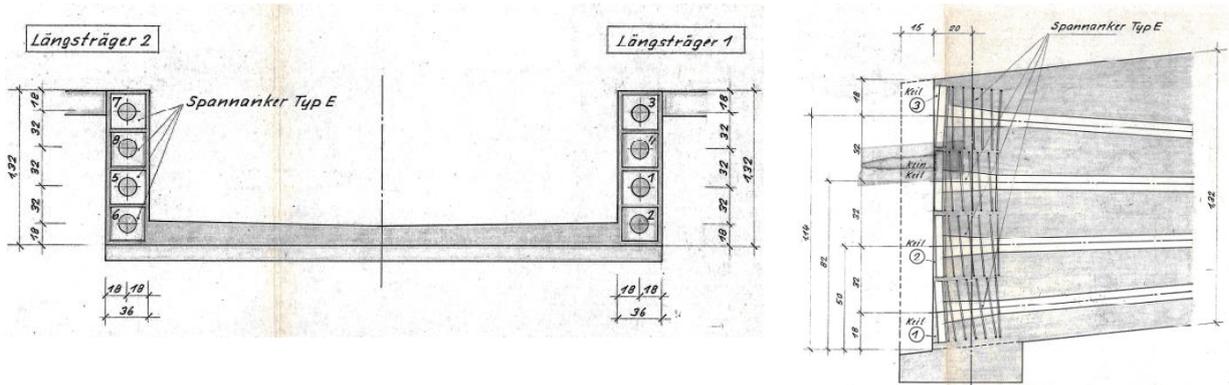


Abbildung 4: Längsvorspannung – Anordnung der Spannanker (Auszug aus Ausführungsplan vom 16.06.1975)

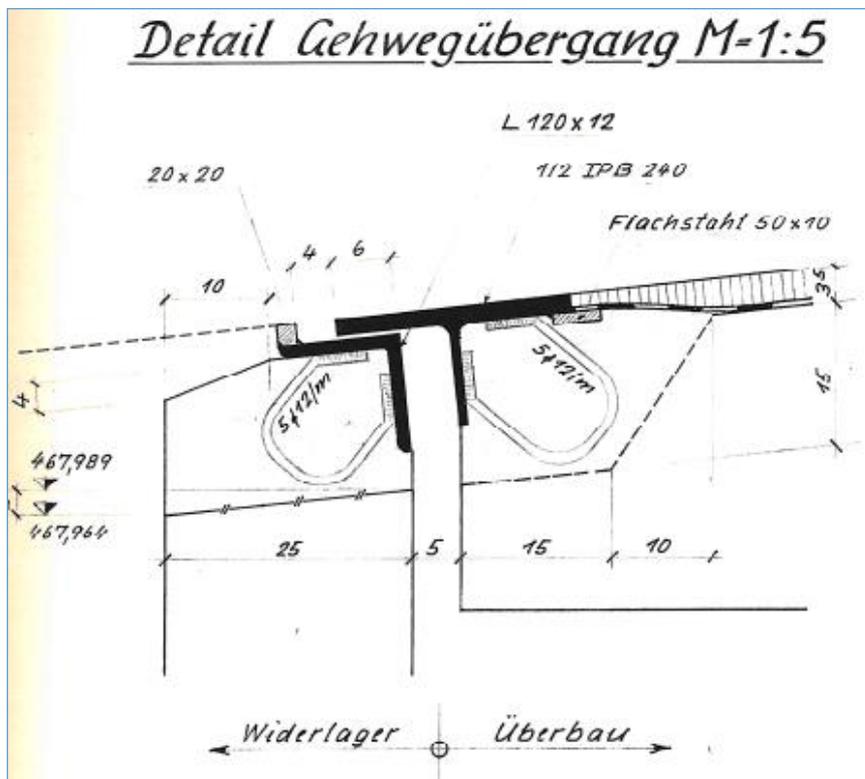


Abbildung 5: Gehwegübergang am Überbauende (Auszug aus Schalplan Unterbauten vom 26.02.1975)

Der planmäßig vorgesehene Fahrbahnübergang ist in Abbildung 5 erkennbar. Es handelt sich um **keine wasserdichte Konstruktion**.

2.1.2. Bauwerkszustand

Bereits bei früheren Bauwerksuntersuchungen wurden verschiedene Schäden festgestellt. Im Oktober 2022 wurden oberseitige Instandsetzungsarbeiten durchgeführt. Hierzu liegt eine Fotodokumentation vor (Fotodokumentation vom 17.10.2022).

Am 31.05.2023 ergab sich für den Verfasser dieser Stellungnahme die Gelegenheit, das Bauwerk zusammen mit einem IB SGS-Mitarbeiter zu inspizieren.

Als besonders kritische Bereiche wurden die Endquerträgerbereiche identifiziert.

In der IB SGS-Stellungnahme vom 14.07.2023 sind die Ergebnisse von Untersuchungen an den Endquerträgerunterseiten zusammengefasst. Wesentliche Ergebnisse wurden der KB bereits am 28.06.2023 mündlich mitgeteilt und sofort hinsichtlich der Standsicherheit ausgewertet.



Abbildung 6: Endquerträger Seite Ulm mit Notunterstützungen (KB-Foto vom 21.07.2023)



Abbildung 7: Endquerträger Seite Neu-Ulm mit Notunterstützungen (KB-Foto vom 21.07.2023)

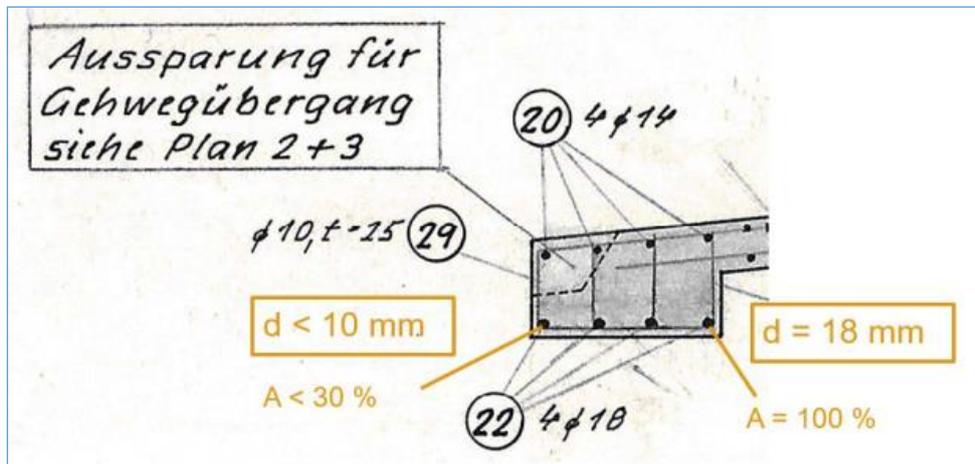


Abbildung 8: Querschnitt Endquerträger Seite Ulm mit Angabe zu Restquerschnittsflächen der korrodierten Bewehrung (= Bild 16 aus IB SGS-Bericht vom 14.07.2023)

Weitere, oberseitige IB SGS-Untersuchungen wurden in deren Stellungnahme vom 06.12.2023 zusammengefasst. Demnach ist in dem untersuchten Stützbereich (Trogbodenplatte über dem Pfeiler auf der Ulmer Seite) davon auszugehen, dass in spätestens 5 Jahren so große Querschnittsverluste an der Plattenbewehrung auftreten, dass die Standsicherheit neu zu bewerten ist.

Aufgrund der erhöhten Chloridkonzentrationen im Beton wäre eine vollständige Erneuerung des Belags und der Abdichtung für eine dauerhafte Instandsetzung nicht ausreichend. Notwendig wäre der Ersatz des chloridhaltigen Betons. Dies ist bei der vorgespannten Konstruktion mit dünnen Bauteilabmessungen nicht ohne Weiteres möglich (siehe Trogbodenplatte mit $14 \text{ cm} \leq h \leq 17 \text{ cm}$).

Weitere problematische Bauwerksbereiche sind:

- Brückenabläufe/Tropftüllen in der Trogbodenplatte + unterläufige Abdichtung (vgl. Abb. 9):
Es ist davon auszugehen, dass die Bewehrung direkt neben den Abläufen / Tropftüllen korrosionsbedingt geschädigt ist und durch erhöhte Chloridkonzentrationen im Beton dort selbst nach der 2022-Teilsanierung weitere Schäden auftreten werden.
Mögliche Ursachen:
 - Unterläufige Abdichtung: Wasser dringt in den Zwischenraum zwischen Ablaufrohr und Beton ein
 - Zu kurzes Ablaufrohr: Bei Wind und Regen gelangt chloridhaltiges Wasser an den Beton neben Ablaufrohr/Tropftülle
- Widerlagerwände + Auflagerbank (vgl. Abb. 10):
Durch die undichten Übergangskonstruktionen sind erhebliche Chlorideintragungen nicht nur an den Endquerträgern, sondern auch an den Widerlagerwänden/Auflagerbänken entstanden. In den Widerlagerwänden gibt es zahlreiche größere Hohlstellen, Risse und sichtbare Korrosionsschäden an Bewehrungselementen mit geringer Betondeckung.
- Pfeiler (vgl. Abb. 11):
Insbesondere an dem Pfeiler auf der Ulmer Seite sind größere Hohlstellen, Abplatzungen und Risse vorhanden. Die freiliegende, korrodierte Bewehrung verdeutlicht die teilweise sehr geringe Betondeckung.



Datum: 12.10.2022, Uhrzeit 12:15

Abbildung 9: Links: Brückenablauf von oben (aus Fotodokumentation vom 17.10.2022 zur oberseitigen Teilsanierung); Rechts: Brückenablauf von unten (Foto vom 31.05.2023) mit Schad- / Hohlstellen im benachbarten Beton



Abbildung 10: Widerlager Seite Neu-Ulm (Foto vom 21.07.2023):
Schäden an der WL-Wand: Bewehrungskorrosion, Risse, größere Hohlstellen, Aussinterungen



Abbildung 11: Links: Pfeilerkopf Seite Ulm mit größerer Abplatzung und freiliegender Bewehrung (Foto vom 31.05.2023);
Rechts: Pfeiler Seite Ulm: freiliegende, korrodierte Bewehrung, Risse, Hohlstellen

2.2. Betrachtungen zur Standsicherheit inkl. Notinstandsetzung

Rechnerische Nachweise wurden ausschließlich für den Überbau geführt. Ein verwendetes Rechenmodell ist in Abbildung 12 erkennbar.

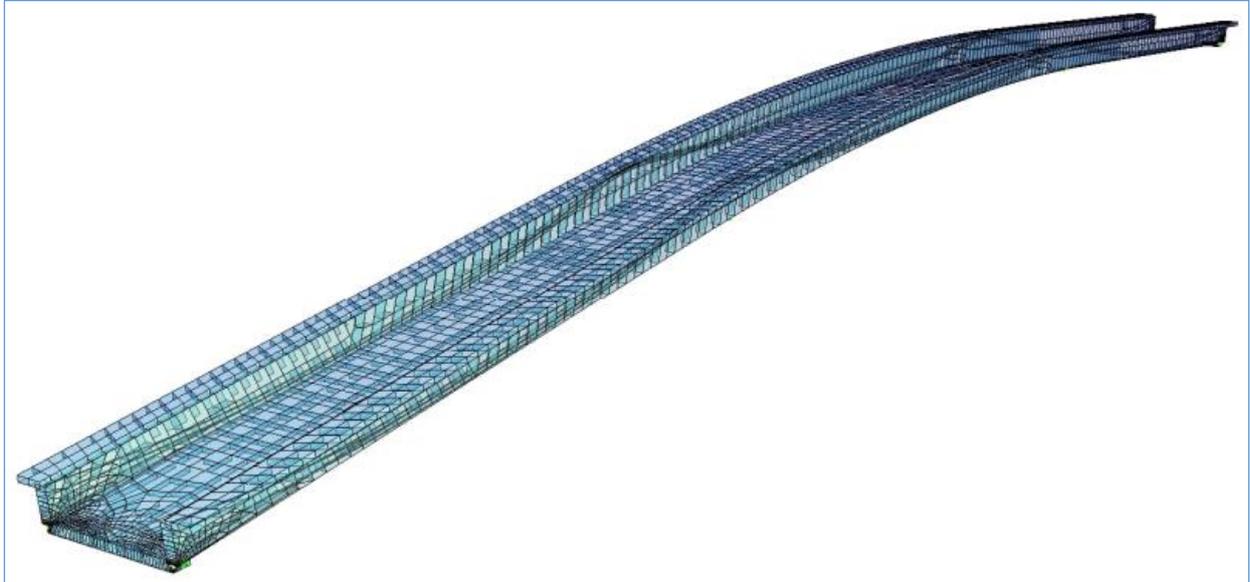


Abbildung 12: Rechenmodell Überbau (Faltwerk)

Für die Endquerträger ergeben sich im ursprünglichen Zustand statische Beanspruchungen aus folgenden Einwirkungen:

- Eigengewicht (Konstruktion + Ausbau)
- Längsvorspannung:

Wie in Abbildung 13 schematisch angedeutet, ergeben sich durch die punktuelle Einleitung der Vorspannkraft Zugbeanspruchungen am Überbauende in Querrichtung – also in den Endquerträgern

- Verkehrslast (Annahme für Nachrechnung: Charakteristischer Wert der Flächenlast $5,0 \text{ kN/m}^2$)

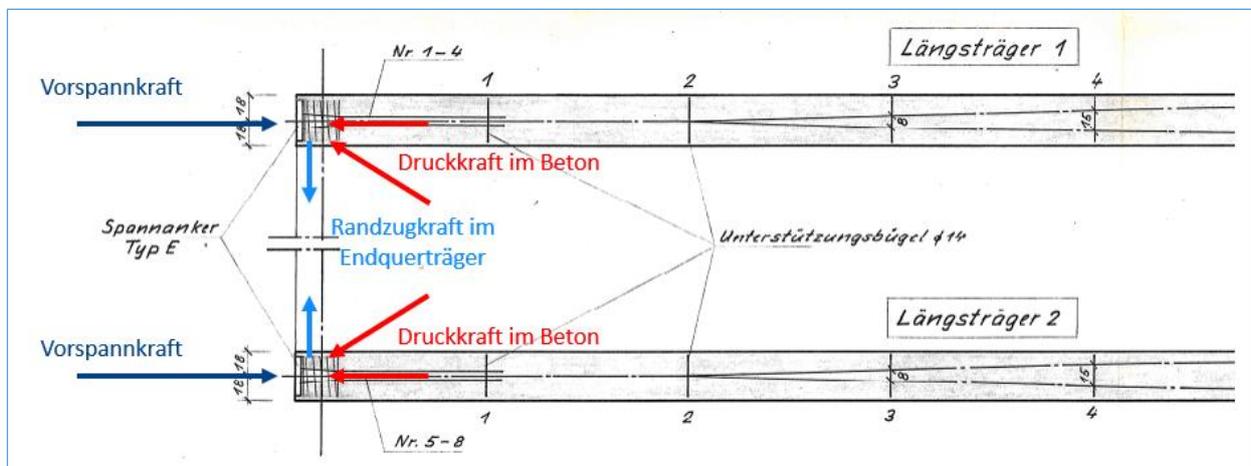


Abbildung 13: Draufsicht Überbauende: Durch die Ausbreitung der Vorspannkraft ergeben sich im EQT Zugbeanspruchungen (hier: schematische Darstellung des Kraftflusses)

Die geführten Nachweise zu den Endquerträgern machen deutlich, dass bereits die ursprünglich vorgesehene Bewehrung an der Unterseite der Endquerträger ohne Korrosionsschäden – **aus heutiger Sicht** – unzureichend bemessen war (vgl. Abb. 14). Dies zeigen auch die in Abbildung 15 erkennbaren, vergleichsweise stark ausgeprägten Risse im Endquerträger und in der Trogbodenplatte. Die Aussinterungen aus den gekennzeichneten Rissen verdeutlichen, dass es sich um alte Risse handelt.

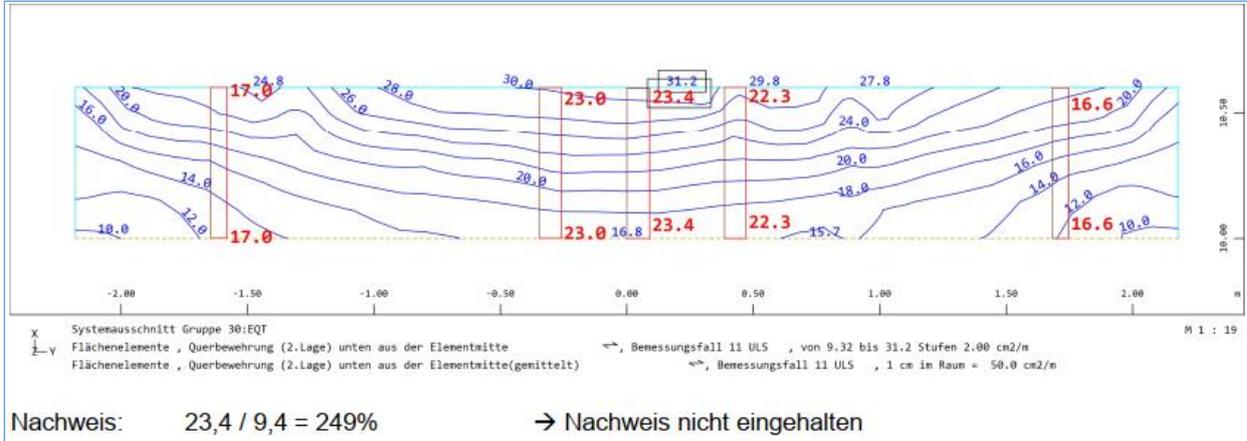


Abbildung 14: Erforderliche GZT-Bewehrungsmenge an der Unterseite der Endquerträger in Brückenquerrichtung ohne Instandsetzung / Verstärkung (ursprünglich vorhandene Bewehrungsmenge: 17,0 cm²/m; verbleibende Querschnittsfläche mit IB SGS-Schadensprognose bis 2028: 9,4 cm²/m) (hier: Auszug aus KB-Statik-Dokument [5].)

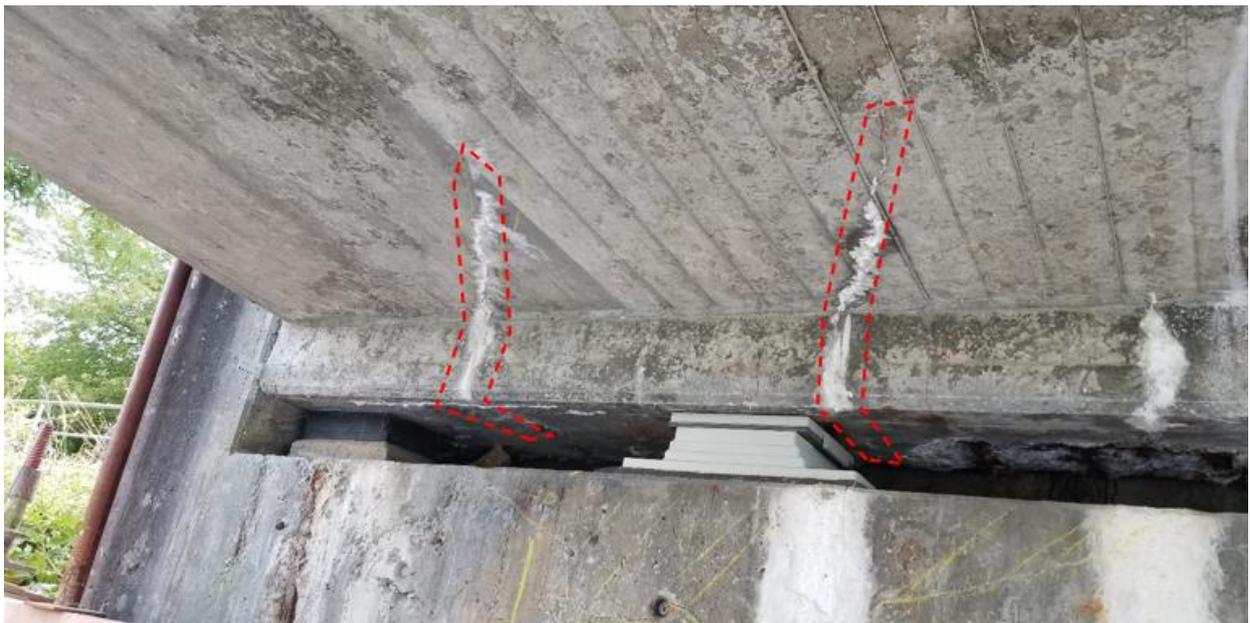


Abbildung 15: Risse infolge der Randzugkraft, die beim Anspannen der Längsspannglieder am Überbauende entsteht (in „Rot“: exemplarische Risskennzeichnung)

Unter Berücksichtigung der vom IB SGS ermittelten und prognostizierten Schäden ergeben sich für die untere Bewehrung des Endquerträgers in Brückenquerrichtung folgende, rechnerische GZT-Ausnutzungen:

- 2023: $\eta = 23,4 / (0,65 \times 17,0) = 212\%$
- 2028: $\eta = 23,4 / (0,65 \times 0,85 \times 17,0) = 249\%$

Auf der Basis der Nachrechnung des kompletten Überbaus wurde KB-seitig eine Instandsetzung der Endquerträgerbereiche konzipiert, die vergleichsweise rasch umsetzbar ist. Wesentliche Elemente dieser Maßnahme sind:

- Anordnung von Querspanngliedern zur Aufnahme der in Abb. 13 angedeuteten Randzugkräfte:
Randzugkräfte:
Je Endquerträgerbereich befindet sich ein Spannglied über und ein Spannglied unter der Trogbodenplatte. Die beiden Spannglieder werden über Stahltraversen gekoppelt (vgl. Abbildung 16 und 17). Die Lasteinleitung in den Überbau erfolgt über ein Mörtelbett zwischen Stahltraverse und Trogbodenplatte.
- Ergänzung von Bewehrungselementen an der EQT-Unterseite:
Die Notwendigkeit ergibt sich aus Abb. 18: Eine alleinige Quervorspannung wäre angesichts der vorhandenen Schäden nicht ausreichend.
- Aufbetonschicht + Anpassung der Kammerwand + Einbau einer neuen Dehnfuge:
Durch die Aufbetonschicht stellen die oben liegenden Querspannglieder kein Hindernis für Verkehrsteilnehmer dar. Die Kammerwand muss entsprechend erhöht werden. Die neue Dehnfuge soll den Wasserzutritt vom Überbau auf die Auflagerbank einschränken / unterbinden.

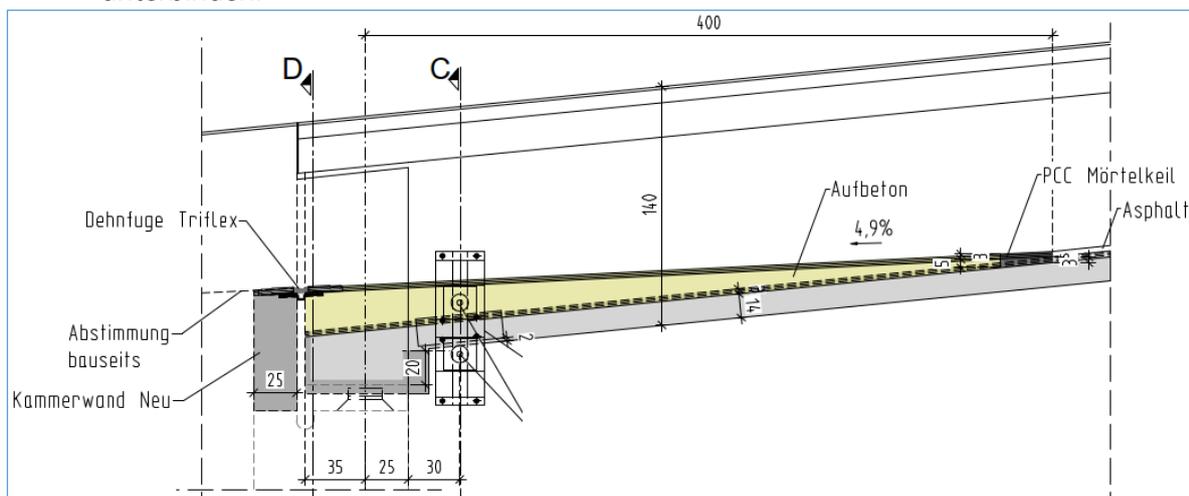


Abbildung 16: Ansicht / Längsschnitt durch Endquerträger (hier: Auszug aus Plan 2 zur Instandsetzung der EQT-Bereiche)

2.3. Zusammenfassung und Empfehlungen

Der Friedrichsausteg weist erhebliche, standsicherheitsrelevante Schäden auf. Partiiell konnte durch eine Notinstandsetzungsmaßnahme – dies betrifft die Endquerträgerbereiche – das normativ geforderte Standsicherheitsniveau wieder erreicht werden.

Es gibt im Überbau jedoch Bereiche (z.B. über den Pfeilern und in Teilbereichen der Endquerträger), **die nicht mit vertretbarem Aufwand instandgesetzt werden können**. Der wesentliche Grund besteht darin, dass für eine dauerhafte Sanierung chloridhaltiger Beton ersetzt werden müsste und dies aufgrund der Vorspannung bzw. hohen Längsdruckbeanspruchungen und dünnen Bauteilabmessungen (mittlere Dicke der Trogbodenplatte 15,5 cm) höchst problematisch wäre. Um den Aufwand für weitere Instandsetzungen zu minimieren, sollte der Ersatzneubau in Anbetracht der vorhandenen Schäden schnellstmöglich, bis spätestens 2028 realisiert werden. Von einer Teilerneuerung ist abzuraten, da auch die Unterbauten erhebliche Schäden aufweisen und während der Bauzeit (Rückbau Bestandsüberbau, Sanierung Unterbauten, Neubau Überbau) eine Behelfsbrücke notwendig wäre.

Der Friedrichsausteg hat darüber hinaus weitere konstruktive Defizite, die den heutigen technischen Anforderungen nicht im ausreichenden Maße würdigen. Beispielsweise seien hier die vorhandene maximale Längsneigung von >10% der Brücke, (zulässig sind 6%), und die Brückenbreite von lediglich 4 m, die den verkehrlichen Ansprüchen nicht mehr genügen, zu nennen.

Für den Neubau kann ggf. eine Förderung beantragt werden. Dies muss in einem der nächsten Schritte durch die Verwaltung geprüft werden.

Bis zur Realisierung des Ersatzneubaus sind kritische Bauwerksbereiche ab einschließlich 2025 u.a. mit Hilfe eines geeigneten Brückenuntersichtgerätes mindestens einmal im Jahr zu inspizieren. Kritisch ist die Trogbodenplatte (z.B. im Bereich der Pfeiler und im Bereich von Abläufen) sowie der Pfeilerkopf auf der Ulmer Seite und die Widerlagerwände / Auflagerbänke. Bei standsicherheitsrelevanten Veränderungen ist umgehend ein Tragwerksplaner einzuschalten.

2.4. Ausblick

- Abstimmung mit dem Ulmer Kollegen über das weitere Verfahren zum Ersatzneubau des Friedrichsausteges (1. - 2. Quartal 2024)
- Planungsvereinbarung und Baudurchführungsvereinbarung 2024 (Beschluss im gemeinsamen Stadtrat / Gemeinderat Juni 2024)
- Planungswettbewerb 2024 / 2025
- Planung der neuen Brücke 2025 – 2027
- Baubeginn nach der Fertigstellung der Gänstorbrücke ab 2028

Dies bildet einen ersten groben Überblick über die anstehenden Verfahrensschritte ab und wird sukzessive fortgeschrieben und verfeinert.

3. Alternativen

Die Brücke wird maximal 5 Jahre genutzt und anschließend für den Verkehr gesperrt.