

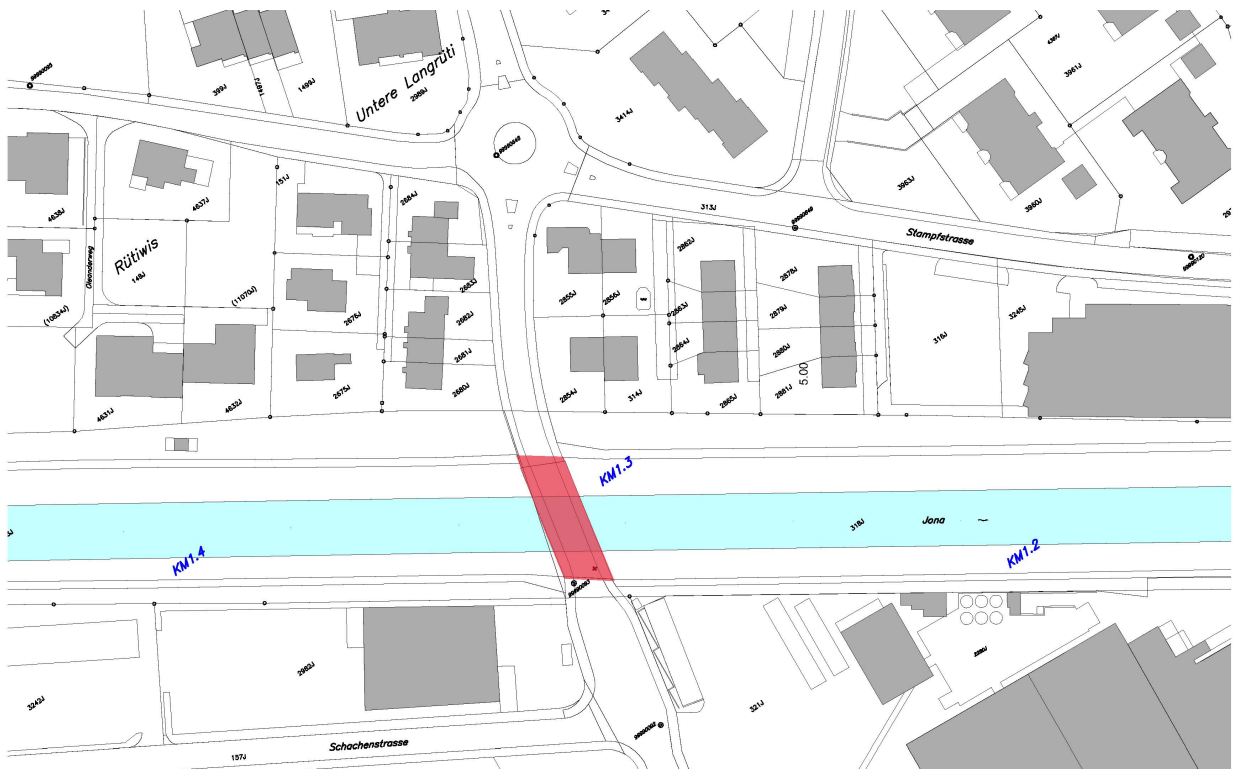
Auftragsbezeichnung

Vorstudie

Brücke Feldliststrasse

Zustandsüberprüfung

Technischer Bericht



Rapperswil/Wetzikon
Zürich/Horgen
Silvaplana
Scuol
Davos
St.Moritz
Chur

www.caprez-ing.ch

Inhaltsverzeichnis

Revisionen	3
Zusammenfassung	4
1 Ausgangslage	5
1.1 Auftrag.....	5
1.2 Objektbeschreibung	5
1.3 Grundlagen.....	6
2 Zustandserfassung	7
2.1 Durchgeführte Untersuchungen	7
2.2 Visuelle Zustandserfassung	8
2.2.1 Brückenoberseite.....	8
2.2.1.1 Trottoir Ost	8
2.2.1.2 Trottoir West.....	12
2.2.1.3 Fahrbahn.....	15
2.2.2 Brückenunterseite.....	19
2.2.2.1 Brückenunterseite	19
2.2.2.2 Widerlager Süd.....	21
2.2.2.3 Widerlager Nord	23
2.3 Materialtechnologische Untersuchungen.....	25
2.3.1 Zusammenfassung der Ergebnisse aus den materialtechnologischen Untersuchungen	25
2.3.1.1 Oberseite Brückenplatte	25
2.3.1.2 Konsolkopf, Unterseite Kragplatte und Unterseite Brückenplatte	25
2.3.1.3 Längsträger	26
2.3.1.4 Widerlager	26
3 Statische Überprüfung	26
3.1 Beschreibung	26
3.1.1 Fahrbahnplatte	26
3.1.2 Längsträger	27
3.2 Berechnung	28
3.3 Resultate	30
3.3.1 Querrichtung.....	30
3.3.2 Längsrichtung	31
4 Zustandsbeurteilung.....	32
4.1 Allgemeines.....	32
4.2 Bewertung der Bauteile	32
4.2.1 Übersicht	32
4.2.2 Trottoir Ost/West	33
4.2.4 Fahrbahn	33
4.2.5 Kragplatten und Unterseite der Fahrbahnplatte.....	33
4.2.6 Längsträger	33
4.2.7 Feste Lager	34
4.2.8 Widerlager und Querträger Süd/Nord	34
5 Schlussfolgerungen.....	34

Revisionen

Revisionsdatum	Kapitel	Revisionsbeschreibung	Wer
19.02.2019	Alle	Ergänzungen gemäss den Erkenntnissen aus den materialtechnologischen Untersuchungen	mp
10.05.2019	Alle	Ergänzungen gemäss den Anmerkungen der Bauherrschaftsvertretende	mp

Zusammenfassung

Die Brücke Feldlistrasse wurde im Jahre 1960 erstellt und führt über den Fluss Jona. Es handelt sich um eine Stahlbetonbrücke. Die schlaff armierte Fahrbahnplatte ist auf sechs Längsträgern, welche vorgespannt sind, aufgelegt. Die Brücke ist im Norden auf festen Stahllagern und im Süden auf beweglichen Betonpendeln gelagert.

Das Tragwerk entspricht einem einfachen Balken und hat eine Spannweite von 20.00 m. Die Fahrbahnplatte hat eine Breite von 10.36 m und ist östlich und westlich auskragend.

Statische Überprüfung

Die Nachweise der Tragsicherheit (Biegung und Querkraft) können für die Krag- und Brückenplatte im Betriebszustand erfüllt werden. Im Bauphasenzustand sowie im aussergewöhnlichen Zustand (befahren der Kragplatte) muss die befahrbare Trottoirfläche beschränkt werden, damit die Tragsicherheitsnachweise der Krag- und Brückenplatte erfüllt werden können.

Die Tragsicherheitsnachweise (Biegung und Querkraft) sind für die Längsträger im Betriebszustand bzw. im aussergewöhnlichen Zustand erbracht. Im Falle des Bauphasenzustands ist damit zu rechnen, dass die befahrbare Trottoirfläche beschränkt werden muss, damit die Tragsicherheitsnachweise der Längsträger erfüllt werden können.

Zustandsbeurteilung

Der stark teerhaltige Fahrbahnbelag sowie der Belag in den Trottoirbereichen sind in schadhaftem Zustand.

Die Konsolköpfe weisen Betonabplatzungen, Rissstellen sowie Kalkaussinterungen auf und befinden sich in schlechtem Zustand.

Auf den Kragplatten sowie auf der Unterseite der Fahrbahnplatte sind Abplatzungen, Kalkaussinterungen sowie Bereiche mit lokal starker Bewehrungskorrosion ersichtlich.

Auf den beiden Aussenträgern sind Bereiche mit Fliessspuren, Kalkablagerungen, Rostspuren und Abplatzungen erkennbar. In diesen Bereichen sind, infolge des Chlorideintrags, signifikant korrodierte Bewehrungsseisen bzw. Hüllrohre und Spanndrähte festgestellt worden. Der Chloridgehalt im Injektionsgut bzw. im Beton der Aussenträger liegt ein Vielfaches über dem Grenzwert.

Die Widerlagerwände sowie die Querträger weisen grossflächige Feuchtstellen und Kalkaussinterungen auf. Zudem sind Abplatzungen sowie korrodierte Bewehrung und Risse auf den Oberflächen der Widerlagerwände bzw. der Querträger ersichtlich.

Die Dehnfugen zwischen den Querträgern und Kammerwände sind mit den Kalkablagerungen verstopft.

Die festen Lager sind stark korrodiert. Andererseits sind die beweglichen Lager eher in einem annehmbaren Zustand.

Schlussfolgerung

Gemäss den Angaben aus den statischen Überprüfungen bzw. aus den visuellen und materialtechnologischen Untersuchungen sind Massnahmen zur Verbesserung des Zustands der Brücke Feldlistrasse notwendig. Diese Instandsetzungsmassnahmen, sprich die Sanierung der Brücke, werden unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Hochwasserschutzes erarbeitet und in einem separaten Bericht beschrieben. Zudem wird der Bau einer neuen Brücke als die zweite Lösungsvariante erarbeitet und, in Bezug auf die Kosten, Nutzungsdauer und Hochwassersicherheit, mit der Sanierungsvariante verglichen.

1 Ausgangslage

1.1 Auftrag

Die Stadt Rapperswil – Jona erteilte dem Ingenieurunternehmen Caprez Ingenieure AG den Auftrag für die Zustandsuntersuchung und die Beurteilung des Hochwasserschutzes der Brücke Feldlistrasse in Jona.

Die Zustandserfassung der Brücke Feldlistrasse erfolgt mittels Bauwerksuntersuchungen und einer statischen Überprüfung.

Zusätzlich wird der Hochwasserschutz (HQ 100) der Brücke beurteilt (siehe Bericht hydraulische Überprüfung IST).

Die aus der Zustandserfassung resultierenden Angaben sind mit den Ergebnissen des Hochwasserschutzes zu kombinieren. Daraus werden zwei Lösungsvarianten (Sanierung der bestehenden Brücke bzw. Bau einer neuen Brücke) sowie deren Vergleich, in Bezug auf die Kosten, Nutzungsdauer und Hochwassersicherheit, erarbeitet. Die Ergebnisse werden in einem separaten Bericht beschrieben.

1.2 Objektbeschreibung

Die Brücke Feldlistrasse wurde im Jahre 1960 erstellt und führt über den Fluss Jona. Es handelt sich um eine Stahlbetonbrücke. Die schlaff armierte Fahrbahnplatte ist auf sechs vorgespannten Längsträgern aufgelegt. In Brückenmitte sind zwischen den Längsträgern Stahlbetonquerträger ausgebildet. Die Längsträger sind mittels Verbundbügel mit der Fahrbahnplatte verbunden.

Die Brücke ist im Norden (linkes Widerlager) auf festen Stahllagern und im Süden (rechtes Widerlager) auf beweglichen Betonpendeln gelagert.

Das Tragwerk entspricht einem einfachen Balken und hat eine Spannweite von 20.00 m. Die Fahrbahn ist 6.00 m breit und hat westlich und östlich einen angrenzenden Gehweg von je einer Breite von 2.00 m. Die beiden Konsolköpfe messen 0.18 m. Daraus ergibt sich eine Gesamtbreite von 10.36 m.

Die Längsträger sind leicht voutenförmig ausgebildet und haben eine Höhe von 0.70 m bis 0.80 m. Die Flanschbreite beträgt 0.45 m.

Die Fahrbahnplatte hat eine variable Höhe von 0.14 m bis 0.25 m. Die beiden Kragplatten haben eine Höhe von 0.15 m und sind abgewinkelt.

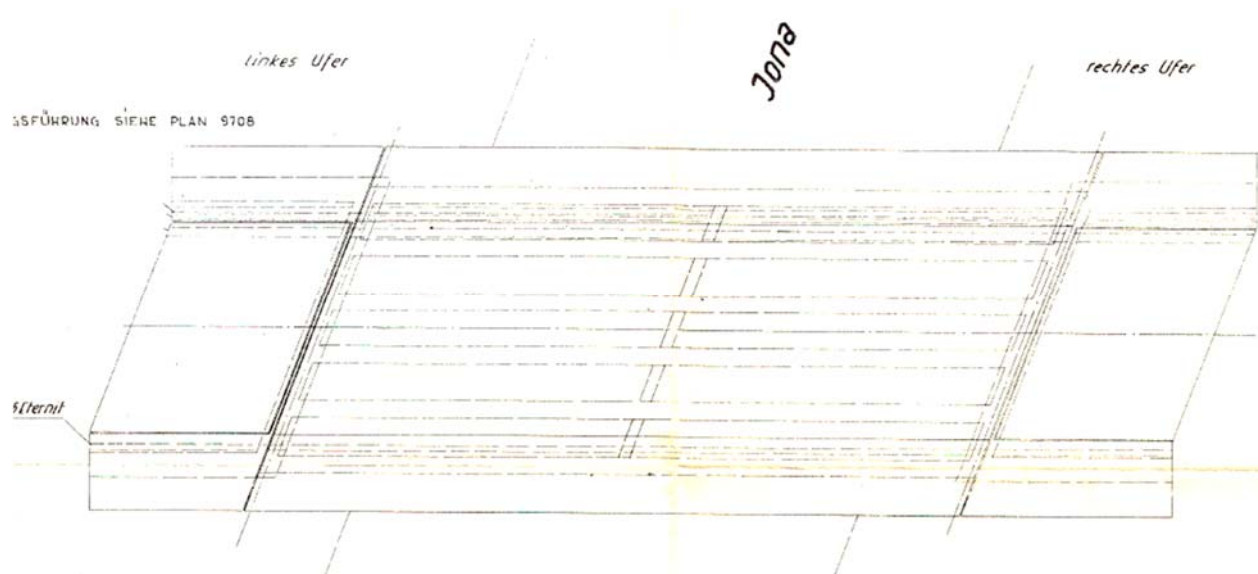


Abbildung 1: Grundriss Brücke



Normen / Merkblätter

SIA 269/2 (2011) Erhaltung von Tragwerken – Betonbau

Richtlinien / Dokumente

Richtlinie / Handbücher des TBA SG

Fachhandbücher ASTRA

Bauwerksunterlagen

Archivpläne (1960)

Fotoaufnahmen (2017)

Vermessung (2001, 2011, 2012)

Bachelorarbeit, Herr Philipp Giger, HSR, 18.06.2018

Datenblatt Kunstbauten, 14.03.2006

Verbindungsleitung ARA Rapperswil – ARA Jona, Huber + Partner AG, 18.05.1995

DTV-RaJo, Ernst Basler + Partner, 2013

Studie zum Ausbau der Jona, Niederer + Pozzi AG, 02.07.2013

Begehung Brücke Feldlistrasse

Begehung vom 01.06.2018

Materialtechnologische Untersuchungen

Prüf- und Beurteilungsbericht D3506 von Tecnotest AG, vom Februar 2019

2 Zustandserfassung**2.1 Durchgeführte Untersuchungen****Visuelle Überprüfung**

Die Brücke Feldlistrasse wurde im Juni 2018 von Caprez Ingenieure visuell inspiziert. Sichtbare Schäden wie Betonabplatzungen, freiliegende oder korrodierte Bewehrung, Nassstellen, Risse usw. wurden aufgenommen und sind in den nächsten Kapiteln dokumentiert.

Materialtechnologische Untersuchung

Im Rahmen der detaillierten Zustandsuntersuchung wurden materialtechnologische Untersuchungen an der Brücke Feldlistrasse durchgeführt. Für die Untersuchungen wurde die Tecnotest AG beauftragt.

2.2 Visuelle Zustandserfassung

2.2.1 Brückenoberseite

Folgende Abbildung zeigt die Fotostandorte.

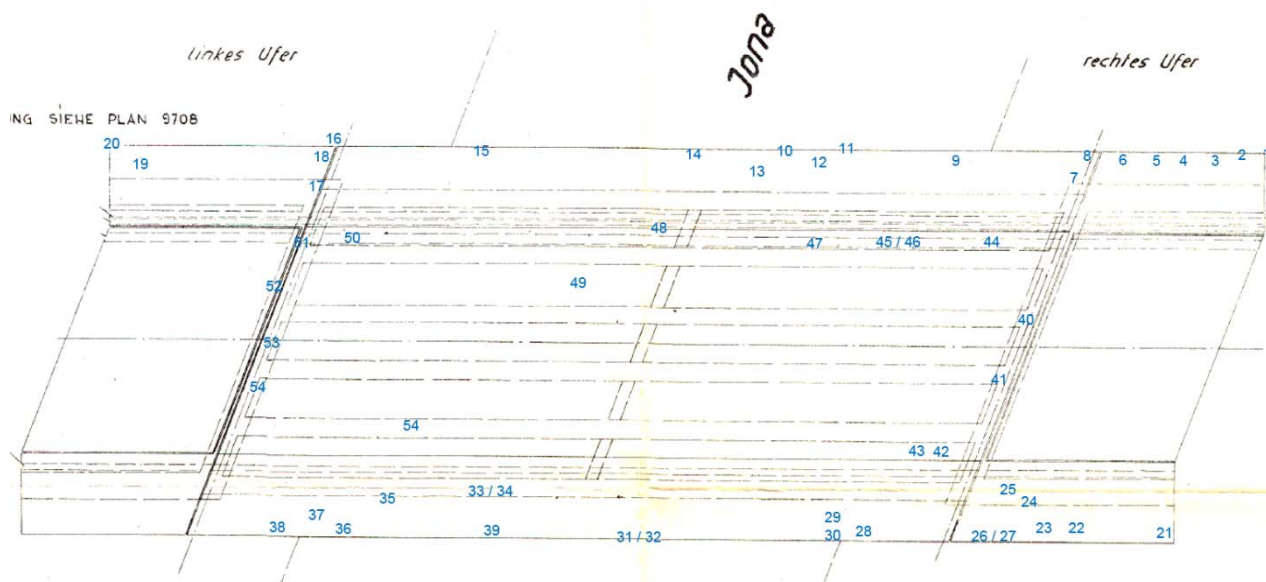


Abbildung 4: Fotostandorte

2.2.1.1 Trottoir Ost

Das östliche Trottoir weist Abplatzungen, Risse und Löcher im Belag auf. Im Konsolkopf sind Betonabplatzungen und Risse vorhanden. Die Risse und Fugen sind zum Teil mit Moos bewachsen. Die Geländerpfosten sind im Konsolkopf einbetoniert, was nicht der heutigen Norm entspricht. Das Geländer ist zum Teil verbogen und weist rostige Stellen auf.

Foto 1



Abbildung 5: Geländer verbogen und korrodiert (Handlauf und Pfosten rostig)

Foto 2



Abbildung 6: Kordon mit Abplatzung

Foto 3

*Abbildung 7: Belag mit Abplatzungen und Rissen*

Foto 4

*Abbildung 8: Belag mit Abplatzungen und Rissen*

Foto 5

*Abbildung 9: Belag mit Abplatzungen und Rissen*

Foto 6

*Abbildung 10: Belag mit Abplatzungen und Rissen*

Foto 7

*Abbildung 11: Belagsrisse und Fahrbahnübergang rostig*

Foto 8

*Abbildung 12: Beton um Geländerpfosten gebrochen*

Foto 9



Abbildung 13: Fuge zwischen Kordon und Belag mit Bewuchs. Belag porös

Foto 10



Abbildung 14: Geländerpfosten rostig

Foto 11



Abbildung 15: Betonabplatzung

Foto 12



Abbildung 16: Einbetonierter Pfostenfuss rostig, kalkig

Foto 13



Abbildung 17: Belagsriss, Belag porös

Foto 14



Abbildung 18: Betonabplatzung

Foto 15



Abbildung 19: Betonabplatzung

Foto 17



Abbildung 21: Fahrbahnübergang rostig

Foto 19



Abbildung 23: Belagsloch

Foto 16



Abbildung 20: Betonabplatzung an Kordon

Foto 18



Abbildung 22: Belagsrisse

Foto 20



Abbildung 24: Belagsrisse, Riss in Kordon

2.2.1.2 Trottoir West

Das westliche Trottoir weist Abplatzungen und Risse im Belag auf. Im Konsolkopf sind Betonabplatzungen, Risse und Kalkaussinterungen vorhanden. Die Risse und Fugen sind bewachsen. Die Geländerpfosten sind im Konsolkopf einbetoniert, was nicht der heutigen Norm entspricht. Das Geländer weist einen rostigen Handlauf auf.

Foto 21



Abbildung 25: Beton um Geländerpfosten gebrochen

Foto 22



Abbildung 26: Fuge mit Bewuchs

Foto23



Abbildung 27: Fuge mit Bewuchs

Foto 24



Abbildung 28: Belagsrisse

Foto 25

*Abbildung 29: Belagsloch*

Foto 26

*Abbildung 30: Abplatzung im Konsolkopf*

Foto 27

*Abbildung 31: Abplatzung im Konsolkopf*

Foto 28

*Abbildung 32: Abplatzung*

Foto 29

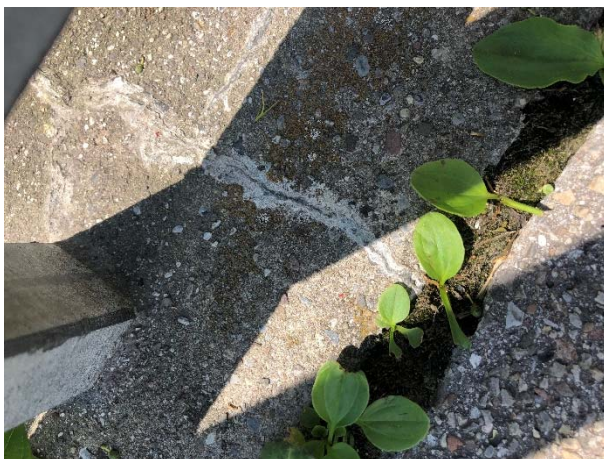
*Abbildung 33: Risse im Konsolkopf*

Foto 30

*Abbildung 34: Risse im Konsolkopf*

Foto 31



Abbildung 35: Risse und Kalkspuren im Konsolkopf

Foto 32



Abbildung 36: Risse und Kalkspuren im Konsolkopf

Foto 33



Abbildung 37: grosse Risse

Foto 34



Abbildung 38: Fuge mit Bewuchs, grosse Risse

Foto 35



Abbildung 39: Belagsrisse

Foto 36



Abbildung 40: Risse im Konsolkopf und Fuge mit Bewuchs

Foto 37



Abbildung 41: Risse im Konsolkopf

Foto 38



Abbildung 42: Risse im Konsolkopf und Abplatzungen

Foto 39



Abbildung 43: Handlauf rostig

2.2.1.3 Fahrbahn

Die Fahrbahn weist diverse Stellen auf, welche nachträglich asphaltiert wurden. Der Belag ist uneben und das ursprüngliche Dachgefälle nicht mehr vorhanden. Die Entwässerungsschächte sind verstopft.

Der südliche Fahrbahnübergang wurde im Nachhinein asphaltiert und kann somit seine Funktion nicht mehr erfüllen. Der nördliche Fahrbahnübergang ist rostig und dessen Fugen sind verreckt.

Die Fugen zwischen Randstein und Fahrbahn sind spröde und zum Teil nicht mehr vorhanden.

Foto 40



Abbildung 44: Bituminöser Fahrbahnübergang

Foto 41



Abbildung 45: Risse

Foto 42



Abbildung 46: Belag uneben

Foto 43



Abbildung 47: Entwässerung verstopft

Foto 44



Abbildung 48: Entwässerung verstopft

Foto 45



Abbildung 49: Fuge zwischen Randstein spröd, gelöst

Foto 46



Abbildung 50: Fuge zw. Randstein und Fahrbahn spröd

Foto 47



Abbildung 51: Fuge fehlt

Foto 48



Abbildung 52: Fugen spröd und alt

Foto 49



Abbildung 53: Belag uneben

Foto 50



Abbildung 54: Entwässerung verstopft

Foto 51



Abbildung 55: Fuge Fahrbahnübergang verstopft

Foto 52

*Abbildung 56: Fuge Fahrbahnübergang verstopft*

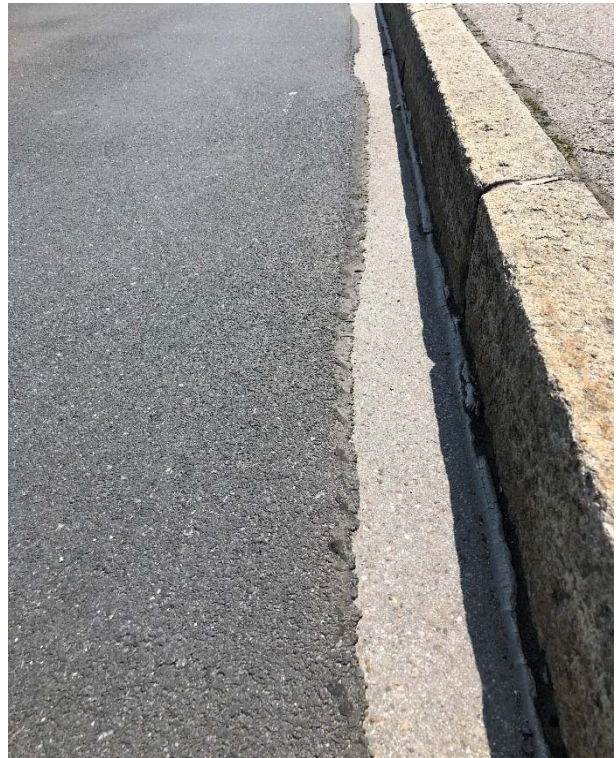
Foto 53

*Abbildung 57: Fuge Fahrbahnübergang verstopft, rostig*

Foto 54

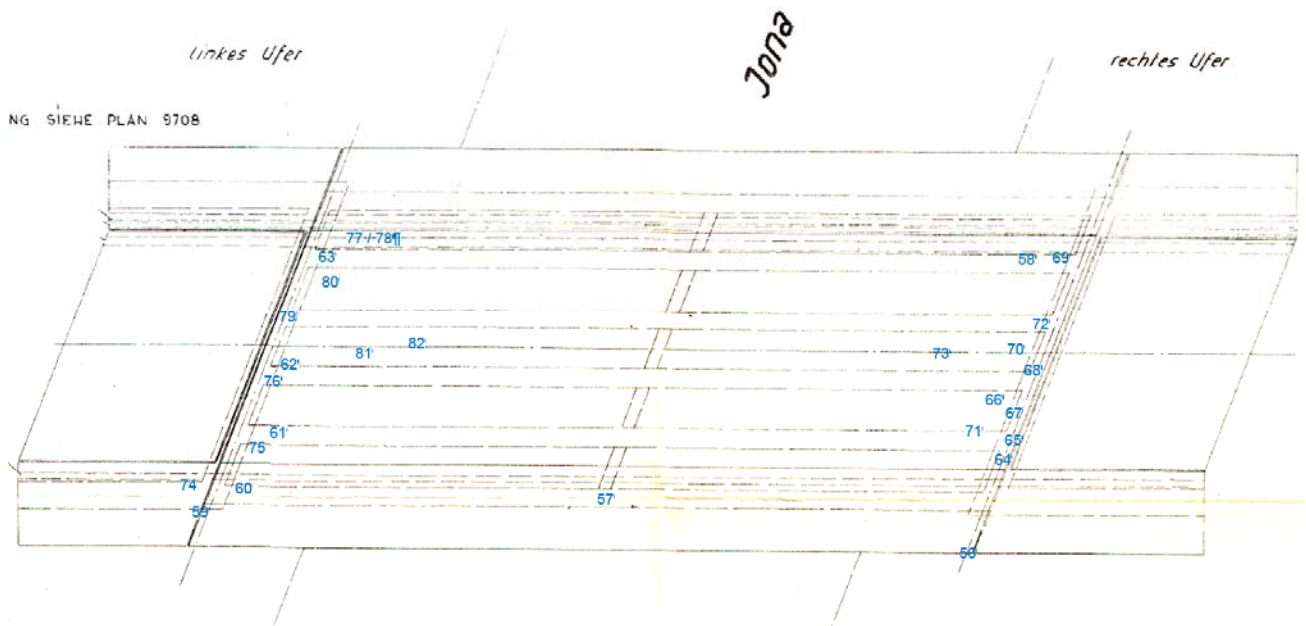
*Abbildung 58: Flickstellen*

Foto 55

*Abbildung 59: Belag uneben, spröde Fugen*

2.2.2 Brückenunterseite

Folgende Abbildung zeigt die Fotostandorte.



2.2.2.1 Brückenunterseite

Die Längsträgern und die Kragplatten weisen Kalkaussinterungen auf. An der Kragplatte, der Unterseite der Fahrbahnplatte und an den Längsträgern sind Abplatzungen und korrodierte Bewehrungen ersichtlic. Die Werkleitungen sind zum Teil defekt und korrodiert. Die Strassenentwässerung wird von den Schächten über Rohre auf die Brückenunterseite und direkt in die Jona geleitet.

Foto 56



Abbildung 60: Fuge spröd und zum Teil nicht vorhanden

Foto 57



Abbildung 61: Kalkaussinterung

Foto 58



Abbildung 62: defekte Leitung

Foto 59



Abbildung 63: korrodierte Bewehrung und Abplatzung

Foto 60



Abbildung 64: Risse und Abplatzungen unterhalb Kragplatte

Foto 61



Abbildung 65: rostiges Entwässerungsrohr, Strassenentwässerung direkt in Jona

Foto 62



Abbildung 66: Bewehrung mit Korrosion

Foto 63



Abbildung 67: rostiges Entwässerungsrohr und Betonabplatzung

2.2.2.2 Widerlager Süd

Das südliche Widerlager weist Abplatzungen und korrodierte Bewehrung auf. Bei der Widerlagerwand sind grossflächig feuchte Stellen und Kalkaussinterungen ersichtlich. Die Auflager (Beilplatte unter Betonpendel) sind defekt. Die Werkleitungsrohre an der Brückenunterseite sind rostig und zum Teil defekt.

Foto 64



Abbildung 68: Betonabplatzung und korrodierte Bewehrung

Foto 65



Abbildung 69: Feuchtstelle, korrodierte Bewehrung, Rohr rostig

Foto 66



Abbildung 70: Widerlagerwand feucht

Foto 67



Abbildung 71: Widerlagerwand feucht

Foto 68



Abbildung 72: Bleiplatte unter Betonpendel defekt

Foto 69



Abbildung 73: Bleiplatte unter Betonpendel defekt

Foto 70



Abbildung 74: korrodierte Bewehrung und rostiges Rohr

Foto 71



Abbildung 75: Riss in Widerlagerwand. Strassenentwässerung direkt in Jona

Foto 72



Abbildung 76: Kalkaussinterung

Foto 73



Abbildung 77: Ansicht südliche Widerlagerwand. Feuchte Stellen

2.2.2.3 Widerlager Nord

Das nördliche Widerlager weist Abplatzungen und korrodierte Bewehrung auf. Bei der Widerlagerwand sind grossflächig feuchte Stellen und Kalkaussinterungen ersichtlich. Die Strassenentwässerung wird direkt in die Jona geleitet. Die Werkleitungsrohre an der Brückenunterseite sind rostig und zum Teil defekt. Das Ufer ist vom Fluss unterspült.

Foto 74



Abbildung 78: Korrodierte Bewehrung

Foto 75



Abbildung 79: Feuchte Widerlagerwand

Foto 76



Abbildung 80: korrodierte Bewehrung und rostiges Rohr

Foto 77



Abbildung 81: feuchte Widerlagerwand mit Bewuchs

Foto 78

*Abbildung 82: Riss in Widerlagerwand, feuchte Stelle und rostige Rohre*

Foto 79

*Abbildung 83: korrodierte feste Lager*

Foto 80

*Abbildung 84: feuchte Widerlagerwand mit Riss*

Foto 81

*Abbildung 85: unterspültes Ufer*

Foto 82

*Abbildung 86: Ansicht nördliche Widerlagerwand, feuchte Stellen*

2.3 Materialtechnologische Untersuchungen

Im Rahmen der detaillierten Zustandsüberprüfung wurden materialtechnologische Untersuchungen angeordnet.

Folgende Untersuchungen und Prüfungen am Bauwerk wurden durchgeführt:

- Messung der Bewehrungsüberdeckung
- Potenzialmessung in der Bewehrungsüberdeckung
- Korrosionsgrad der Bewehrung und Vorspannung (Aussenträger)
- Karbonatisierung des Betons
- Chloridgehalt in der Bewehrungsüberdeckung
- Belagsfenster zur Überprüfung der Fahrbahnplattenabdichtung
- Sondagefenster zur Überprüfung der Verbundbügel zwischen Träger und Brückenplatte
- Druckfestigkeit des Betons
- Haftzugfestigkeit des Betons
- PAK-Werte im Ausbauasphalt

2.3.1 Zusammenfassung der Ergebnisse aus den materialtechnologischen Untersuchungen

Im folgenden Kapitel sind die Ergebnisse aus den materialtechnologischen Untersuchungen zusammengefasst. Detaillierte Angaben sind im Bericht der Tecnotest AG zu finden.

2.3.1.1 Oberseite Brückenplatte

Es wurde festgestellt, dass die Abdichtung auf dem Konstruktionsbeton der Gehwegbereiche bzw. des Fahrbahnbereichs fehlt und dass eine Unterläufigkeit zwischen Belag und Konstruktionsbeton der Brückenplatte vorhanden ist.

Trotz fehlender Abdichtung wurden keine signifikante Bewehrungskorrosion auf der Oberseite der Brückenplatte festgestellt (4 Sondierstellen). Die freigespitzten Bewehrungen waren entweder blank oder gering korrodiert. Auf der Bewehrungshöhe beträgt der Chloridgehalt 0,3 M% bez. Zement. Somit liegt der maximale Chloridgehalt auf Bewehrungshöhe noch knapp unter dem allgemein angenommenen Grenzwert von 0,4 M% bez. Zement, bei dem Bewehrungskorrosion entstehen kann. Jedoch kann es nicht ausgeschlossen werden, dass Stellen mit einem stark erhöhten Chloridgehalt auf Bewehrungshöhe und sehr starker Bewehrungskorrosion vorhanden sind.

Der Belag auf der Brückenplatte im Fahrbahnbereich ist stark teerhaltig. Bis 2026 darf er noch auf einer Deponie des Typs E abgelagert werden oder er kann thermisch behandelt werden. Ab 2026 ist die Lagerung auf einer Deponie des Typs E nicht mehr gestattet.

2.3.1.2 Konsolkopf, Unterseite Kragplatte und Unterseite Brückenplatte

An der Unterseite der oberwasserseitigen Kragplatte und an der Unterseite der Brückenplatte im unterwasserseitigen Bereich wurde mürber und feuchter Beton mit Fliessspuren und Kalkablagerungen festgestellt.

Die mittlere Bewehrungsüberdeckung beträgt 26 mm. Jedoch ist Karbonatisierungskorrosion bei vereinzelten Bewehrungen nicht auszuschliessen.

Geringe bis mittlere Chloridgehalte sind im Beton an der Unterseite der Krag- und Brückenplatte vorhanden. Signifikante Bewehrungskorrosion neben den Bohrmehlprobenentnahmestellen konnte nicht festgestellt werden. Trotz der geringen Chloridgehalten und Korrosionsgraden dürften, an den Kragplattenunterseiten und Brückenplattenunterseiten, Bereiche mit mehr Chlorid und stärkerer Korrosion vorhanden sein.

2.3.1.3 Längsträger

In der Mitte der beiden Aussenträger sind Fliessspuren, Kalkablagerungen, Rostspuren und Abplatzungen vorhanden. Im Bereich von Fliessspuren/Abplatzungen wurde signifikante Korrosion der Bewehrungseisen sowie der Hüllrohre und der Spanndrähte festgestellt. Die Hüllrohre beider Träger sind im Tiefpunkt durchkorrodiert. Im oberwasserseitigen Träger sind zwei Spanndrähte komplett durchkorrodiert und drei Spanndrähte weisen einen Querschnittsverlust von 40 % auf. Längs- und Bügelbewehrungen weisen einen Querschnittsverlust von 15 bis 100 % auf. Im unterwasserseitigen Träger wurden starke Korrosion eines Spanndrahtes und sehr starke Korrosion von sechs Spanndrähten mit Querschnittsverlusten von 10 bis 50 % festgestellt.

Bei zwei Drittel der Bohrmehlproben aus den Trägern wurde ein Chloridgehalt von $> 0,4$ M% bez. Zement auf Bewehrungshöhe festgestellt. Im Injektionsgut beider Träger befindet sich ein Chloridgehalt, welcher ein Vielfaches über dem Grenzwert liegt.

Mittels Radargeräts und Bewehrungsüberdeckungsmessgeräts wurden die Verbundbügel zwischen Träger und Brückenplatte lokalisiert und freigelegt (Sondierstelle wurde ca. 5 m vom Trägerende entfernt). Es darf davon ausgegangen werden, dass die Verbundbügel über die ganze Trägerlänge vorhanden sind.

Der charakteristische Wert der Würfeldruckfestigkeit des Betons der Träger, die gemäss der Norm SIA 269/2:2011 bestimmt wurde, entspricht einer Druckfestigkeitsklasse zwischen C55/67 und C60/75.

2.3.1.4 Widerlager

An den Betonoberflächen der Widerlager sind viele Fliessspuren und Ablagerungen vorhanden. Die Bewehrungen liegen nur vereinzelt im karbonatisierten Beton, da die relativ hohe Bewehrungsüberdeckungen gemessen wurde (mittlere Bewehrungsüberdeckung von 42 mm).

Ein Chloridgehalt auf Bewehrungshöhe von 2,3 M% bez. Zement wurde gemessen. Trotzdem sind die freigespitzten Bewehrungen nur gering oder mässig korrodiert. Jedoch kann starke bis sehr starke Bewehrungskorrosion an anderen Stellen durchaus nicht ausgeschlossen werden.

3 Statische Überprüfung

3.1 Beschrieb

Die Brücke Feldlistrasse wurde im Jahre 1960 erstellt und führt über den Fluss Jona. Es handelt sich um eine Stahlbetonbrücke. Die schlaff armiert Ortbeton-Fahrbahnplatte ist auf sechs vorgefabrizierten Längsträgern, welche vorgespannt sind, aufgelegt. Die Längsträger sind über die ganze Trägerlänge, mittels Bewehrungsbügel mit der Fahrbahnplatte monolithisch verbunden.

Die Brücke ist im Norden auf festen Stahllagern und im Süden auf beweglichen Betonpendeln gelagert.

3.1.1 Fahrbahnplatte

Die Fahrbahn ist 6.00 m breit und hat westlich und östlich einen angrenzenden Gehweg von je einer Breite von 2.00 m. Die beiden Konsolköpfe messen 0.18 m. Daraus ergibt sich eine Gesamtbreite von 10.36 m. Die Fahrbahnplatte hat eine variable Höhe von 0.14 m bis 0.25 m. Die beiden Kragplatten sind abgewinkelt und haben eine Höhe von 0.15 m.

Die Fahrbahnplatte ist auf den Längsträgern aufgelegt.

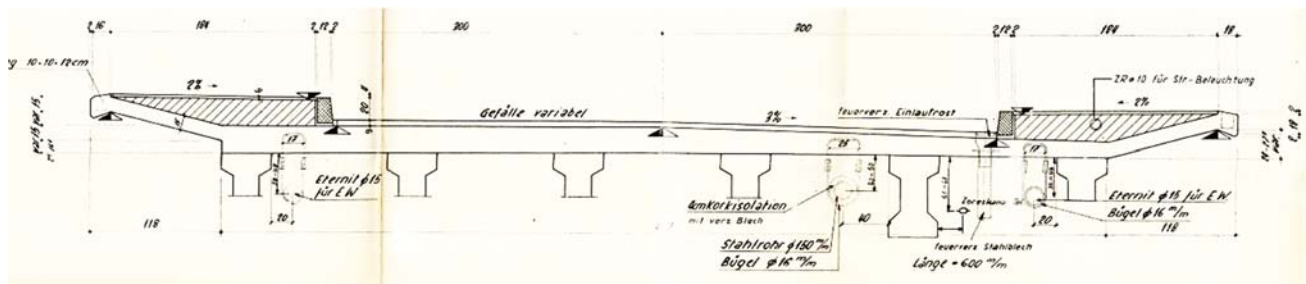


Abbildung 87: Querschnitt Fahrbahnplatte

3.1.2 Längsträger

Alle sechs Längsträger sind identisch ausgebildet. Sie sind leicht voutenförmig und haben eine Höhe von 0.70 m bis 0.80 m. Die Längsträger weisen drei verschiedene Querschnitte auf:

- Rechteckiger Vollquerschnitt an den Rändern des Trägers
- I-Träger in Feldmitte
- Übergangsbereich vom Vollquerschnitt zu I-Träger.

Die Querschnittsbreite beträgt 0.45 m. Jeder Träger ist mit 3 Spannkabeln (1 Kabel BF 137 und 2 Kabel J64) vorgespannt. Die Längsträger sind über die ganze Länge, mittels Bewehrungsbügel mit der Fahrbahnplatte verbunden.

Im Norden sind die Träger auf festen Stahllagern und im Süden auf beweglichen Betonpendeln gelagert.

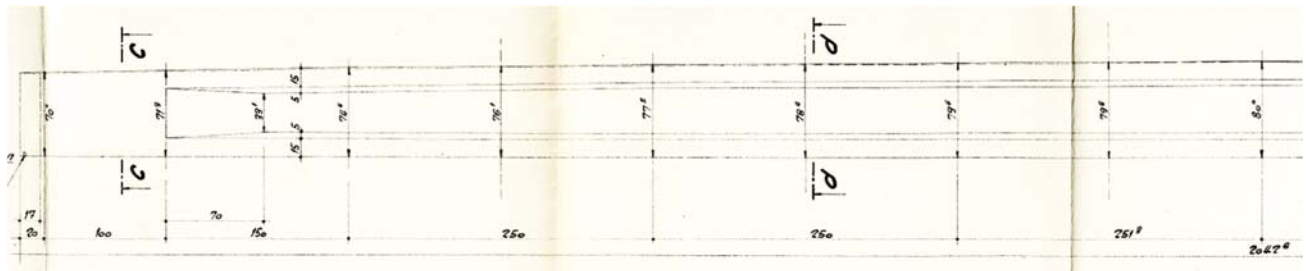


Abbildung 88: Halber Längsträger

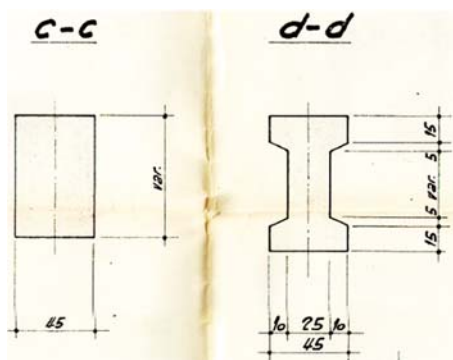


Abbildung 89: Querschnitt Längsträger

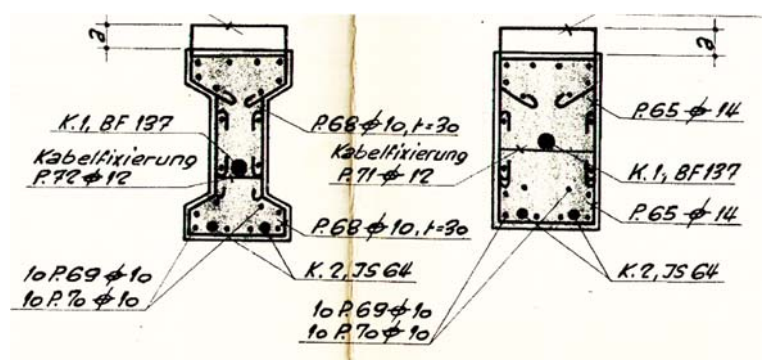


Abbildung 90: Bewehrung und Vorspannung Längsträger

3.2 Berechnung

Das statische System entspricht einem einfachen Balken und hat eine Spannweite von 20.40 m.

Die statische Überprüfung erfolgte anhand der Normen SIA 260 (2013) ff und SIA 269 (2011) ff. Die Materialeigenschaften, welche in den ursprünglichen Ausführungsplänen angegebenen sind, wurden aktualisiert und können folgender Tabelle entnommen werden:

Aktualisierter Beton

Brückenplatte, Widerlager	C30/37	$f_{cd} =$	21.0 N/mm ²
		$\tau_{cd} =$	1.14 N/mm ²
Träger	C50/60	$f_{cd} =$	29.8 N/mm ²
		$\tau_{cd} =$	1.48 N/mm ²

Aktualisierter Betonstahl

Alle Bauteile	Stahl I	$f_{sd} =$	205.0 N/mm ²
---------------	---------	------------	-------------------------

Spannstahl

Längsträger	1 x BF137	Drähte 44 Ø6	$f_{Pd} =$	1218 N/mm ²
			$f_{P0.1k} =$	1400 N/mm ²
			$A_p =$	1244 mm ²
	2 x JS64	Drähte 28 Ø5	$f_{Pd} =$	1218 N/mm ²
			$f_{P0.1k} =$	1400 N/mm ²
			$A_p =$	550 mm ²

Tabelle 1: Aktualisierte Baustoffeigenschaften

Als ständige Einwirkungen wurden Eigenlasten und Auflasten (Konsolköpfe, Trottoir, Geländer, Belag) berücksichtigt.

Brückenplatte (h=0.21 m)	$q_k = 5.25 \text{ kN/m}^2$
Kragarmplatte (h=0.15 m)	$q_k = 3.75 \text{ kN/m}^2$
Konsolköpfe	$q_k = 1.0 \text{ kN/m}$
Trottoir	$q_k = 5.0 \text{ kN/m}^2$
Belag	(Gehweg) $g_k = 1.50 \text{ kN/m}^2$ (Fahrbahn) $g_k = 2.20 \text{ kN/m}^2$

Als veränderliche Einwirkungen wurden die Verkehrslast (Lastmodel 1 mit den zwei fiktiven Streifen) und Menschengedränge berücksichtigt.

Verkehrslast – Lastmodel 1 (Breite der Verkehrsfläche 6 m):

Laststellung	Achslastgruppe Q_{ki}	Beiwert a_{Qi}	Verteilte Belastung q_{ki}	Beiwert a_{qi}
Fahrstreifen 1	2 x 300 kN	0.70	9.0 kN/m ²	0.40
Fahrstreifen 2	2 x 200 kN	0.70	2.5 kN/m ²	0.40

Nichtmotorisierter Verkehr (Menschengedränge auf Trottoir):

Lastmodel 1

$q_k = 4.0 \text{ kN/m}^2$

Aus den Einwirkungen werden folgende Gefährdungsbilder betrachtet:

Betriebszustand:

- Gefährdungsbild 1 Eigenlasten + Auflasten (Konsolköpfe, Trottoir, Geländer, Belag) + Menschengedränge
- Gefährdungsbild 2 Eigengewicht + Auflasten (Konsolköpfe, Trottoir, Geländer, Belag) + Verkehr Fahrstreifen 1 + Verkehr Fahrstreifen 2
- Gefährdungsbild 3 Eigengewicht + Auflasten (Konsolköpfe, Trottoir, Geländer, Belag) + Verkehr Fahrstreifen 1 + Menschengedränge

Bauphasenzustand:

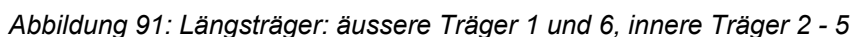
- Gefährdungsbild 4 Eigenlasten + Auflasten (Konsolköpfe, Trottoir, Geländer, Belag) + Bauphasenverkehr

Aussergewöhnlicher Zustand:

- Gefährdungsbild 5 Eigenlasten + Auflasten (Konsolköpfe, Trottoir, Geländer, Belag) + Aussergewöhnliche Verkehrslast

In Querrichtung wird die Fahrbahnplatte auf Tragsicherheit (Biegung und Querkraft) nachgewiesen. In Längsrichtung werden alle sechs Träger auf die Tragsicherheit (Biegung und Querkraft) nachgewiesen. Dabei wurden die Träger in zwei äussere Träger (Träger 1 und 6), zwei mittlere Träger (Träger 2 und 5) und zwei innere Träger (Träger 3 und 4) aufgeteilt.

Auf die Erdbebenüberprüfung kann derzeit verzichtet werden. Eventuell notwendige Ertüchtigungsmassnahmen können in Rahmen des Sanierungsprojekts erarbeitet werden.



3.3.1 Querrichtung

[illegible]

Der Nachweis der Fahrbahnplatte für Tragsicherheit (Biegung und Querkraft) hat gezeigt, dass die Fahrbahnplatte im Falle von allen Gefährdungsbildern einen ausreichenden Biege- bzw. Querkraftwiderstand aufweist (Erfüllungsfaktor $\alpha > 1$). Dabei ist zu beachten, dass der Bauphasenverkehr nicht bis zu den Konsolenköpfen heranzufahren darf, um die Nachweise beim Bauphasenzustand bzw. beim aussergewöhnlichen Zustand zu erfüllen.

3.3.2 Längsrichtung

Beim Nachweis der Tragsicherheit in der Längsrichtung wurde die Steifigkeit der Längsträger in Rechnung gestellt, um die Lastverteilung unter den Längsträger realistisch zu modellieren (vgl. Abbildung 93).

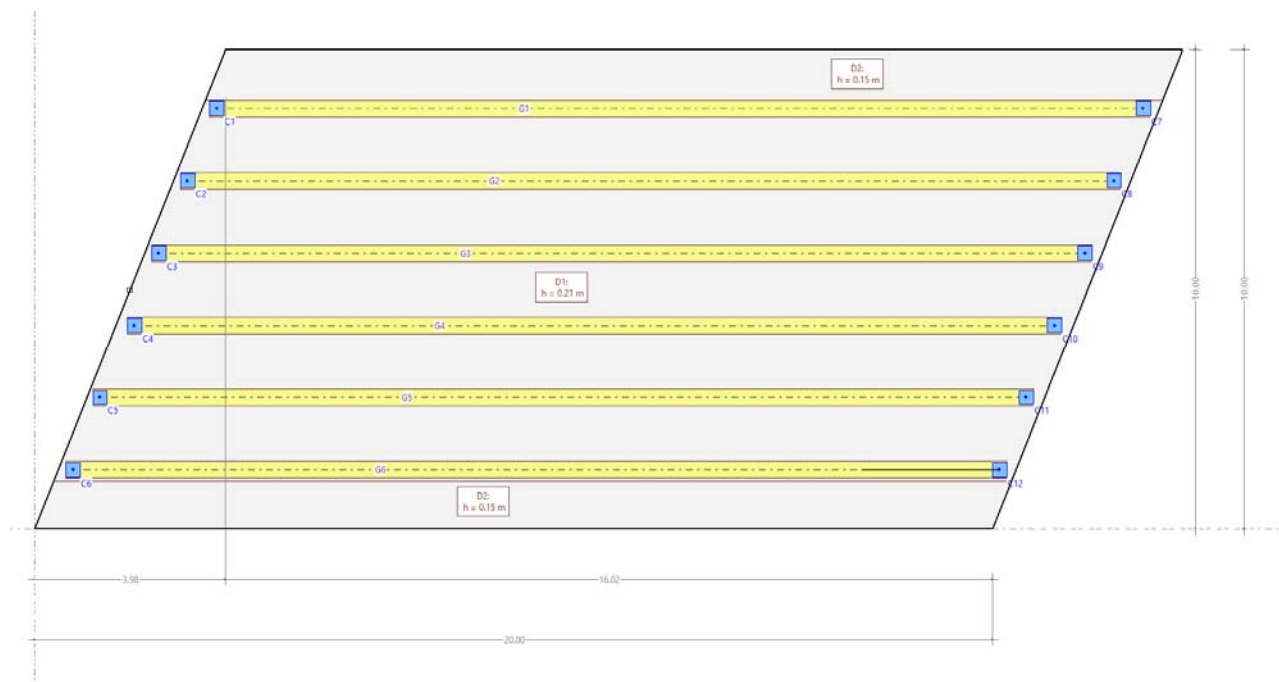


Abbildung 93: Nachweis der Tragsicherheit in der Längsrichtung: Modellierung

In der ersten Überprüfung der Längsträger (vgl. der Überprüfungsbericht vom 02.11.2018) wurde gemäss vorhandenen Plangrundlagen angenommen, dass ein Verbund zwischen der Fahrbahnplatte und den Längsträger nur in den Randbereichen besteht. Jedoch sind, gemäss der durchgeführten materialtechnologischen Untersuchungen (vgl. Seite 15 des Beurteilungsberichts von Tecnotest), Verbundbügel zwischen Träger und Brückenplatte auf der ganzen Länge des Trägers vorhanden. Zudem wurde starke Korrosion der Spannglieder bzw. der unteren Bewehrung bei beiden Randträger festgestellt (vgl. Seite 16 des Beurteilungsberichts von Tecnotest). Die Korrosionsschäden an den Spanngliedern sind dadurch entstanden, dass über viele Jahren chloridhaltiges Wasser zum Spannstahl gelangen konnte. Die Querschnittverluste infolge Korrosion betragen:

Träger Nr. 1 (unterwasserseitig) - 10% eines geraden Spanngliedes bzw. 40% der unteren Bewehrung.

Träger Nr. 6 (oberwasserseitig) - 15% eines geraden Spanngliedes bzw. 40% der unteren Bewehrung.

Der Nachweis der Längsträger für Biegetragsicherheit, unter Berücksichtigung des Verbunds mit der Fahrbahnplatte und der Querschnittverluste infolge Korrosion, hat gezeigt, dass der massgebende Träger (Träger Nr. 5 beim Gefährdungsbild 2 bzw. Träger Nr. 6 bei den Gefährdungsbildern 4 und 5) einen ausreichenden Biegewiderstand aufweisen (Erfüllungsfaktor $\alpha_M > 1$). Dasselbe gilt für den Querkraftnachweis (Erfüllungsfaktor $\alpha_V > 1$). Jedoch ist zu beachten, dass der Bauphasenverkehr bis zu max. 1.3 m von der Konsolenköpfe angeordnet werden darf.

4 Zustandsbeurteilung

4.1 Allgemeines

Die einzelnen Bauteile wurden gemäss den nachfolgenden Zustandsklassen bewertet. Der Pfeil beschreibt grafisch die Prognose der Zustandsentwicklung in einem Zeitraum von 5 Jahren.

Der Zustand der Bauteile wird anhand der visuellen bzw. statischen Überprüfung sowie anhand der materialtechnologischen Untersuchungen definiert.

Zustandsklasse	Beurteilung des Zustandes
1	In gutem Zustand
2	In annehmbarem Zustand
3	In schadhaftem Zustand
4	In schlechtem Zustand
5	In alarmierendem Zustand
9	Nicht beurteilbar

- Zustand bleibt erhalten
- ↘ Zustand verschlechtert sich geringfügig
- ↓ Zustand verschlechtert sich stark

4.2 Bewertung der Bauteile

4.2.1 Übersicht

Aufgrund der Zustandserfassung wurden die Bauteile in folgende Zustandsklassen eingeteilt:

Bauteile	Zustandsbewertungen					
	1	2	3	4	5	9
Trottoir Ost			↘			
Trottoir West			↘			
Fahrbahn			↘			
Kragplatte, Unterseite der Fahrbahnplatte			↘			
Innenträger	→					
Aussenträger					↓	
Bewegliche Lager		↘				
Feste Lager				↓		
Querträger Süd/Nord			↘			
Widerlager Süd/Nord				↘		

4.2.3 Trottoir Ost/West

Die Trottoirs sind in schadhaftem Zustand. Lokal sind Abplatzungen, Risse und Löcher im Belag vorhanden. Die Konsolköpfe weisen Betonabplatzungen, Risse sowie Kalkaussinterungen auf. Die Risse und Fugen sind zum Teil mit Moos bewachsen. Die Geländerpfosten sind im Konsolkopf einbetoniert, was nicht der heutigen Norm entspricht. Das Geländer ist zum Teil verbogen und weist rostige Stellen auf.

Der Zustand wird sich, ohne baulichen Massnahmen, mittelfristig verschlechtern, indem es bei den defekten Fugen und Rissen zu Wasser- und somit Chloridinfiltrationen kommen kann. Das eindringende Wasser ermöglicht durch den Verlust des alkalischen Milieus die Bewehrungskorrosion, die schwerwiegende Schäden an den Bauteilen nach sich ziehen kann.

4.2.4 Fahrbahn

Die Fahrbahn ist in schadhaftem Zustand. Es sind diverse Stellen, welche nachträglich asphaltiert wurden, vorhanden. Der Belag ist uneben und das ursprüngliche Dachgefälle ist nicht mehr vorhanden. Die Entwässerungsschächte sind verstopft.

Der südliche Fahrbahnübergang wurde im Nachhinein asphaltiert und kann seine Funktion nicht mehr erfüllen. Der nördliche Fahrbahnübergang ist rostig und dessen Fugen sind verdeckt.

Die Fugen zwischen Randstein und Fahrbahn sind spröde und zum Teil nicht mehr vorhanden.

Keine Abdichtung zwischen Asphalt und Brückenplatte ist vorhanden. Der Asphaltbeton ist unterläufig.

Der Zustand wird sich, ohne baulichen Massnahmen, mittelfristig verschlechtern, indem es bei den defekten Fugen zu Wasser- und Chloridinfiltrationen kommen kann. Das eindringende Wasser ermöglicht durch den Verlust des alkalischen Milieus die Bewehrungskorrosion, die schwerwiegende Schäden an den Bauteilen nach sich ziehen kann. Da die Funktion des Fahrbahnüberganges gestört ist, kann es zu Rissen im Belag kommen.

4.2.5 Kragplatten und Unterseite der Fahrbahnplatte

Die Kragplatten und Unterseite der Fahrbahnplatte sind im schadhaften Zustand. Lokal sind Abplatzungen sowie Kalkaussinterungen und Bereiche mit starker Bewehrungskorrosion ersichtlich.

Die Werkleitungen sind zum Teil defekt und korrodiert. Die Strassenentwässerung wird von den Schächten über Rohre auf die Brückenunterseite und direkt in die Jona geleitet.

Gemäss den materialtechnologischen Untersuchungen sind geringe Chloridgehalte im Beton an der Unterseite der Krag- und Fahrbahnplatte vorhanden. Jedoch dürften Bereiche mit mehr Chlorid und stärkerer Korrosion vorhanden sein.

Der statische Nachweis hat gezeigt, dass die Verkehrslast nicht komplett bis zu den Aussenrändern der Kragplatte, sprich bis zu den Konsolenköpfen, heranfahren darf.

Der Zustand wird sich, ohne baulichen Massnahmen, mittelfristig verschlechtern, indem die Bewehrungskorrosion fortschreitet und dies zu erheblichen Querschnittsverlusten der Bewehrung führen kann.

4.2.6 Längsträger

Die Aussenträger sind in schlechtem bzw. alarmierendem Zustand. In der Mitte der Aussenträger sind Fliessspuren, Kalkablagerungen, Rostspuren und Abplatzungen vorhanden. In diesen Bereichen, wo chloridhaltiges Wasser, durch wasserführende Belagsentwässerungsröhrchen, Zutritt zur Konstruktion hatte, sind die signifikant korrodierten Bewehrungsseisen bzw. Hüllrohre und Spanndrähte, während der materialtechnologischen Untersuchungen, festgestellt worden. Im Injektionsgut sowie im Beton der beiden Aussenträger ist ein Chloridgehalt, welcher ein Vielfaches über dem Grenzwert liegt, vorhanden.

Unter der Annahme, dass die Verbundbügel über die ganze Trägerlänge vorhanden sind, sind die statischen Nachweise für beide Aussenträger, trotz der vorhandenen Querschnittsverluste der

Bewehrungseisen bzw. der Spanndrähte, erbracht. Jedoch darf die Verkehrslast nicht komplett bis zu den Aussenrändern der Kragplatte (bis zu den Konsolenköpfen) heranfahren.

Der Zustand wird sich, ohne baulichen Massnahmen, stark verschlechtern, indem die Korrosion der Spanndrähte, infolge des hohen Chloridgehalt im Injektionsgut bzw. im Beton, fortschreitet und dies zu erheblichen Querschnittsverlusten der Spannglieder führen kann.

Im Gegenteil zu den Aussenträger sind die Innenträger in gutem Zustand.

4.2.7 Feste Lager

Die festen Lager sind stark korrodiert und befindet sich in einem schlechten Zustand.

Der Zustand wird sich, ohne baulichen Massnahmen, stark verschlechtern, indem die Korrosion der Stahlteile der Lager fortschreitet.

4.2.8 Widerlager und Querträger Süd/Nord

Beide Widerlager sowie die Querträger befinden sich in schlechtem bzw. schadhaftem Zustand. Es sind Abplatzungen, korrodierte Bewehrung und Risse ersichtlich. Zudem sind grossflächig feuchte Stellen und Kalkaussinterungen vorhanden.

Die Dehnfugen zwischen den Querträgern und Kammerwände sind mit den Kalkablagerungen verstopft.

Der Zustand wird sich, ohne baulichen Massnahmen mittelfristig verschlechtern, indem es zu fortschreitender Bewehrungskorrosion und Betonabplatzungen kommen kann.

5 Schlussfolgerungen

Die oben aufgeführten Feststellungen führen zu den folgenden Schlussfolgerungen:

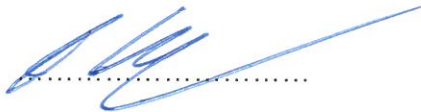
- Statische Nachweise sind in jetzigem Betriebszustand erfüllt
- Massnahmen zur Verhinderung des Befahrens des Gehwegs sind nötig (bereits ausgeführt)
- Auf die Erdbebenüberprüfung kann derzeit verzichtet werden. Eventuell notwendige Ertüchtigungsmassnahmen werden in Rahmen des Sanierungsprojekts erarbeitet werden.
- Massnahmen zur Verbesserung des Zustands der Brücke (Instandsetzungsmassnahmen) sind nötig

Notwendige Instandsetzungsmassnahmen, sprich die Sanierung der Brücke, werden unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Hochwasserschutzes erarbeitet und in einem separaten Bericht beschrieben. Zudem wird der Bau einer neuen Brücke als die zweite Lösungsvariante erarbeitet und, in Bezug auf die Kosten, Nutzungsdauer und Hochwassersicherheit, mit der Sanierungsvariante verglichen.

Zürich, 13.05.2019

CAPREZ INGENIEURE AG

Florian Rusterholz
Dipl Bauingenieur BSc FH
CAS Erdbebensicherheit
Brandschutzfachmann VKF



Milos Petrovic
Dr. sc. ETH Zürich
MSc Bauingenieur TU

