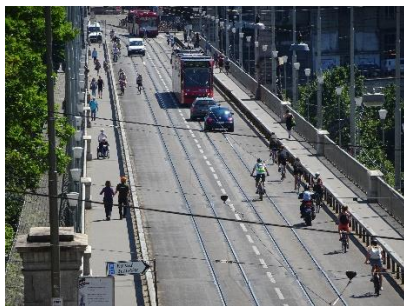


Gleiserneuerung Kornhausbrücke

Technischer Bericht
Machbarkeitsstudie Brückenquerschnitt
Version 2.0, 24.06.2020



metron

ingenta
ingenieure + planer

Metron Bern AG
Neuengasse 43 | Postfach | 3001 Bern
T +41 31 380 76 80
bern@metron.ch

ingenta ag
ingenieure + planer | eth sia usic
Laubeggstrasse 70 | Postfach 677 | CH-3000 Bern 31
T 031 340 30 40 | F 031 340 30 44
info@ingenta.ch | www.ingenta.ch

projekte realisieren

Impressum

Erstelldatum:	14.05.2020
Letzte Änderung:	24.06.2020
Version:	2.0
Verfasser:	Reto Adamina, Egidio Gambardella (ingenta) Christof Bähler (metron) Tobias Ganz (BERNMOBIL)
Auftragsnummer:	2207
Datei:	O:\2207 Gleisersatz Kornhausbrücke\pmm\Berichte\Brückenquerschnitt\Unterlagen ingenta - Synthese\TB_Synthese_Machbarkeitsstudie Brückenquerschnitt Kornhausbrücke_20_06_24_2_ada.docx

Inhaltverzeichnis

1	Einleitung.....	A-4
1.1	Ausgangslage	A-4
1.2	Aufgabenstellung	A-4
1.3	Vorgehen	A-5
2	Allgemeines.....	A-6
2.1	Auftraggeber	A-6
2.2	Projektorganisation	A-6
3	Grundlagen	A-7
3.1	Projektbezogene Grundlagen	A-7
3.2	Normen, Richtlinien.....	A-7
4	Abgrenzung	A-8
4.1	Projektperimeter.....	A-8
4.2	Schnittstellen.....	A-8
4.3	Drittprojekte.....	A-8
5	Bauwerksbeschrieb.....	A-9
5.1	Entstehung.....	A-9
5.2	Tragwerksbeschrieb.....	A-10
5.3	Nutzung / Nutzungsziele	A-10
6	Machbarkeitsstudie Brückenquerschnitt	A-12
6.1	Verkehrstechnisch	A-12
6.1.1	Verkehrssicherheit und -geschehen	A-12
6.1.2	Übersicht Varianten	A-12
6.1.3	Beurteilungskriterien	A-14
6.2	Brückentechnisch.....	A-15
6.3	Gleistechisch.....	A-15
7	Bewertungsergebnisse.....	A-16
7.1	Verkehrstechnisch	A-16
7.2	Brückentechnisch.....	A-17
7.3	Gleistechisch.....	A-17
7.4	Synthese: Empfehlung Brückenquerschnitt.....	A-18
8	Verfasser	A-19
A	Anhang	A-20
A1	Verkehrstechnischer Bericht (metron)	A-20
A2	Brückenstatistischer Bericht (ingenta).....	A-20
A3	Gleisbautechnischer Bericht (BERNMOBIL)	A-20

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die Kornhausbrücke wurde von August 1895 bis Juni 1898 erbaut. Im Laufe der Jahre fanden verschiedene Umnutzungen, Verstärkungen und Instandstellungen statt. Eine Gesamterneuerung der Kornhausbrücke erfolgte im Jahr 1997/98. Dabei wurden nebst dem Unterbau (neue Betonplatte im Verbund mit der Stahlkonstruktion) und der Abdichtung auch die Gleise und der Belag ersetzt.

BERNMOBIL beabsichtigt im Jahr 2023, 25 Jahre nach der letzten Gleiserneuerung, einen Gleisersatz auf der Kornhausbrücke vorzunehmen und gleichzeitig das, vom Bundesamt für Verkehr (BAV) genehmigte, Lichtraumprofil gemäss Projektierungsrichtlinie BERNMOBIL zwischen den Gleisachsen von 2.90 m (auf der Brücke bisher 2.70 m) zu realisieren.

Grund für den Ersatz sind die Gewährleistung der Sicherheit der Dilatationsvorrichtungen, die Minimierung des jährlich wiederkehrenden hohen Unterhaltsaufwandes und das Eliminieren der Verkehrssicherheitsdefizite an der Schnittstelle Schienenfugen zu Belag beim heutigen Gleisoberbausystem.

Die Bedürfnisse und der Handlungsbedarf u.a. von BERNMOBIL, des Tiefbauamtes und der Verkehrsplanung der Stadt Bern sowie der Werkleitungseigentümer und weiterer relevanter Ämter wurden im Juni 2018 via Koordination im öffentlichen Raum (KöR) vernehmlasset.

Mittels einer Machbarkeitsstudie¹ wurde im Jahr 2019 ein optimales Gleisoberbausystem evaluiert (System analog Kirchenfeldbrücke). Die Systemwahl wurde von BERNMOBIL zwischenzeitlich genehmigt, ebenso die Vorgehensweise mit einem Totalersatz der Gleisanlage auf der gesamten Brückenlänge.

Im heutigen Zustand sind die 2.70 m auseinanderliegenden Tramachsen symmetrisch zur Brückenachse angeordnet. Der zwischen dem Rückhaltesystem und dem Lichtraumprofil des Trams liegende Fahrraum für den Veloverkehr misst in der Breite 1.28 m und ist bereits aus heutiger Sicht sehr knapp. Der Masterplan Veloinfrastruktur der Stadt Bern [N15] definiert grössere Lichtraumprofile. Für ein normales Velo beträgt die minimale Breite 1.50 m, für ein Velo mit Anhänger 1.80 m. Mit der Berücksichtigung des grösseren Tram-Achsabstandes von 2.90 m wird sich der Velofahrraum, bei einer weiterhin symmetrischen Anordnung der Tramachsen, auf 1.18 m verringern. Das Lichtraumprofil des Veloverkehrs ist damit nicht mehr vollständig gewährleistet.

In Richtung Kursaal steigt die Kornhausbrücken mit 2.7 % an, Velofahrende ohne Tretunterstützung sind deshalb langsam unterwegs und benötigen durch eine meist verstärkte Pendelbewegung einen erweiterten Fahrbereich. Es ist deshalb davon auszugehen, dass die Trams Velofahrende nicht mehr in jedem Fall in genügend sicherem Anstand überholen können und deshalb hinter den Velos bleiben müssen. Dies gilt umso mehr für Velos mit Anhänger, welche einen grösseren Platzbedarf beanspruchen. Es besteht somit das Risiko, dass der Trambetrieb, insbesondere während den Spitzenstunden, beeinträchtigt wird.

Bereits in oben erwähnter Machbarkeitsstudie zum Gleisoberbausystem wurde deshalb im Kap. 7.3 festgehalten, dass in einer 2. Phase der heutige Brückenquerschnitt (Aufteilung der Verkehrsflächen) hinterfragt und allenfalls für den Fuss- und Veloverkehr optimiert wird.

1.2 Aufgabenstellung

Ziel der vorliegenden Machbarkeitsstudie Brückenquerschnitt ist, einen von der Verkehrsplanung Bern erarbeiteten Variantenfächer zu vervollständigen und für eine Neuaufteilung der Verkehrsflächen verkehrstechnisch, statisch und gleisbautechnisch zu untersuchen und eine optimierte Aufteilung der Verkehrsflächen vorzuschlagen. Die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie dienen als weitere Entscheidungsgrundlage für die Projektdefinition im Hinblick auf die weiteren Projektierungsphasen.

¹ Technischer Bericht, Machbarkeitsstudie Gleisoberbausystem, Version 4.0, 15.11.2019

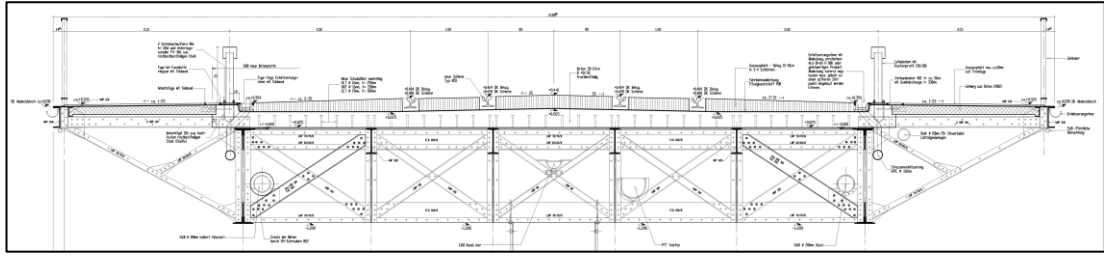


Abbildung 1: heutiger Brückenquerschnitt

Aufgabenstellung bezüglich der Definition des künftigen Brückenquerschnitts (aus Machbarkeitsstudie Gleisoberbausystem, Kap. 7.3):

- Kritisches Hinterfragen jeglicher Querschnitte und Lichtraumprofile auf der Kornhausbrücke: Fussgänger, Velos, Bus und Tram.
- Leicht asymmetrische Anordnung der Gleisanlage mit berg- und talwärts entsprechend unterschiedlichem Veloquerschnitt. Daraus resultieren statische Konsequenzen, die möglicherweise Verstärkungsmassnahmen an der Brückenkonstruktion zur Folge haben könnten.
- Mögliche Verschiebung der Leitschranken (Fahrzeugrückhaltesystem) gegen den Gehwegbereich; oder Neuordnung des Velowegs auf die Fusswegseite der Abschränkung.
- Entwickeln eines neuen Fahrzeugrückhaltesystems, welches platzsparender, niedriger, somit «velofreundlicher» und ästhetisch ansprechender als der Bestand daherkommt (Denkmalpflege).
- Entwickeln eines neuen Brückengeländers, welches statt auf die Gehwegfläche seitlich an der Brückensterne montiert wird und somit etwas mehr Platz schafft. Allenfalls ist eine Verbreiterung des Regelquerschnitts mittels Verbreiterung der Gehwegkragplatte denkbar (in den Bereichen der vier Pfeilerpostamente ist keine Verbreiterung möglich).
- Bei einer Querschnittsveränderung der Gehwege ist in jedem Fall auch dem Unterhalt (Reinigung, Schneeräumung) die notwendige Beachtung zu schenken. Zudem ist die bestehende, beidseitige Entwässerungsrinne in die Überlegungen einzubeziehen.

1.3 Vorgehen

Die Erarbeitung der vorliegenden Machbarkeitsstudie Brückenquerschnitt erfolgte von April bis Juni 2020, mit drei Zwischenbesprechungen unter den Projektbeteiligten (BERNMOBIL, Tiefbauamt, Verkehrsplanung, Metron, Objektingenieure). Mit Datum 24.06.2020 liegt nun die Schlussversion der Studie, zu Händen des Lenkungsausschusses (LA), vor.

Die Prüfung des Variantenfächers erfolgte stufenweise:

- Vervollständigung Variantenfächer,
- Prüfung der verkehrstechnischen Machbarkeit, Reduktion auf die verkehrstechnisch machbaren Varianten,
- Prüfung der verkehrstechnisch machbaren Varianten auf die brückentechnischen und geistechischen Auswirkungen.

Die Resultate mit der Bewertung möglicher Brückenquerschnitte sowie die Empfehlung der Bestvariante zur Weiterbearbeitung in den weiteren Planungsstufen sind in den Kap. 6 und 7 zusammengefasst.

2 Allgemeines

2.1 Auftraggeber

Der Auftraggeber für die Machbarkeitsstudie zum Brückenquerschnitt auf der Kornhausbrücke ist BERNMOBIL.

2.2 Projektorganisation

Projektleitung

BERNMOBIL

Städtische Verkehrsbetriebe Bern
Sergio Rizzoli
Eigerplatz 3 | Postfach
3000 Bern 14

Stv. Projektleitung

Timon Willen, BERNMOBIL

Projektteam:

Fachverantwortlicher Gleisbau
Tobias Ganz, BERNMOBIL

Tiefbauamt Stadt Bern
Bundesgasse 38 | Postfach
Ipek Sattler (E+E), Reto Beer (P+R)
3001 Bern

Verkehrsplanung Stadt Bern
Effingerstrasse 19 | Postfach
Adrian Meier, Michael Liebi
3001 Bern

Berichtsverfasser:

Verkehrstechnik:

Metron Bern AG
Neuengasse 43, Postfach
Christof Bähler
3001 Bern

Brückentechnik:

ingenta ag ingenieure + planer
Laubeggstrasse 70 | Postfach 677
Reto Adamina, Egidio Gambardella
3000 Bern 31

Gleistechnik:

BERNMOBIL
Tobias Ganz

3 Grundlagen

3.1 Projektbezogene Grundlagen

- [G1] AZP Adamina Zeerleder Partner AG, Kornhausbrücke, Bestandespläne, Bern, 1997
- [G2] Hager + Bettschen AG, Kornhausbrücke, Überwachungsplan, Bern, Dezember 2008
- [G3] Hager + Bettschen AG, Kornhausbrücke, Nutzungsvereinbarung (nachgeführt), Bern, Dezember 2008
- [G4] Hager + Bettschen AG, Kornhausbrücke, Projektbasis, Bern, Dezember 2008
- [G5] Hager + Bettschen AG, Kornhausbrücke, Tragwerksanalyse, Bern, Dezember 2008
- [G6] AZP Adamina Zeerleder Partner AG, Neue Tramlasten Kornhausbrücke, Tragwerksanalyse und Einführung neue Tramtypen, 19.04.2010
- [G7] AZP Adamina Zeerleder Partner AG, Technischer Bericht vom 30.04.2012 über die Hauptinspektion August 2011
- [G8] ingenta ag ingenieure + planer, Technischer Bericht vom 19.04.2019 über die Hauptinspektion August 2018
- [G9] Machbarkeitsstudie Gleisoberbausystem vom 15.11.2019
- [G10] Kirchenfeldbrücke, Nutzungsvereinbarung vom 30.06.2017
- [G11] BERNMOBIL, Lasten Tram Typ Tramlink

3.2 Normen, Richtlinien

- [N1] SIA 260:2013, Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
- [N2] SIA 261:2014, Einwirkungen auf Tragwerke
- [N3] SIA 261/1:2013, Einwirkungen auf Tragwerke - Ergänzende Festlegungen
- [N4] SIA 262:2013, Betonbau
- [N5] SIA 263:2013, Stahlbau
- [N6] SIA 269:2011, Grundlagen der Erhaltung von Tragwerken
- [N7] SIA 269/1:2011, Erhaltung von Tragwerken – Einwirkungen
- [N8] SIA 269/2:2011, Erhaltung von Tragwerken – Betonbau
- [N9] SIA 269/3:2011, Erhaltung von Tragwerken – Stahlbau
- [N10] SIA 469:1997, Erhaltung von Bauwerken
- [N11] ASTRA Richtlinie: Überwachung und Unterhalt der Kunstbauten der Nationalstrassen, 2005
- [N12] VSS Norm SN 640 201, Geometrisches Normalprofil, Oktober 1992
- [N13] Projektierungsrichtlinien für Anlagen von Strassenbahnen im Netz von BERNMOBIL, Version 2016.A
- [N14] Bestimmungen des Eisenbahngesetzes (EBG)
- [N15] Masterplan Veloinfrastruktur Stadt Bern (Berichtversion 19.11.2019, Fassung öffentliche Vernehmlassung)

4 Abgrenzung

4.1 Projektperimeter

Der Perimeter für die Machbarkeitsstudie Brückenquerschnitt umfasst die gesamte Kornhausbrücke mit den Brückenauffahrten Seite Kursaal und Stadttheater.



Abbildung 2: Projektperimeter Kornhausbrücke

4.2 Schnittstellen

Die Schnittstellen im Bereich des Kursaals und des Kornhausplatzes/Stadttheaters sind im Rahmen der Machbarkeitsstudie zu prüfen (Gleispassstücke von der gespreizten Gleisanlage Brücke auf den Bestand). Dies gilt für die beiden Brückenanschlüsse, im Speziellen ist auf der Seite des Stadttheaters die Aufwärtskompatibilität der zweiten Tramachse zu gewährleisten.



Abbildung 3: Schnittstellen Kornhausplatz und Kursaal

4.3 Drittprojekte

Zu den relevanten Drittprojekten gehören "Dr nöi Breitsch, Baulos 2" und die "zweite Tramachse". Die Ausführung vom Projekt "Dr nöi Breitsch, Baulos 2" ist im Jahr 2021 geplant. Die neue Tramverbindung nach Ostermundigen ist für 2028 geplant. Ein weiteres Drittprojekt ist die Gesamtisanierung "Schänzlibrücke" (beim Kursaal), hier müssen die Fahrleitungen während den Arbeiten stromlos sein. Diese Projektumsetzung ist frühestens ab 2022 vorgesehen.

5 Bauwerksbeschreibung

5.1 Entstehung

Brückendaten beim Bau der Brücke

Abmessungen:	Länge 355 m, Breite 12.6 m, die Fahrbahn liegt 48 m über der Aare Grosser Bogen mit einer Öffnung von 115 m Böschungshöhen: Stadtseite 43 m / Kurssaal 63 m
Nutzlasten:	Fuhrwerke 20 Tonnen oder Menschengedränge: 450 kg/m ²
Stahltragkonstruktion:	Total 1'814 Tonnen (Thomas-Flussstahl)
Pfeiler:	Beton unbewehrt, mit Jurakalksteinen verkleidet
Fundation:	Flachfundationen Grosser Pfeiler rechtsufrig: 432 Holzpfähle, Durchmesser 30 cm, Länge 12 m
Belag:	Buckelbleche, Holzpflasterung

Vorgeschichte, chronologische Zusammenfassung

1895 – 98	Bau der Brücke
1907	Gesamtkontrolle und Anstrich, 3400 Nieten ersetzt
1901 – 10	Einführung der Strassenbahn SVB
1915	Erweiterung Worblentalbahn (Papiermühle - Kornhausplatz)
1922	Projekt für Brückenverbreiterung um 2.6 m, wird nicht ausgeführt, ebenso der Vorschlag, die Brücke mit Beton zu umhüllen
1924	Gesamtkontrolle: 4100 Nieten ersetzt
1928	Neuanstrich
1931	Unbewehrte Betonplatte anstelle der Holzpflasterung
1948 – 49	Teilrevision inkl. Anstrich (ohne Bogen)
1951	Neuanstrich der Bogen
1953	Ersatz der Geländer und Kandelaber
1970 – 71	Bewehrte Betonplatte, Fahrbahnverbreiterung, neue Leitplanken, Verlegung der Tramgleise gegen die Mitte Neuanstrich der Fahrbahnträger
1982 - 84	Renovation (ohne Fahrbahn), Betongehwege Vollständiger Neuanstrich
1987	Überbrückungsmassnahmen: Belag und Abdichtung Neuer Dienststeg, neue Brückenlager
1993 - 95	Studien und Bauprojekt Gesamterneuerung
Juni 1996	Volksabstimmung: Annahme der Vorlage mit 85 % der Stimmen
1997 – 98	Ausführung Gesamterneuerung. Nebst dem Unterbau und der Abdichtung wurden auch die Gleise ersetzt.
2003	Hauptinspektion – Ermittlung des Bauwerkszustandes
2009	Der Stadtrat erklärt mit 61 Ja zu 4 Nein (bei 5 Enthaltungen) Stimmen die Dringlichkeit der Installation von Brückennetzen gegen Suizide in der Stadt Bern
2010	Tragwerksanalyse für die Einführung neuer Tramtypen (Stadler Tango und Siemens Combino Classic)
2011	Hauptinspektion – Ermittlung des Bauwerkszustandes
2012	Ersatz der Längsfugen entlang der Schienen sowie der Quertfugen
2016	Ausführung horizontale Sicherheitsnetze
März 2018	Tramlinie Bern-Ostermundigen: Volksabstimmung: Annahme der Vorlage mit 51,6 % der Stimmen. (Inbetriebnahme 2027. Mit dieser zusätzlichen Tramlinie wird auch die Thematik der zweiten Tramachse durch die Nägeligasse wieder aktuell)
August 2018	Hauptinspektion – Ermittlung des Bauwerkszustandes
Sommer 2019	Stellenweise Sanierung des Belages und der Schienenfugen

5.2 Tragwerksbeschreibung

Beschrieb Gesamttragwerk

Die 1898 erbaute Kornhausbrücke besteht aus den acht unabhängigen Teiltragwerken:

- Grosser Bogen mit aufgesetztem Überbau.
- Fünf kleine Bogen mit aufgesetztem Überbau.
- Südliches Endfeld Seite Kornhausplatz und nördliches Endfeld Seite Kursaal.

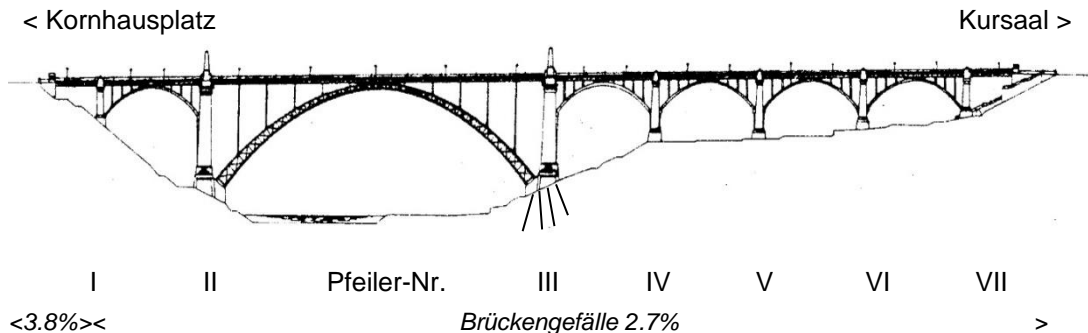


Abbildung 4: Ansicht Kornhausbrücke

Dazwischen befinden sich die massiven Pfeiler I bis VII, welche aus Granit und Kalkstein gemauert und innen mit Beton ausgefüllt sind. Über diesen Pfeilern sowie auch bei den Widerlagern sind Dilatationsfugen angeordnet. Die vorhandenen fünf Tragstrukturen der kleinen Bögen mit Überbau sind identisch, ebenso die beiden Endfelder.

Die ganze Konstruktion besteht aus einfachen und zusammengesetzten Stahlprofilen (Flussstahl), im Allgemeinen voll vernietet. Ausnahmen bilden die geschraubten Verstärkungs- und Ersatzprofile aus modernem Stahl. Die Betonfahrbahnplatte wirkt voll im Verbund mit den Obergurten der Träger Hauptlängsträger (HLT), Hauptquerträger (HQT) und Zwischenlängsträger (ZLT). Die Verbindung der Fahrbahnplatte zur darunterliegenden Stahlkonstruktion ist mittels aufgeschweissten Kopfbolzendübel (nicht sichtbar) gewährleistet.

In den Jahren 1997/98 erfolgte eine Gesamtinstandsetzung der Kornhausbrücke. Dabei wurden unter anderem die Stahlkonstruktion des Brückenunterbaus verstärkt, der Korrosionsschutz erneuert sowie eine neue Fahrbahnplatte (Stahl-Beton-Verbund) mit der aufliegenden Gleisanlage und dem Belagsoberbau eingebaut.

5.3 Nutzung / Nutzungsziele

Die Kornhausbrücke wird vom öffentlichen Verkehr mit den zwei stärksten frequentierten Bus- und Tramlinien von BERNMOBIL (Linien 10 und 9), vom motorisierten Individualverkehr und dem Langsamverkehr stark beansprucht. Voraussichtlich im Jahr 2028 wird der Ast Ostermundigen der heutigen Buslinie 10 auf Tram umgestellt (Projekt Tram Bern-Ostermundigen).

Die Brücke soll weiterhin vom öffentlichen (inkl. Feuerwehr, Tiefbauamt und Abfallentsorgung) und privatem Verkehr sowie als Träger für die Werkleitungen genutzt werden und die wichtige Verbindung zwischen Stadtzentrum und Nordquartier sicherstellen.

Der Betrieb des öffentlichen Verkehrs soll dabei verkehrssicher und möglichst stabil, d.h. ohne Einschränkungen erfolgen können.

Eine Nutzungsvereinbarung [G3] (Nutzungsvereinbarung nachgeführt im Dezember 2008) über das ganze Strassennetz der Stadt Bern ist zwischen BERNMOBIL, der Stadt Bern und dem Kanton ausgehandelt worden. Im Falle der Kornhausbrücke gilt das Folgende:

Brücke für gemischten Verkehr

- Fussverkehr, Veloverkehr
- Öffentlicher Verkehr wie Tram, Bus, Spezialfahrzeuge (Strassenunterhalt, Abfallentsorgung, Feuerwehr, Polizei, Sanität, Gleis- und Fahrleitungsunterhalt)
- Individualverkehr mit Gewichtsbeschränkung auf max. 10 to Gesamtgewicht, d.h. keine Ausnahme- oder Schwertransporte

- Militärlasten bis 10 to Gesamtgewicht

Die bestehende Aufteilung der Gesamtbrückenbreite in die einzelnen Verkehrsflächen (Gehwege / Fahrbahn / Lage der Geleise) wurde in einer Nutzungsvereinbarung [G3] festgehalten und in den letzten Jahren unverändert beibehalten. Auf der Brücke gibt es, nebst einer gestrichelten Mittellinie, keine Markierungen und keine separaten Velospuren.

Die Geschwindigkeit für Brückenüberfahrten ist auf max. 40 km/h signalisiert. Für den Trambetrieb gilt gemäss Geschwindigkeitsreglement von BERNMOBIL auf der Brücke 30 km/h.

Abirren von Motorfahrzeugen

Die Leitschranken am Fahrbahnrand (Fahrzeugrückhaltesystem) sind nach den Vorschriften des ASTRA "Richtlinien für die Ausführung von Leitschranken" ausgebildet. Sie können schwere Fahrzeuge nicht in allen Fällen zurückhalten. Das entsprechende Restrisiko wird durch das Tiefbauamt Stadt Bern akzeptiert.

Heutige Aufteilung des Brückenquerschnitts

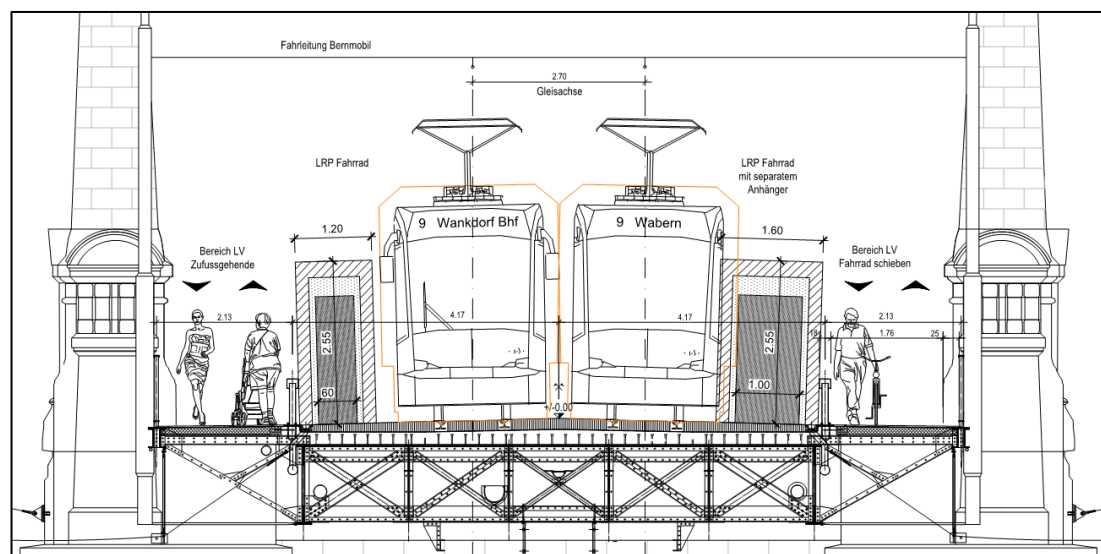


Abbildung 5: Regelquerschnitt des heutigen Zustandes (Bestand) mit Gleisachsabstand von 2.70 m und der Darstellung der Lichtraumprofile für die vereinbarten Nutzungszustände

Bisherige Tragwerksanalysen

Mit der Tragwerksanalyse und der Vergleichsberechnungen im Jahre 2010 [G6] wurde aufgezeigt, dass die grösseren Tramlasten (Stadler Tango und Siemens Combino Classic) - bezogen auf das Laufmetergewicht resp. die einzelnen Achslasten - keine Brückenverstärkungen erfordern. Hingegen hat sich gezeigt, dass infolge der Lasterhöhung die Stabelemente nun voll ausgelastet sind und keine Reserven mehr aufweisen (Ausnutzungsgrad Tragsicherheit ca. 95%).

Das Lastmodell der zukünftigen Trambeschaffungen (ab 2023) ist in der geltenden Nutzungsvereinbarung [G3], in der Projektbasis [G4] und im Überwachungsplan [G2] nicht enthalten und noch zu ergänzen. Vergleichsrechnungen mit der Tragwerksanalyse im Jahr 2010 haben aber gezeigt, dass auch die «Tramzüge 2023 (Typ Tramlink von Stadler)» ohne Verstärkungsmassnahmen auf der Brücke verkehren können.

In der Machbarkeitsstudie zum Gleisoberbausystem [G9] wurde in einer Grobanalyse zudem aufgezeigt, dass die erforderliche Gleisspreizung von heute 2.70 m auf 2.90 m (zentrisch zur Brückenachse) nur sehr geringe Auswirkungen auf das Tragwerk hat und keine Verstärkungen notwendig sind. Insbesondere weist die Fahrbahnplatte aus Stahlbeton über die ganze Brückenlänge eine genügende grosse Tragsicherheit aus.

6 Machbarkeitsstudie Brückenquerschnitt

6.1 Verkehrstechnisch

Ziel der Machbarkeitsstudie ist es, die optimale und machbare Anordnung der Verkehrsträger zu definieren, welche die Verkehrssicherheit generell und die Betriebssicherheit des öffentlichen Verkehrs gewährleistet.

6.1.1 Verkehrssicherheit und -geschehen

Ein sicherer Verkehrsraum ermöglicht den Verkehrsteilnehmenden durch eine gute Übersicht eine sichere Einschätzung der Verkehrssituation und ein angepasstes Fahrverhalten. Durch die ausreichende Dimensionierung ist sichergestellt, dass für die möglichen Begegnungsfälle genügend Raum zur Verfügung steht und dass kleine Fahrfehler nicht unmittelbar zu kritischen Situationen führen.

Die Verkehrssicherheit wird massgeblich durch die Häufigkeit von Störungen und ihrer Auswirkungen beeinflusst. Die Häufigkeit von Störungen wiederum ist abhängig von den Verkehrsfrequenzen. Die Überlegungen zu den Querschnitten basieren auf den nachfolgenden Verkehrsmengen:

Spitzen-h/ Ø-Tag Spitzen-Tag	2020		2028	
Richtung	Zentrum	Viktoriaplatz	Zentrum	Viktoriaplatz
Busse Linie 10	24	24	-	-
Tram Linie 10	-	-	10	10
Tram Linie 9 *	12	12	12	12
Velofahrende	400/3'600	400/3'600	500/4'800	500/4'800
Fussgänger Westseite	150/1'300 3'000	100/1'100 2'000	170/1'450 3'300	110/1'200 2'200
Fussgänger Ostseite	110/1'100 2'300	90/900 1'900	120/1'200 2'500	100/1'000 110/1'100

* Auf der Tram Linie 9 und somit auch auf der Brücke finden zusätzliche Busfahrten durch Verstärkungen statt. Dies gilt für den Istzustand 2020 sowie auch für den zukünftigen Zustand ab 2028.

6.1.2 Übersicht Varianten

Der von der Verkehrsplanung Bern erarbeitete und von metron ergänzte Variantenfächer beinhaltet Kombinationen folgender Anordnungen:

- Varianten mit bestehendem Querschnitt
- Varianten mit leicht erweitertem Querschnitt (durch Montage des Geländers an der Stirnseite der Brückenplatte)
- Variante mit deutlich erweitertem Querschnitt (bedingt eine neue Brückenplatte)
- Veloverkehr gemeinsam mit ÖV und MIV auf der Fahrbahn (Mischverkehr)
- Veloverkehr von Fahrbahn trennen, baulich abgesetzte Radwege
- Veloverkehr in beiden Fahrtrichtungen auf einer Brückenseite
- Tram im Einspurbetrieb

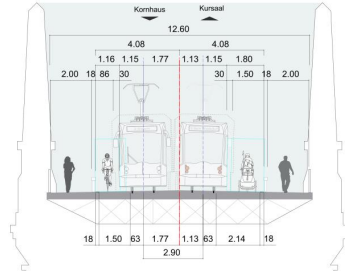
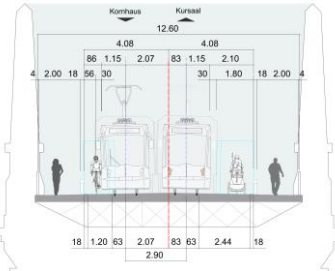
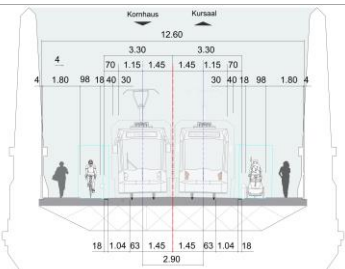
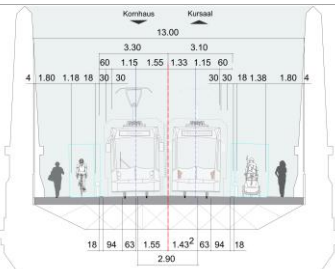
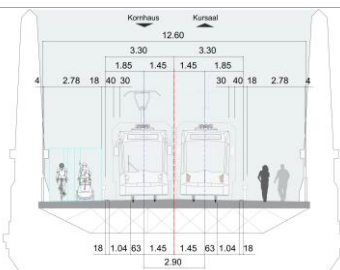
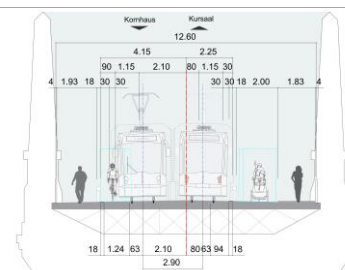
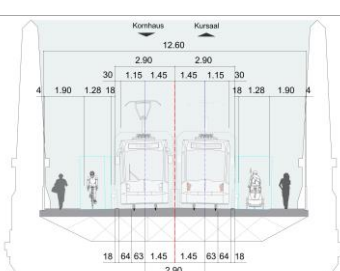
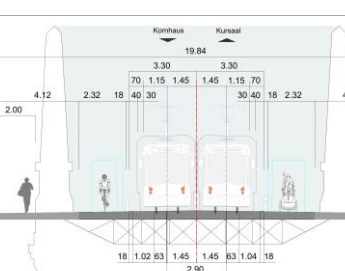
<p>1.0</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 12.60 m symmetrische Anordnung 	<p>1.0.a</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 12.60 m asymmetrische Anordnung Tram 0.32 m Tramachse stadteinwärts verschiebt um 0.42 m Tramachse stadtauswärts verschiebt um 0.22 m 	<p>1.0.b</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 12.60 m asymmetrische Anordnung Tram 0.72 m 
<p>1.1</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 13.00 m symmetrische Anordnung Tram 	<p>2.0</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 12.60 m symmetrische Anordnung abgetrennte Radwege Fahrbahn ÖV/MIV 6.60 m 	<p>2.1.a</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 13.00 m asymmetrische Anordnung Tram 0.20 m abgetrennte Radwege Fahrbahn ÖV/MIV 6.40 m 
<p>3.0 / 3.1</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 13.00 m symmetrische Anordnung Tram Zweirichtungsradweg / zusätzliche Brücke für Fuss- und Veloverkehr Fahrbahn ÖV/MIV 6.60 m 	<p>4.1</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 12.60 m asymmetrische Anordnung Tram 0.92 m velostadteinwärts auf Fahrbahn, stadtauswärts auf separatem Radweg Fahrbahn ÖV/MIV 6.40 m 	<p>4.1.a</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 13.00 m symmetrische Anordnung Tram abgetrennte Radwege Fahrbahn ÖV/MIV 5.80 m 
<p>5.0</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 12.60 m symmetrische Anordnung Tram abgetrennte Radwege Fahrbahn ÖV/MIV 5.80 m 	<p>5.1</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 18.00 m symmetrische Anordnung Tram abgetrennte Radwege Fahrbahn ÖV/MIV 6.60 m 	<p>6.0</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 12.60 m Tram im Einspurbetrieb abgetrennte Radwege 

Abbildung 6: Übersicht Varianten

6.1.3 Beurteilungskriterien

Öffentlicher Verkehr

- ÖV1:** Der ÖV-Betrieb soll planbar sein und stabil erfolgen können. Einschränkungen des Betriebsablaufes sind zu vermeiden oder auf ein betrieblich vertretbares Mass zu beschränken
- ÖV2:** Die Anordnung der Verkehrsflächen muss einen Busbetrieb verkehrssicher gewährleisten

Fussverkehr

- FG1:** Zwei Personen können über die ganze Brückenlänge verkehrssicher nebeneinander gehen oder sich kreuzen
- FG2:** Die Lichtraumprofile des Fussverkehrs und einer angrenzenden Veloführung sollen sich nicht überschneiden

Veloverkehr

- VE1:** Die befahrbare Breite zwischen Schiene und Fahrbahnrand/Rückhaltesystem muss für ein Velo mit Anhänger/ Kinderwagen sicher und komfortabel sein
- VE2:** Die Breite zwischen Tram (Chassis) und Fahrbahnrand/Rückhaltesystem muss für ein Velo mit Anhänger/ Kinderwagen entweder klar erkennbar nicht genügend breit oder klar erkennbar ausreichend breit sein. Sie soll jedoch immer noch eine minimale Breite von 1.0 m aufweisen, so dass bei einer gleichzeitigen Zufahrt auf die Brücke nach der Haltestelle Kursaal ein Velofahrenden nicht zwischen RHS und Tram eingeklemmt wird
- VE3:** Kursaal: Die Verbindungen in die Schänzlihalde und in die Sonnenbergstrasse müssen verkehrssicher gewährleistet sein

Verkehrssicherheit

- VS1:** Die Verkehrssicherheit im Bereich der Brücke und der Anbindungen an die bestehende Verkehrsführung im Bereich Kornhausplatz und Kursaal muss für alle Verkehrsträger gewährleistet sein
- VS2:** Die Anschlussbereiche an die best. Gleislage auf dem Kornhausplatz, der Haltestelle Kursaal sollen verkehrstechnisch korrekt und normkonform erfolgen können
- VS3:** Die Wirkung einer alternativen Absturzsicherung soll die Wirkung der bestehenden Absturzsicherung nicht unterschritten
- VS4:** Die Fahrbahn ist mit einer nicht einfach übersteigbaren physischen Abgrenzung abgetrennt

Zwingende Anforderungen: Ist ein zwingendes Kriterium nicht erfüllt, ist die entsprechende Variante aus verkehrstechnischer Sicht nicht machbar.

6.2 Brückentechnisch

Die drei unabhängigen Teiltragwerke grosser Bogen, kleine Bogen und Endfelder wurden im Zusammenhang mit der vorliegenden Machbarkeitsstudie Brückenquerschnitt mittels eines Finite-Elemente-Computerprogrammes neu als Gesamtschalenmodell formuliert. Zudem wurde im Schalenmodell auch die heutige Betonfahrbahnplatte im Verbund mit dem Unterbau in Stahl modelltechnisch erfasst. In früheren Tragwerksmodellen sind reine Stabtragwerke, z.T. mit Berücksichtigung der Stahl-Beton-Verbundplatte über ein Trägerrostmodell, verwendet worden.

Für die aus verkehrstechnischer Sicht im Vordergrund stehende Variante (1.0.a) wie auch für die Referenzvariante (1.0) wurden die maximalen Stabkräfte in den Tragwerksteilen mit den massgebenden Laststellungen (Eigengewicht, Tram- und Buslasten sowie Individualverkehr) berechnet und mit den bisherigen Resultaten von Hager + Bettschen AG [G5] und AZP AG [G6] verglichen.

Für die Variante 5.1, mit einer massiven Verbreiterung der Brückenplatte, wurde kein neues Tragwerksmodell formuliert, hier erfolgten nur Grobabschätzungen zu den brückenstatischen Konsequenzen.

6.3 Gleistechnisch

Für die aus verkehrstechnischer Sicht im Vordergrund stehenden Varianten (1.0.a, 5.1, 1.0) wurden die Trassierungen der Gleise in den Übergängen von der Brücke in die Bereiche Kur- und Kornhausplatz in der horizontalen Lage überprüft und auf mögliche Friktionspunkte untersucht. Besonders den Radien und den Überschneidungen von Lichtraumprofilen wurde ein besonderes Augenmerk geschenkt.

Weitergehend und zukunftsgerichtet wurde auch die Aufwärtskompatibilität mit der zweiten Tramachse (Weichendreieck Nägeligasse-Kornhausbrücke-Zynglogge) in die Überlegungen mit einbezogen.

Zudem wurde auch die Kompatibilität mit Drittbaustellen, wie z.B. die Haltestelle Kur- und Kornhausplatz, welche im Projekt "Dr. n. Breitsch – Baulos 2" neu erstellt wird, überprüft. Dabei soll vermieden werden, dass zeitnah wieder Umbauarbeiten an der Gleisanlage im Haltestellenbereich Kur- und Kornhausplatz anfallen.

7 Bewertungsergebnisse

7.1 Verkehrstechnisch

Siehe Anhang A1.

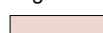

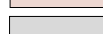


Die Beurteilung und die anschliessende Diskussion im Projektteam zeigten, dass drei Varianten vertieft zu betrachten sind:

- die Variante 1.0, die nur die Gleisspreizung von 2.70 auf 2.90 m vorsieht. Die Variante ist die Rückfallebene, falls sich im weiteren Planungsprozess zeigt, dass die weiteren zu vertiefenden Varianten nicht umgesetzt werden können oder unverhältnismässige Eingriffe oder Aufwendungen erfordern.
- die Variante 1.0.a, welche eine asymmetrische Anordnung der Tramachsen vorsieht. Mit der Spreizung der Gleisachsen von 2.70 auf 2.90 m verschiebt sich die Gleisachse stadtauswärts um 22 cm zur Brückenachse, die Gleisachse stadteinwärts um 42 cm aus der Brückenachse. Die Variante 1.0.a stellt eine mögliche Kompromisslösung dar. Die Verkehrs- und Betriebssicherheit sind im Bereich der Brücke gewährleistet. Um zukünftige verkehrstechnische Friktionspunkte zwischen Tram und Velo möglichst ausschliessen zu können wird empfohlen, das Fahrverhalten auf der stadteinwärts führenden Fahrspur, vor allem bei der nun durch die Gleisverschiebung schmaleren Brückenauffahrt Seite Kursaal, durch einen zeitnahen Fahrversuch zu simulieren.
- die Variante 5.1, welche den Neubau der Brückenplatte mit einem wesentlich verbreiterten Querschnitt beinhaltet. Die Variante 5.1 ist verkehrlich wünschenswert, sie hat durch die erforderlichen Eingriffe in die bestehende Konstruktion jedoch hohe Risiken (Machbarkeit, Denkmalpflege, Anschlussbereiche) und hohe Kosten zur Folge.

Die nachfolgende Tabelle veranschaulicht die Ergebnisse der Variantenbewertung:

Varianten	Beurteilungskriterien										
	ÖV1	ÖV2	FG1	FG2	VE1	VE2	VE3	VS1	VS2	VS3	VS4
1.0	kritisch	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	kritisch	unverändert/neutral	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt
1.0.a	erfüllt	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	kritisch	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt
1.0.b	erfüllt	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt	unverändert/neutral	nicht erfüllt	erfüllt	erfüllt
1.1	erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt
2.0	erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt
2.1.a	erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt
3.0/3.1	erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt
4.1	erfüllt	nicht erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt
4.1.a	erfüllt	nicht erfüllt	unverändert/neutral	nicht erfüllt	nicht erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt
5.0	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	unverändert/neutral	unverändert/neutral	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt
5.1	erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	unverändert/neutral	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt
6.0	nicht erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt

Legende:

	zwingende Anforderung		kritisch
	unverändert/neutral		nicht erfüllt
	erfüllt		

7.2 Brückentechnisch

Siehe Anhang A2.

Aus brückenstatistischer Sicht können die Gleisachsen gemäss Varianten 1.0 und 1.0.a ohne Verstärkungsmassnahmen im Rahmen von 0 cm (Variante 1.0) bis max. 32 cm (Variante 1.0.a.) bezüglich der Brückenachse verschoben angeordnet werden.

Bei der Variante 1.0.a heisst das: Mit der Spreizung der Gleisachsen von 2.70 m auf 2.90 m kann sich die Gleisachse stadtauswärts um max. 22 cm gegen die Brückenachse, die Gleisachse stadteinwärts um max. 42 cm aus der Brückenachse verschieben.

Die Tragsicherheit ist bei beiden Varianten gewährleistet, die Auswirkungen auf die Ermüdungssicherheit sind sehr gering und nicht relevant.

Die bereits bisher festgestellten Stäbe mit Ermüdungsproblemen bleiben nach wie vor kritisch und müssen gemäss Überwachungsplan beobachtet werden.

Bei der Variante 5.1 mit einer Verbreiterung der Brückenplatte um knapp 7.24 m ergeben sich erhebliche brückenstatische Probleme, die sich bis hin zu einem Teil-/Totalersatz von Brückenteilen auswirken können. Eine statische Grobanalyse zeigt auf, dass mit den heutigen Stabquerschnitten weder die Tragsicherheit noch die Ermüdungssicherheit gewährleistet werden kann.

Zudem müsste auch die im Jahr 2016 eingebaute Brückensicherung (Schutznetze) gesamthaft ersetzt werden.

Im Weiteren wird eine Variante mit einer Brückenverbreiterung grosse Auswirkungen auf den weiteren Planungsverlauf haben, u.a.:

- Politische Diskussion (Tiefbauamt, Stadtrat, Gemeinderat, Denkmalpflege, Bevölkerung)
- Bewilligungsverfahren (inkl. Einsprachen)
- Zeitlicher Projektablauf
 - Projektierung (bis 2023 nicht möglich)
 - Realisierung (Brückensperre über einen grossen Zeitraum)
- Projektkosten (inkl. Volksabstimmung)

7.3 Gleistechnisch

Siehe Anhang A3.

Aus rein trassierungstechnischer Sicht gibt es bei den verkehrstechnisch möglichen Varianten (1.0, 1.0.a, 5.1), bei einem Gleisachsabstand von 2.90 m auf der Brücke, kein "No-Go".

Es kann jedoch erwähnt werden, dass die Variante 5.1 (identisch mit Variante 1.0) trassierungstechnisch ein wenig besser abschneidet als die Variante 1.0.a. Hauptgrund dafür ist, dass es bei der Variante 5.1 eine geringere seitliche Verschiebung der Gleisanlage gibt.

- Anschlüsse auf den Bestand

Der Umbauperimeter ist bei der Variante 1.0.a grundsätzlich grösser als bei der Variante 5.1, da eine grössere Verschwenkung der Gleisanlage nötig wird.

Bei der Variante 5.1 sind grundsätzlich ein wenig grössere Radien der Gleise möglich. Der Unterschied ist jedoch relativ gering.
- Zweite Tramachse

Das aktuell grösste Risiko mit der zweiten Tramachse besteht darin, dass wir eine Lichtraumprofil-Überschneidung im Bereich des Weichendreiecks haben. Im Worstcase könnte dies ein Begegnungsverbot, bei Tramfahrten (stadtein- und auswärts) im Abzweiger von der Brücke zur zweiten Tramachse, bedeuten. Dieses Risiko besteht bei allen Varianten im gleichen Masse. Bei der Variante 5.1 resp. 1.0 sind im Abzweiger leicht grössere Radien als bei der Variante 1.0.a möglich.

Aus Erfahrung von ähnlichen Fällen auf dem Netz von BERNMOBIL kann davon ausgegangen werden, dass das BAV, gemäss heute angewandter Praxis, im Sinne einer Ausnahmebewilligung im Rahmen des Projektes «Zweite Tramachse» das Begegnungsverbot aufheben würde.

7.4 Synthese: Empfehlung Brückenquerschnitt

Zusammenfassend kann festgehalten werden:

- Aus verkehrstechnischer Sicht sind die Varianten 1.0.a und 5.1 zu empfehlen. Die Variante 1.0 gilt als Rückfallebene, falls die zwei anderen Varianten nicht möglich sind.
- Aus brückentechnischer Sicht sind die Varianten 1.0.a sowie die Rückfallebene Variante 1.0 ohne Verstärkungsmassnahmen am Brückentragwerk machbar. Die Variante 5.1 (Verbreiterung der Brücke um 7.24 m) hat massive Verstärkungsmassnahmen am Brückentragwerk zur Folge (bis hin zum Teil-/ oder Totalersatz), ist wohl auch politisch kaum realisierbar und deshalb zu verwerfen.
- Aus gleistechnischer Sicht sind alle 3 Varianten machbar.

Die Projektorganisation kommt deshalb zum Schluss, dass die Variante 1.0.a als konzeptionelle Vorgabe weiterverfolgt und in den weiteren Projektphasen (Vor-/Bauprojekt) vertieft zu planen und zu optimieren ist. Kurzfrist wird empfohlen, einen Fahrversuch auf der stadteinwärts führenden Fahrspur, vor allem im Bereich bei der Brückenauffahrt Seite Kursaal, durchzuführen (siehe Pkt. 7.1).

Die Variante 5.1 scheidet definitiv aus.

Die Variante 1.0 gilt nur als Rückfallebene, falls Variante 1.0.a zu einem späteren Zeitpunkt verworfen werden sollte.

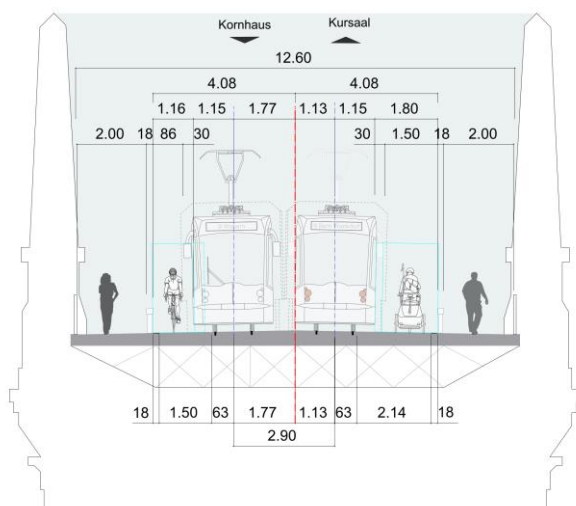


Abbildung 7: Variante 1.0.a

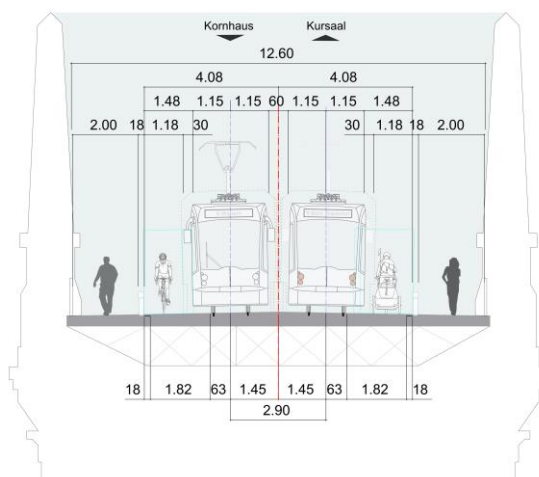


Abbildung 8: Variante 1.0 (Rückfallebene)

8 Verfasser

Bern, 24.06.2020

Metron Bern AG



Christof Bähler

ingenta ag ingenieure + planer



Reto Adamina



Egidio Gambardella

A Anhang

A1 Verkehrstechnischer Bericht (metron)

A2 Brückenstatistischer Bericht (ingenta)

A3 Gleisbautechnischer Bericht (BERNMOBIL)

Gleiserneuerung Kornhausbrücke

A1_Verkehrstechnischer Bericht
Machbarkeitsstudie Brückenquerschnitt

BERNMOBIL

24. Juni 2020



metron

Bearbeitung

Christof Bähler, dipl. Bauingenieur FH, Verkehrsingenieur SVI

Metron Bern

Neuengasse 43

Postfach

3001 Bern

T 031 380 76 98

info@metron.ch

www.metron.ch

Begleitung

Thomas von Känel, dipl. Siedlungsplaner HTL/FSU, NDS FH
Betriebswirtschaft / Unternehmensführung

Auftraggeber

BERNMOBIL, Städtische Verkehrsbetriebe Bern, Sergio Rizzoli,
Leiter Infrastrukturplanung

Titelbild: Kornhausbrücke, Mai 2020

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	6
2	Brückenquerschnitte	7
3	Verkehr	8
3.1	Verkehrsaufkommen	8
3.2	Verkehrsgeschehen	10
3.1	Lichraumprofile	12
4	Querschnittsvarianten	14
4.1	Übersicht Varianten	14
4.2	Vollständigkeit Variantenfelder	15
4.3	Relevante Masse	15
5	Methodik und Beurteilungskriterien	16
6	Verkehrliche Beurteilung der Varianten	17
6.1	Variante 1.0 (Referenzvariante)	17
6.2	Variante 1.0.a	18
6.3	Variante 1.0.b	20
6.4	Variante 1.1	21
6.5	Variante 2.0	23
6.6	Variante 2.1.a	24
6.7	Variante 3.0 / 3.1	26
6.8	Variante 4.1	27
6.9	Variante 4.1.a	29
6.10	Variante 5.0	31
6.11	Varianten 5.1	32
6.12	Variante 6.0	34
6.13	Fazit	35

1 Ausgangslage

Die Kornhausbrücke schliesst grosse Teile der Stadtteile Breitenrain und Schosshalde an das Stadtzentrum an und ist damit ein sehr wichtiges Netzelement für den Veloverkehr in Bern. Die Brücke weist ein Längsgefälle von 2.7% auf. Die Geschwindigkeit des Veloverkehrs in den beiden Fahrrichtungen ist deshalb sehr unterschiedlich. In Fahrrichtung Viktoriaplatz steigt die Brücke an, die Fahrgeschwindigkeit der Velofahrenden liegt aktuell im Bereich von 15 km/h - 25 km/h. In Fahrrichtung Stadtzentrum besteht ein Gefälle und die Velofahrenden sind mit einer mittleren Geschwindigkeit von ca. 25-40 km/h unterwegs. Im Bereich der Brücke besteht keine separate Veloinfrastruktur. Der dem Veloverkehr minimal zur Verfügung stehende Fahrbereich liegt zwischen einem überholenden Tram und dem Fahrbahnrückhaltesystem. Diese Breite misst in beiden Fahrtrichtungen rund 1.58 m (Chassis, ohne Sicherheitsabstand Tram) und wird durch die Velofahrenden bereits heute als sehr knapp empfunden.

Mit der Inbetriebnahme des Tram Bern - Ostermundigen wird sich die Tram-Frequenz auf der Kornhausbrücke deutlich erhöhen. Zudem beträgt der zu berücksichtigende Abstand zwischen den Gleisachsen gemäss dem vom Bundesamt für Verkehr (BAV) genehmigten Lichtraumprofil der Projektierungsrichtlinien BERNMOBIL neu 2.90 m (bisher 2.70 m). Dieser Gleisabstand ist gleisgeometrisch nötig, um die Aufwärtskompatibilität der 2. Tramachse sicherzustellen. Der neue Gleisabstand soll im Rahmen der nächsten Gleissanierung umgesetzt werden. Diese erfolgt voraussichtlich noch vor der Inbetriebnahme des Trams Bern - Ostermundigen. Ohne weitere Querschnittsanpassung wird damit der bereits heute knappe Fahrraum des Veloverkehrs in beiden Fahrrichtungen um 10 cm verringert. Mit Blick auf die Verkehrssicherheit und Attraktivität des Veloverkehrs ist eine Verschmälerung des Velofahrbereichs zu vermeiden.

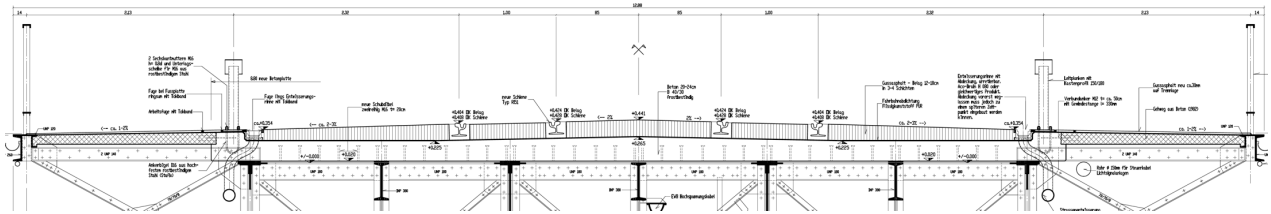
Im heutigen Zustand sind die Tramachsen symmetrisch zur Brückenachse angeordnet. Der heute zwischen dem Rückhaltesystem und dem Lichtraumprofil des Trams liegende Fahrraum für den Veloverkehr misst 1.28 m. Mit der Berücksichtigung des grösseren Tram-Achsabstandes von 2.90 wird sich der Velofahrraum - bei einer weiterhin symmetrischen Anordnung der Tramachsen auf 1.18 m verringern. Das Lichtraumprofil des Veloverkehrs ist damit nicht mehr vollständig gewährleistet. In Richtung Kursaal steigt die Kornhausbrücke an, Velofahrende ohne Trettunterstützung sind deshalb langsam unterwegs und benötigen durch eine meist verstärkte Pendelbewegung einen erweiterten Fahrbereich. Es ist deshalb davon auszugehen, dass die Trams Velofahrende nicht mehr in jedem Fall in genügend sicheren Anstand überholen können und deshalb hinter den Velos bleiben müssen. Dies ist umso kritischer bei Velos mit Anhänger, welche bereits heute nur bedingt durch das Tram überholt werden. Dadurch besteht das Risiko, dass der Trambetrieb insbesondere während den Spitzenstunden beeinträchtigt wird.

Die Kirchenfeldbrücke verfügt gegenüber der Kornhausbrücke über eine 1 m breitere Fahrbahn (Kirchenfeldbrücke: 8.80 m, Kornhausbrücke 7.80 m) und weist damit für den Veloverkehr eine deutlich komfortablere und sicherere Situation auf. Die Breite des Velofahrbereiches zwischen Rückhaltesystem und Schiene beträgt 2.32 m, die Breite zwischen Tramchassis und Rückhaltesystem misst 1.80 m. Die Differenz zu Situation auf der Kornhausbrücke ist deutlich wahrnehmbar und verbessert das Sicherheitsempfinden der Velofahrenden entscheidend.

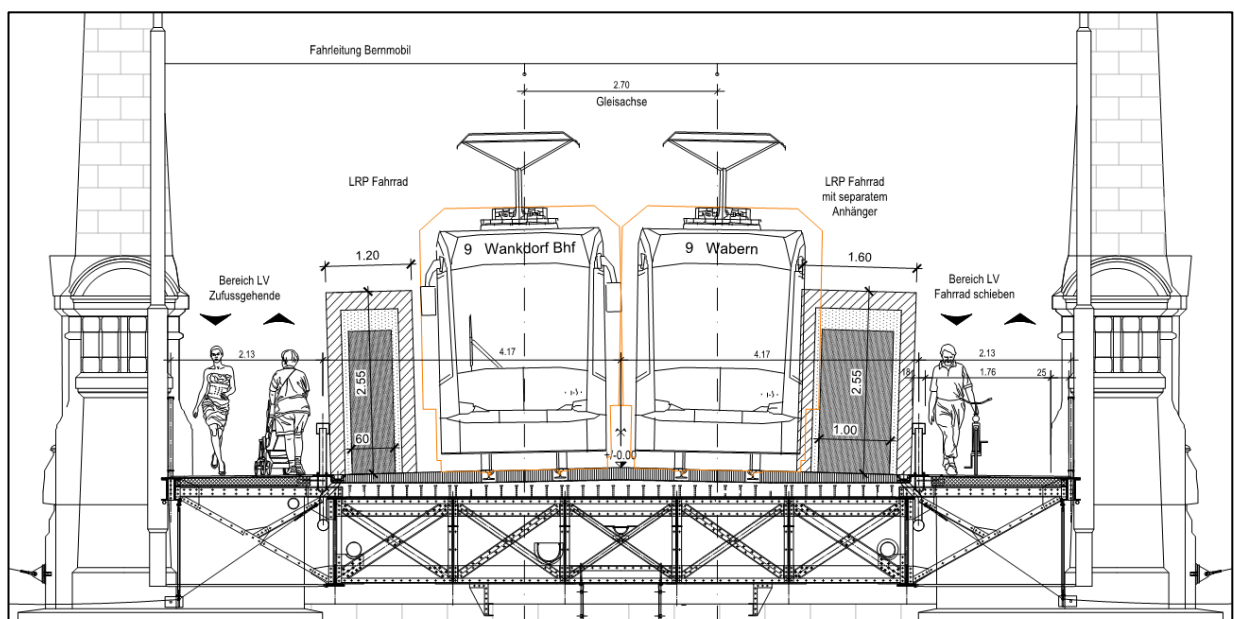
Die Verkehrsplanung Bern hat denkbare Varianten zu möglichen Neuordnungen der Verkehrsträger erarbeitet. Im vorliegenden Kurzbericht werden diese Varianten aus verkehrlicher Optik ergänzt und beurteilt.

2 Brückenquerschnitte

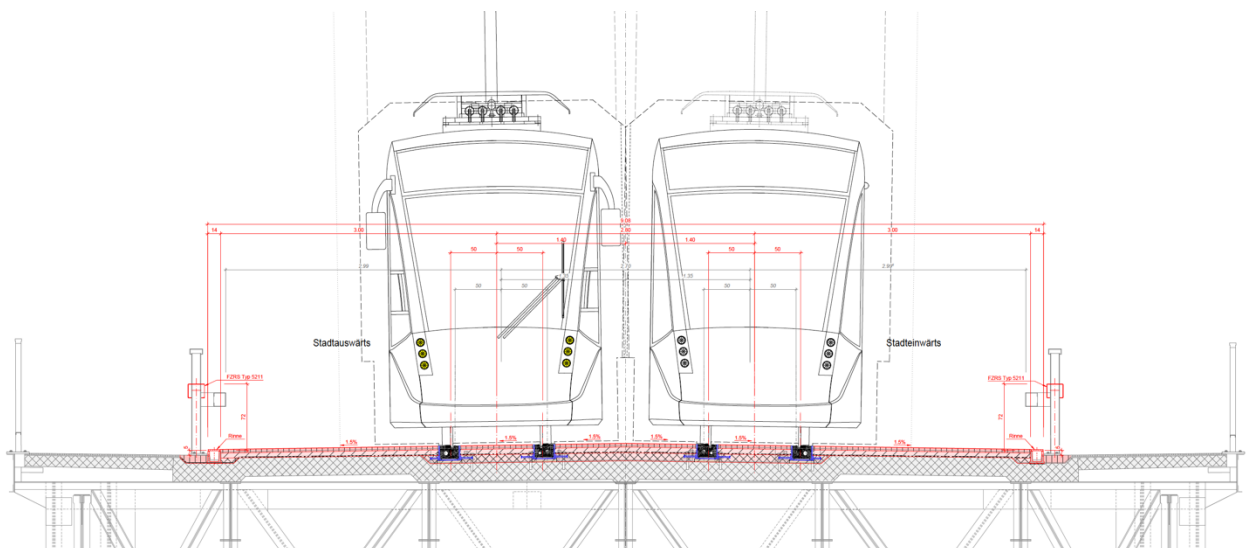
Brückenquerschnitt Kornhausbrücke (Plangrundlage TAB)



Bestehendes Normalprofil Kornhausbrücke (Plangrundlage TAB)



Brückenquerschnitt Kirchenfeldbrücke (zum Vergleich, Plangrundlage TAB)



3 Verkehr

3.1 Verkehrsaufkommen

3.1.1 Öffentlicher Verkehr

Aktuell verkehren mit der Tramlinie 9 und der Buslinie 10 die zwei meistfrequentierten ÖV-Linien von BERNMOBIL über die Kornhausbrücke. Pro Tag (Mo-Fr) werden in diesem Querschnitt über 40'000 Personen befördert.

Heutiges Angebot Linien Nr. 9 und Nr. 10

Die Tramlinie 9 fährt im 6'-Takt, daraus ergeben sich in der Spitzenstunde 10 Fahrzeuge pro Fahrtrichtung, welche über die Kornhausbrücke verkehren. Die Linie 9 wird aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens des neuen Bundesverwaltungszentrums am Guisanplatz seit Herbst 2019 mit zusätzlichen Bussen verstärkt. Dies führt in der abendlichen Spitzenstunde zu 10 Busbewegungen pro Richtung.

Die Buslinie Nr. 10 verkehrt in den Spitzenstunden im 2.5'-Takt, was 24 Bussen pro Richtung und Stunde entspricht.

Zukünftiges Angebot Linien Nr. 9 und Nr. 10

Es ist geplant die Linie 9 ab 2024 während den Hauptverkehrszeiten im 5'-Takt verkehren zu lassen. Damit steigt die Anzahl der Bewegungen auf 12 pro Stunde. Zudem geht BERNMOBIL aufgrund der heutigen Frequenzen auf der Linie 9 und der erwarteten Zunahme davon aus, dass auch mit dem 5'-Takt der Linie 9 täglich Busverstärkungen gefahren werden müssen. Der genaue Umfang dieser Verstärkungsleistung kann im Moment aber noch nicht beziffert werden.

Die Linie 10 wird nach dem Bau des Trams Bern-Ostermundigen künftig mit Tramzügen im 6'-Takt betrieben. Daraus ergeben sich in der Spitzenstunde 10 Fahrzeuge pro Fahrtrichtung.

Tramersatzbetrieb und zusätzliche Verstärkungsleistungen

Neben den oben erwähnten Zusatzkursen wird die Linie 9 auch bei Veranstaltungen im Raum Guisanplatz (Konzerte, Fussball-/Eishockeyspiele) regelmässig mit Bussen verstärkt. Zudem werden die Tramlinien bei Baustellen oder bei grossen Veranstaltungen in der Stadt Bern auf Tramersatzbetrieb mit Bussen umgestellt. Diese Ersatzbetriebe können einzelne Stunden, aber auch mehrere Wochen oder Monate dauern. Über die Kornhausbrücke werden deshalb auch nach der Umstellung der Linie 10 auf Trametrieb regelmässig Busse fahren.

3.1.2 Veloverkehr

An der Kornhausstrasse besteht eine Dauerzählstelle des Veloverkehrs. Die nachfolgende Tabelle zeigt die in den letzten drei Jahren erfassten Velofrequenzen:

Velo-DTV Messstelle Kornhausstrasse	Tiefstes Monatsmittel	Maximales Monatsmittel	Jährlicher Durchschnitt
2019	2'100	5'100	3'600
2018	2'500	4'400	3'300
2017	1'400	4'800	3'100

3.1.3 Fussverkehr

Auf der Kornhausbrücke besteht eine Dauerzählstelle des Fussverkehrs. Zu beachten ist, dass die Zählstelle nicht präzise Ergebnisse ergibt. So werden zwei nebeneinander gehende Personen in der Regel nur als eine Person erfasst. D.h. die effektiven Fussgängerfrequenzen liegen über den erfassten Werten, vermutlich sogar deutlich darüber.

FG-DTV Messstelle Kornhausstrasse	Spitzen- stunde	Tiefstes Tagessmittel	Maximales Tagessmittel	Durchschnitt März – August 2019
Trottoir West	100 - 400	450	4900	2175
Trottoir Ost	100 - 400	600	4100	1800

Stadteinwärts 55-60%

Stadtauswärts 40-45%

Anteil Rollstühle/Kinderwagen: 6-7%

3.1.4 Prognose Verkehrsentwicklung 2030

Veloverkehr: + 50%

Anteil Velos mit Anhänger: 5%

Fussverkehr: + 10%

Tram: Taktverdichtung Linie 9, Tram statt Bus für Linie 10

3.1.5 Zusammenstellung Spitzenstunde/Tagesfrequenzen

Spitzen-h/ Ø-Tag Spitzen-Tag	2020		2028	
Richtung	Zentrum	Viktoriaplatz	Zentrum	Viktoriaplatz
Busse Linie 10	24	24	-	-
Tram Linie 10	-	-	10	10
Tram Linie 9*	12	12	12	12
Velofahrende	400/3'600	400/3'600	500/4'800	500/4'800
Fussgänger Westseite	150/1'300 3'000	100/1'100 2'000	170/1'450 3'300	110/1'200 2'200
Fussgänger Ostseite	110/1'100 2'300	90/900 1'900	120/1'200 2'500	100/1'000 110/1'100

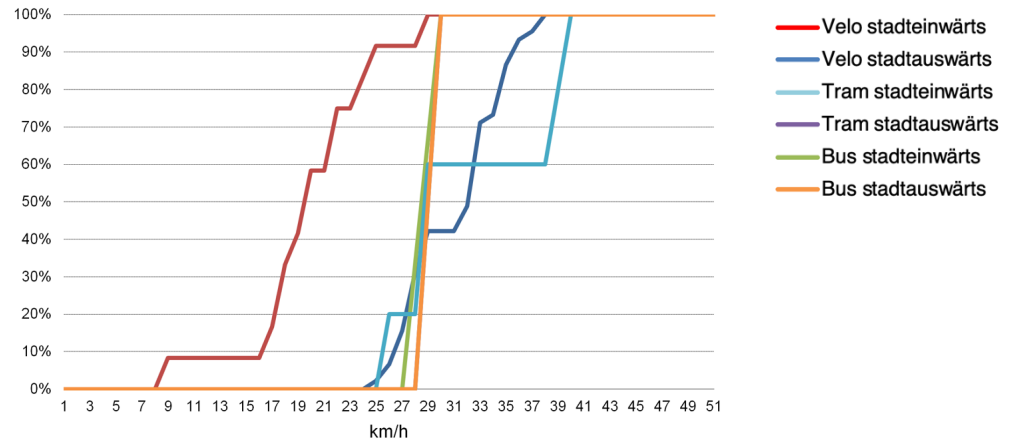
*Auf der Tram Linie 9 und somit auch auf der Brücke finden zusätzliche Busfahrten durch Verstärkungskurse statt

3.2 Verkehrsgeschehen

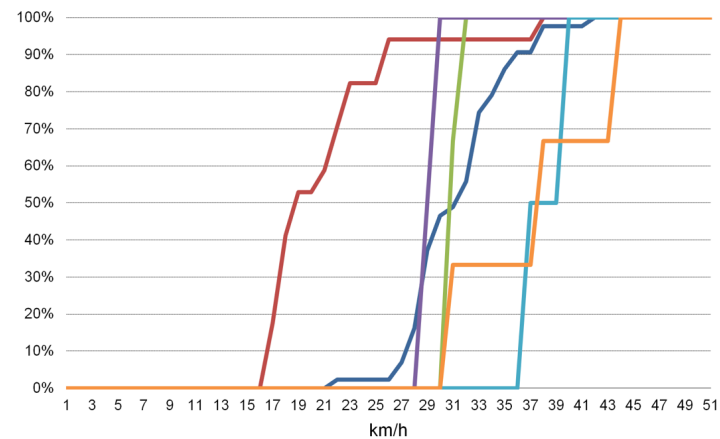
Geschwindigkeiten

Die nachfolgenden Grafiken zeigen die während zwei Stunden mit einer mobilen Radarpistole (Flexigun Bushnell) gemessenen Geschwindigkeiten Seite Kornhaus und bei der Brückenmitte. Gut erkennbar ist, dass rund die Hälfte der Velofahrenden stadteinwärts schneller unterwegs sind als das Tram.

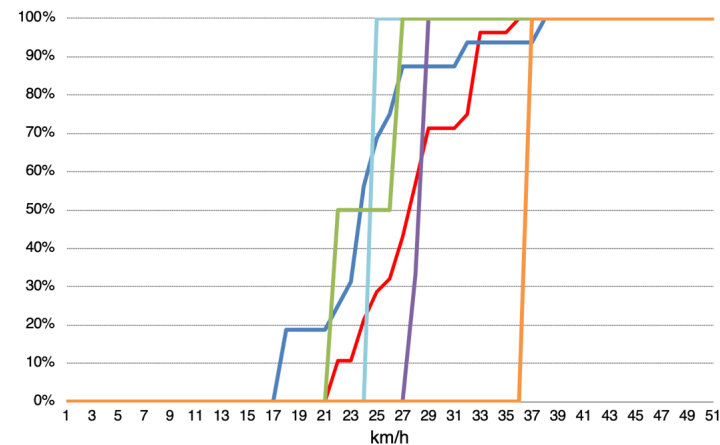
Brückenende Seite Kornhaus, 29.04.20, Vormittag



Brückenmitte, 29.04.20, Vormittag



Brückenende Seite Kursaal, 29.04.20, Vormittag

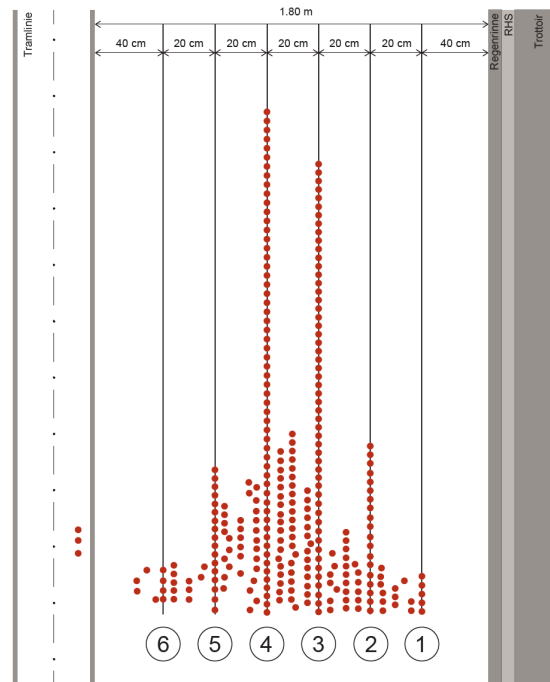


Distanz Velos zu Rückhaltesystem/Regenrinne

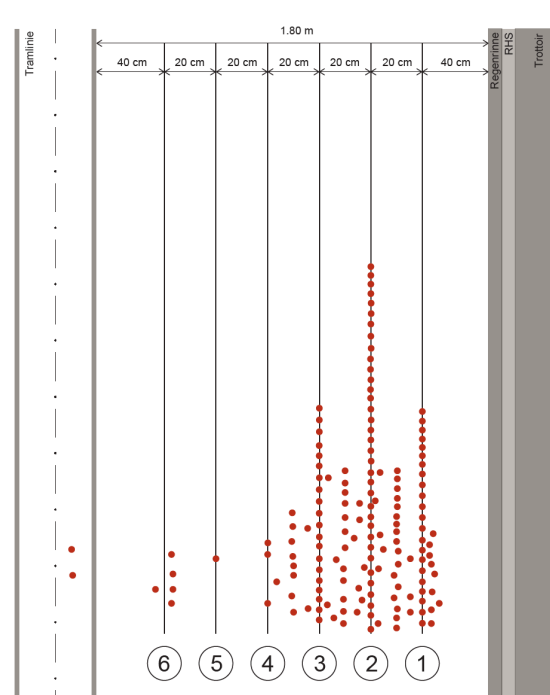
Unbehinderte Velofahrende halten in der Fahrrichtung stadteinwärts gegenüber dem Rückhaltesystem einen Abstand von rund 1.0 - 1.2 m (Distanz Velo – Rückhaltesystem) ein. In der Fahrrichtung stadtauswärts liegt die Fahrgeschwindigkeit der Velos tiefer und der mittlere Abstand zum Rückhaltesystem ist mit 0.80 - 1.00 m geringer.

Zur Feststellung der von den Velofahrenden gewählten Distanz zum Rückhaltesystem, wurden parallel zum Rückhalteystem/Regenrinne auf der Fahrbahn Linien markiert. Die nachstehende Grafik zeigt die Verteilung der Velofahrenden bezüglich des gewählten Abstandes zum Rückhaltesystem, resp. der Tramschiene.

Fahrten Velo in ASP, Richtung stadteinwärts

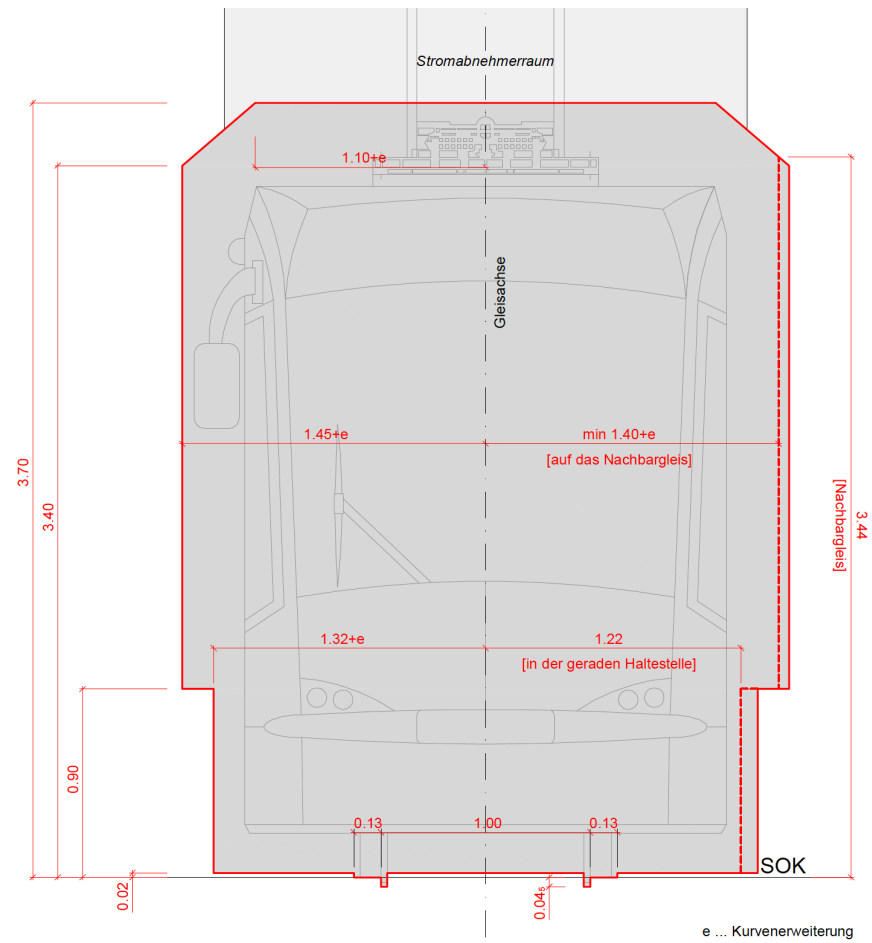


Fahrten Velo 11.30 – 12.30, Richtung stadtauswärts

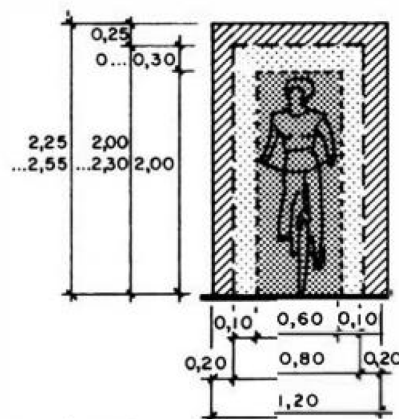


3.1 Lichraumprofile

Lichraumprofil Tram (Projektierungsrichtlinien BERNMOBIL 2016A)

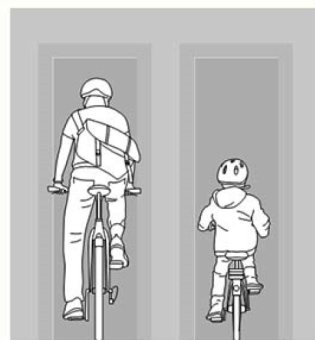


Lichtraumprofil Velo (VSS 40 201, Stand 1992)



Lichtraumprofil Velo erweitert (Masterplan Veloinfrastruktur Stadt Bern)

Um ein komfortables und sicheres Velofahren zu ermöglichen genügt das Lichtraumprofil von 1.20 m Breite gemäss der Norm VSS 40 201 aus heutiger Sicht nicht mehr. Der Masterplan Veloverkehr definiert deshalb für Velos ein Lichtraumprofil von 1.50 m Breite und 1.80 m für Velos mit Anhänger.



Nebeneinander/Überholen
2.50 m
→ *stets anzustreben*



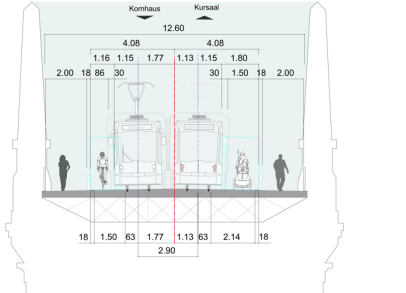
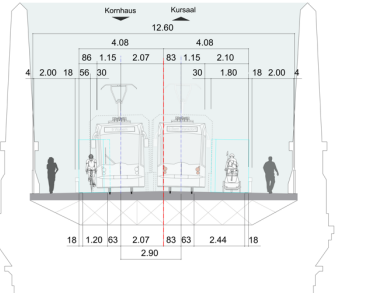
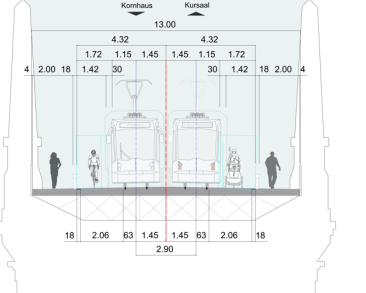
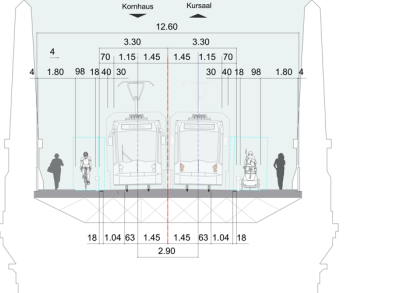
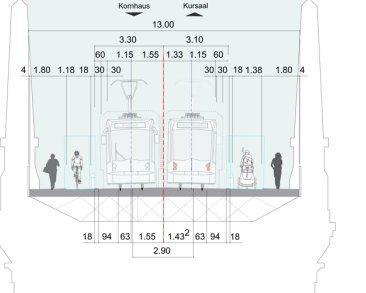
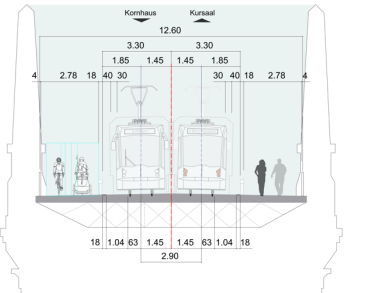
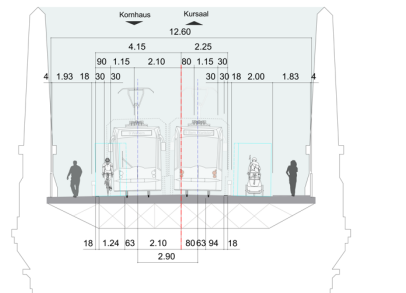
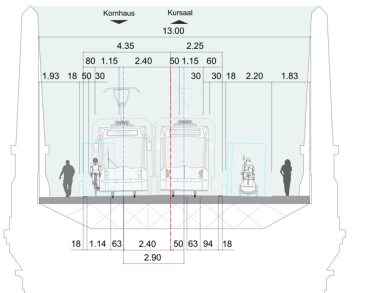
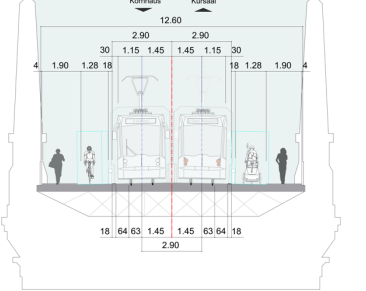
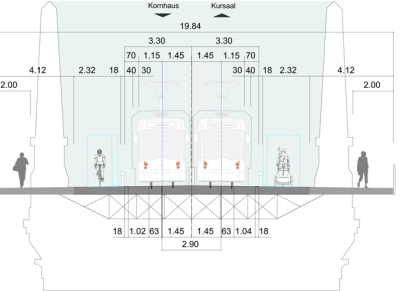
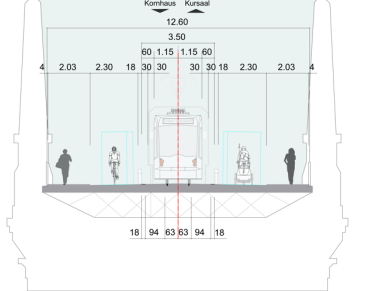
Veloanhänger
1.80 m
→ *Minimum für Hauptrouten*



Stadtvelo
1.50 m
→ *Minimum*

4 Querschnittsvarianten

4.1 Übersicht Varianten

<p>1.0</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 12.60 m symmetrische Anordnung 	<p>1.0.a</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 12.60 m asymmetrische Anordnung Tram 0.32 m Tramachse stadteinwärts verschiebt um 0.42 m Tramachse stadtauswärts verschiebt um 0.22 m 	<p>1.0.b</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 12.60 m asymmetrische Anordnung Tram 0.72 m 
<p>1.1</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 13.00 m symmetrische Anordnung Tram 	<p>2.0</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 12.60 m symmetrische Anordnung abgetrennte Radwege Fahrbahn ÖV/MIV 6.60 m 	<p>2.1.a</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 13.00 m asymmetrische Anordnung Tram 0.20 m abgetrennte Radwege Fahrbahn ÖV/MIV 6.40 m 
<p>3.0 / 3.1</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 13.00 m symmetrische Anordnung Tram Zweirichtungsradweg / zusätzliche Brücke für Fuss- und Veloverkehr Fahrbahn ÖV/MIV 6.60 m 	<p>4.1</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 12.60 m asymmetrische Anordnung Tram 0.92 m velostadteinwärts auf Fahrbahn, stadtauswärts auf separatem Radweg Fahrbahn ÖV/MIV 6.40 m 	<p>4.1.a</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 13.00 m symmetrische Anordnung Tram abgetrennte Radwege Fahrbahn ÖV/MIV 5.80 m 
<p>5.0</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 12.60 m symmetrische Anordnung Tram abgetrennte Radwege Fahrbahn ÖV/MIV 5.80 m 	<p>5.1</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 19.84 m symmetrische Anordnung Tram abgetrennte Radwege Fahrbahn ÖV/MIV 6.60 m 	<p>6.0</p> <ul style="list-style-type: none"> Gesamtbreite 12.60 m Tram im Einspurbetrieb abgetrennte Radwege 

4.2 Vollständigkeit Variantenfächer

Der von der VP Bern erarbeitete Variantenfächer stellt die wesentlichen Möglichkeiten zur Anordnung der Verkehrsträger dar. Zu einzelnen Varianten bestehen weitere Untervarianten, die bei demselben Konzept, andere Masse vorsehen. Zur Variante 1.0 wurden zwei Untervarianten eingefügt: 1.0.a und 1.0.b, zur Variante 5.0 die Variante 5.1.

4.3 Relevante Masse

Die Beurteilung der verkehrlichen Wirkung der verschiedenen Varianten hängt unmittelbar von der Anordnung und Dimension der für die Verkehrsträger vorgesehenen Bereiche ab. Die Variantenskizzen beinhalten nicht alle für die Beurteilung relevanten Masse. Die nachstehende Tabelle ermöglicht einen Überblick über die für die verkehrliche Beurteilung relevanten Masse.

Skizze zu relevanten Massen:

(Variante 1.0.a)



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Var.	Gesamt- breite	Anordnung Velobereich			Breite Gehweg				Breite der Velofahrbahn		Achs- abstand Tram	Lage Tramachse ab Brückenmitte				Breite Fahrbahn RHS- RHS	Breite Velo LRP RHS - LRP Tram/ Diff LRP Velo				Breite Velo eff. RHS - Tram (Chassis)		Breite Velo FB RR - Schiene		
												West		Ost											Anord.
		FB	RW	ZRW	zw. Pyl	bei Pyl.	zw. Pyl	bei Pyl.	West	Ost		-	ab Mitte	Asym	ab Mitte		Asym	West	Ost	West	Ost	West	Ost		
	m	-	-	-	m	m	m	m	m	m	m	-	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
0																									
1.0	12.60	x	-	-	2.00	1.75	2.00	1.75	0.00	0.00	2.90	zentr.	1.45	-	1.45	-	8.16	1.18	-0.02	1.18	-0.02	1.48	1.48	1.82	1.82
1.0.a	12.60	x	-	-	2.00	1.75	2.00	1.75	0.00	0.00	2.90	asym.	1.77	0.42	1.13	-0.22	8.16	0.86	-0.34	1.50	0.30	1.16	1.80	1.50	2.14
1.0.b	12.60	x	-	-	2.00	1.75	2.00	1.75	0.00	0.00	2.90	asym.	2.07	0.72	0.83	-0.52	8.16	0.56	-0.64	1.80	0.60	0.86	2.10	1.20	2.44
1.1	13.00	x	-	-	2.00	1.55	2.00	1.55	0.00	0.00	2.90	zentr.	1.45	-	1.45	-	8.56	1.38	0.18	1.38	0.18	1.68	1.68	2.02	2.02
2.0	12.60	-	x	-	1.80	1.55	1.80	1.55	0.98	0.98	2.90	zentr.	1.45	-	1.45	-	6.60	-	-	-	-	-	-	-	-
2.1.a	13.00	-	x	-	1.80	1.55	1.80	1.55	1.18	1.38	2.90	asym.	1.55	0.20	1.35	0.00	6.40	-	-	-	-	-	-	-	-
3.0	12.60	-	-	x	2.78	2.57	2.78	2.57	2.82	2.82	2.90	zentr.	1.45	-	1.45	-	6.60	-	-	-	-	-	-	-	-
3.1	12.60	-	-	-	2.78	2.57	2.78	2.57	2.82	2.82	2.90	zentr.	1.45	-	1.45	-	6.60	-	-	-	-	-	-	-	-
4.1	12.60	-	x	-	1.93	1.68	1.83	1.58	-	2.00	2.90	asym.	2.27	0.92	0.63	-0.72	6.40	0.3	-0.9	-	-	0.60	-	1.12	-
4.1.a	13.00	-	x	-	1.93	1.48	1.83	1.38	-	2.20	2.90	asym.	2.47	1.12	0.43	-0.92	6.60	0.4	-0.8	-	-	0.70	-	1.22	-
5.0	12.60	-	x	-	1.73	1.48	1.73	1.48	1.50	1.50	2.90	zentr.	1.45	-	1.45	-	5.80	-	-	-	-	-	-	-	-
5.1	18.00	-	x	-	3.20		3.20		2.50	2.50	3.90	zentr.	1.45	-	1.45	-	6.60	-	-	-	-	-	-	-	-
6.0	12.60	-	x	-	2.06	1.81	2.06	1.81	2.30	2.30	2.90	zentr.	0.00	-	0.00	-	3.50	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle: Zusammenstellung relevante Masse






5 Methodik und Beurteilungskriterien

In einem ersten Schritt wurden Beurteilungskriterien definiert. Für die Beurteilung der Varianten wurden anschliessend verschiedene quantitative Verfahren geprüft. Es zeigt sich jedoch, dass eine quantitative Beurteilung auf dem aktuellen, übergeordneten Planungsstand kaum plausible Resultate ergibt. Die Beurteilung erfolgt deshalb rein qualitativ. Die rot gekennzeichneten Kriterien sind zwingend sicherzustellen. Ist ein zwingendes Kriterium nicht erfüllt, ist die entsprechende Variante aus verkehrlicher Sicht nicht machbar.

Öffentlicher Verkehr	ÖV1	Der ÖV-Betrieb soll planbar sein und stabil erfolgen können. Einschränkungen des Betriebsablaufes sind zu vermeiden oder auf ein betrieblich vertretbares Mass zu beschränken
	ÖV2	Die Anordnung der Verkehrsflächen muss einen Busbetrieb verkehrssicher gewährleisten.
Fussverkehr	FG1	Zwei Personen können über die ganze Brückenlänge verkehrssicher nebeneinander gehen oder sich kreuzen.
	FG2	Die Lichtraumprofile des Fussverkehrs und einer angrenzenden Veloführung sollen sich nicht überschneiden
Veloverkehr	VE1	Die befahrbare Breite zwischen Schiene und Fahrbahnrand/Rückhaltesystem muss für ein Velo mit Anhänger/ Kinderwagen sicher und komfortabel sein.
	VE2	Die Breite zwischen Tram (Chassis) und Fahrbahnrand/Rückhaltesystem muss für ein Velo mit Anhänger/ Kinderwagen entweder klar erkennbar nicht genügend breit oder klar erkennbar ausreichend breit sein. Sie soll jedoch immer noch eine minimale Breite von 1.0 m aufweisen, so dass bei einer gleichzeitigen Zufahrt auf die Brücke nach der Haltestelle Kursaal ein Velofahrenden nicht zwischen RHS und Tram eingeklemmt wird.
	VE3	Kursaal: Die Verbindungen in die Schänzlihalde und in die Sonnenbergstrasse müssen verkehrssicher gewährleistet sein.
Verkehrssicherheit	VS1	Die Verkehrssicherheit im Bereich der Brücke und der Anbindungen an die bestehende Verkehrsführung im Bereich Kornhausplatz und Kursaal muss für alle Verkehrsträger gewährleistet sein
	VS2	Die Anschlussbereiche an die best. Gleislage auf dem Kornhausplatz, der Haltestelle Kursaal sollen verkehrstechnisch korrekt und normkonform erfolgen können.
	VS3	Die Wirkung einer alternativen Absturzsicherung soll die Wirkung der bestehenden Absturzsicherung nicht unterschritten.
	VS4	Die Fahrbahn ist mit einer nicht einfach übersteigbaren physischen Abgrenzung abgetrennt

Die Varianten werden nachfolgend bezüglich der obenstehenden Kriterien qualitativ beurteilt. Das Ergebnis wird mittels der nachfolgenden Legende visuell dargestellt:

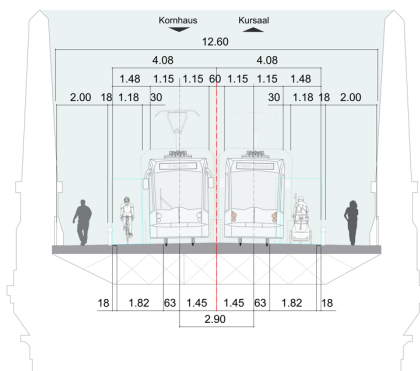
Legende:

	zwingende Anforderung		kritisch
	unverändert/neutral		nicht erfüllt
	erfüllt		

6 Verkehrliche Beurteilung der Varianten

6.1 Variante 1.0 (Referenzvariante)

Die Variante sieht eine symmetrische Anordnung der Tramgeleise mit einem Achsabstand von 2.90 m vor. Massnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit oder der -qualität sind nicht Bestandteil. Der Fussgängerbereich und das Rückhaltesystem zwischen Gehweg und Fahrbahn bleiben unverändert.



<i>Gesamtbreite</i>	12.60 m	
<i>Tramachse</i>	zentrisch	
<i>Velo</i>	auf FB	
<i>Breite</i>	<i>West</i>	<i>Ost</i>
<i>Schiene – Regenrinne</i>	1.82	1.82
<i>Tramchassis – RHS</i>	1.48	1.48
<i>LRP Tram-Velo</i>	-0.02/1.18	-0.02/1.18
<i>LRP FG-Velo</i>	-	-
<i>FG-Bereich</i>	2.00/1.75	2.00/1.75

Verkehrs- und Betriebssicherheit ÖV

Der vergrösserte Gleisabstand führt dazu, dass der zwischen Tramschienen und Rückhaltesystem liegende Fahrraum des Veloverkehrs in beiden Richtungen unter das Mass des Lichtraumprofils des Velos verringert wird. Ein sicheres Velofahren ist mit diesen Abständen auch für geübte Velofahrend schwierig. Velofahrende werden einen grösseren Abstand zum Rückhaltesystem wählen, dadurch kann das Tram einen Velofahrenden nicht mehr überholen. Dadurch ist davon auszugehen, dass es insbesondere in Fahrrichtung Kursaal häufig zu Behinderungen des Tramverkehrs durch Velofahrende kommen wird.

Verkehrssicherheit und Komfort Veloverkehr

Um eine komfortables und sicheres Velofahren zu ermöglichen genügt das Lichtraumprofil von 1.20 m Breite gemäss Norm aus heutiger Sicht nicht mehr. Der Masterplan Veloverkehr definiert deshalb für Velos ein Lichtraumprofil von 1.50 m Breite und 1.80 m für Velos mit Anhänger. Durch die Beschränkung des bereits knappen Velofahrbereichs unter das Norm-Lichtraumprofil ist die Verkehrssicherheit des Veloverkehrs nur sehr eingeschränkt gewährleistet.

Überblick Beurteilungskriterien

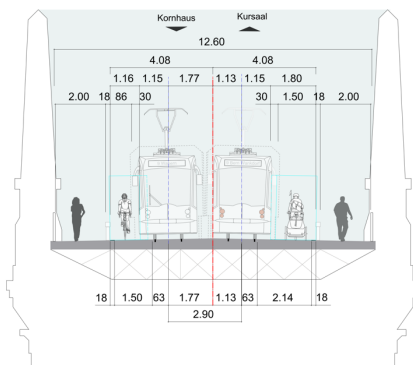
Varianten	Beurteilungskriterien										
	ÖV1	ÖV2	FG1	FG2	VE1	VE2	VE3	VS1	VS2	VS3	VS4
1.0											

Fazit und Empfehlung

Die Variante zeigt den künftigen Zustand, wenn keine weiteren Massnahmen getroffen werden. Die Verkehrssicherheit des Veloverkehr ist nur eingeschränkt sichergestellt und die Betriebssicherheit des ÖV ist nicht vollständig gewährleistet. Diese Variante ist nur als Rückfallebene eine Handlungsoption. Wir empfehlen, diesen Ansatz erst weiterzuverfolgen, wenn sich keine andere Lösung als machbar erweist.

6.2 Variante 1.0.a

Die Tramgeleise beider Fahrrichtungen werden gegenüber der Brückenachse um 0.32 m nach Westen verschoben. Mit der Spreizung der Gleisachsen von 2.70 auf 2.90 m verschiebt sich die Gleisachse stadtauswärts um 22 cm zur Brückenachse, die Gleisachse stadteinwärts um 42 cm aus der Brückenachse. Der Fussgängerbereich und das Rückhaltesystem zwischen Gehweg und Fahrbahn bleiben unverändert.



<i>Gesamtbreite</i>	12.60 m	
<i>Tramachse</i>	asymmetrisch/0.32 m	
<i>Velo</i>	auf FB	
<i>Breite</i>	<i>West</i>	<i>Ost</i>
<i>Schiene – Regenrinne</i>	1.50	2.14
<i>Tramchassis – RHS</i>	1.16	1.80
<i>LRP Tram-Velo</i>	-0.34/0.86	+0.30/1.50
<i>LRP FG-Velo</i>	-	-
<i>Fussgängerbereich</i>	2.00/1.75	2.00/1.75

Verkehrs- und Betriebssicherheit ÖV

Richtung Kursaal: Durch die asymmetrische Anordnung der Tramgeleise wird auf der Ostseite der Brücke für Velofahrende mehr Raum geschaffen. Dadurch können normale Velos durch das Tram in einem sicheren Abstand überholt werden. Bei Velos mit Anhänger ist das erforderliche Lichtraumprofil nicht vollständig gewährleistet. Mit reduzierter Geschwindigkeit ist ein Überholen mit vertretbarer Verkehrssicherheit möglich. **Dadurch ist davon auszugehen, dass es in Fahrrichtung Kursaal künftig nur noch selten zu Behinderungen des Tramverkehrs durch Velofahrende kommen wird.**

Richtung Kornhausplatz: Die Lichtraumprofile eines Velos und des Trams überschneiden sich deutlich (-34 cm). Dadurch ist ein verkehrssicheres Überholen eines Velofahrenden durch ein nachfolgendes Tram nicht möglich. **Aufgrund der geringen Geschwindigkeitsdifferenz entsteht dadurch jedoch keine unverhältnismässige Beeinträchtigung des Trambetriebs, Konflikte können weitgehend vermieden und eine hohe Fahrplanstabilität erreicht werden.**

Verkehrssicherheit und Komfort Veloverkehr

Richtung Kursaal: Die durch Velofahrende nutzbare Breite zwischen Regenrinne und Schiene misst 2.14 m (+22 cm). Überholt ein Tram, misst der Zwischenraum zwischen Tramchassis und Rückhaltesystem 1.80 m (+32 cm). Das Lichtraumprofil eines Velos mit Anhänger (1.60 m) überschneidet sich um 10 cm mit dem Lichtraumprofil des Trams. **Ein Überholen ist mit angepasster Geschwindigkeit des Trams und mit reduziertem Komfort für den Velofahrenden mit vertretbarer Verkehrssicherheit möglich.**

Richtung Kornhausplatz: Aufgrund der Längsneigung der Brücke von knapp 3% beträgt die mittlere Geschwindigkeit der Velofahrenden rund 25 km/h. Durch die erhöhte Geschwindigkeit nimmt das Pendelmasse der Velofahrenden zu. Die befahrbare Breite zwischen Regenrinne und Schiene misst 1.50 m. **Diese Breite entspricht bei einer mittleren Velogeschwindigkeit von 25 km/h der minimalen Breite des Velofahrbereichs.**

Um zukünftige verkehrstechnische Friktionspunkte zwischen Tram und Velo möglichst ausschliessen zu können wird empfohlen, das Fahrverhalten auf der stadteinwärts führenden Fahrspur, vor allem bei der nun durch die Gleisverschiebung schma-

leren Brückenauffahrt Seite Kursaal, durch einen zeitnahen Fahrversuch zu simulieren.

Überblick Beurteilungskriterien

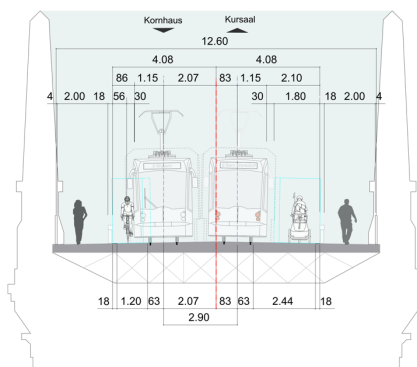
Varianten	Beurteilungskriterien										
	ÖV1	ÖV2	FG1	FG2	VE1	VE2	VE3	VS1	VS2	VS3	VS4
1.0.a											

Fazit und Empfehlung

Die Variante stellt eine mögliche Kompromisslösung dar. Die Verkehrs- und Betriebssicherheit ist gewährleistet. Diese Variante ist eine plausible und sichere Handlungsoption. Wir empfehlen, diesen Ansatz weiterzuverfolgen.

6.3 Variante 1.0.b

Die Tramgeleise beider Fahrrichtungen werden gegenüber der Brückenachse um 0.62 m nach Westen verschoben. Der Fussgängerbereich und das Rückhaltesystem zwischen Gehweg und Fahrbahn bleiben unverändert.



Gesamtbreite	12.60 m	
Tramachse	asymmetrisch/0.62 m	
Velo	auf FB	
Breite	West	Ost
Schiene – Regenrinne	1.20	2.44
Tramchassis – RHS	0.86	2.10
LRP Tram-Velo	-0.64/0.56	+0.60/1.80
LRP FG-Velo	-	-
Fussgängerbereich	2.00/1.75	2.00/1.75

Verkehrs- und Betriebssicherheit ÖV

Richtung Kursaal: Durch die asymmetrische Anordnung der Tramgeleise wird auf der Ostseite der Brücke für Velofahrende deutlich mehr Raum geschaffen. Dadurch können auch Velos mit Anhänger durch das Tram in einem sicheren Abstand überholt werden. Dadurch werden Behinderungen des Tramverkehrs durch Velofahrende verhindert.

Richtung Kornhausplatz: Die Lichtraumprofile eines Velos und des Trams überschneiden sich deutlich (-64 cm). Dadurch ist ein verkehrssicheres Überholen eines Velofahrenden durch ein nachfolgendes Tram nicht möglich. Aufgrund der geringen Geschwindigkeitsdifferenz entsteht dadurch jedoch keine unverhältnismässige Beeinträchtigung des Trambetriebs, Konflikte können weitgehend vermieden und eine hohe Fahrplanstabilität erreicht werden.

Verkehrssicherheit und Komfort Veloverkehr

Richtung Kursaal: Die durch Velofahrende nutzbare Breite zwischen Regenrinne und Schiene misst 2.44 m (+52 cm). Überholt ein Tram, misst der Zwischenraum zwischen Tramchassis und Rückhaltesystem 2.10 m (+62 cm). Das Lichtraumprofil gemäss MPVI ist eingehalten. Das Überholen ist mit guter Verkehrssicherheit möglich.

Richtung Kornhausplatz: Aufgrund der Längsneigung der Brücke von knapp 3% beträgt die mittlere Geschwindigkeit der Velofahrenden rund 25 km/h. Durch die erhöhte Geschwindigkeit nimmt das Pendelmass der Velofahrenden zu. Die befahrbare Breite zwischen Regenrinne und Schiene misst 1.20 m. Diese Breite unterschreitet die minimale Breite des Velofahrbereichs bei einer mittleren Velogeschwindigkeit von 25 km/h.

Überblick Beurteilungskriterien

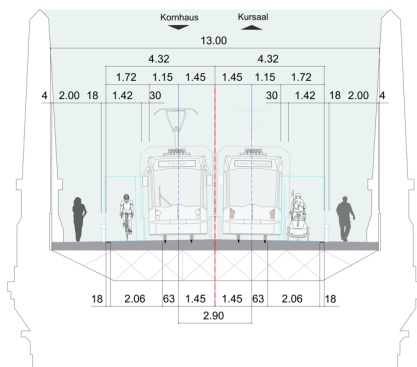
Varianten	Beurteilungskriterien										
	ÖV1	ÖV2	FG1	FG2	VE1	VE2	VE3	VS1	VS2	VS3	VS4
1.0.b											

Fazit und Empfehlung

Die Variante ermöglicht in Fahrtrichtung Kursaal eine sehr gute Lösung. In Richtung Kornhausplatz ist die Verkehrssicherheit des Veloverkehrs jedoch nicht genügend gewährleistet. Diese Variante ist keine sichere Handlungsoption. Wir empfehlen, diesen Ansatz nicht weiterzuverfolgen.

6.4 Variante 1.1

Das Geländer der Brücke wird neu auf der Aussenseite der Konstruktion befestigt. Dadurch können auf beiden Seiten rund 20 cm verkehrlich nutzbare Breite gewonnen werden, die Gesamtbreite steigt von 12.60 m auf 13.00 m. Die Mehrbreite wird der Fahrbahn zugeschlagen. Die Tramachsen sind symmetrisch zur Brückenachse angeordnet. Die Breite der Gehwege misst weiterhin 2.00 m. Im Bereich der steinernen Stützpeiler wird die Gehwegbreite an insgesamt neun Stellen pro Seite punktuell auf 1.55 m eingeschränkt.



Gesamtbreite	13.00 m	
Tramachse	zentrisch	
Velo	auf FB	
Breite	West	Ost
Schiene – Regenrinne	2.06	2.06
Tramchassis – RHS	1.72	1.72
LRP Tram-Velo	+0.22	+0.22
LRP FG-Velo	-	-
Fussgängerbereich	2.00/1.55	2.00/1.55

Verkehrs- und Betriebssicherheit ÖV

Richtung Kursaal: Durch die symmetrische Anordnung der Tramgeleise wird auf der Ostseite der Brücke für Velofahrende deutlich mehr Raum geschaffen. Dadurch können auch Velos mit Anhänger durch das Tram in einem sicheren Abstand überholt werden. **Dadurch werden Behinderungen des Tramverkehrs durch Velofahrende verhindert.**

Richtung Kornhausplatz: Die Lichtraumprofile eines Velos und des Trams überschneiden sich deutlich (-64 cm). Dadurch ist ein verkehrssicheres Überholen eines Velofahrenden durch ein nachfolgendes Tram nicht möglich. **Aufgrund der geringen Geschwindigkeitsdifferenz entsteht dadurch jedoch keine unverhältnismässige Beeinträchtigung des Trambetriebs, Konflikte können weitgehend vermieden und eine hohe Fahrplanstabilität erreicht werden**

Verkehrssicherheit und Komfort Veloverkehr

Richtung Kursaal: Die durch Velofahrende nutzbare Breite zwischen Regenrinne und Schiene misst 2.06 m (+14 cm). Überholt ein Tram, misst der Zwischenraum zwischen Tramchassis und Rückhaltesystem 1.72 m (+24 cm). Das Lichtraumprofil gemäss MPVI ist eingehalten. **Das Überholen ist mit guter Verkehrssicherheit möglich.**
Richtung Kornhausplatz: Aufgrund der Längsneigung der Brücke von knapp 3% beträgt die mittlere Geschwindigkeit der Velofahrenden rund 25 km/h. Durch die erhöhte Geschwindigkeit nimmt das Pendelmass der Velofahrenden zu. Die befahrbare Breite zwischen Regenrinne und Schiene misst 1.20 m. **Diese Breite unterschreitet die minimale Breite des Velofahrbereichs bei einer mittleren Velogeschwindigkeit von 25 km/h.**

Verkehrssicherheit und Komfort Fussverkehr

Die Gehwegbreite zwischen den Brückenpfeilern entspricht mit 2.00 m dem heutigen Zustand. Im Bereich der Brückenpfeiler reduziert sich die Gehwegbreite jedoch von heute 1.75 auf 1.55 m. Damit wird das Lichtraumprofil von zwei Zufussgehenden unterschritten. D.h. das Kreuzen von zwei Zufussgehenden oder das Nebeneinandergehen ist nicht durchgehend konfliktfrei möglich. Mit Blick auf die hohen Fussgängerfrequenzen ist diese Einschränkung nicht verhältnismässig.

Überblick Beurteilungskriterien

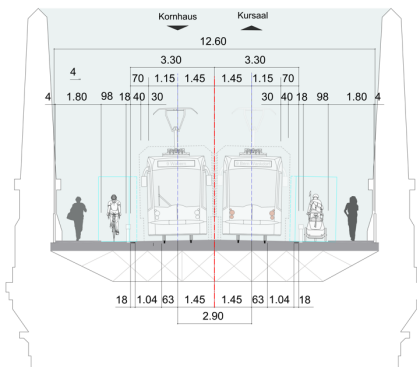
Varianten	Beurteilungskriterien										
	ÖV1	ÖV2	FG1	FG2	VE1	VE2	VE3	VS1	VS2	VS3	VS4
1.1											

Fazit und Empfehlung

Die Variante ermöglicht in Richtung Kursaal eine sehr gute Lösung für den fahrenden Verkehr. In Richtung Kornhausplatz ist die Verkehrssicherheit des Veloverkehrs jedoch nicht genügend gewährleistet. Die mit der Verbreiterung der Brücke einhergehende Schaffung von Engstellen auf den beiden Gehwegen ist nicht verhältnismässig. Diese Variante ist keine verkehrssichere Handlungsoption, sie verschlechtert zudem die ohnehin ungenügende Situation der Zufussgehenden. Wir empfehlen, diesen Ansatz nicht weiterzuverfolgen.

6.5 Variante 2.0

Die Tramachsen werden symmetrisch im Achsabstand von 2.90 m angeordnet. Die Fahrbahn wird auf 6.60 m reduziert, das Rückhaltesystem wird Richtung Brückenachse versetzt. Für den Veloverkehr wird parallel zum Gehweg ein baulich abgesetzter Einrichtungsradweg erstellt. Die Gehwege werden auf eine Breite von 1.80 m reduziert, im Bereich der lokalen Engstellen misst die Gehwegbreite noch 1.55 m.



Gesamtbreite	12.60 m	
Tramachse	zentrisch	
Velo	Fuss-/Radweg	
Breite	West	Ost
Schiene – Regenrinne	-	-
Tramchassis – RHS	-	-
Breite Radweg	0.98	0.98
LRP Tram-Velo	-	-
LRP FG-Velo	-0.42/-0.67	-0.42/-0.67
Fussgängerbereich	1.80/1.55	1.80/1.55

Verkehrs- und Betriebssicherheit ÖV

Für den ÖV steht ein abgetrennter Fahrbereich zur Verfügung, auf dem nur noch - mit tiefen Frequenzen - der MIV verkehrt. Die Breite der Fahrbahn ermöglicht das verkehrssichere Kreuzen im Tram und Busbetrieb. Aus Sicht ÖV entspricht diese Anordnung einem Idealfall. Die Verkehrs- und Betriebssicherheit sind optimal erfüllt.

Verkehrssicherheit und Komfort Veloverkehr

Die Anordnung baulich abgetrennter Radwege ist aus Sicht des Veloverkehrs der idealfall. Die auf Grund der Frequenzen und der Geschwindigkeiten erforderliche minimale Breite der Radwege (1.80 m) ist jedoch deutlich unterschritten. Die Verkehrssicherheit des Veloverkehrs ist nicht gewährleistet.

Verkehrssicherheit und Komfort Fussverkehr

Die Gehwegbreite wird zwischen den Brückenpfeilern auf 1.80 m reduziert. Zwei Zufussgehende können nicht nebeneinander gehen oder sich kreuzen, ohne das sich ihr Lichtraumprofil mit dem angrenzenden, ebenfalls zu gering bemessenen Veloweg überschneidet. Im Bereich der Brückenpfeiler reduziert sich die Gehwegbreite zudem auf 1.55 m. Damit wird das Lichtraumprofil von zwei Zufussgehenden deutlich unterschritten. D.h. das Kreuzen von zwei Zufussgehenden oder das Nebeneinandergehen ist nicht durchgehend konfliktfrei möglich. Mit Blick auf die hohen Fussgängerfrequenzen ist die Einschränkung der Gehwegbreiten nicht verhältnismässig.

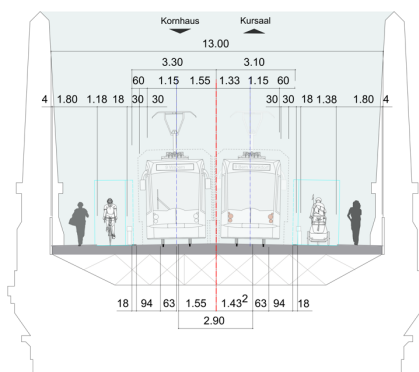
Überblick Beurteilungskriterien

Varianten	Beurteilungskriterien										
	ÖV1	ÖV2	FG1	FG2	VE1	VE2	VE3	VS1	VS2	VS3	VS4
2.0											

Fazit und Empfehlung

Die Verkehrsflächen sind grundsätzlich ideal angeordnet. Die Abmessungen der beidseitigen Gehwege und Radwege unterschreiten jedoch die minimal erforderlichen Breiten. In der Kombination dieser Minimalmasse entsteht eine deutlich nicht verkehrssichere Anlage. Wir empfehlen, diesen Ansatz nicht weiterzuverfolgen.

Das Gelände auf der Aussenseite der Brücke wird neu auf der Aussenseite der Konstruktion befestigt, die Gesamtbreite steigt von 12.60 m auf 13.00 m. Die Tramachsen werden symmetrisch im Achsabstand von 2.90 m angeordnet. Die Fahrbahn wird auf 6.60 m reduziert, das Rückhaltesystem wird Richtung Brückenachse versetzt. Für den Veloverkehr wird parallel zum Gehweg ein baulich abgesetzter Einrichtungsradweg erstellt. Die Gehwege werden auf eine Breite von 1.80 m reduziert. Im Bereich der lokalen Engstellen misst die Gehwegbreite noch 1.55 m.



<i>Gesamtbreite</i>	13.00 m	
<i>Tramachse</i>	asymmetrisch/0.10 m	
<i>Velo</i>	auf FB	
<i>Breite</i>	<i>West</i>	<i>Ost</i>
<i>Schiene – Regenrinne</i>	-	-
<i>Tramchassis – RHS</i>	-	-
<i>Breite Radweg</i>	1.18 m	1.38 m
<i>LRP FG-Velo</i>	-0.22/-0.57	-0.02/-0.27
<i>Fussgängerbereich</i>	1.80/1.55	1.80/1.55

Für den ÖV steht ein abgetrennter Fahrbereich zur Verfügung, auf dem nur noch - mit tiefen Frequenzen - der MIV verkehrt. Die Breite der Fahrbahn ist jedoch zu knapp bemessen und das verkehrssichere Kreuzen im Busbetrieb ist nicht gewährleistet. Aus Sicht ÖV entspricht diese Anordnung grundsätzlich einem Idealfall. Die Verkehrs- und Betriebssicherheit mit der vorgeschlagenen Fahrbahnbreite jedoch nicht erfüllt.

Die Anordnung baulich abgetrennter Radwege ist aus Sicht des Veloverkehrs der idealfall. Die auf Grund der Frequenzen und der Geschwindigkeiten erforderliche minimale Breite der Radwege (1.80 m) ist jedoch deutlich unterschritten. Die Verkehrssicherheit des Veloverkehrs ist nicht gewährleistet.

Die Gehwegbreite wird zwischen den Brückenpfeilern auf 1.80 m reduziert. Zwei Zufussgehende können nicht nebeneinander gehen oder sich kreuzen, ohne das sich ihr Lichtraumprofil mit dem angrenzenden, ebenfalls zu gering bemessenen Veloweg überschneidet. Im Bereich der Brückenpfeiler reduziert sich die Gehwegbreite zudem auf 1.55 m. Damit wird das Lichtraumprofil von zwei Zufussgehenden deutlich unterschritten. D.h. das Kreuzen von zwei Zufussgehenden oder das Nebeneinandergehen ist nicht durchgehend konfliktfrei möglich. Mit Blick auf die hohen Fussgängerfrequenzen ist die Einschränkung der Gehwegbreiten nicht verhältnismässig.

[illegible]

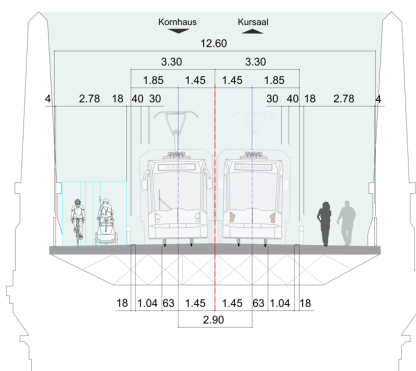
Fazit und Empfehlung

Die Verkehrsflächen sind grundsätzlich ideal angeordnet. Die Abmessungen der Fahrbahn und der beidseitigen Gehwege und Radwege unterschreiten jedoch - trotz der Verbreiterung der verkehrlich nutzbaren Breite - die minimal erforderlichen Abmessungen. In der Kombination dieser Minimalmasse entsteht eine deutlich nicht verkehrssichere Anlage. Wir empfehlen, diesen Ansatz nicht weiterzuverfolgen.

6.7 Variante 3.0 / 3.1

Variante 3.0: Die Tramachsen werden symmetrisch im Achsabstand von 2.90 m angeordnet. Die Fahrbahn wird auf 6.60 m reduziert, das Rückhaltesystem wird Richtung Brückenachse versetzt. Der Veloverkehr und der Fussverkehr werden auf je einer Seite der Brücke auf ein Fuss- resp. Radweg von 2.78 m geführt. Im Bereich der insgesamt 18 Brückenpfeiler messen der Fuss- und der Radweg noch 2.53 m.

Variante 3.1: Theoretisch besteht die Möglichkeit, den Veloverkehr auf eine neu zu erstellen parallele Brücke zu verlagern. Dadurch könnte auf der Kornhausbrücke die Tramachsen symmetrisch angeordnet und die Gehwege erweitert werden.



Gesamtbreite	12.60 m	
Tramachse	zentrisch	
Velo	auf FB	
Breite	West	Ost
Schiene – Regenrinne	-	-
Tramchassis – RHS	-	-
LRP Tram-Velo	-	-
LRP FG-Velo	-	-
Breite Fuss- und Radweg	2.78/2.53	2.78/2.53

Verkehrs- und Betriebssicherheit ÖV

Für den ÖV steht ein abgetrennter Fahrbereich zur Verfügung, auf dem nur noch - mit tiefen Frequenzen - der MIV verkehrt. Die Breite der Fahrbahn ermöglicht das verkehrssichere Kreuzen im Tram und Busbetrieb. Aus Sicht ÖV entspricht diese Anordnung einem Idealfall. Die Verkehrs- und Betriebssicherheit sind optimal erfüllt.

Verkehrssicherheit

Die separate Anordnung des Fuss- und Veloverkehrs auf je einer Brückenseite verhindert Konflikte zwischen Fuss- und Veloverkehr im Bereich der Brücke. Um den Zweirichtungsfuss- oder Veloweg zu erreichen, muss durch die Zufussgehenden und die Velofahrenden die Fahrbahn in den Zufahrtsbereichen der Brücke in einer Geh-/Fahrriechtung gequert werden. Im Verflechtungsbereich an den beiden Brückenportalen werden sich kaum lösbare Konflikte zwischen allen Verkehrsträgern ergeben. Es ist zudem wahrscheinlich, dass es auch zu Missachtungen der angestrebten Verkehrstrennung kommen würde. Die Anordnung eines Zweirichtungsrads wird deshalb als nicht verkehrssicher eingestuft.

Überblick Beurteilungskriterien

Varianten	Beurteilungskriterien										
	ÖV1	ÖV2	FG1	FG2	VE1	VE2	VE3	VS1	VS2	VS3	VS4
3.0/3.1											

Fazit und Empfehlung

Mit der Anordnung getrennter Zweirichtungswege für den Fuss- und den Veloverkehr verfolgt diese Variante einen Lösungsansatz, welcher ein hohes Konfliktpotenzial mit sich bringt. Diese Varianten sind nicht verkehrssichere Handlungsoptionen. Wir empfehlen, diese Ansätze nicht weiterzuverfolgen.

Überblick Beurteilungskriterien

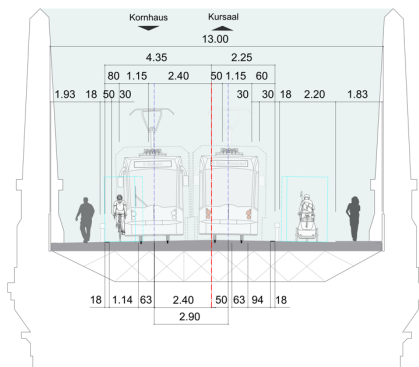
Varianten	Beurteilungskriterien										
	ÖV1	ÖV2	FG1	FG2	VE1	VE2	VE3	VS1	VS2	VS3	VS4
4.1											

Fazit und Empfehlung

Die Variante ermöglicht in Richtung Kursaal eine sehr gute Lösung. In Richtung Kornhausplatz ist die Verkehrssicherheit des Veloverkehrs jedoch nicht genügend gewährleistet. Die reduzierte Breite der Gehwege ist unverhältnismässig. Wir empfehlen, diesen Ansatz nicht weiterzuverfolgen.

6.9 Variante 4.1.a

Die räumlich maximal mögliche asymmetrische Anordnung der Tramgeleise schafft auf der Ostseite der Brücke Platz für die Anordnung eines abgetrennten Radwegs Richtung Kursaal. Das Rückhaltesystem wird auf der fahrbahnzugewandten Seite des Radwegs angeordnet. Durch das Versetzen der Geländer wird die nutzbare Brückenbreite auf 13.00 m erweitert, die Gehwege jedoch an insgesamt 10 Stellen auf 1.55 m verengt.



Gesamtbreite	13.00 m	
Tramachse	asymmetrisch / 1.02	
Velo	auf FB / Radweg	
Breite	West	Ost
Schiene – Regenrinne	1.14	-
Tramchassis – RHS	0.80	-
LRP Tram-Velo	-0.70	-
Breite Radwege	-	2.20
LRP FG-Velo	-	-0.40
Fussgängerbereich	1.93	1.83

Verkehrs- und Betriebssicherheit ÖV

Richtung Kursaal: Durch die asymmetrische Anordnung der Tramgeleise wird auf der Ostseite der Brücke Platz für einen baulich abgetrennten Radweg geschaffen. Dadurch können auch Velos mit Anhänger durch das Tram in einem sicheren Abstand überholt werden. **Behinderungen des Tramverkehrs durch Velofahrende sind nicht möglich.**

Richtung Kornhausplatz: Die Lichtraumprofile eines Velos und des Trams überschneiden sich deutlich (-70 / -100 cm). Dadurch ist ein verkehrssicheres Überholen eines Velofahrenden durch ein nachfolgendes Tram nicht möglich. **Aufgrund der geringen Geschwindigkeitsdifferenz entsteht dadurch jedoch keine unverhältnismässige Beeinträchtigung des Trambetriebs, Konflikte können weitgehend vermieden und eine hohe Fahrplanstabilität erreicht werden.**

Verkehrssicherheit und Komfort Veloverkehr

Richtung Kursaal: **Durch die Anordnung eines 2.20 m breiten, baulich abgetrennten Radweges ist eine komfortable und sichere Fahrt auch mit einem Velo mit Anhänger möglich.**

Richtung Kornhausplatz: Aufgrund der Längsneigung der Brücke von knapp 3% beträgt die mittlere Geschwindigkeit der Velofahrenden rund 25 km/h. Durch die erhöhte Geschwindigkeit nimmt das Pendelmasse der Velofahrenden zu. Die befahrbare Breite zwischen Regenrinne und Schiene misst 1.14 m. **Diese Breite unterschreitet die minimale Breite des Velofahrbereichs bei einer mittleren Velogeschwindigkeit von 25 km/h.**

Verkehrssicherheit und Komfort Fussverkehr

Beim Das Überholen unter Velofahrenden kommt es zu einer Überschneidung der Lichtraumprofile des Veloverkehrs- und des angrenzenden Gehwegs. **Dadurch ist mit Konflikten zu rechnen.**

Überblick Beurteilungskriterien

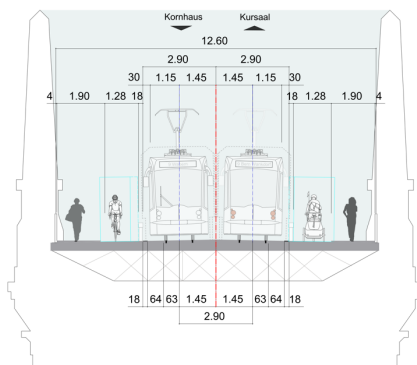
Varianten	Beurteilungskriterien										
	ÖV1	ÖV2	FG1	FG2	VE1	VE2	VE3	VS1	VS2	VS3	VS4
4.1.a											

Fazit und Empfehlung

Die Variante ermöglicht in Richtung Kursaal für den Veloverkehr eine sehr gute Lösung. Durch die knappe Breite des Radwegs bringt sie jedoch Konflikte mit dem angrenzenden Gehweg mit sich. In Richtung Kornhausplatz ist die Verkehrssicherheit des Veloverkehrs nicht genügend gewährleistet. Wir empfehlen, diesen Ansatz nicht weiterzuverfolgen.

6.10 Variante 5.0

Die Tramachsen werden symmetrisch im Achsabstand von 2.90 m angeordnet. Die Fahrbahn wird auf 5.80 m reduziert, das Rückhaltesystem wird Richtung Brückenachse versetzt. Für den Veloverkehr wird parallel zum Gehweg ein baulich abgesetzter Einrichtungsradweg erstellt. Die Gehwege werden auf eine Breite von 1.80 m reduziert, im Bereich der lokalen Engstellen misst die Gehwegbreite noch 1.55 m.



Gesamtbreite	12.60 m	
Tramachse	zentrisch	
Velo	auf FB	
Breite	West	Ost
Schiene – Regenrinne	-	-
Tramchassis – RHS	-	-
LRP Tram-Velo	-	-
Breite Radweg	1.28	1.28
Fussgängerbereich	1.90	1.90

Verkehrs- und Betriebssicherheit ÖV

Für den ÖV steht ein abgetrennter Fahrbereich zur Verfügung, auf dem nur noch - mit tiefen Frequenzen - der MIV verkehrt. Die Breite der Fahrbahn ermöglicht das jedoch das verkehrssichere Kreuzen im Busbetrieb nicht. Die erforderliche Betriebssicherheit ist nicht erfüllt.

Verkehrssicherheit und Komfort Veloverkehr

Die Anordnung baulich abgetrennter Radwege ist aus Sicht des Veloverkehrs der Idealfall. Die auf Grund der Frequenzen und der Geschwindigkeiten erforderliche minimale Breite der Radwege (1.80 m) ist jedoch deutlich unterschritten. Die Verkehrssicherheit des Veloverkehrs ist nicht gewährleistet.

Verkehrssicherheit und Komfort Fussverkehr

Die Gehwegbreite wird zwischen den Brückenpfeilern auf 1.80 m reduziert. Zwei Zufussgehende können nicht nebeneinander gehen oder sich kreuzen, ohne das sich ihr Lichtraumprofil mit dem angrenzenden, ebenfalls zu gering bemessenen Veloweg überschneidet. Im Bereich der Brückenpfeiler reduziert sich die Gehwegbreite zudem auf 1.55 m. Damit wird das Lichtraumprofil von zwei Zufussgehenden deutlich unterschritten. D.h. das Kreuzen von zwei Zufussgehenden oder das Nebeneinandergehen ist nicht durchgehend konfliktfrei möglich. Mit Blick auf die hohen Fussgängerfrequenzen ist die Einschränkung der Gehwegbreiten nicht verhältnismässig.

Überblick Beurteilungskriterien

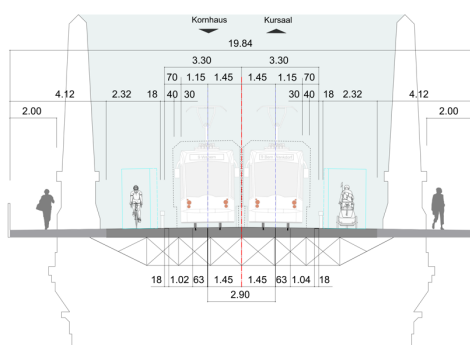
Varianten	Beurteilungskriterien										
	ÖV1	ÖV2	FG1	FG2	VE1	VE2	VE3	VS1	VS2	VS3	VS4
5.0											

Fazit und Empfehlung

Die Verkehrsflächen sind grundsätzlich ideal angeordnet. Die Abmessungen der beidseitigen Gehwege und Radwegwege unterschreiten jedoch die minimal erforderlichen Abmessungen. In der Kombination dieser Minimalmasse entsteht eine deutlich nicht verkehrssichere Anlage. Diese Variante ist keine verkehrssichere Handlungsoption. Wir empfehlen, diesen Ansatz nicht weiterzuverfolgen.

6.11 Varianten 5.1

Die bestehende Brückenplatte wird durch eine Neukonstruktion ersetzt, die Brückenkonstruktion entsprechend verstärkt. Die Anordnung der Verkehrsträger erfolgt wie in den Varianten 2.1 und 2.1.a. In der Mitte der Brücke befindet sich der zentrisch angeordnete Fahrbereich des ÖV und des MIV, welcher durch eine Rückhaltesystem (oder genügend hohen Fahrbahnrand) gegenüber den Flächen des Fuss- und Veloverkehrs abgetrennt ist. Auf der Aussenseite der Brücke sind in beiden Richtungen baulich getrennte Rad und Fusswege angeordnet.



Gesamtbreite	19.84 m	
Tramachse	asymmetrisch	
Velo	Auf abgetrennten Radwegen	
Breite	West	Ost
Breite Fahrspur	3.30	3.30
Breite Radweg	2.50 m	2.50 m
Fussgängerbereich	4.12 / 2.00	4.12 / 2.00

Verkehrs- und Betriebssicherheit ÖV

Für den ÖV steht ein abgetrennter Fahrbereich zur Verfügung, auf dem nur noch - mit tiefen Frequenzen - der MIV verkehrt. Die Breite der Fahrbahn ist so bemessen und das verkehrssichere Kreuzen im Busbetrieb gewährleistet ist. Aus Sicht ÖV entspricht diese Anordnung grundsätzlich einem Idealfall. Die Verkehrs- und Betriebssicherheit sind mit dem vorgeschlagenen Querschnitt gut erfüllt.

Verkehrssicherheit und Komfort Veloverkehr

Die Anordnung baulich abgetrennter Radwege ist aus Sicht des Veloverkehrs der Idealfall. Die Breite der Radwege (2. m) ermöglicht eine komfortables und sicheres nebeneinanderfahren, resp. Überholen zwischen zwei Velofahrenden. Die Verkehrssicherheit des Veloverkehrs ist gewährleistet.

Verkehrssicherheit und Komfort Fussverkehr

Die Gehwegbreite wird zwischen den Pylonen auf 4.12 m erweitert. Drei Zufussgehende können hier nebeneinander gehen oder sich kreuzen, ohne dass sich ihr Lichtraumprofil mit dem angrenzenden Radweg überschneidet. Im Bereich der Pylonen steht jedoch nur eine Gehwegbreite von 2.0 zur Verfügung. Die Aufenthaltsqualität und Verkehrssicherheit des Fussverkehrs sind gewährleistet.

Denkmalpflegerische Machbarkeit

Neben der statischen Machbarkeit stellt sich die Frage, wie eine denkmalpflegerische verträgliche Verbreiterung der Brückenplatte umgesetzt werden kann, insbesondere im Bereich der prägenden Pylonen, welche den Hauptbogen der Brücken markieren.

Überblick Beurteilungskriterien

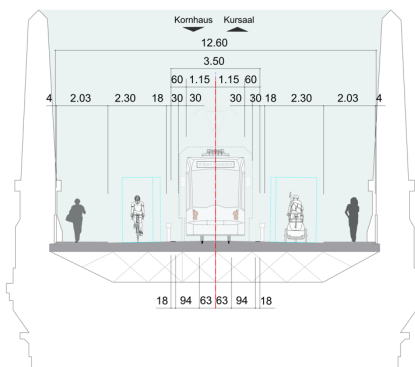
Varianten	Beurteilungskriterien										
	ÖV1	ÖV2	FG1	FG2	VE1	VE2	VE3	VS1	VS2	VS3	VS4
5.1											

Fazit und Empfehlung

Die Verkehrsflächen sind grundsätzlich ideal angeordnet und es bestehen keine verkehrlichen Konflikte. Die Risiken dieses Ansatzes liegen nicht in den verkehrlichen Auswirkungen, sondern bei der denkmalpflegerischen Verträglichkeit und der Verhältnismässigkeit. Wir empfehlen dennoch, diesen Ansatz weiterzuverfolgen.

6.12 Variante 6.0

Ein Tramgeleise wird zugunsten verbreiterter Gehwege und einer sicheren und komfortablen Veloführung aufgehoben. Die Brücke ist durch den ÖV nur in jeweils einer Fahrriichtung nutzbar.



Gesamtbreite	12.60 m	
Tramachse	zentrisch	
Velo	auf FB	
Breite	West	Ost
Schiene – Regenrinne	-	-
Tramchassis – RHS	-	-
LRP Tram-Velo	-	-
Breite Radweg	2.30	2.30
Fussgängerbereich	2.03 / 1.78	2.03 / 1.78

Verkehrs- und Betriebssicherheit ÖV

Für den ÖV steht nur noch ein Tramgeleise, resp. eine Fahrspur zur Verfügung. Dies bedeutet, dass sich jeweils nur ein ÖV-Fahrzeug auf der Brücke befinden könnte. Die Linien 9 und 10 weisen die höchsten Benutzerfrequenzen auf dem Netz von BERN-MOBIL auf. Bei einem 5-Minuten Takt fährt alle 75 Sekunden ein Tram über die Brücke. Die Fahrzeit bei T30 beträgt mit der Verzögerung bei Start in der Haltestelle rund 50 Sekunden. Die Fahrzeuge müssten deshalb innerhalb eines 25 Sekunden langen Zeitfensters an den Brückenköpfen ankommen. Eine derart genaue Abstimmung der Fahrpläne und deren Umsetzung im Fahrbetrieb ist in der Praxis nicht möglich. Als Folge würde sich der ÖV beidseitig der Brücke stauen. Die Variante ist mit Blick auf die erforderliche Betriebssicherheit des ÖV nicht machbar. Zudem besteht kein Handlungsspielraum für eine spätere Taktverdichtung.

Verkehrssicherheit und Komfort Veloverkehr

Die Anordnung baulich abgetrennter Radwege ist aus Sicht des Veloverkehrs der Idealfall. Die auf Grund der Frequenzen und der Geschwindigkeiten erforderliche Breite der Radwege (2.20 m) ist gewährleistet. Die Verkehrssicherheit des Veloverkehrs ist gewährleistet.

Verkehrssicherheit und Komfort Fussverkehr

Die Gehwegbreite wird auf 2.07 m leicht verbreitert. Zwei Zufussgehende können nebeneinander gehen oder sich kreuzen, ohne dass sich ihr Lichtraumprofil mit dem angrenzenden, ebenfalls zu gering bemessenen Veloweg überschneidet. Im Bereich der Brückenpfeiler reduziert sich die Gehwegbreite zudem auf 1.55 m. Damit wird das Lichtraumprofil von zwei Zufussgehenden deutlich unterschritten. D.h. das Kreuzen von zwei Zufussgehenden oder das Nebeneinandergehen ist nicht durchgehend konfliktfrei möglich. Mit Blick auf die hohen Fussgängerfrequenzen ist die Einschränkung der Gehwegbreiten nicht verhältnismässig.

Überblick Beurteilungskriterien

Varianten	Beurteilungskriterien										
	ÖV1	ÖV2	FG1	FG2	VE1	VE2	VE3	VS1	VS2	VS3	VS4
6.0											

Fazit und Empfehlung

Die eingleisige Anlage verunmöglicht einen geordneten und stabilen Fahrplanbetrieb des ÖV. Diese Variante ist keine Handlungsoption. Wir empfehlen, diesen Ansatz nicht weiterzuverfolgen.

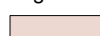

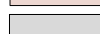


6.13 Fazit

Von den insgesamt dreizehn beurteilten Varianten sind mit der Berücksichtigung der harten Beurteilungskriterien nur die Varianten 1.0.a und 5.1 genügend verkehrssicher.

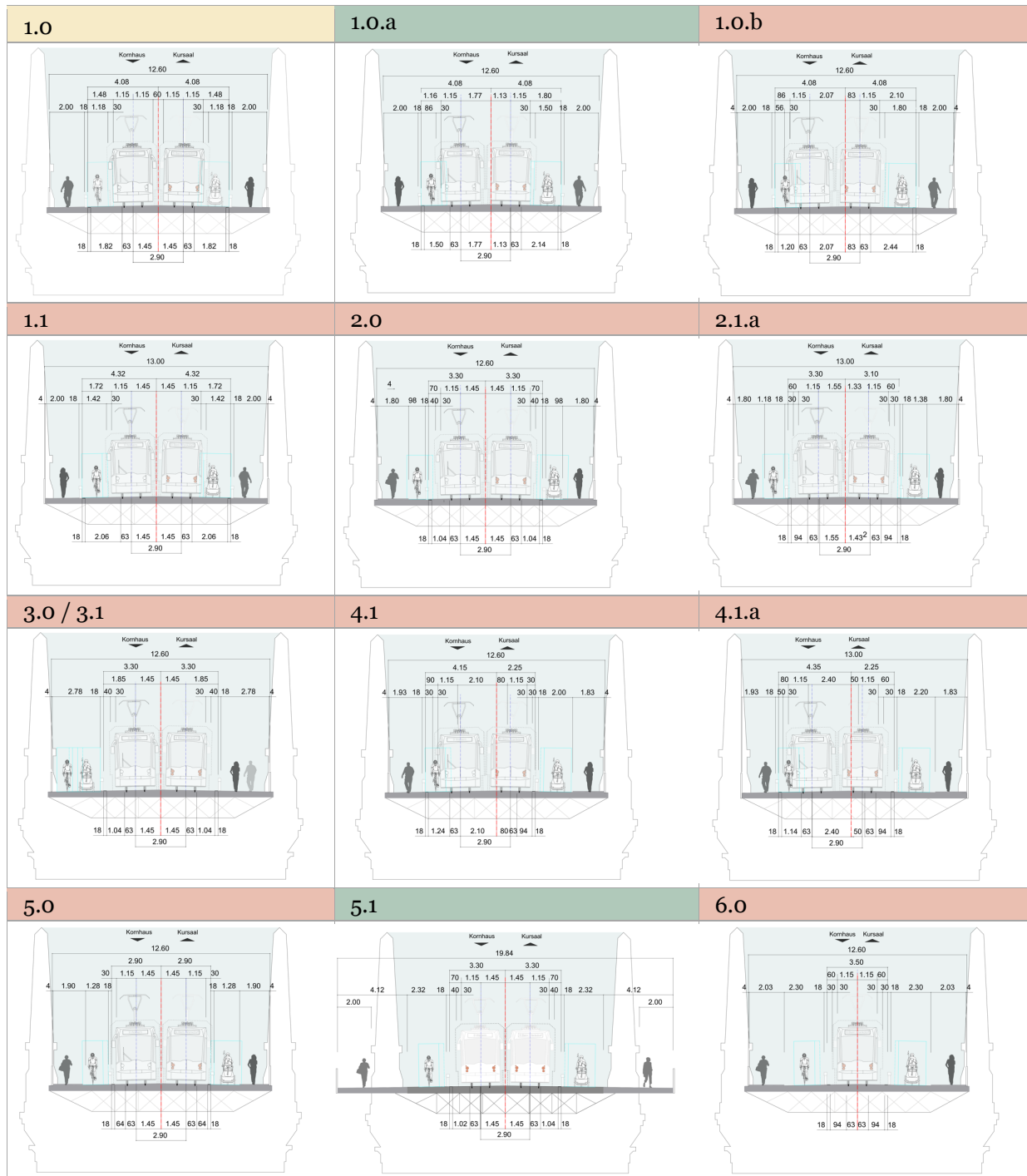
- die Variante 1.0, die nur die Gleisspreizung von 2.70 auf 2.90 m vorsieht. Die Variante ist die Rückfallebene, falls sich im weiteren Planungsprozess zeigt, dass die weiteren zu vertiefenden Varianten nicht umgesetzt werden können oder unverhältnismässige Eingriffe oder Aufwendungen erfordern.
- die Variante 1.0.a, welche eine asymmetrische Anordnung der Tramachsen vorsieht. Mit der Spreizung der Gleisachsen von 2.70 auf 2.90 m verschiebt sich die Gleisachse stadtauswärts um 22 cm zur Brückenachse, die Gleisachse stadteinwärts um 42 cm aus der Brückenachse. Die Variante 1.0.a stellt eine mögliche Kompromisslösung dar. Die Verkehrs- und Betriebssicherheit sind im Bereich der Brücke gewährleistet. Um zukünftige verkehrstechnische Friktionspunkte zwischen Tram und Velo möglichst ausschliessen zu können wird empfohlen, das Fahrverhalten auf der stadteinwärts führenden Fahrspur, vor allem bei der nun durch die Gleisverschiebung schmaleren Brückenauffahrt Seite Kursaal, durch einen zeitnahen Fahrversuch zu simulieren.
- die Variante 5.1, welche den Neubau der Brückenplatte mit einem wesentlich verbreiterten Querschnitt beinhaltet. Die Variante 5.1 ist verkehrlich wünschenswert, sie hat durch die erforderlichen Eingriffe in die bestehende Konstruktion jedoch hohe Risiken (Machbarkeit, Denkmalpflege, Anschlussbereiche) und hohe Kosten zur Folge.

Varianten	Beurteilungskriterien										
	ÖV1	ÖV2	FG1	FG2	VE1	VE2	VE3	VS1	VS2	VS3	VS4
1.0	kritisch	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	kritisch	erfüllt	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt
1.0.a	erfüllt	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	kritisch	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt
1.0.b	erfüllt	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt	unverändert/neutral	nicht erfüllt	erfüllt	erfüllt
1.1	erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt
2.0	erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt
2.1.a	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt
3.0/3.1	erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt
4.1	erfüllt	nicht erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt
4.1.a	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt
5.0	erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	unverändert/neutral	unverändert/neutral	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt
5.1	erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	unverändert/neutral	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt
6.0	nicht erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	unverändert/neutral	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt	erfüllt

Legende:

	zwingende Anforderung		kritisch
	unverändert/neutral		nicht erfüllt
	erfüllt		

Übersicht Varianten



Gleiserneuerung Kornhausbrücke

A2 Brückenstatistischer Bericht
Machbarkeitsstudie Brückenquerschnitt
Version 2.0, 24.06.2020



Impressum

Erstelldatum: 05.06.2020
Letzte Änderung: 24.06.2020
Version: 2.0
Verfasser: Reto Adamina und Egidio Gambardella (ingenta)
Auftragsnummer: 2207
Datei: O:\2207 Gleisersatz Kornhausbrücke\pmm\Berichte\Brückenquerschnitt\Unterlagen ingenta -
brückentechnisch\TB_A2_Brückentechnischer Bericht Kornhausbrücke_20_06_24_gam_ada_rom.docx

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	4
1.1	Ausgangslage	4
1.2	Aufgabenstellung	4
1.3	Grundlagen	4
1.4	Tragwerkanalysen.....	4
1.5	Ergebnisse	5
1.5.1	Variante 1.0 (zentrische Gleislage)	5
1.5.2	Variante 1.0.a (exzentrische Gleislage, bis max. 0.32 m auf Brückenachse bezogen)	5
1.5.3	Variante 5.1 (Brückenverbreiterung)	5
1.6	Fazit	5
2	Wesentliche Berechnungsannahmen	7
2.1	Strukturdaten und Tragwerksbeschreibung	7
2.2	Querschnittswerte	7
2.3	Einwirkungen	7
3	Statische Berechnungen	9
3.1	Berechnungshilfsmittel.....	9
3.2	Tragwerksmodelle der Teiltragwerke.....	9
3.3	Belastungen	10
3.4	Vorgehen	11
4	Auswertung	12
4.1	Variante 1.0 (zentrische Gleislage) und 1.0a (exzentrische Gleislage).....	12
4.2	Variante 5.1 (Brückenverbreiterung).....	12
5	Schlussfolgerung.....	13
6	Verfasser	14

1 Zusammenfassung

1.1 Ausgangslage

Im verkehrstechnischen Bericht (Anhang A1) wurden diverse neue Aufteilungen der Verkehrsflächen aufgezeigt und mit Vor- und Nachteilen bewertet. Aus dem Variantenfächer ergaben sich, unter Berücksichtigung eines neuen Abstandes der Gleisachsen von 2.90 m, folgende verkehrstechnisch mögliche Varianten (Abbildungen siehe Kap. 3.3):

- Variante 1.0.a
Diese Variante sieht vor, die Tramgleise beider Fahrtrichtungen gegenüber der Brückenachse um 0.32 m nach Westen zu verschieben. Mit der Spreizung der Gleisachsen von 2.70 m auf 2.90 m verschiebt sich die Gleisachse stadtauswärts um 0.22 m zur Brückenachse, die Gleisachse stadteinwärts um 0.42 m aus der Brückenachse.
- Variante 5.1
Diese Variante sieht eine weiterhin symmetrische Anordnung der Tramgleise mit einer Spreizung der Gleisachsen von 2.70 m auf 2.90 m vor.
Zur optimalen Anordnung der Verkehrsflächen, mit genügenden Lichtraumprofilen für alle Brückenbenutzer, wird die Bücke massiv von 12.60 m auf 19.84 m verbreitert.
- Variante 1.0 (Referenzvariante)
Diese Variante sieht eine weiterhin symmetrische Anordnung der Tramgleise mit einer Spreizung der Gleisachsen von 2.70 m auf 2.90 m vor, ohne Brückenverbreiterung.

1.2 Aufgabenstellung

Zur Gesamtbeurteilung eines verkehrstechnisch optimierten Brückenquerschnittes sind die Varianten gemäss Kap. 1.1 aus brückenstatistischer Sicht zu beurteilen. Dabei ist auch das neue Achslastmodell zur Abdeckung der zukünftigen Tramtypen 2023 (Stadler Typ Tramlink) zu berücksichtigen.

Mit dieser statischen Untersuchung der Tragstruktur soll die Trag- und Ermüdungssicherheit der Stabquerschnitte überprüft bzw. kritische Stäbe erkannt werden.

Weitergehend sind quantitative Aussagen betreffend Umfang und Kosten für allfällig notwendige Verstärkungsmassnahmen zu ermitteln.

1.3 Grundlagen

Projektbezogene Grundlagen siehe Bericht Synthese Kap. 3.1.

Normen und Richtlinien siehe Bericht Synthese Kap. 3.2.

Verkehrstechnischer Bericht siehe Anhang A1.

1.4 Tragwerkanalysen

Beschreibung Gesamttragwerk siehe Bericht Synthese Kap. 5. Bauwerksbeschrieb.

Die drei unabhängigen Teiltragwerke grosser Bogen, kleine Bogen und Endfelder wurden im Zusammenhang mit der vorliegenden Machbarkeitsstudie Brückenquerschnitt mittels eines Finite-Elemente-Computerprogrammes neu als Gesamtschalenmodell formuliert. Zudem wurde im Schalenmodell auch die heutige Betonfahrbahnplatte im Verbund mit dem Unterbau in Stahl modelltechnisch erfasst. In früheren Tragwerksmodellen wurden reine Stabtragwerke, z.T. mit Berücksichtigung der Stahl-Beton-Verbundplatte über ein Trägerrostmodell, verwendet.

Ziel der Einführung des Gesamtschalenmodells mit der lastverteilenden Betonverbundplatte war eine möglichst wirklichkeitsnahe Ermittlung der Schnittkraftgrenzwerte. Zudem sollen die Ungenauigkeiten aus den bisher eher konservativen Tragwerksformulierungen am reinen Stabtragwerk eliminiert werden.

Für die aus verkehrstechnischer Sicht im Vordergrund stehende Variante (1.0.a) wie auch für die Referenzvariante (1.0) wurden die maximalen Stabkräfte in den Tragwerksteilen mit den massgebenden Laststellungen (Eigengewicht, Tram- und Buslasten sowie Individualverkehr) berechnet und mit den bisherigen Resultaten von Hager + Bettschen AG [G5] und AZP AG [G6] verglichen.

Für die Variante 5.1, mit einer massiven Verbreiterung der Brückenplatte, wurde kein neues Tragwerksmodell formuliert, hier erfolgten nur Grobabschätzungen zu den brückenstatischen Konsequenzen.

Die Widerlager und die massiven Pfeiler waren nicht Gegenstand der Tragwerksanalyse.

1.5 Ergebnisse

Auswirkungen auf das Tragwerk gegenüber der heutigen Situation.

Anmerkung: Die Ermüdungssicherheit ist unabhängig von einer Verschiebung der Gleisachsen bis zu 32 cm gegenüber der Brückenachse. Vorbehalten bleibt hier eine generelle detaillierte Überprüfung der Spannungsdifferenzen über den Dauerfestigkeitsnachweis auf der Basis der aktuellen und zukünftigen Überfahrten sowie die Prüfung kritischer Stäbe auf Risse (siehe auch Überwachungsplan [G2, Pkt. 1.3]).

1.5.1 Variante 1.0 (zentrische Gleislage)

Auswirkungen Tragsicherheit: keine
 Auswirkungen Ermüdungssicherheit: keine
 Verstärkungsmassnahmen: keine
 Kosten: keine

1.5.2 Variante 1.0.a (exzentrische Gleislage, bis max. 0.32 m auf Brückenachse bezogen)

Auswirkungen Tragsicherheit: keine
 Auswirkungen Ermüdungssicherheit: sehr gering
 Verstärkungsmassnahmen: keine
 Kosten: keine

1.5.3 Variante 5.1 (Brückenverbreiterung)

Auswirkungen Tragsicherheit: erheblich
 Auswirkungen Ermüdungssicherheit: erheblich
 Verstärkungsmassnahmen: erheblich (oder sogar Teil-/Totalersatz)
 Kosten: sehr hoch

1.6 Fazit

Aus brückenstatischer Sicht können die Gleisachsen gemäss **Varianten 1.0 und 1.0.a** ohne Verstärkungsmassnahmen im Rahmen von 0 cm (Variante 1.0) bis max. 32 cm (Variante 1.0.a.) bezüglich der Brückenachse verschoben angeordnet werden.

Bei der Variante 1.0.a. heisst das: Mit der Spreizung der Gleisachsen von 2.70 m auf 2.90 m kann sich die Gleisachse stadtauswärts um max. 22 cm zur Brückenachse, die Gleisachse stadteinwärts um max. 42 cm aus der Brückenachse verschieben.

Die Tragsicherheit ist bei beiden Varianten gewährleistet, die Auswirkungen auf die Ermüdungssicherheit sind sehr gering und nicht relevant.

Die bereits bisher festgestellten Stäbe mit Ermüdungsproblemen bleiben nach wie vor kritisch und müssen gemäss Überwachungsplan beobachtet werden.

Bei der **Variante 5.1** mit einer Verbreiterung der Brückenplatte um ca. 7.24 m ergeben sich erhebliche brückenstatische Probleme, die sich bis hin zu einem Teil-/Totalersatz von Brückenteilen auswirken können. Eine statische Grobanalyse zeigt auf, dass mit den heutigen Stabquerschnitten weder die Tragsicherheit noch die Ermüdungssicherheit gewährleistet werden kann.

Zudem müsste die im Jahr 2016 eingebaute Brückensicherung (Schutznetze) gesamthaft ersetzt werden.

Im Weiteren wird eine Variante mit einer Brückenverbreiterung grosse Auswirkungen auf den weiteren Planungsprozess haben, u.a.:

- Politische Diskussion (Tiefbauamt, Stadtrat, Gemeinderat, Denkmalpflege, Bevölkerung)
- Bewilligungsverfahren (inkl. Einsprachen)
- Zeitlicher Projektablauf
 - Projektierung (bis 2023 nicht möglich)
 - Realisierung (Brückensperre über einen grossen Zeitraum)
- Projektkosten (inkl. Volksabstimmung)

2 Wesentliche Berechnungsannahmen

2.1 Strukturdaten und Tragwerksbeschrieb

Die Strukturdaten und Tragwerksbeschriebe aller unabhängigen Teiltragwerke sind gemäss projektspezifischen Grundlagen [G5] des Berichts Synthese Kap. 3.1. berücksichtigt worden. Darin enthalten sind Knotendaten mit Koordinaten und Lagerungsbedingungen, sowie Stabdaten mit Querschnittszuteilung, Exzentrizitäten und Gelenken.

2.2 Querschnittswerte

Sämtliche Querschnitte mit den zugehörigen Querschnittswerten sind gemäss projektspezifischen Grundlagen [G5] des Berichts Synthese Kap. 3.1. berücksichtigt worden.

2.3 Einwirkungen

Massgebende Einwirkungen

In der Nutzungsvereinbarung [G3] und Projektbasis [G4] sind die massgebenden Einwirkungen mit den entsprechenden Lastfaktoren ausführlich dargestellt. Die Vergleichsberechnung mit der Tragwerksanalyse [G5, G6 und G11] zeigt, dass nicht alle vorkommenden Tramtypen bei der Ermittlung der Beanspruchungen in der Machbarkeitsstudie Brückenquerschnitt berücksichtigt werden müssen, sondern nur das Achslastmodell für die künftige Trambeschaffung gemäss Vorgaben Nutzungsvereinbarung Kirchenfeldbrücke [G10].

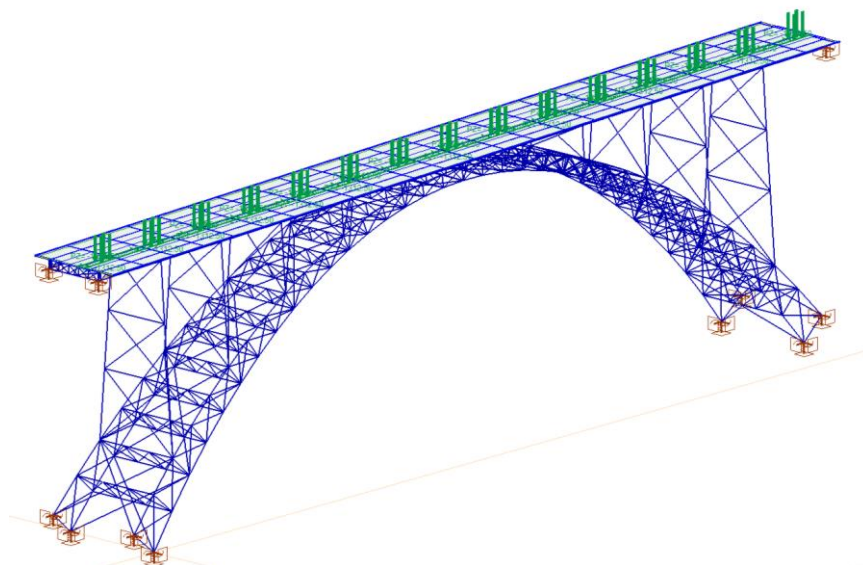


Abbildung 1: Modell Grosser Bogen mit Einwirkung einer Tramkolonne auf einem Gleis

Massgebende Gewichte und Achslasten

Für die künftige Trambeschaffung gilt folgendes Lastmodell [G10]:

Grenzwerte für Lasten und Abmessungen (Angaben charakteristisch gemäss SIA 261, das heisst ohne Teilsicherheitsbeiwerte):

Auf Gesamtlänge L verschmierte Linienlast, maximal	$q_k \text{ max.} = 21.5 \text{ kN/m}$
Maximale Achslast	$Q_k \text{ max.} = 105 \text{ kN}^*)$
minimaler Achsabstand innerhalb Schemel	$a \text{ min.} = 1.40 \text{ m}^*)$
minimaler Abstand der Schemel	$s \text{ min.} = 8.50 \text{ m}^*)$

*) Eine geringfügige Verletzung eines Kriteriums ist in Ausnahmefällen möglich, muss aber fallweise überprüft werden. Die maximale Achslast wurde mit einer Personenbelegung von 8 Pers./m² bestimmt.

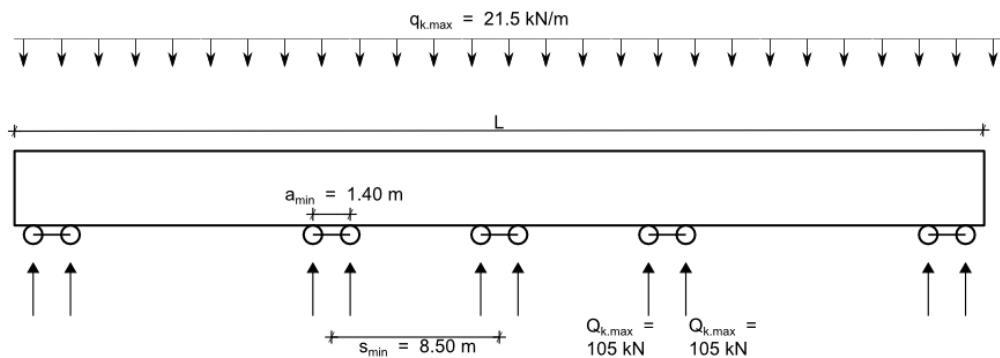


Abbildung 2: Zulässige Abmessungen und Lasten der Tramfahrzeuge

Vergleichsberechnung künftige Trambeschaffung Typ Tramlink (Stadler)

Vergleichsberechnungen haben gezeigt, dass der künftige Tramtyp 2023 (Stadler Typ Tramlink) mit dem obigen Lastmodell abgedeckt ist. Das heisst, die exakten typspezifischen Achslasten dieses Tramtyps sind nicht massgebend.

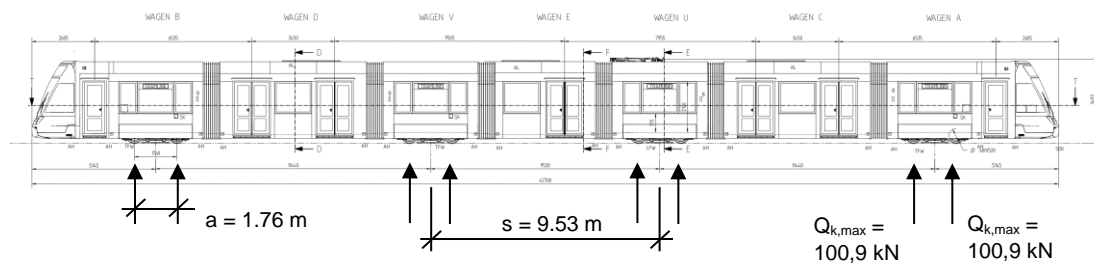


Abbildung 3: Lasten Tramlink (Stadler)

3 Statische Berechnungen

3.1 Berechnungshilfsmittel

Für die Formulierung des Tragwerkes und die Berechnung der Schnittkräfte wurde das Statik-Programm AxisVM X5, Version 3h, der Firma ingWare AG in Erlenbach ZH eingesetzt.

3.2 Tragwerksmodelle der Teiltragwerke

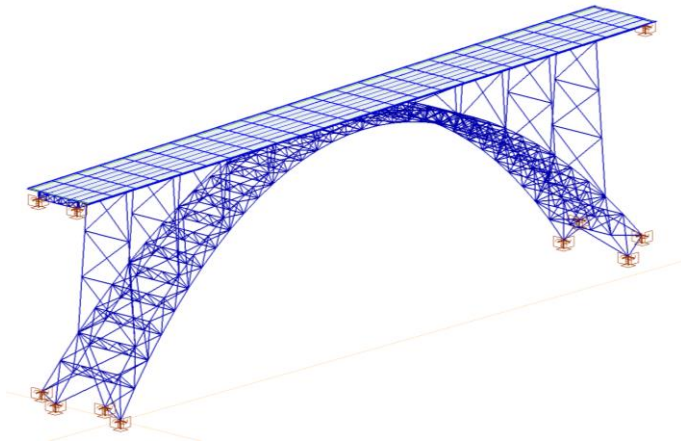


Abbildung 4: Modell grosser Bogen

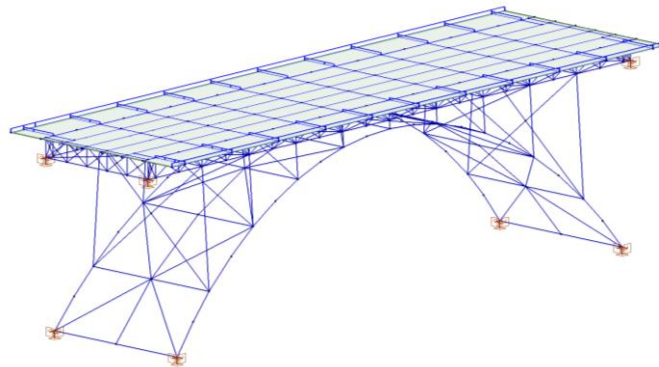


Abbildung 5: Modell kleiner Bogen

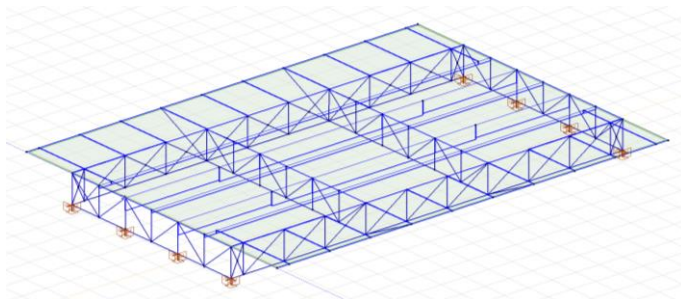


Abbildung 6: Modell Endfeld

3.3 Belastungen

Die Anordnung der Lasten ist gemäss Bericht Synthese Kap. 3.1 und verkehrstechnischem Bericht (Anhang A1) im Modell erfasst worden, siehe folgende Abbildungen.

Variante 1.0 (zentrische Gleislage, Referenzvariante)

Die Variante sieht eine symmetrische Anordnung der Tramgleise – Regelquerschnitt – mit einem Tramachsenabstand von 2.90 m vor. Massnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit oder der -qualität sind nicht Bestandteil. Der Fussgängerbereich und das Rückhaltesystem zwischen Gehweg und Fahrbahn bleiben unverändert.

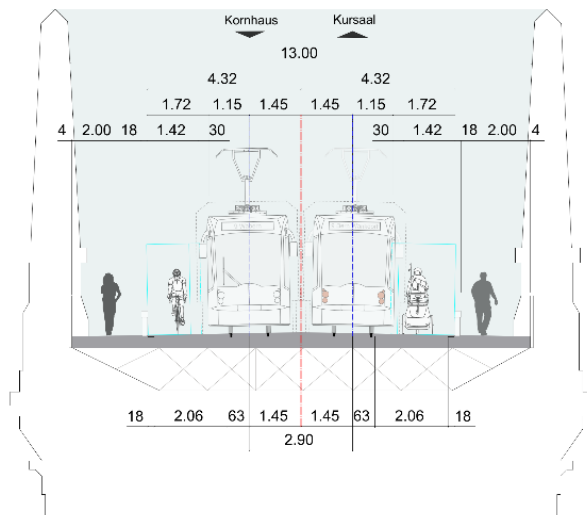


Abbildung 7: Variante 1.0 mit Tramachsenabstand 2.90 m

Variante 1.0a (exzentrische Gleislage)

Die Achsen der Tramgleise beider Fahrrichtungen werden gegenüber der Brückenachse um 0.32 m nach Westen verschoben. Der Fussgängerbereich und das Rückhaltesystem zwischen Gehweg und Fahrbahn bleiben unverändert.

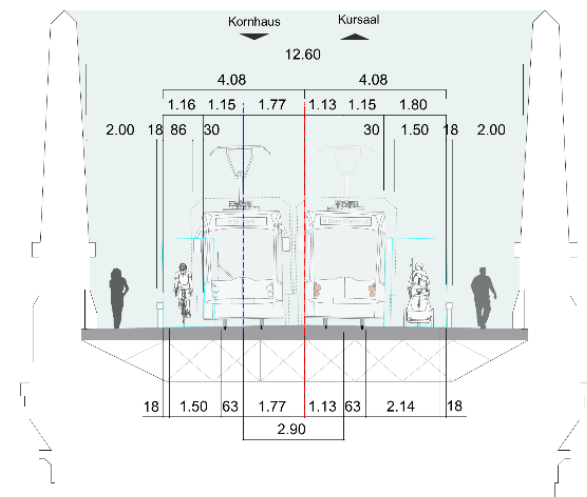


Abbildung 8: Variante 1.0a mit Tramachsenabstand 2.90 m

Variante 5.1 (Brückenverbreiterung)

Die bestehende Brückenplatte wird durch eine Neukonstruktion (Verbreiterung der Bücke von 12.60 m auf 19.84 m) ersetzt, die Brückenkonstruktion entsprechend massiv verstärkt. In der Brückenmitte befindet sich der 6.60 m breite und zentrisch angeordnete Fahrbereich des Öffentlichen Verkehrs (ÖV) und des Motorisierter Individualverkehrs (MIV). Das beidseitige Rückhaltesystem trennt die Fahrbahnfläche von den Radstreifen und Gehwegen.

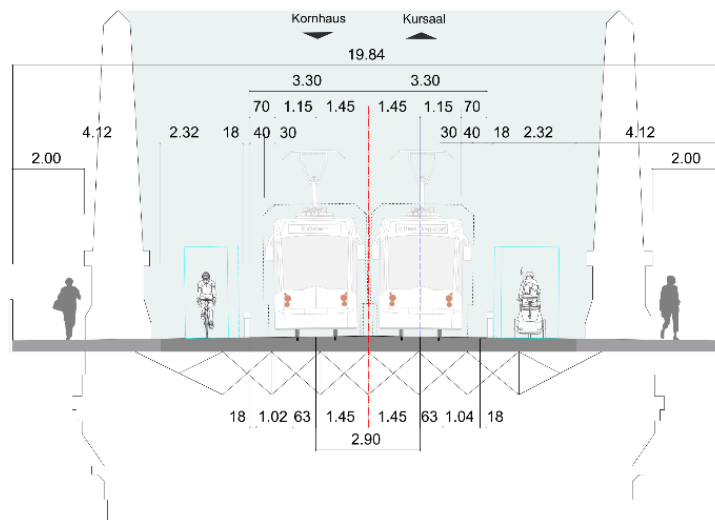


Abbildung 9: Variante 5.1 mit Tramachsenabstand 2.90 m

3.4 Vorgehen

Die in der Nutzungsvereinbarung [G3] und Projektbasis [G4] massgebenden Einwirkungen mit den entsprechenden Lastfaktoren wurden für die aktuellen statischen Tragwerksüberprüfungen (siehe auch Kap. 2.3) übernommen. Dabei sind auch die Vorgaben aus der Nutzungsvereinbarung Kirchenfeldbrücke [G10] enthalten. Die Tramlasten wurden entsprechend den Gleislagen in den Varianten positioniert.

Für den Nachweis der Tragsicherheit wurden die Grenzwerte aus Individualverkehr sowie aus Tramkolonnen auf beiden Gleisen in ungünstigster Stellung untersucht.

Für den Nachweis der Ermüdungssicherheit wurden die massgebenden Gewichte und Achslasten des öffentlichen Verkehrs (Tram- und Buslasten) eingesetzt. Für den Lastfall Kreuzen von Tramzügen in ungünstigster Position wurde die Nutzlast des Tramzuges auf dem zweiten Gleis mit 30% der maximalen Nutzlast (Personenbelegung) gemäss Nutzungsvereinbarung [G3] berücksichtigt.

An den jeweiligen Tragwerksstrukturen wurden alle massgebenden Einwirkungen so formuliert, dass die maximalen Stabkräfte berechnet werden konnten. Diese wurden anschliessend mit den Resultaten der Berechnungen von Hager + Bettschen AG [G5] und AZP AG [G6] verglichen.

4 Auswertung

4.1 Variante 1.0 (zentrische Gleislage) und 1.0a (exzentrische Gleislage)

Tragsicherheit

Für alle Tragwerksteile ist eine ausreichende Tragsicherheit vorhanden, das heisst, die erforderlichen Nachweise bezüglich Tragsicherheit konnten erbracht werden. Es müssen keine Verstärkungsmassnahmen getroffen werden.

Der Nachweis der genügenden Stabilität und des Anschlusswiderstands der einzelnen Stäbe konnte mittels Vergleichsberechnungen zu den bestehenden statischen Berechnungen erbracht werden. Dasselbe gilt auch für die Gesamtstabilität von Bauwerksteilen wie Fachwerk-Stützen, Bogen-Fachwerk und Windverbände.

Ermüdungssicherheit

Die erforderlichen Nachweise bezüglich Ermüdungssicherheit konnten entsprechend den Vorgaben der aktuellen Nutzungsvereinbarung erbracht werden.

Aufgrund der aktuellen statischen Überprüfung sind hinsichtlich Ermüdungssicherheit keine Verstärkungsmassnahmen zu treffen. *Vorbehalten bleibt hier eine generelle detaillierte Überprüfung der Spannungsdifferenzen über den Dauerfestigkeitsnachweis auf der Basis der aktuellen und zukünftigen Überfahrten sowie die Prüfung kritischer Stäbe auf Risse (siehe auch Überwachungsplan [G2, Pkt. 1.3]).*

Verstärkungsmassnahmen

Aufgrund der aktuellen statischen Überprüfung sind bei der Variante 1.0 und 1.0a keine Verstärkungsmassnahmen notwendig.

Kosten

Aufgrund der aktuellen statischen Überprüfung sind bei der Variante 1.0 und 1.0a mit keinen Kosten für Verstärkungsmassnahmen zu rechnen.

4.2 Variante 5.1 (Brückenverbreiterung)

Tragsicherheit

Für alle Tragwerksteile ist keine ausreichende Tragsicherheit vorhanden, das heisst, die erforderlichen Nachweise bezüglich Tragsicherheit konnten nicht erbracht werden. Es müssen massive Verstärkungsmassnahmen getroffen werden, um die Tragsicherheit zu gewährleisten.

Ermüdungssicherheit

Für diese Variante wurde der Nachweis der Ermüdungssicherheit nicht durchgeführt, da bereits für die Ertüchtigung betreffend den Tragsicherheitsnachweis mit massiven Verstärkungsmassnahmen zu rechnen ist.

Verstärkungsmassnahmen

Mit der Variante 5.1 sind aufgrund der Trag- und Ermüdungssicherheit massive Verstärkungsmassnahmen erforderlich. Eine quantitative Aussage betreffend der Verstärkungsmassnahmen (bis hin zu einem Teil-/Totalersatz) müsste in einer vertieften statischen Bearbeitung erfolgen.

Kosten

Wie bereits im vorhergehenden Abschnitt erwähnt, müssen bei einer Brückenverbreiterung massive bauliche Eingriffe gemacht werden. Eine quantitative Aussage betreffend die Kosten der Verstärkungsmassnahmen ist im aktuellen Projektstand nicht möglich.

5 Schlussfolgerung

Die vorliegende Tragwerksuntersuchung mit der erfolgten Aktualisierung von Einwirkungen hat gezeigt, dass

- für den Fall der Tragsicherheit – bedeutet das Erreichen des Tragwiderstands des Tragwerks oder eines seiner Teile, Versagen durch Bruch oder Verlust der Stabilität – die Kornhausbrücke weiterhin entsprechend den Vorgaben der Nutzungsvereinbarung [G3] und künftigen Trambeschaffungen [G10] für die Varianten 1.0 (zentrische Gleislage) und 1.0.a (exzentrische Gleislage) genutzt werden kann. Unter diesen Voraussetzungen sind keine Verstärkungen an einzelnen Tragwerksteilen erforderlich.
- für den Fall der Ermüdungssicherheit – bedeutet das Erreichen der Ermüdungsfestigkeit des Tragwerks oder eines seiner Teile – die Kornhausbrücke weiterhin entsprechend den Vorgaben der Nutzungsvereinbarung sowie der Anzahl der Überfahrten des öffentlichen Verkehrs (vorhandenen Überfahrtenzahlen von Tram und Bus bis 2085) [G3] für die Varianten 1.0 (zentrische Gleislage) und 1.0.a (exzentrische Gleislage) genutzt werden kann. Unter dieser Voraussetzung sind keine Verstärkungen an einzelnen Tragwerksteilen erforderlich. *Die bisher festgestellten Stäbe mit Ermüdungsproblemen bleiben nach wie vor kritisch und müssen gemäss Überwachungsplan beobachtet werden.*
- mit einem massiv abgeänderten Brückenquerschnitt wie in der Variante 5.1 (Brückenverbreiterung) weder die Tragsicherheit noch die Ermüdungssicherheit auch nur annähernd nachgewiesen werden kann und Verstärkungsmassnahmen, bis hin zu einem Teil-/Totersatz, erhebliche Kosten wie auch politische Diskussionen auslösen werden.

6 Verfasser

Bern, 24.06.2020

ingenta ag ingenieure + planer



Reto Adamina



Egidio Gambardella

Bern, 24.06.2020

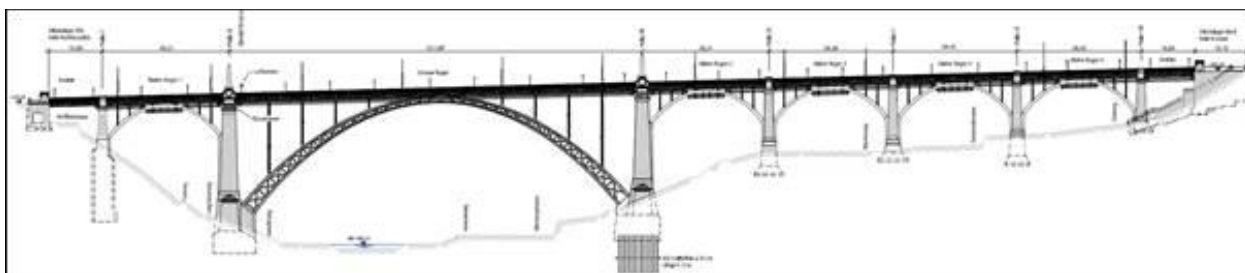
Anlagenmanagement

Tobias Ganz, +41 31 321 85 09, tobias.ganz@bernmobil.ch

Gleiserneuerung Kornhausbrücke

A3_Gleistechnischer Bericht

Machbarkeitsstudie Brückenquerschnitt



Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
2.	Variante 1.0.a	3
	2.1.Querschnitt Variante 1.0.a	3
	2.2.Trassierung	3
	2.2.1. Übergang Kursaal.....	3
	2.2.2. Übergang Kornhausplatz	5
	2.2.3. Zweite Tramachse.....	6
3.	Variante 5.1.....	7
	3.1.Querschnitt Variante 5.1	7
	3.2.Trassierung	7
	3.2.1. Übergang Kursaal.....	7
	3.2.2. Übergang Kornhausplatz	9
	3.2.3. Zweite Tramachse.....	10
4.	Fazit.....	12
5.	Weiteres Vorgehen.....	12

1. Einleitung

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie Brückenquerschnitt zur Gleiserneuerung Kornhausbrücke (KoHa) wurde eine Vielzahl an Querschnittsvarianten untersucht. Zusammen mit dem Tiefbauamt und der Verkehrsplanung der Stadt Bern, Brückeningenieur und Verkehringenieur konnten drei Querschnittsvarianten eruiert werden, welche genauer untersucht werden sollen. Alle Varianten basieren auf der Vorgabe, die Gleisachsen vom heutigen Gleisachsabstand (GAA) von 2.70 m auf 2.90 m zu spreizen.

Die beiden gleistechnisch weiter zu verfolgenden Varianten (1.0.a und 5.1) basieren auf der Grundidee der erwähnten Gleisspreizung auf 2.90 m. Gleichzeitig soll der Veloverkehr, vor allem auf der östlichen Brückenhälfte (stadtauswärts), mehr Platz respektive einen sichereren Bereich auf der Brücke erhalten.

Als Rückfallebene ist eine brückenzentrisch angeordnete Variante (1.0) zu betrachten. Diese entspricht gleit-rassierungstechnisch der Variante 5.1 und wird im Weiteren nicht mehr explizit behandelt, wobei die gleisgeo-metrischen Erkenntnisse zur Variante 5.1 sinngemäss auch für die Variante 1.0 gelten.

2. Variante 1.0.a

Diese Variante sieht eine Spreizung des GAA von 2.70 m auf 2.90 m auf der Brücke vor. Die Spreizung der Gleisachse wird zur Brückenachse asymmetrisch angeordnet. Durch diese Art der Spreizung wird die Gleisanlage in westliche Richtung verschoben. Dadurch gewinnen die Velofahrenden auf der stadtaus-/bergaufwärts fahrenden Seite an Platz. Somit können die Velofahrenden besser durch ein Tram überholt werden und die Möglichkeit wird entschärft, dass ein Tram während längerer Strecke hinter dem Veloverkehr hinterherfahren muss. Stadteinwärts / bergab können die Velofahrenden wegen der geringeren Platzverhältnisse nicht vom Tram überholt werden. Da aber die Geschwindigkeit der Velofahrenden stadteinwärts sowieso höher als stadtauswärts ist (ähnlich der Trams mit 30 km/h), wird dies als nicht kritisch betrachtet.

2.1. Querschnitt Variante 1.0.a

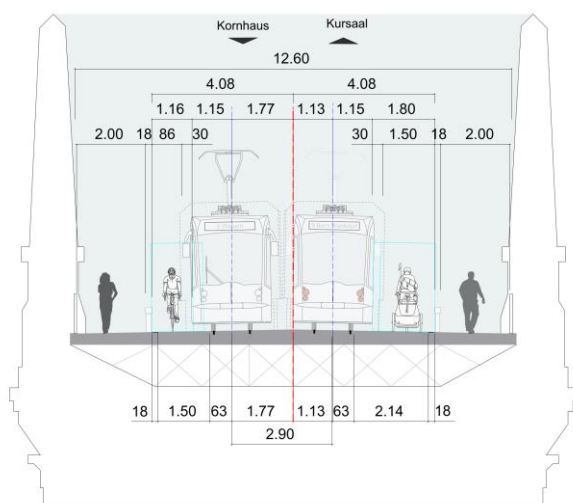


Abb. 1: Querschnitt Variante 1.0.a (metron)

2.2. Trassierung

Die Trassierungen sind als Studie zum Nachweisen der Machbarkeit zu verstehen, welche noch nicht bis ins letzte Detail ausgereizt wurden. Dies bedeutet, dass zum Beispiel Anfangs- und Endpunkte sowie Trassierungselemente noch optimiert werden können.

Die Trassierung wurde nur in horizontaler Lage überprüft. Die vertikale Überprüfung kann erst in einem weiteren Schritt unternommen werden. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass es bei den Übergängen zu keinen grösseren Schwierigkeiten in der Vertikalen kommen sollte, da die Gleisanlage in der Höhe auf fast die gleiche Höhe zu liegen kommt. Einzig durch die Gleisverschiebung auf der Brücke (Dachgefälle) sowie dem Gefällsbruch beim untersten Brückenfeld ergeben sich Höhendifferenzen, welche aufgenommen werden müssen.

2.2.1. Übergang Kursaal

Umsetzung

Da im Projekt "Dr nöi Breitsch – Baulos 2" (DnB-BL2) die Haltestelle Kursaal neu gebaut wird, soll diese beim Gleisersatz der Kornhausbrücke nicht erneut angefasst werden müssen.

Aus diesem Grund werden die Bögen, welche bereits im DnB-BL2 eingebaut werden und in die Haltestelle hineinreichen, möglichst belassen. Somit ist die Trassierung für den Übergang des Bestandes in der Haltestelle auf den GAA von 2.90 m auf der Brücke tangential auf diese Radien zu legen. In der Trassierungsstudie wurden die kompletten Bögen und Übergangsbögen trassiert. In Tat und Wahrheit würde erst nach dem Fussgängerübergang (Richtung stadteinwärts) das Gleis ersetzt werden, womit die Haltestelle nicht angefasst werden müsste.

Die S-Bögen des Übergangsbereiches reichen bis auf die Brücke. Bei ca. 20 m ab Widerlager kommt die erste Brückenfuge, bei der eine Schienenauszugsvorrichtung zu liegen kommt. Diese muss zwingend in einem geraden Schienenstück zu liegen kommen. Bei der aktuellen Trassierung reichen die Bögen rund 12 m ab Widerlager auf die Brücke. Somit ist dies aus trassierungstechnischer Sicht möglich.

Die minimalen Elementlängen gemäss unseren Projektierungsrichtlinien können nicht eingehalten werden. Diese verkürzten Elementlängen sind auch bereits im DnB-BL2 vorliegend, können aber bei der KoHa teilweise sogar noch optimiert werden.

Lichtraumprofil

Durch die Übernahme der Bögen, welche in die Haltestelle hineinreichen, kann die Kompatibilität der Haltestelle mit dem Lichtraumprofil (1.22 m + e) auch bei einer Spreizung des GAA auf der Brücke gewährleistet werden.

Zur Brücke hin sind aktuell R230 m sowie R620 m Radien vorgesehen. Durch die Kurvenerweiterung ist ein minimaler GAA von 2.857 m Voraussetzung damit es zu keiner LRP-Verletzung führt.

Durch den GAA von 2.90 m auf der Brücke, kann das LRP im gesamten Übergang eingehalten werden.

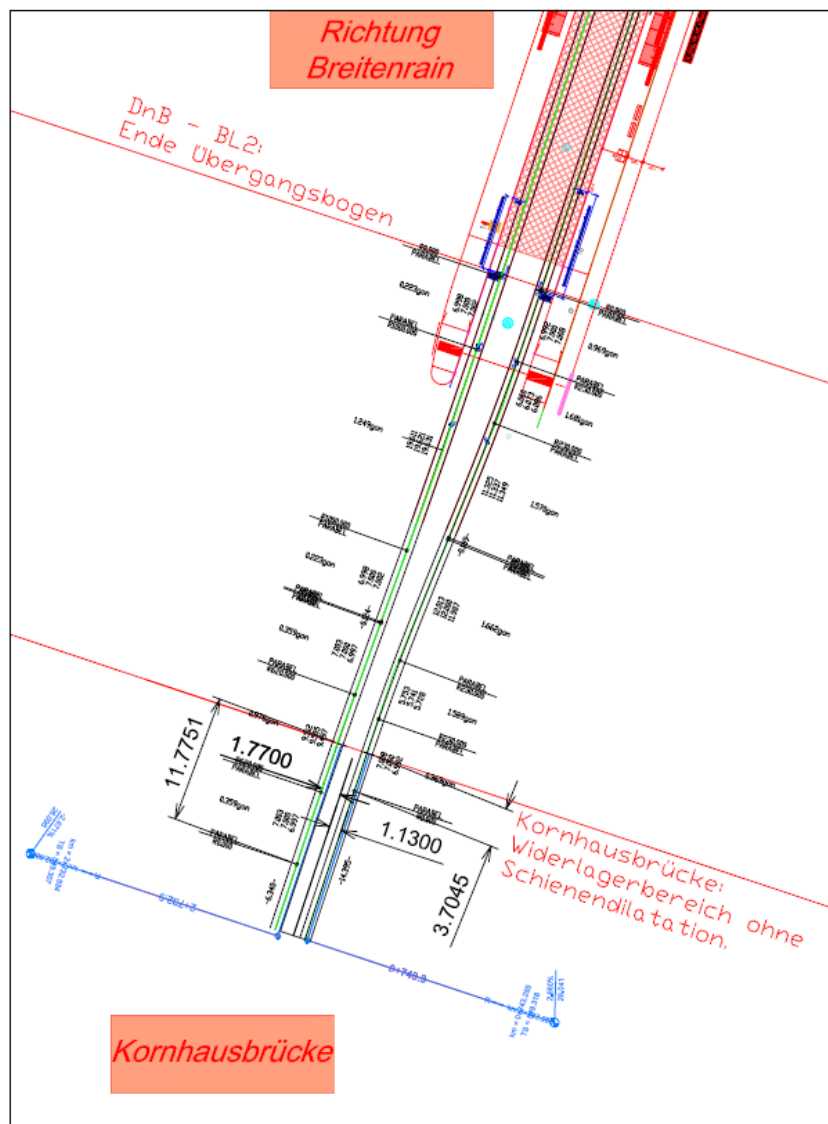


Abb. 2: Übergang Kursaal

2.2.2. Übergang Kornhausplatz

Umsetzung

Der Umbauperimeter soll möglichst klein gehalten werden.

Der Bogen stadtauswärts wird bis auf die Brücke nötig sein, um den Anschluss auf den Bestand umzusetzen.

Der Bogen reicht ca. 8 m auf die Brücke. Auf dieser Seite des Brückenendes folgt ab dem Widerlager nach rund 20 m eine Brückenfuge mit Schienenauszugsvorrichtung. Der Bogen reicht nicht bis zur Schienenauszugsvorrichtung und stellt daher keine Schwierigkeit dar.

Der Umstand, dass der Radius bis über das Widerlager reicht, bedeutet unter Umständen ein teilweiser Umbau der Gleise auf der Brücke, wenn die zweite Tramachse realisiert würde.

Die Vorgaben aus der Projektierungsrichtlinien BERNMOBIL können alle angewendet werden. Die Länge des Anpassungsbereiches ist noch nicht auf den aktuellen Schienenverschleiss sowie auf die Lage der Schweisstösse abgeglichen. Daher könnte der Umbau-Perimeter noch um wenige Meter in Richtung stadteinwärts vergrössert werden.

Lichtraumprofil

Durch die gewählten Radien und dem GAA von 2.90 m auf der Brücke gibt es im Bereich des Übergangs auf den Bestand keine LRP-Überschneidung.

Zur Brücke hin ist aktuell ein R500 m sowie R600 m Radius vorgesehen. Durch die Kurvenenerweiterung ist ein minimaler GAA von 2.832 m Voraussetzung, damit es zu keiner LRP-Verletzung führt.

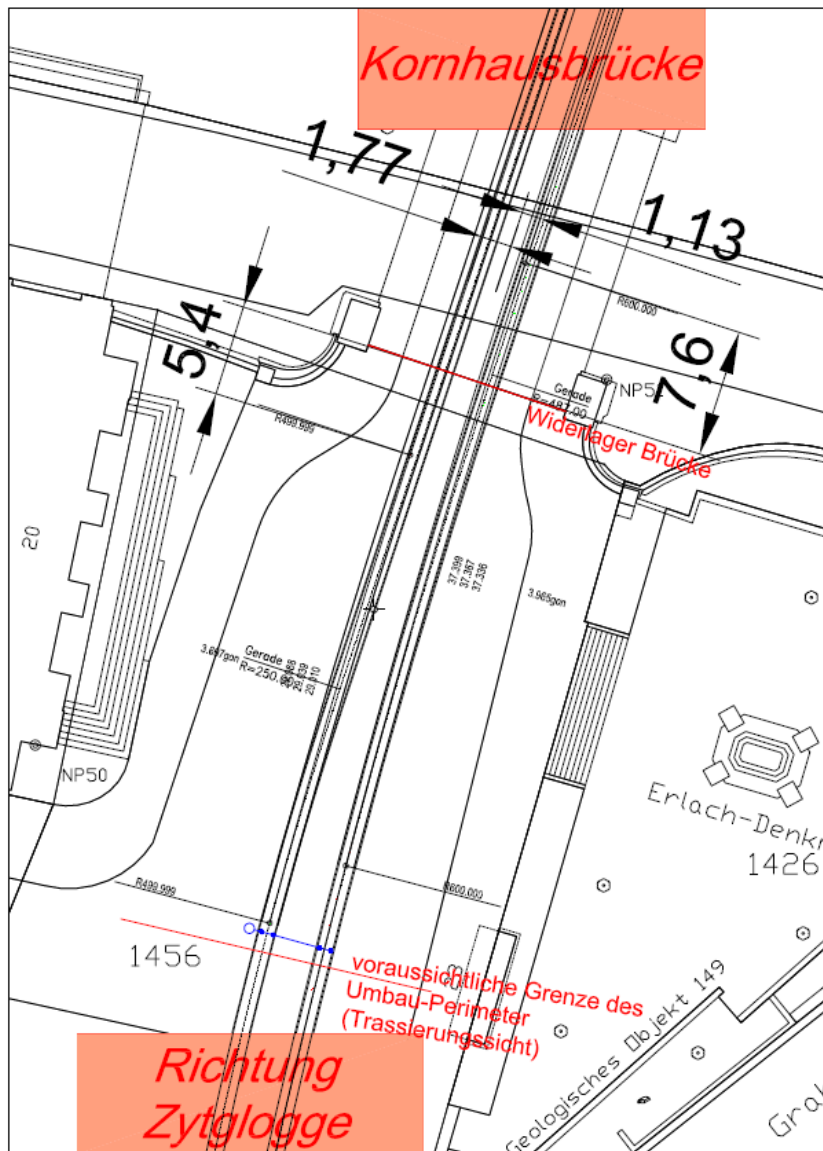


Abb. 3: Übergang Kornhausplatz

2.2.3. Zweite Tramachse

Umsetzung

Im Abschnitt "2.2.2. Übergang Kornhausplatz" wurde stadtauswärts mit einem Radius auf der Brücke angeschlossen. Bei der Umsetzung der zweiten Tramachse muss nach heutigem Stand rund 8 m des Gleises stadtauswärts durch eine Gerade ersetzt werden.

Eventuell gibt es eine Möglichkeit den Radius auf der Brücke bestehen zu lassen, damit die Lichtraum-Überschneidung beim Gleisdreieck der zweiten Tramachse verringert werden kann.

Da bei der zweiten Tramachse noch keine verbindlichen Projektpläne bestehen wurde die Lage der Gleisachsen aus der Trassierungsstudie aus dem Jahr 2011 übernommen. Die Gleisachsen zur Zytglogge hin entsprechen dem heutigen Bestand.

Lichtraumprofil

Nach den ersten Abschätzungen und grob ermittelten Lichträumen gibt es bei dieser Variante aktuell eine maximal angenommene Lichtraumprofil-Überschneidung von ca. 14 cm. Nach Erfahrungen aus früheren Abklärungen und Verfeinerungen der Lichtraumübergänge erhöht sich die Überschneidung nochmals um wenige Zentimeter.

Erfahrungsgemäss könnte hier eine Ausnahmegewilligung zur Aufhebung des Kreuzungsverbotes durch das BAV, gemäss heute angewandter Praxis, möglich sein. Bei einer Reduktion des GAA auf der Brücke von 2.90 m auf 2.80 m ist dies aus heutiger Sicht nicht mehr möglich.

Um beim Abzweiger der zweiten Tramachse das Risiko eines Kreuzungsverbotes weiter zu verringern, sollte ein Bogen des stadtauswärts-führenden Gleises auf die Brücke geprüft werden. Dadurch könnte die Gleisanlage beim Weichendreieck weiter gespreizt und die Lichtraum-Überschneidung im besagten Bereich weiter verringert werden.

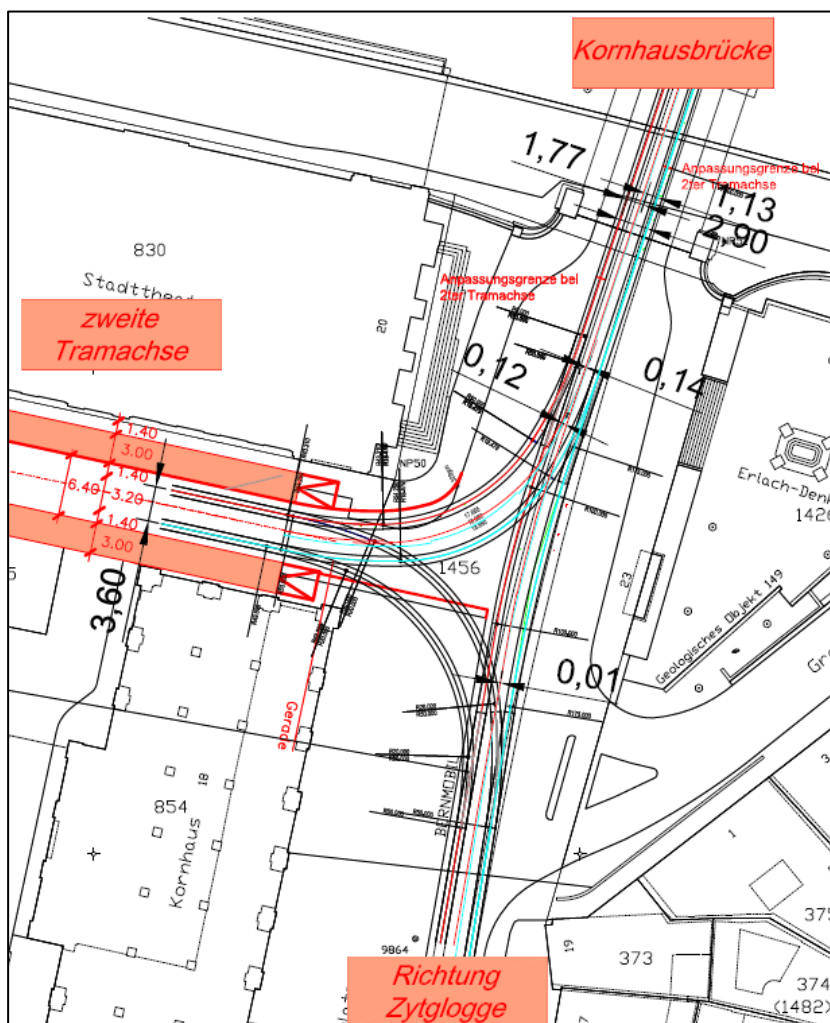


Abb. 4: zweite Tramachse

3. Variante 5.1

Diese Variante sieht eine symmetrische Spreizung des GAA von 2.70 m auf 2.90 m auf der Brücke vor. Hierbei sind in Tat und Wahrheit zwei Varianten (5.1 und 1.0) verpackt, welche aber gleis-trassierungstechnisch in einer Variante zusammengefasst werden können.

Die Variante 5.1 beruht auf dem Standpunkt, dass die Brücke verbreitert werden soll und damit die unterschiedlichen Verkehrsteilnehmenden mehr Platz erhalten.

Sollte dies nicht möglich sein müsste BERNMOBIL den GAA trotzdem verbreitern, um die gültigen Lichtraumprofile inkl. der Kurvenverbreiterung bei den Brückenenden einhalten zu können. Dadurch würde, auch ohne Brückenverbreiterung, eine symmetrische Spreizung der Gleise in Betracht gezogen werden. Bei dieser Unter Variante würde allerdings das Überholen von Velofahrenden (hauptsächlich bergauf) durch die Trams erschwert.

3.1. Querschnitt Variante 5.1

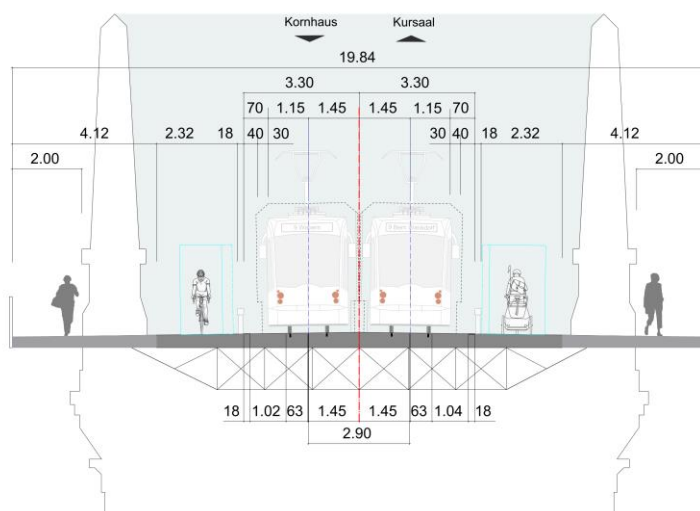


Abb. 5: Querschnitt Variante 5.1 (metron)

3.2. Trassierung

Die Trassierungen sind als Studie zum Nachweis der Machbarkeit zu verstehen, welche noch nicht bis ins letzte Detail ausgereizt wurden. Dies bedeutet, dass zum Beispiel Anfangs- und Endpunkte sowie Trassierungs-Elemente noch optimiert werden können.

Die Trassierung wurde nur in horizontaler Lage überprüft. Die vertikale Überprüfung kann erst in einem weiteren Schritt unternommen werden. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass es bei den Übergängen zu keinen grösseren Schwierigkeiten in der Vertikalen kommen sollte, da die Gleisanlage in der Höhe auf fast die gleiche Höhe zu liegen kommt. Einzig durch die Gleisverschiebung auf der Brücke (Dachgefälle) sowie dem Gefällsbruch beim untersten Brückenfeld ergeben sich Höhendifferenzen, welche aufgenommen werden müssen.

3.2.1. Übergang Kursaal

Umsetzung

Da im Projekt "Dr nöi Breitsch – Baulos 2" (DnB-BL2) die Haltestelle Kursaal neu gebaut wird, soll diese beim Gleisersatz der Kornhausbrücke nicht erneut angefasst werden müssen.

Aus diesem Grund werden die Bögen, welche bereits im DnB-BL2 eingebaut werden und in die Haltestelle hineinreichen möglichst belassen. Somit ist die Trassierung für den Übergang des Bestandes in der Haltestelle auf den GAA von 2.90 m auf der Brücke tangential auf diese Radien zu legen. In der Trassierungsstudie wurden die kompletten Bögen und Übergangsbögen trassiert. In Tat und Wahrheit würde erst nach dem Fussgängerübergang (Richtung stadteinwärts) das Gleis ersetzt werden, womit die Haltestelle nicht angefasst werden müsste.

Die S-Bögen des Übergangsbereiches reichen bis auf die Brücke. Bei ca. 20 m ab Widerlager kommt die erste Brückenfuge, bei der eine Schienenauszugsvorrichtung zu liegen kommt. Diese muss zwingend in einem geraden Schienenstück zu liegen kommen. Bei der aktuellen Trassierung reichen die Bögen rund 6 m ab Widerlager auf die Brücke. Somit ist dies aus trassierungstechnischer Sicht möglich.

3.2.2. Übergang Kornhausplatz

Umsetzung

Der Umbauperimeter soll möglichst klein gehalten werden.

Bei dieser Variante wird für den Zusammenschluss der neuen Gleislage (Brücke) mit dem Bestand (Kornhausplatz) kein Bogen benötigt, welcher über das Widerlager auf die Brücke hinausreichen würde. Dieser Umstand ist der geringeren Gleisverschiebung Richtung Stadttheater (Westen) geschuldet.

Die Vorgaben aus der Projektierungsrichtlinien BERNMOBIL können alle angewendet werden. Die Länge des Anpassungsbereiches ist noch nicht auf den aktuellen Schienenverschleiss und auf die Lage der Schweisstösse abgeglichen. Daher könnte der Umbau-Perimeter noch um wenige Meter Richtung stadteinwärts vergrössert werden.

Lichtraumprofil

Durch die gewählten Radien und dem GAA von 2.90 m auf der Brücke gibt es im Bereich des Übergangs auf den Bestand keine LRP-Überschneidung.

Zur Brücke hin sind aktuell ein R500 m sowie R600 m Radius vorgesehen. Durch die Kurvenerweiterung ist ein minimaler GAA von 2.832 m Voraussetzung, damit es zu keiner LRP-Verletzung führt.

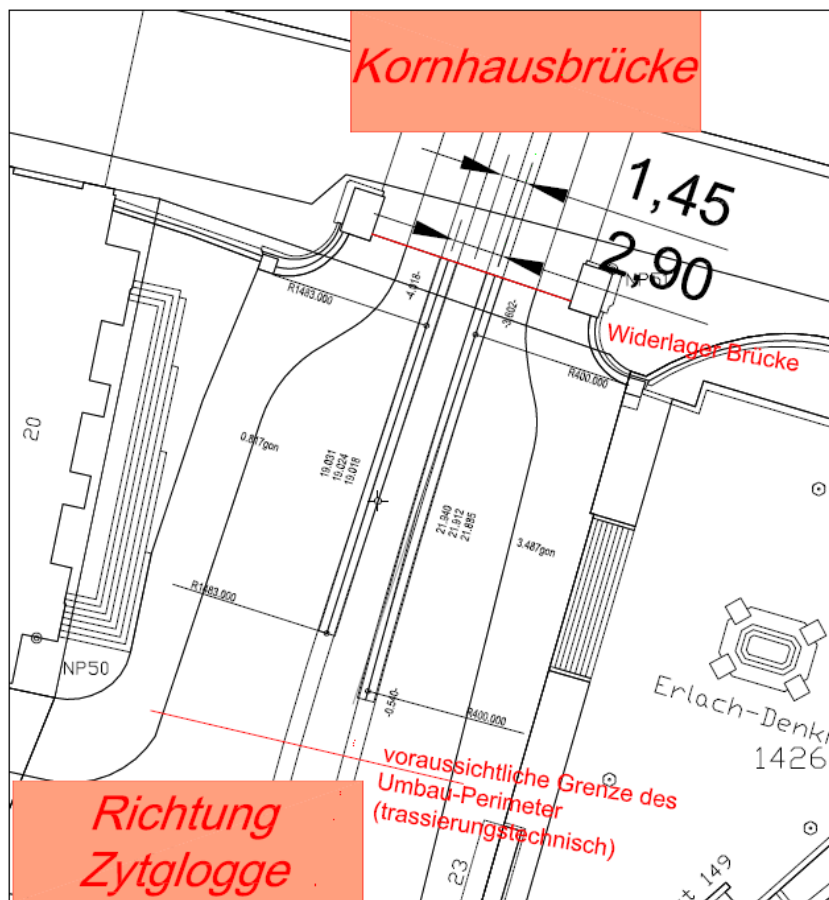


Abb. 7: Übergang Kornhausplatz

3.2.3. Zweite Tramachse

Umsetzung

Im Abschnitt "3.2.2. Übergang Kornhausplatz" wurde die Trassierung des Übergangs von der Brücke zum Bestand definiert. Diese Gleistangenten wurden als Grundlage für das Gleisdreieck der zweiten Tramachse angenommen.

Da die Gleise am Brückenende als Gerade ausgebildet werden können, muss infolge der zweiten Tramachse gemäss aktueller Trassierung kein erneuter Gleisbau auf der Brücke erfolgen.

Hinweis: Eventuell ergeben detailliertere Abklärungen doch einen Umbau auf den ersten Meter der Brücke. Ein möglicher Grund könnte sein, dass auf der Brücke (Gleis stadtauswärts) besser ein Radius vorzusehen wäre, damit vorherrschende Lichttraumprofil-Überschneidungen beim Gleisdreieck minimiert werden könnten. Diesem Umstand sollte nach dem Variantenentscheid nachgegangen werden um den Übergang Brücke auf den Bestand (Abschnitt 3.2.2) dahingehend anzupassen, dass die Gleisgeometrie kompatibel mit der zweiten Tramachse wäre und kein erneuter Umbau auf der Brücke nötig wäre.

Da bei der zweiten Tramachse noch keine verbindlichen Projektpläne bestehen wurde die Lage der Gleisachsen aus der aus der Trassierungsstudie aus dem Jahr 2011 übernommen. Die Gleisachsen zur Zytglogge hin entsprechen dem heutigen Bestand.

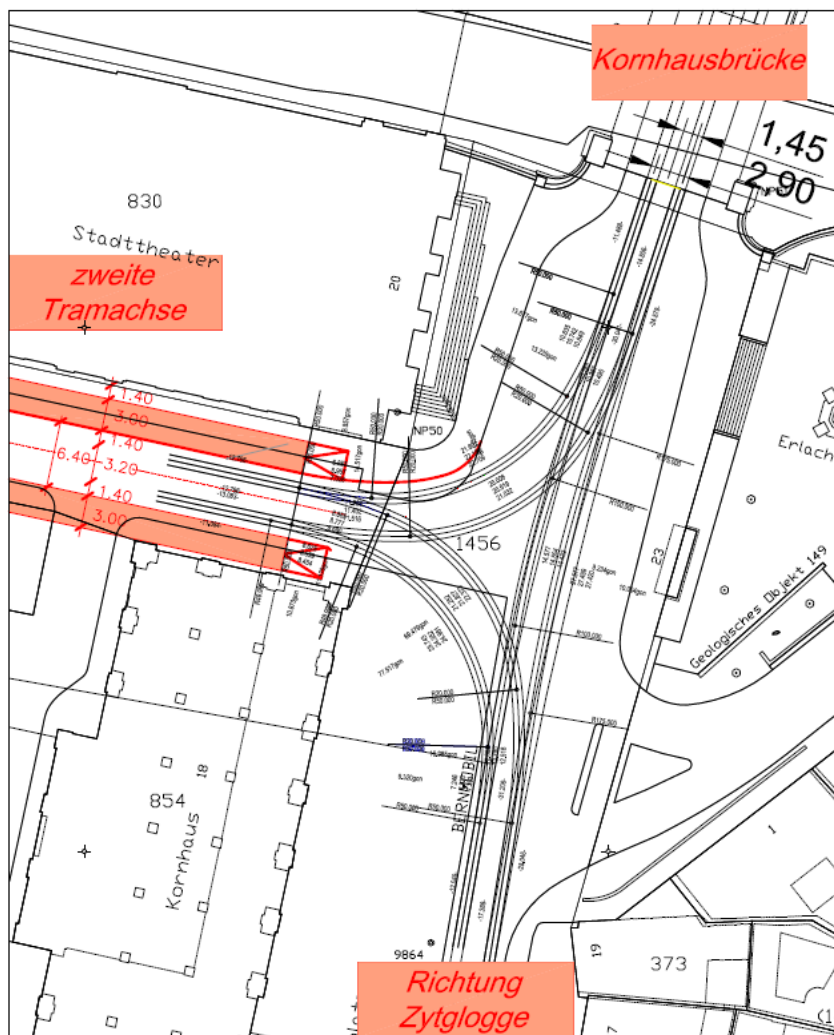


Abb. 8: zweite Tramachse

Nach den ersten Abschätzungen und grob ermittelten Lichträumen gibt es bei dieser Variante aktuell eine maximal angenommene Lichtraumprofil-Überschneidung von ca. 16 cm.

Erfahrungsgemäss könnte hier eine Ausnahmegewilligung zur Aufhebung des Kreuzungsverbotes durch das BAV, gemäss heute angewandter Praxis, möglich sein. Bei einer Reduktion des GAA auf der Brücke von 2.90 m auf 2.80 m ist dies aus heutiger Sicht nicht mehr möglich.

Um beim Abzweiger der zweiten Tramachse das Risiko eines Kreuzungsverbotes weiter zu verringern, sollte ein Bogen des stadtauswärts-führenden Gleises auf die Brücke geprüft werden. Somit könnte die Gleisanlage beim Weichendreieck weiter gespreizt und die Lichtraum-Überschneidung im besagten Bereich weiter verringert werden.

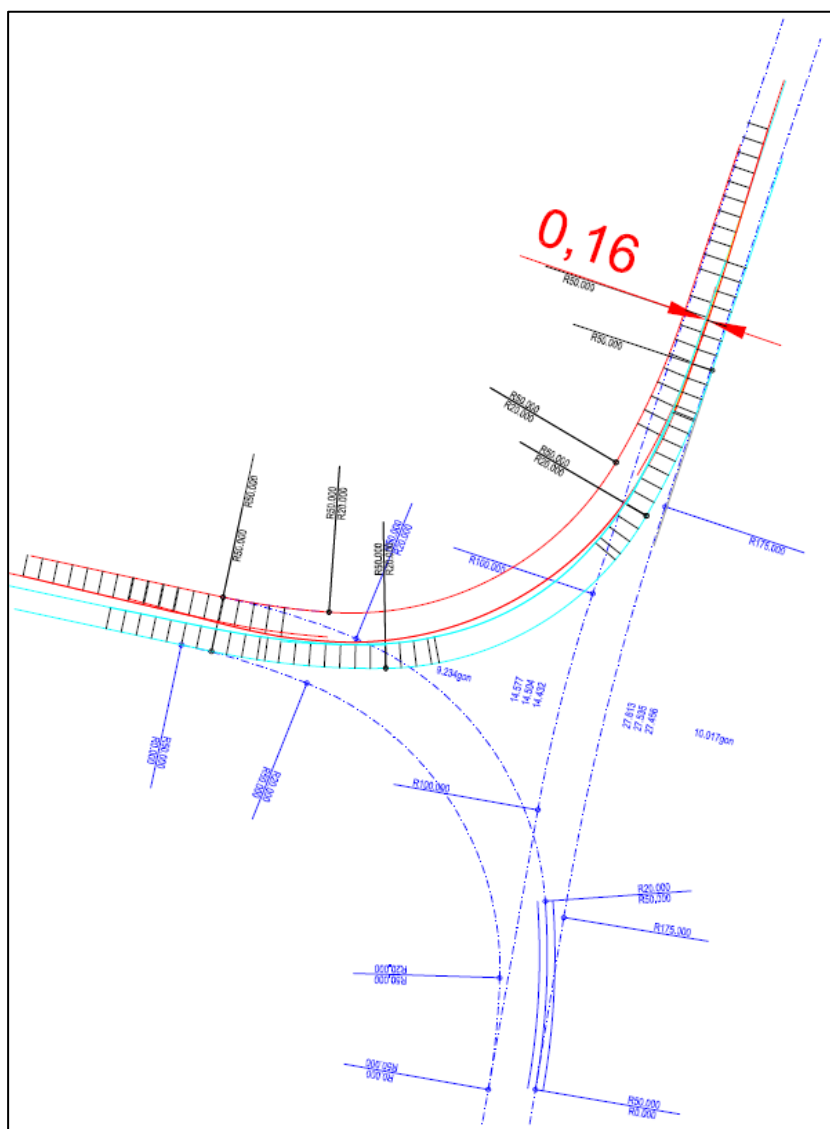


Abb. 9: zweite Tramachse Lichtraumprofil

4. Fazit

Aus rein trassierungstechnischer Sicht gibt es bei den drei Varianten kein "No-Go" für die Machbarkeit bei einem Gleisachsabstand von 2.90 m auf der Brücke.

Es kann jedoch erwähnt werden, dass die Variante 5.1 ein wenig besser abschneidet als die Variante 1.0.a. Hauptgrund dafür ist, dass es bei der Variante 5.1 eine geringere seitliche Verschiebung der Gleislage gibt. Das Fazit der Variante 5.1 gilt sinngemäss auch für die Rückfall-Variante 1.0, da diese gleisgeometrisch identisch sind.

- Anschlüsse auf den Bestand

Der Umbauperimeter ist bei der Variante 1.0.a grundsätzlich grösser als bei der Variante 5.1, da eine grössere Verschwenkung der Gleisanlage nötig wird.

Bei der Variante 5.1 sind grundsätzlich ein wenig grössere Radien der Gleise möglich. Der Unterschied ist jedoch relativ gering.

- Zweite Tramachse

Das aktuell grösste Risiko mit der zweiten Tramachse besteht darin, dass wir eine Lichtraumprofil-Überschneidung haben. Im Worstcase könnte dies ein Begegnungsverbot, bei Tramfahrten (stadtein- und auswärts) im Abzweiger von der Brücke zur zweiten Tramachse, bedeuten. Dieses Risiko besteht bei beiden Varianten im gleichen Masse.

Bei der Variante 5.1 sind im Abzweiger grössere Radien als bei der Variante 1.0.a möglich.

5. Weiteres Vorgehen

Nach dem Variantenentscheid soll beim Abzweiger der zweiten Tramachse die Lichtraumprofil-Überschneidung durch Optimierung der Gleislage verringert resp. versucht werden, diese Überschneidung zu eliminieren.

Auf dieser optimierten Trassierung der zweiten Tramachse soll die Trassierung des Übergangs (Brücke mit GAA 2.90 m zum Bestand) beim Kornhausplatz weiter verfeinert werden. Zusätzlich sollte die Kompatibilität dieses Übergangs mit der zweiten Tramachse geprüft und allenfalls verbessert werden (Vergrösserung des Gleisabstandes im Weichendreieck). Das Ziel sollte es sein, dass bei der Realisierung der zweiten Tramachse kein erneuter Umbau auf der Kornhausbrücke nötig wäre.

Nach der Verfeinerung der horizontalen Gleislage muss das Längenprofil noch erarbeitet werden.