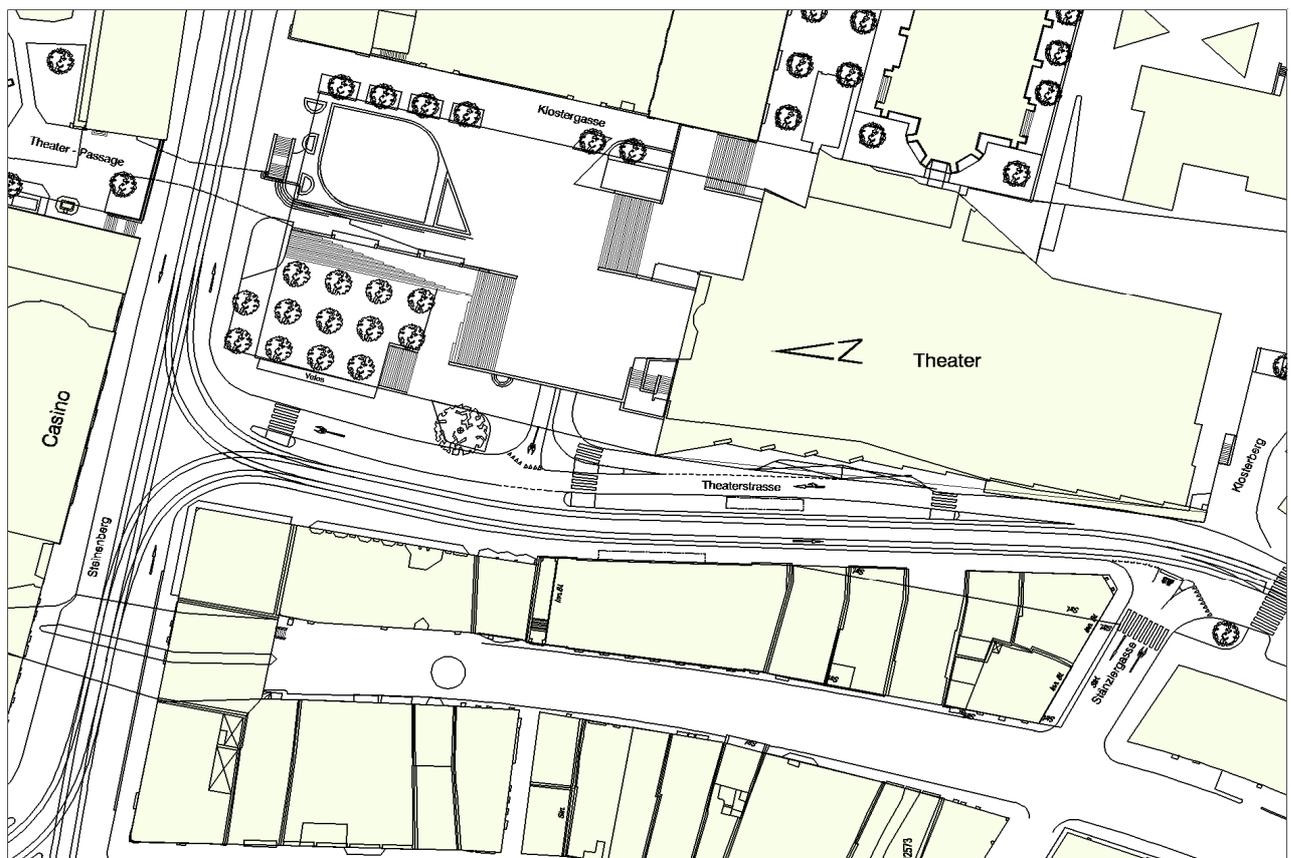


Anhang 1
Variantenstudium Oberflächengestaltung

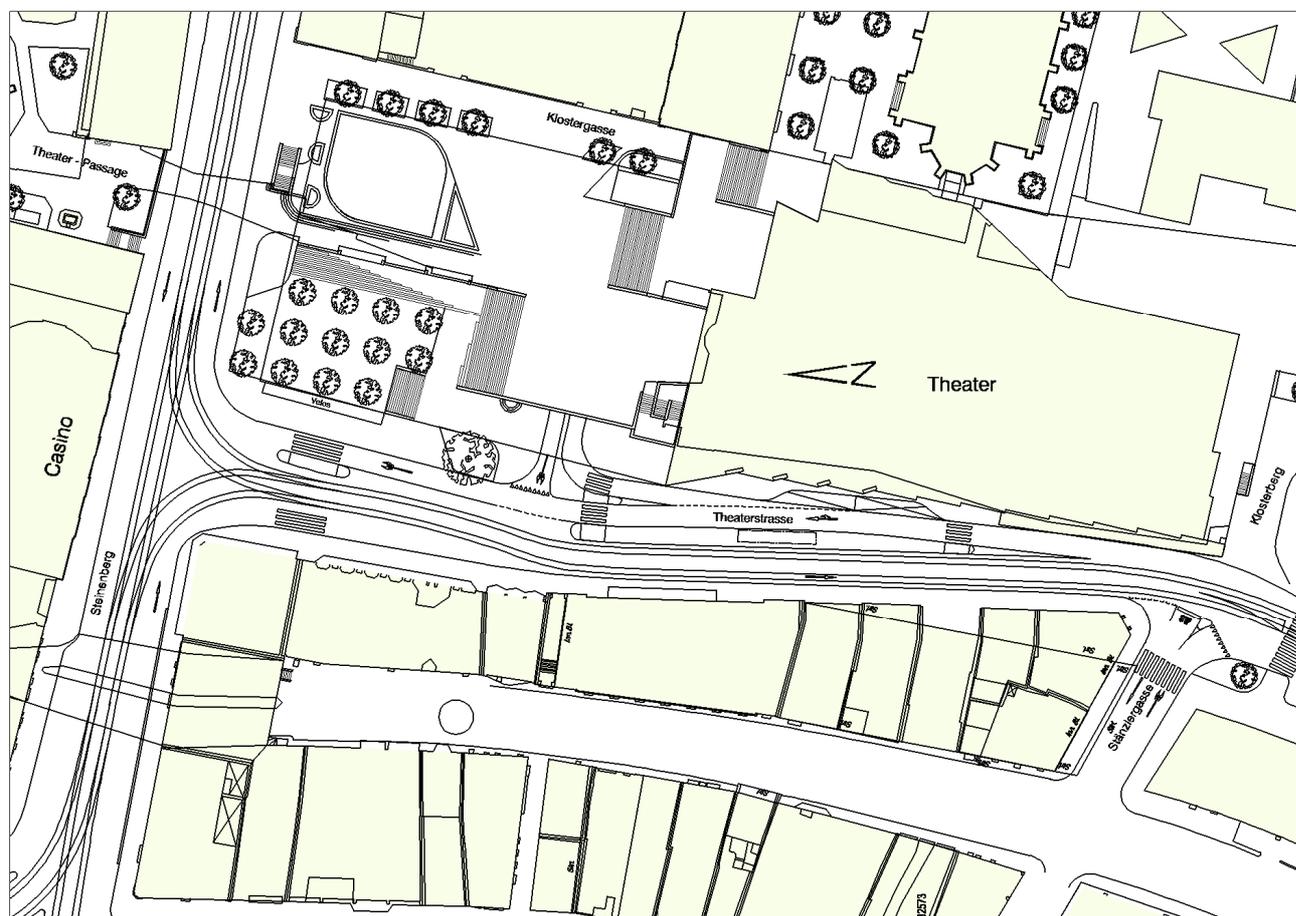
Variante 1

Kurzbeschreibung/Hauptmerkmale	Vorteil	Nachteil
<p>Die BVB-Haltestelle Seite Theater wird in Richtung Heuwaage verschoben. Es wird angestrebt, dass die beiden Haltestellen auf gleicher Höhe liegen. Dadurch entsteht vor dem Theaterplatz ein neuer Freiraum.</p> <p>Die Haltestelle wird mit einer Insel ausgestattet. Es besteht nach wie vor eine freie MIV-Spur zwischen Stänzlergasse und Steinenberg.</p> <p>Die Gleisführung beim Einmündungsbereich Steinenberg/Theaterstrasse ist exzentrisch an die Fassadenflucht vis-à-vis des Theaterkomplexes angelehnt (exzentrisch).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Neue Strassenraumordnung möglich - Linksabbiegen Theaterparking möglich - Symmetrie der Haltestellen - Verbreitertes Trottoir Theaterstrasse 2 - 4 	<ul style="list-style-type: none"> - Distanz Haltestelle zum Barfüsserplatz vergrössert sich - Konfliktpotenzial Ausfahrt Theaterparking - kein Stauraum für den IV hinter der Tramhaltestelle in Richtung Heuwaage → ev. Rückstau bei nachfolgenden Trams bis in den Steinenberg hinein



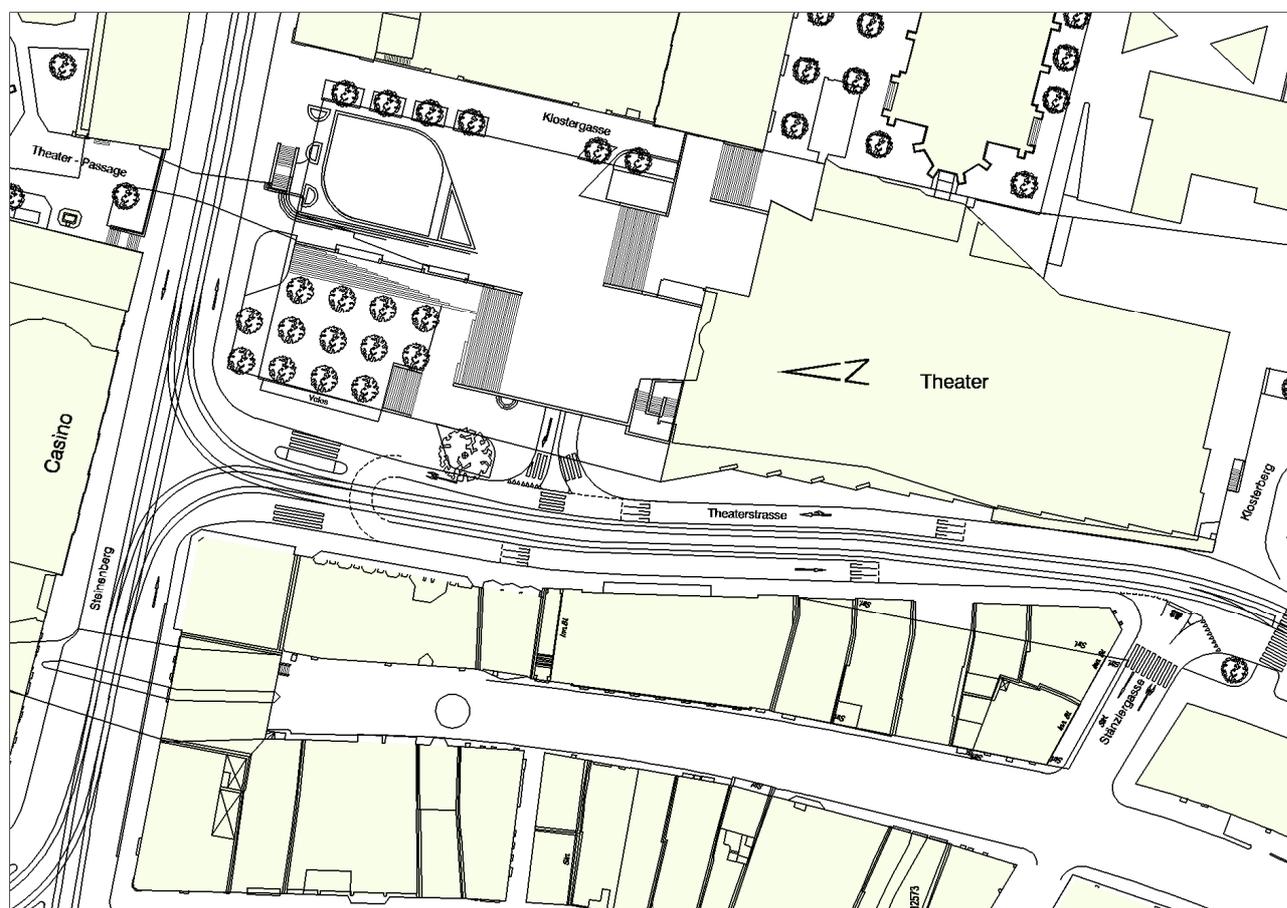
Variante 2

Kurzbeschreibung/Hauptmerkmale	Vorteil	Nachteil
<p>Die Variante 2 basiert auf dem gleichen Haltestellenkonzept wie die Variante 1. Die Gleisführung im Bereich Steinenberg/Theaterstrasse ist jedoch zentrisch.</p> <p>Dies ergibt vor der Hausfassade Theaterstrasse 2 – 4 einen Freiraum von ca. 20 – 25 m für eine MIV-Spur.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Neue Strassenraumordnung möglich - Linksabbiegen Theaterparking möglich - Stauraum für IV hinter dem Tram, welches in der Haltestelle in Richtung Heuwaage steht → LSA 	<ul style="list-style-type: none"> - Konfliktpotenzial Ausfahrt Theater Parking - Distanz Haltestelle Barfüsserplatz vergrössert sich



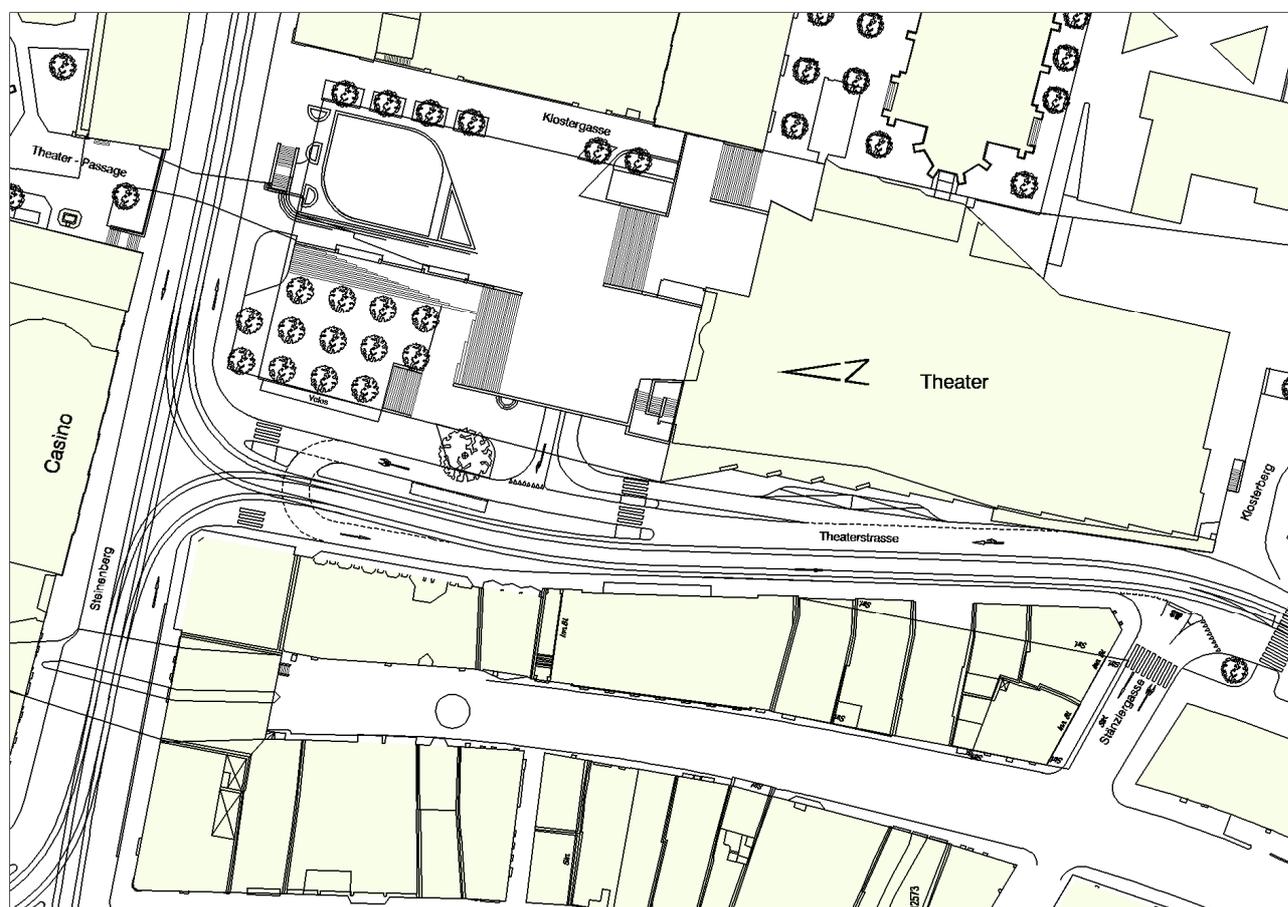
Variante 3

Kurzbeschreibung/Hauptmerkmale	Vorteil	Nachteil
<p>Auch hier soll die Haltestelle auf der Seite Theater in Richtung Heuwaage verschoben werden, jedoch soll nun das Konzept "Lichtinsel zum tragen kommen und zwar beidseitig.</p> <p>Auf der Seite Theater bietet dies keine Probleme. Auf der gegenüberliegenden Seite ergibt sich vom Strassenprofil ein Zwangspunkt bei der Liegenschaft Theaterstrasse 16.</p> <p>Bei einer Haltestellenlänge von 47 m wird es nicht mehr möglich sein, direkt vom Parking links abbiegen zu können (→ U-Turn).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Neue Strassenraumordnung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Temporäre Asymmetrie der Halteinseln - U-Turn bei fahrendem Tram (kein direktes Linksabbiegen aus dem Parking möglich)



Variante 4

Kurzbeschreibung/Hauptmerkmale	Vorteil	Nachteil
<p>Diese Variante wurde im Rahmen der Untersuchungen 3. Gleis Steinberg bereits früher besprochen. Die Haltestellenanordnung bleibt grundsätzlich erhalten. Der Linksabbieger aus dem Theaterparking ist aufgrund der Haltestelleninsel jedoch nicht auf direktem Weg möglich, es wird vor der Haltestelle ein U-Turn eingerichtet. Die Gleiseinführung in die Theaterstrasse erfolgt zentrisch, so dass vor den Liegenschaften Theaterstrasse 2 – 4 ein Stauraum für MIV entsteht.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Keine Änderung im Haltestellenkonzept BVB 	<ul style="list-style-type: none"> - Keine direkte Ausfahrt aus dem Parking möglich (U-Turn vor wartendem Tram) - keine neue Strassenraumordnung möglich



Anhang 2
Details zur Akustik

Details zur Akustik

1. Akustische Grundlagen

Die zuhanden des Projektes durchgeführten umfangreichen Messungen und deren Analyse ergaben, dass der Trambetrieb im leeren Musiksaal einen Geräuschpegel von ca. 46 dB(A) verursacht, wobei die grössten Ausschläge des Lärmpegels vom Befahren der Weichen und Kreuzungen herrühren. Die Erschütterungen des Gleiskörpers werden dabei durchs Erdreich, bzw. über die Gemäuer des Birsigtunnels und der alten Stadtmauer an die Gebäudehülle übertragen und schliesslich im Saal als Sekundärluftschall wahrgenommen. Die Auswirkungen des übrigen Strassenverkehrs erwiesen sich im Vergleich dazu als vernachlässigbar.

Eine Analyse der Frequenzspektren des Sekundärluftschalls im Musiksaal zeigt die für Schienenverkehr typischen starken Anteile von ca. 46 dB(A) im tieffrequenten Bereich von 31.5 Hz bis 63 Hz. Dazu kommen aber auch noch starke und damit gut hörbare Anteile von bis zu 28 dB(A) in höheren Frequenzen von 80 bis 250 Hz, ja sogar bei 800, 1000 und 2500 Hz.

Für normalen Konzertbetrieb ist ein Geräuschpegel von 20 dB(A) üblich, für CD-Aufnahmen sogar nur 15 dB(A). Somit sind mindestens 20 dB Dämmung anzustreben. Falls man zukünftig auch CD-Aufnahmen machen will, muss die Dämmung mindestens 25 dB betragen.

Unglücklicherweise weist der Musiksaal selbst eine starke Eigenfrequenz von rund 40 Hz auf. Deshalb reicht bei dieser Frequenz und den dazugehörenden Oberfrequenzen (einem ganzzahligen Vielfachen der Eigenfrequenz) schon eine schwache Anregung durch den Tramverkehr, um im Musiksaal hörbare Störgeräusche infolge von Resonanz zu erzeugen.

Durch Messungen wurde gezeigt, dass nicht nur die Weichen und Kreuzungen im Bereich der Verzweigung Steinenberg/Theaterstrasse Störgeräusche erzeugen, sondern auch die Verzweigung am Barfüsserplatz/Kohlenberg. Hieraus resultiert die Folgerung, dass Massnahmen an allen Weichen und Kreuzungen dieser Verzweigungen notwendig sind. Die Weichen und Kreuzungen am Bankenplatz haben aufgrund der Distanz keinen Einfluss mehr.

Zusätzliche Erschwernisse ergeben sich aus der komplizierten Gleisgeometrie, der Hanglage und den engen Verhältnissen über dem Birsigtunnel und der Theaterpassage, die beide mit der Stadtmauer verbunden sind und damit den Körperschall sehr gut weiterleiten. Hinzu kommt noch, dass die Gleise vom Strassenverkehr überfahren werden. Solch komplexe Verhältnisse in unmittelbarer Nähe eines bestehenden Musiksaals sind wohl einzigartig.

Bei der Überprüfung wurden sämtliche anwendbare Schutzsysteme (z.B. weiche Gleisbefestigung, Unterschottermatten u.a.m.) einbezogen.

Ein Kriterium bei der Auslegung einer Körperschallisolation ist die Eigenfrequenz des abgefederten Erregersystems. Der Aufbau gliedert sich in eine schwere und damit träge Betontragplatte mit den Gleisen (Masse) und einer schallweichen Trennlage (Feder). Daraus

resultiert ein Masse-Feder-System. Die Eigenfrequenz eines Masse-Feder-Systems ist die Frequenz, in welcher sich ein solches System, nach einem Anstoss, hin- und herbewegt. Diese Eigenfrequenz muss nun genügend weit von den Frequenzanteilen des Störgeräusches entfernt sein und wird normalerweise tiefer als diese angesetzt. Generell kann man sagen: je tiefer die Eigenfrequenz des Systems ist, umso grösser wird die Dämmwirkung, oder bei umso tieferen Frequenzen beginnt die Wirksamkeit der Massnahme.

Zur Dämmung von vom Schienenverkehr verursachten Emissionen werden üblicherweise tiefabgestimmte (5 - 10 Hz) **schwere Masse-Feder-Systeme (MFSS)** mit Stahlfederlagerung eingesetzt, wenn die Isolation tieffrequent wirksam sein soll. Allerdings findet bei Stahlfedern häufig schon ab ca. 100 Hz eine Verschlechterung der Wirksamkeit statt, was eine Reduktion der Einfügedämmung der Stahlfedern auf ca. 15 dB bedeutet.

Sehr gut bewährt haben sich seit ca. 20 Jahren auch sogenannte **leichte Masse-Feder-Systeme (MFSL)** mit Polyuretanmatten-Lagerung (PUR-Matten). Diese Systeme werden üblicherweise auf eine Eigenfrequenz von 10 – 15 Hz abgestimmt. Die PUR-Matten isolieren höhere Frequenzen sehr gut. Durch die höhere Abstimmung wird aber in den tieffrequenten Bereichen nur eine Einfügedämmung¹⁾ von ca. 15 dB erreicht.

Da die Störgeräusche, wie bereits erwähnt, sowohl tieffrequente, als auch höherfrequente Anteile aufweisen, ist nur mit einer Kombination von leichtem und schwerem Masse-Feder-System die gewünschte, erhebliche Lärminderung von 20 – 25 dB im Musiksaal erzielbar.

Solche Kombinationen können auf zwei verschiedene Arten ausgeführt werden:

- Lagerung der Tramgleise auf PUR-Matten (MFSL) und Lagerung des Musiksaals auf Stahlfedern.
- Lagerung der Tramgleise auf Stahlfedern (MFSS) und Lagerung des Musiksaals auf PUR-Matten.

Bei all diesen Lagerungen muss gewährleistet sein, dass der Asphaltbelag ebenfalls sauber getrennt und mit einer dauerelastischen Fuge verbunden wird um „Kurzschlüsse“ zu vermeiden.

Nachfolgend werden die einzelnen Systeme im Detail erläutert.

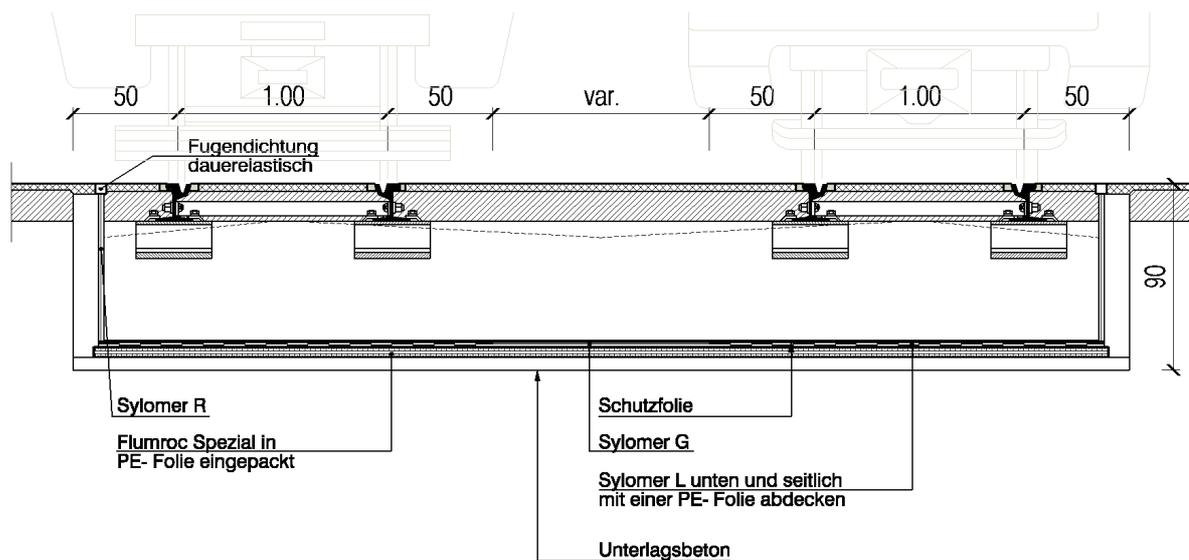
¹⁾ Einfügedämmung: die tatsächliche Minderung des ursprünglichen Körperschallpegels durch den Einbau eines Lagerungssystems (Differenz vor / nach Umbau). Die nicht gedämmten Erschütterungen können sich weiter im Boden ausbreiten

2. Das Masse-Federsystem leicht (MFSL)

2.1 Bautechnischer Beschrieb

Das "Masse-Federsystem" (MFSL) leicht basiert auf den Grundüberlegungen des heutigen gebräuchlichen Gleislagerungssystems der BVB auf Steinwolleplatten (Standardaufbau Flumroc). Anstelle der Steinwolleisolation (Flumroc) wird allerdings mit Polyuretanmatten (Elastomer) von unterschiedlichen Steifigkeiten gearbeitet. Mit den unterschiedlichen Steifigkeiten kann auf die variablen Belastungen und das unterschiedliche Verformungsverhalten der Gleisplatte Rücksicht genommen werden. Zudem verfügen die Polyuretanmatten über die Eigenschaft, dass sich ihre Steifigkeit unter Last (Kompression) und während der Gebrauchsdauer nicht massgeblich verändern.

Im Bereich der seitlichen Anschlüsse wird darauf geachtet, dass im Gegensatz zum herkömmlichen System, der Asphaltbelag nicht direkt an die Schiene geführt wird, sondern dass der eigentliche Gleiskörper vollumfänglich getrennt vom übrigen Strassenbereich bleibt. Nur so ist gewährleistet, dass die Gefahr der Erschütterungsübertragung auf die Umgebung minimiert wird.



Dieses beschriebene System mit einer Bauhöhe von ca. 90 cm soll im gesamten Kreuzungsbereich Steinenberg/Theaterstrasse sowie bei den zwei Weichen beim Barfüsserplatz/Kohlenberg zur Anwendung kommen. Es sind dies ca. 1'200 m². Im oberen Bereich des Steinenbergs und im westlichen Teil der Theaterstrasse soll der übliche Standardaufbau auf Flumroc-Basis zur Anwendung kommen.

Bei den Anschlüssen der Schienenentwässerungen, der Weichensteuerung etc. ist besonders darauf zu achten, dass keine Schallbrücken produziert werden. In der Umsetzung ist grosser Wert auf die Ausführungsdetails zu legen.

Zwischen der eigentlichen Hauptbetondecke und dem Standardaufbau ist eine Schleppplatte als Übergangsstück vorgesehen, um die maximalen Verwindungstoleranzen von 3‰ nach Eisenbahngesetz nicht zu überschreiten.

Das MFSL wurde auf einer Probestrecke im Steinenberg bereits früher einmal eingebaut. Daraus lässt sich ableiten, wie gross die Reduktion des Luftschalls im Musiksaal mit grosser Wahrscheinlichkeit sein wird, wenn der ganze beschriebene Gleisbereich mit diesem System unter Berücksichtigung der neuen Gleisgeometrie saniert wird. Es ist von 10-15 dB auszugehen.

2.2 Akustischer Beschrieb

Bei erhöhten Anforderungen an die Isolation von Tramgleisen werden seit etwa 20 Jahren PUR-Matten mit grossem Erfolg bei vielen Strassenbahnbetreibern im In- und Ausland (BVB, BLT, Bern Mobil, Strasbourg, Montpellier, Innsbruck, München, u.a.) in einem leichten Masse-Feder-System eingesetzt.

Dieses System wurde probeweise bei einer Weiche im Steinenberg eingebaut. Damit konnte eine Reduktion des Luftschalls im Musiksaal von 10 dB nachgewiesen werden. Da das Probestück nur sehr kurz ist, ist auch die Isolationswirkung nicht optimal. Deshalb erwarten die Akustikexperten bei einer vollumfänglichen Isolation der Gleise im Bereich Steinenberg/Theaterstrasse und Barfüsserplatz/Kohlenberg eine Einfügedämmung von 15 dB.

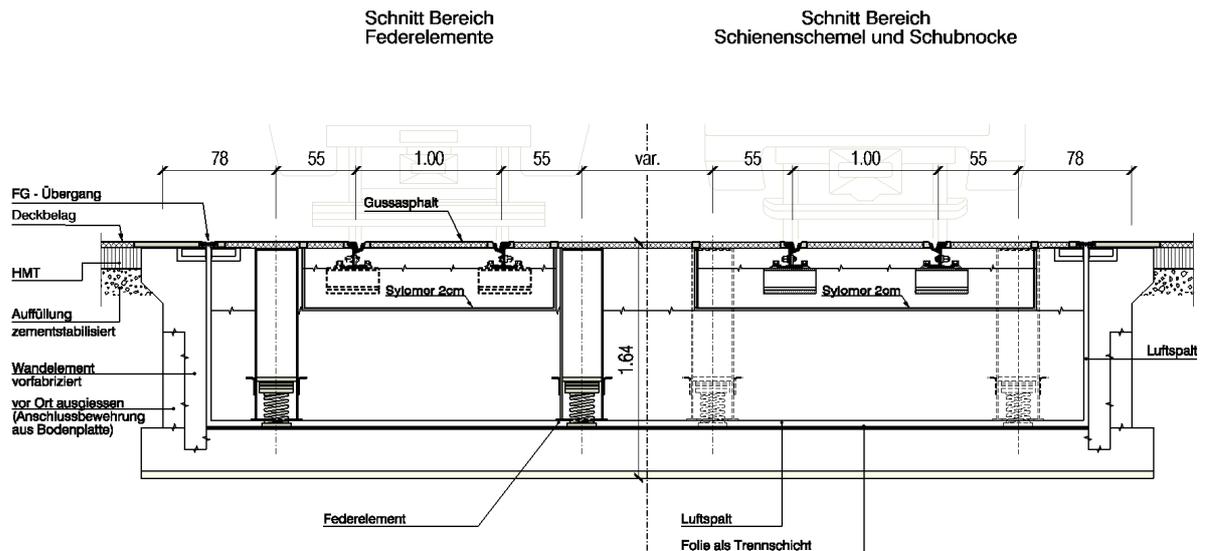
Mit dieser Massnahme alleine wird eine Tramdurchfahrt im Musiksaal immer noch gut hörbar sein. Deshalb sind als weitere Massnahme das Unterfangen und Lagern auf Stahlfedern des Musiksaals selbst notwendig.

3. Das Masse-Federsystem schwer (MFSS)

3.1 Bautechnischer Beschrieb

Das MFSS ist eine im Boden versenkte Betonplatte, die auf Federn zur Dämpfung gelagert ist. Die Ausdehnung entspricht im Grundsatz etwa der des MFSL. Das MFSS ist im Querschnitt konstruktionsbedingt jedoch noch etwas breiter. Doch nicht die Ausdehnung oder die Breite ist charakteristisch für dieses System, es ist die Dicke. Im Gegensatz zum MFSL ist dieses System insgesamt 1.64 m dick. Die Mächtigkeit des Systems ist bestimmt vom Verhältnis zwischen ständiger Last (= eigentliche Betonplatte) zu dynamischer Last (= Trams).

Da die maximale Einsenkung unter dynamischer Last nur 1.2 mm betragen darf und die Federn trotzdem ein entsprechendes Frequenzspektrum abdecken müssen, um ihre Wirkung zu erbringen, muss die ständige Last entsprechend hoch sein. Die Dicke der eigentlichen Betonplatte (1.2 m bei Verwendung von Normalbeton) ist eine federdynamische Anforderung.



Da das System in Basel noch nie realisiert wurde - jedoch gemäss Stand der Technik als das Optimum des derzeit Machbaren in der Oberbautechnik gilt -, sei hier der Bauvorgang kurz beschrieben. Zuerst wird eine geböschte Baugrube von entsprechender Tiefe ausgehoben. Vorgängig dazu müssen Birsigtunnel und Leitungstunnel angepasst werden. Auf einem Unterlagsbeton wird die Bodenplatte gegossen. Nun folgt die eigentliche Erstellung der Betonplatte. Auf der ganzen Fläche werden gegen 600 Stahlzylinder zwischen der Bewehrung platziert. In diese Stahlzylinder werden später die Federn eingesetzt.

Das Betonieren erfolgt in vier Etappen: Die 1. Lage geht bis UK Gleiskörper, dann wird der Gleiskörper abgeschaltet und die 2. Lage betoniert. Schliesslich kann der Gleisbereich erstellt werden, wobei die 3. Betonetappe bis UK Schiene erfolgt; nach dem Schienenschweissen erfolgt die 4. Betonetappe. Damit in einem späteren Zeitpunkt die Geleise problemloser ausgebaut werden können, ohne die gesamte Betonplatte zu schädigen, wird eine Trennung zwischen Gleisbelag und Betonplatte vorgenommen. Als Trennmateri- al wird Sylomer verwendet werden.

Das Sylomer hat die Wirkung, dass ergänzend zum Federsystem auch die höher frequen- ten Erschütterungen abgedämpft werden (siehe auch nachfolgendes Kapitel). Nach ent- sprechender Aushärtung der Tragkonstruktion können die Federn eingesetzt und das ge- samte System stufenweise angehoben werden.

Sobald das System justiert ist, kann der Trambetrieb wieder aufgenommen werden. Da- nach erfolgt der Einbau der Seitenwände inkl. Fahrbahnübergangssystem, Schlepplatte und Strassenbau.

Für die Realisierung des MFSS ist ein Tramunterbruch von 6 Wochen nötig.

3.2 Akustischer Beschrieb

Durch die Lagerung der Tramgleise in einem schweren Masse-Feder-System auf Stahl- federn kann im tieffrequenten Bereich mit einer Einfügedämmung von ca. 25 dB gerech- net werden.

Die Eigenfrequenz des Systems wird sehr tief angesetzt, um bereits bei tiefen Frequenzen eine hohe Dämmwirkung zu erreichen. Da bei Strassenbahnen die maximale Einfederung begrenzt ist, kann aber die tiefe Abstimmung nur durch eine vergrösserte statische Masse des Systems erreicht werden. Um diese grosse Masse zu erhalten, erfordert dies beim schweren Masse-Feder-System den Einbau einer Betonplatte von rund 1.2 m Dicke. Damit wird eine Systemeigenfrequenz von rund 7 Hz erreicht werden.

Bei einer reinen Stahlfederlagerung kann jedoch bereits ab 100 Hz, sicher aber ab 300 Hz, eine Dämmungsverschlechterung (infolge der Blockresonanzfrequenz der Stahlfeder) auftreten, was eine Reduktion der Einfügedämmung der Stahlfedern auf ca. 15 dB bedeutet.

Dadurch würde ein Unterfangen des Musiksaals mit entsprechender Lagerung durch PUR-Materialien erforderlich, um in den höheren Frequenzbereichen auch eine Dämmung zu erreichen.

Für spätere Gleisrevisionen ist es von Vorteil, den Gleisbeton von der ordentlichen Tragkonstruktion zu trennen. Als Trennmaterial kann eine PUR-Matte verwendet werden, die nebst der Trennwirkung auch die Eigenschaft hat, höher frequente Erschütterungen zu dämmen.

Durch diese spezielle Auslegung können die Stahlfedern und die PUR-Matten so zur Wirkung gebracht werden, dass das System als ganzes sowohl im tieffrequenten, wie auch im höherfrequenten Bereich optimal dämmt. Allerdings müssen die beiden Systeme genau aufeinander abgestimmt sein, so dass sie sich nicht gegenseitig anregen. Ebenso ist der Einhaltung der maximal zulässigen Einsenkung Beachtung zu schenken.

Bei einer idealen Abstimmung kann über einen weiten Bereich mit einer Einfügedämmung von ca. 25 dB gerechnet werden. Im Idealfall können dann sogar normale raum- und bauakustische Massnahmen beim Musiksaal ausreichend sein und auf komplizierte statische Eingriffe, wie das Unterfangen und Lagern des Gebäudes, kann verzichtet werden.

Anhang 3
Details zu den Kosten

Details zu den Kosten

Variante MFSS mit LT				
Arbeitsgattung		Investitions- ausgaben	Gebundene Ausgaben	Total
Gleisbau / Fahrleitungsbau		1'520'000	2'770'000	4'290'000
Gleislagerungssystem		3'300'000	440'000	3'740'000
Strassenbau		940'000	220'000	1'160'000
Anpassungsarbeiten		450'000	0	450'000
Entwässerungen		130'000	460'000	590'000
Werkleitungen / Leitungstunnel		2'100'000	800'000	2'900'000
Möblierung / Verkehrsregelung		150'000	0	150'000
Verkehrsmanagement		390'000	870'000	1'260'000
Reserve ca. 10%		890'000	570'000	1'460'000
Honorar ca. 15%		1'480'000	930'000	2'410'000
Mehrwertsteuer		850'000	540'000	1'390'000
Total	CHF	12'200'000	7'600'000	19'800'000

(Kleine Abweichungen zum detailliert gerechneten Kostenvoranschlag sind infolge der Rundung der Totalsummen auf CHF 10'000.00 möglich.)