

2796

Neuere Oberbauarten bei der Straßenbahn in Genf

Von Dipl.-Ing. Christoph Stucki, Genf*)

Genfer Straßenbahnnetz – Geleisebau – Genfer Normalgeleise – Masse-/Federsystem

1. Zur Situation der Genfer Straßenbahn im städtischen Verkehrsraum

Zu Beginn dieses Jahrhunderts betrug die Länge der betriebenen Straßenbahnstrecken etwa 125 km. Dieses dichte, aber meist einspurige Netz wurde dann schrittweise bis 1969 auf die heutigen 8,2 km abgebaut. Gründe dafür gibt es mehrere:

- Finanzierungsprobleme bei Erneuerungs- und Modernisierungsvorhaben,
- starker Anstieg des Individualverkehrs,
- Trend weg von der Straßenbahn in Nachahmung vor allem französischer Städte.

Seit etwa 1975 zeichnet sich aber eine Wende zur Erhaltung der verbleibenden Linie ab; 1985 konnte sogar erstmals in der Nachkriegszeit eine Streckenverlängerung von 1,0 km in Angriff genommen werden. Eine weitere Ausdehnung von 1,1 km auf dann im ganzen 10,3 km ist geplant. Im übrigen ist, wie aus Tabelle 1 ersichtlich, die Entwicklung zur modernen Stadtbahn mit weitgehend eigenem Bahnkörper unübersehbar.

Zur Integration und Akzeptanz der Stadtbahn im Straßengeschehen gehört aber auch ein dauerhafter Geleiseoberbau und die Anwendung moderner Baumethoden, mit denen Geleisebauarbeiten in kritischen Abschnitten (starkbefahrene Kreuzungen zum Beispiel) rasch erledigt werden können.

2. Totalerneuerung von 18 m Geleise in einer Nacht

2.1 Ausgangslage

Unmittelbar vor der Wendeschleife in Carrouge verlassen die Geleise die Straßenmittellage in einem Bogen von 35 m Ra-

dius mit Übergangskurve. Dabei wird eine stark befahrene, durch eine LSA gesteuerte Kreuzung überquert.

Die Schienen und die Betonplatte waren in diesem Abschnitt in einem derart schlechten Zustand, daß nur eine Geleiserneuerung in Frage kam. Andererseits mußte für einen traditionellen Umbau mit einer mehrwöchigen Verkehrsbehinderung gerechnet werden. Da kleinräumig keine Umfahrungsmöglichkeiten bestanden, drängte die Verkehrspolizei auf eine starke Reduktion der Bauzeit.

2.2 Baumethode

Das erklärte Ziel aller am Umbau Beteiligten war, die 35 m Geleise (das bogenäußere Geleise ist als Teststrecke bestimmt worden) in zwei Nächten zwischen 21 h und 5.30 h ganz zu erneuern und somit die einschneidenden Verkehrsbehinderungen auf die Randstunden zu beschränken.

Zwischen 21 Uhr und Betriebsschluß verkehrten Ersatzbusse auf dem betroffenen Streckenabschnitt. Nur die Vorbereitungsarbeiten bzw. Abschlußarbeiten mit wenig

Doppelspur Geleise in Mittellage	Rillenschiene	gemischter Verkehr	2580 m	31,5%
	Rillenschiene	Fußgängerzone	500 m	6
	Vignolschiene	eigener Bahnkörper	940 m	11,5
	Rillenschiene	gemischter Verkehr	730 m	9
Geleise in Seitenlage	Rillenschiene	gemischter Verkehr auf beiden Geleisen	1700 m	21
	Rillenschiene	gemischter Verkehr auf einem Geleise	1640 m	20
	Rillenschiene	eigener Bahnkörper		
Einspur Geleise in Mittellage	Rillenschiene	gemischter Verkehr	110 m	1
Total Streckenlänge			8200 m	100%
Radien				
Engster Streckenradius			25 m	
Wendeschleifen			20 m	
Wendemöglichkeiten				
2 Endschleifen, 4 Zwischenschleifen, 1 Geleisedreieck				
Haltestellen				
Anzahl			25	
mittlerer Abstand			328 m	
Rollmaterial				
Be 4/4 + B4			Motorwagen + Anhänger	25
Be 4/6			Gelenkwagen mit tiefem Wagenboden	1*
Frequenzen				
Spitzenstundenintervall			4 Minuten	
Randstundenintervall			5 Minuten	

* 45 Gelenkwagen sind bestellt, Ablieferung ab 1987

*) Dipl.-Ing. Christoph Stucki, Leiter der Abteilung Planung und feste Anlagen bei Transports Publics Genevois, Genf.

Tabelle 1: Linienbeschreibung (Stand 1985)

behindernden Baustelleninseln wurden tagsüber zugelassen.

auf der ganzen Länge entzweigeschnitten werden.

als Hilfsstützpunkte des neuen Geleises dienen;

- Mittelöffnungen, dem Einfüllen des flüssigen Mörtels dienend.

2.2.1 Vorbereitungsarbeiten

Da nicht die ganze Kurvenlänge erneuert wurde und zudem keine Planunterlagen des Einbaues mehr vorlagen, konnte nur eine genaue Aufnahme der Geleiseachse und der Querneigungen die benötigten Daten für den Umbau liefern.

Das Biegen der Schienen erfolgte betriebsintern gemäß den Messungen. Im weiteren sind in der Woche vor dem Umbau etwa alle 4 m mit dem Abbruchhammer Schnitte von 0,3 m Breite quer zur Geleiseachse durch den Ober- und Unterbeton hindurchgelegt worden. Diese Schnitte sollten vor allem den Ausbau des alten Geleises erleichtern und zudem Angaben über den Zustand des Betons und des Untergrundes liefern. Nach dieser Inspektion konnten diese Schnitte provisorisch aufgefüllt und wieder befahrbar gemacht werden.

Die beiden Geleise lagen auf einer zusammenhängenden Betonplatte. Diese mußte im Hinblick auf den stückweisen Abbruch

2.2.2 Entwurf und Vorfabrikation der Betonplatten

Für den raschen Umbau kamen nur vorfabrizierte Unterbetonplatten in Frage (Bild 1). Diese etwa 4 m langen und 1,70 m breiten Elemente, die für den Transport leicht armiert waren, gehorchten folgenden Entwurfskriterien:

- durch die Stadt transportierbar;
- mit Pneukran unter der stromlosen Fahrleitung einbaubar, Stärke 0,22 m;
- in der Höhenlage fein einstellbar mit Hilfe von 4 Spindeln, die durch 4 Rundlöcher eingeführt wurden und demontierbar sind;
- direkte Befestigung der Schienen auf Zwischenlagen an einbetonierten Halben-Eisen im Abstand von 0,70 m; die seitliche Verschiebbarkeit des Geleises war so gewährleistet;
- Aussparungen an den Plattenenden für das Einlegen von Betonwürfeln, die

Eine weitere Randbedingung bezüglich der Plattenlänge unterlag einem geometrischen Problem. Das Geleise in Kurvenlage mit Querneigung bildet einen Ausschnitt eines Kegelmantels. Die Platte andererseits bildet eine Tangentialebene mit einer Berührungslinie des Mantels in Plattenmitte. Am Plattenrand sollte aber der Abstand der Tangentialebene gegenüber dem Mantel nicht mehr als 1 mm betragen. Diese Bedingung war mit der vorgesehenen Plattenlänge noch erfüllt.

2.2.3 Ablauf der Einbauarbeit

Ab 21 Uhr: Busersatzbetrieb auf dem betroffenen Teilstück der Tramlinie.

Ab 21.30 Uhr: Entfernung des Füllmaterials in den vorbereiteten Schienen quer zur Geleiseachse.

Ab 21.45 Uhr: Durchbrennen der Schienen.

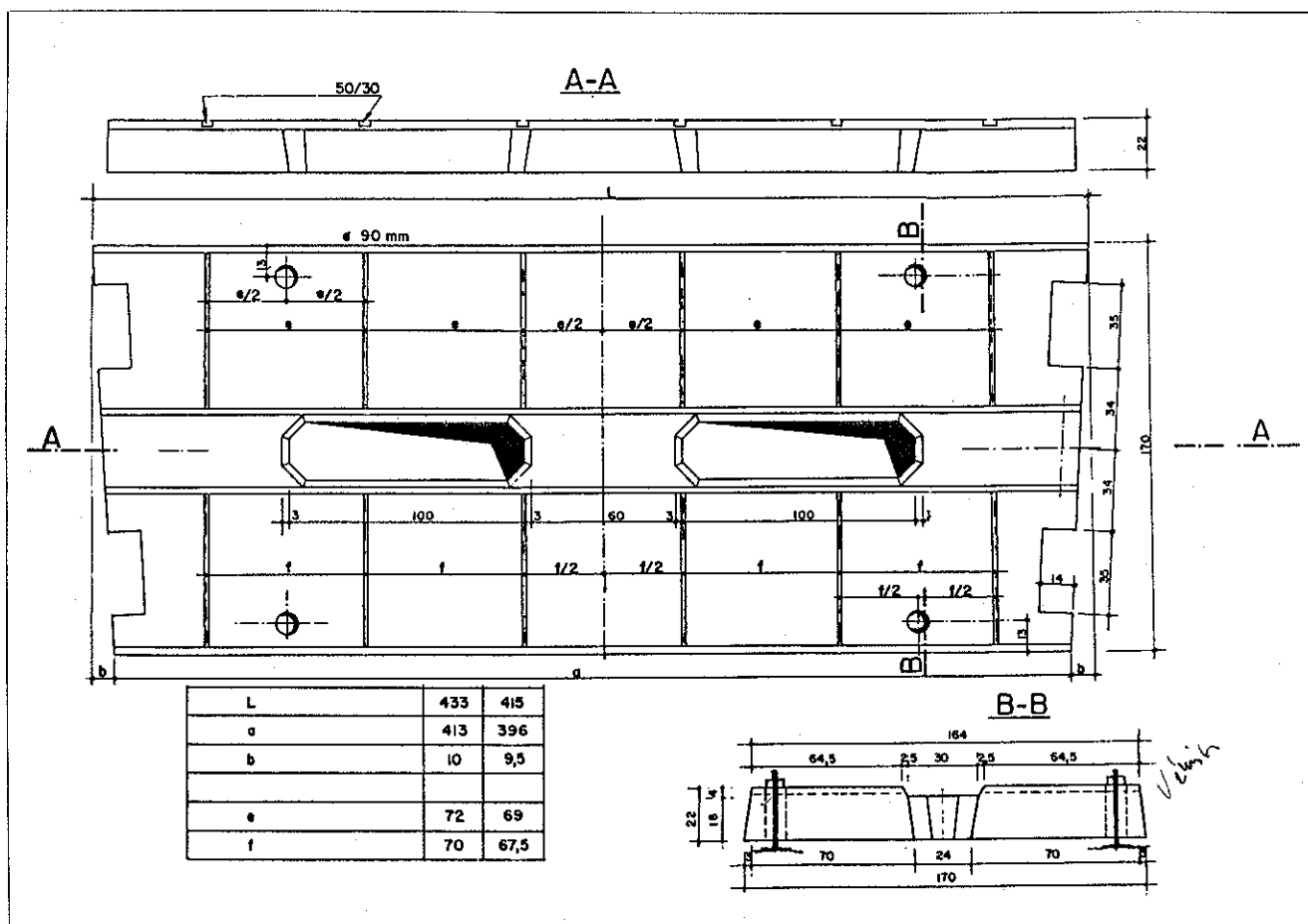


Bild 1: Grund-, Auf- und Seitenriß der vorfabrizierten Betonplatten. Die Mittelöffnungen dienen zum Einfüllen des flüssigen Mörtels; durch die Rundlöcher werden Spindeln eingeführt, die eine feine Höheneinstellung der Platten erlauben.

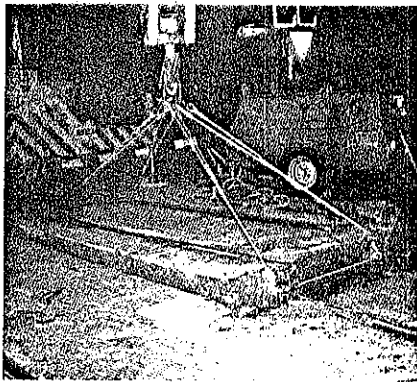


Bild 2: Nach dem Durchschneiden der Schienen wird der gesamte Geleisekörper in Abschnitten von 4 m Länge mit Hilfe eines Pneukrans ausgebaut.

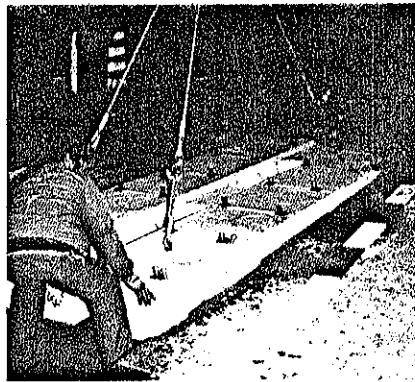


Bild 3: Nach einer kurzen Verdichtung und Ausgleichung der Foundationsschicht können die Betonplatten provisorisch auf Holzkeile abgesetzt werden.

Ab 22 Uhr: Ausbau des alten Geleisekörpers in Abschnitten von 4 m Länge mit Hilfe eines Pneukrans, der unter ausgeschalteter Fahrleitung arbeitete (Bild 2).

Ab 22.30 Uhr: Einkiesen und Verdichten der Foundationsschicht. Reinigen der Seitenwände, vor allem in den Abschnitten mit abgebrochenem Belag.

Ab 23.30 Uhr: Einlegen und Ausrichten der Betonplatten, Montage der Spindeln zur Feineinstellung der Höhe; die Platten wurden neben der Baustelle bereits mit dem Schienenbefestigungsmaterial, das in Halben-Profilen eingeschoben wurde, versehen (Bilder 3, 4). Verlegen der elastomeren Zwischenlagen.

Ab 0.15 Uhr: Verlegen der Schienen, die bereits mit den Spurstangen befestigt waren, auf den erwähnten Betonklötzen, Richten der Schienen und Heftung derselben mittels Schweißung an die bestehen-

den Geleise, anschließend vorsichtiges Anheben der Platten bis an die Schienenunterkante (Bild 5).

Ab 1 Uhr: Schweißung der 4 Schienenstöße und Befestigung der Schienen an den Platten nach Feinausrichtung des Geleises.

Ab 2.15 Uhr: Einbringung des flüssigen Mörtels (Bild 6), der ab dem Mischwerk mit einem Speziallastwagen zur Baustelle transportiert wurde. Der Hohlraum unter der Platte betrug zwischen 50 und 80 mm.

Das Einfließen erfolgte ab den Mittelöffnungen, die korrekte Verteilung des Gutes konnte an den Plattenrändern beobachtet werden. Bei dieser Ausgleichsschicht handelte es sich um einen schnellabbindenden Zementmörtel, dessen Festigkeit nach 2 Stunden 1000 N/cm² betrug. Zugleich ist aber die exothermische Reaktion gemäßigt, ähnlich dem Portlandzement.

Ab 3.45 Uhr: Entfernung der Spindeln und Holzkeile, die die Höhenlage garantierten. Einbau und Verdichten der Bitumenstabilisationsschicht zwischen den Schienen und zwischen Schienen und Plattenrand. Diese kationische Bitumenemulsion wird im Werk mit einer gut verdichtbaren Kieszusammensetzung vermischt und kalt eingebaut; Schichtstärke ungefähr 12 cm. Vorteil: Es werden keine zusätzlichen Temperaturspannungen auf die Schienen gebracht, das Material behält auch nach dem Verdichten eine gewisse Verformbarkeit. Nachteil: Die optimale Verdichtung wird erst nach ca. 1 Monat erreicht.

Ab 5 Uhr: Aufbringen und Verdichten der provisorischen Verschleißschicht, Kleben eines Fugenbandes am Schienenkopf.

5.38 Uhr: Die erste Tram befährt das neue Geleise.

2.3 Kritische Würdigung der Methoden

- Voraussetzung für den Erfolg dieser organisatorisch doch ziemlich aufwendigen Baumethode war eine minutiöse Vorbereitung aller Arbeitsschritte bis ins letzte Detail. Die Zeitreserven blieben gering. Trotzdem, auch wenn etwas schiefgelaufen wäre, hätte der Trambetrieb zeitgerecht aufgenommen werden können.
- Die Umbaukosten verdoppelten sich etwa im Vergleich zu einem traditionellen Einbau. Dies sicher infolge der Erstanwendung mit vorsichtigen Preisen der Bauunternehmung, der höheren Materialpreise für die vorfabrizierten armierten Platten und dem schnellabbindenden Mörtel sowie für die Nachtzuschläge. Leider war niemand

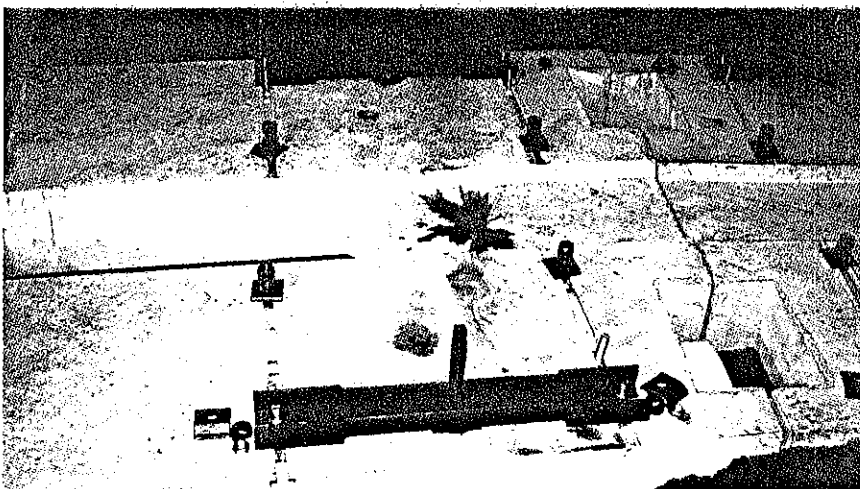


Bild 4: Die Spindeln zur Einstellung der Höhenlage der Platten sind montiert; das Schienenbefestigungsmaterial ist provisorisch in die Halbenprofile eingeschoben worden. Zwischen den Platten sind die Aussparungen für die Betonklötze sichtbar.



Bild 5: Die Schienen, bereits mit den Spurstangen verbunden, werden auf die Betonklötze abgesetzt, gerichtet und an beiden Enden mit dem bestehenden Geleise verbunden.



Bild 6: Nach dem Anheben der Platten bis unter die gerichteten Schienen und deren Befestigung wird der flüssige Mörtel (50–80 mm) eingebracht. Die Platten sind also in einem durchgehenden Mörtelbett eingebunden.

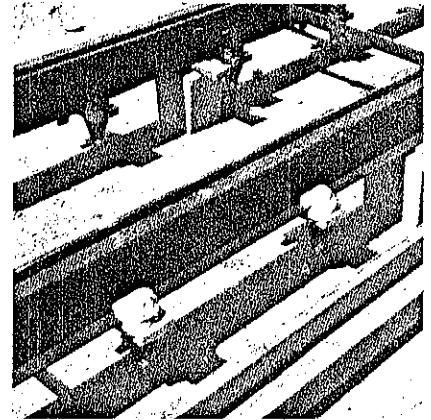


Bild 8: Gerichtetes Geleise vor dem Betonieren

bereit, diese Zusatzkosten zu übernehmen, obwohl die Behinderung des Straßenverkehrs erheblich abgekürzt werden konnte.

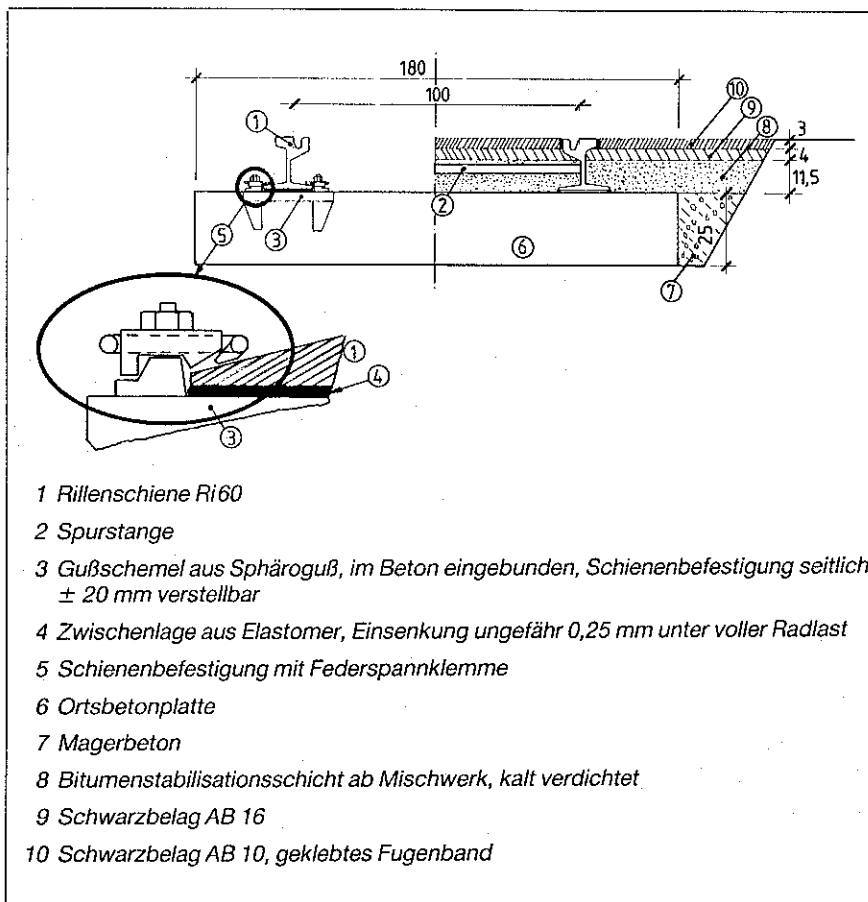
- Das Geleise liegt nun seit 3 Jahren. Bauschäden sind bis heute keine aufgetreten. Auch die Lärmentwicklung dieses Geleisetypes darf als eher gering bezeichnet werden.

3. Das Genfer Normalgeleise im Straßenkörper

Die Baumethode geht davon aus, daß

- die Ortsbetongrundplatte im allgemeinen eine größere Lebensdauer hat als das Schienen- und Befestigungsmaterial (vor allem in Kurven);
- bei einer Schienenauswechslung die Befestigungspunkte (Abstand 0,72 m) in der Platte trotz Walz- und Biegetoleranzen der Schienen wiederverwendbar sein sollten;
- der Oberbau nicht starr sein soll, das heißt, er kann aus Pflasterung, Rasengittersteinen (eigener Bahnkörper), vorfabrizierten Betonelementen oder aus einer Bitumenstabilisationsschicht und Schwarzbelag (siehe voranstehendes Kapitel) bestehen;
- an den Schienen beziehungsweise Befestigungspunkten leicht Reparaturarbeiten (Schienenbrüche usw.) ausgeführt werden können;
- dieser Geleisetyp weniger Lärm entwickelt als ein starres Geleise.

Die Bilder 7 und 8 zeigen die Details dieser Geleisekonstruktion. Beim Einbau von Pflaster- oder Rasengittersteinen werden die Spurstangen nach dem Betonieren der Grundplatte nach unten geklappt, damit die Überdeckungshöhe genügend groß wird. Die Spurstangen werden für die Geleisemontage und vor allem in engen



- 1 Rillenschiene Ri 60
- 2 Spurstange
- 3 Gußschmel aus Sphäroguß, im Beton eingebunden, Schienenbefestigung seitlich ± 20 mm verstellbar
- 4 Zwischenlage aus Elastomer, Einsenkung ungefähr 0,25 mm unter voller Radlast
- 5 Schienenbefestigung mit Federspannklemme
- 6 Ortsbetonplatte
- 7 Magerbeton
- 8 Bitumenstabilisationsschicht ab Mischwerk, kalt verdichtet
- 9 Schwarzbelag AB 16
- 10 Schwarzbelag AB 10, geklebtes Fugenband

Bild 7: Schnitt durch einen Geleisekörper, in der Straße im Ortsbetonverfahren hergestellt

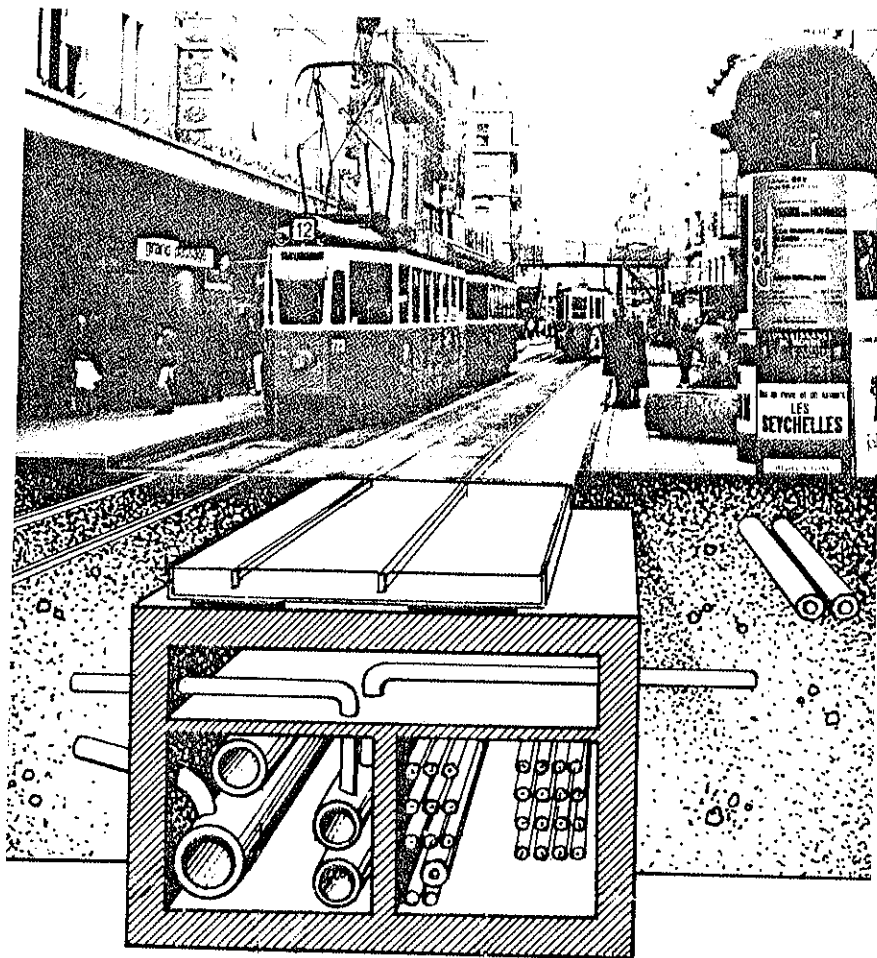


Bild 9: Masse-/Federsystem über einem begehbaren Leitungstunnel in der Innenstadt, Länge ungefähr 650 m, durch Tram und Bus gemeinsam zu befahren

Kurven trotz der verbesserten Befestigung immer noch als notwendig erachtet.

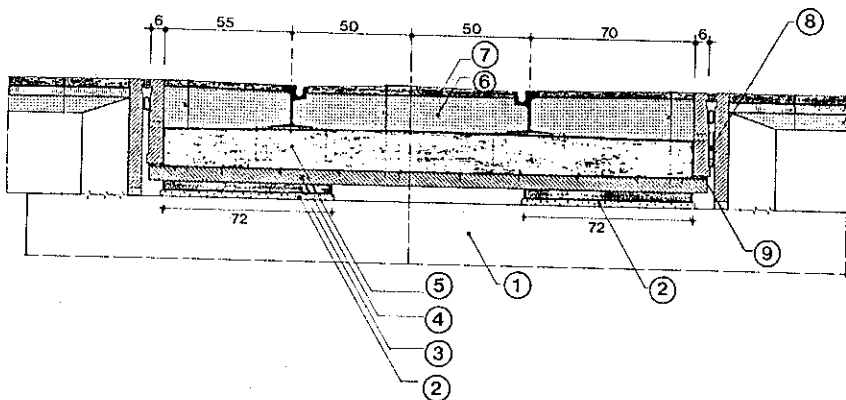
4. Masse-/Federsystem über einem Leitungstunnel

In der Innenstadt Genfs wird gegenwärtig ein begehbare Leitungstunnel knapp unter einem der beiden Geleisekörper gebaut (Bild 9). Die Höhenlage des Tunnels ist durch den hohen Grundwasserspiegel bedingt. Das heißt, ein Tieferlegen des Tunnels ins Grundwasser hätte größere Kosten verursacht als die Erstellung des Geleises mit einem Masse-/Federsystem.

Fast die gesamte Länge (650 m) des Tunnels liegt im Bereich einer Fußgängerzone, die dazu noch von Tram und Bus mitbenutzt wird.

Die Konstruktionsdetails des Schwingungsdämpfungssystems sind aus Bild 10 ersichtlich. Die Federelemente liegen im Abstand von einem Meter (Verdoppelung bei den Längsfugen). Die Einsenkung des Geleises unter größter Achslast (78 kN) beträgt nach den Berechnungen etwa 3 mm.

Ein Abschnitt von 70 m Länge ist bereits ausgeführt. Eine erste Überprüfung hat gezeigt, daß die Dämpfungseigenschaften befriedigend sind. Während des Baues verkehren Tram und Busse im Einspurbetrieb. Die Länge der Bauabschnitte beträgt zwischen 150 und 250 m.



- 1 Betondecke des Leitungstunnels
- 2 Mikrobeton
- 3 Federelemente (720×120×40 mm)
- 4 Geleisetrog vorfabriziert
- 5 Unterbeton mit Sphärogußschmel zur Schienenbefestigung
- 6 Bitumenstabilisationsschicht ab Mischwerk, kalt verdichtet
- 7 Schwarzelag AB 16 und AB 10
- 8 Seitliches Federelement (250 × 150 × 25 mm)
- 9 Mörtelfuge

Bild 10: Schnitt durch den Geleisekörper mit Masse-/Federsystem