

SONDERHEFT

OBERBAU

November | 17

Euro 25,00

Bestimmung anzustrebender Sperrpausen • Anforderungen an die Bahnbaustellenlogistik • BIM-konforme Oberbauplanung • Bemessung von Spannbetonschwellen • Verbund- und Rissbetrachtungen mittels FEM • Qualitätskontrollmessung eines Masse-Feder-Systems • Ausbau Verkehrsprojekt Deutsche Einheit • Schweißroboter für Schienenschweißungen

DER **EI** EISENBAHN INGENIEUR

INTERNATIONALE FACHZEITSCHRIFT
FÜR SCHIENENVERKEHR & TECHNIK



Innovation for you

Plasser & Theurer

Messung eines Masse-Feder-Systems nach 30 Jahren Betriebsdauer

Anwohner eines Straßenbahntunnels in Zürich Schwamendingen profitieren bis heute von weniger Erschütterungen.



Abb. 1: Der Straßenbahntunnel verläuft direkt unter den angrenzenden Wohngebäuden.

ADRIAN EGGER | MARKUS HEIM

Im Jahr 1985 wurde in Zürich Schwamendingen ein Tunnel für zwei Straßenbahnlinien erbaut. Zum Schutz der Anwohner vor Erschütterungen und sekundärem Luftschall haben die Verkehrsbetriebe Zürich im Tunnel ein Masse-Feder-System (MFS) mit einer elastisch gelagerten Gleistragplatte installieren lassen. 2015 wurden Messungen durchgeführt, um die Wirksamkeit des Systems nach 30 Jahren Betriebsdauer zu überprüfen. Das Ergebnis: Die erschütterungsreduzierende Wirkung des MFS ist noch voll intakt. Auch stehendes Wasser konnte der elastischen Lagerung der Fahrbahnplatte nichts anhaben.

Systembeschreibung

Im Bereich des vor über 30 Jahren erbauten, ca. 2,2 km langen Tunnels der Züricher Stra-

ßenbahn (Linien 7 und 9) zwischen Milchbuck und Schwamendingen liegen sensible Wohngebäude sehr nahe am Tunnel – die Fundamente befinden sich unmittelbar über der Tunneldecke (Abb. 1).

Um die Lebensqualität der Anwohner bei vollem Straßenbahnbetrieb zu gewährleisten, haben sich die Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ) zum Schutz der Anwohner für ein schotterloses Oberbausystem mit elastischer Lagerung der Gleistragplatte entschieden. Als Vorlage für den Oberbau im Tunnel Schwamendingen diente das damalige „Wiener System“, mit dem Unterschied, dass anstelle von Glasfasermatten als elastische Lagerung Polyurethanmatten aus Sylomer eingesetzt werden sollten. Der Oberbau der im Februar 1985 in Betrieb genommenen Strecke besteht aus zwei Betonlängsbalken mit einer Breite von je 88 cm, welche durch eine 44 cm breite Längsrinne getrennt sind. Die Längsbalken sind vollflächig mit elastischen Sylomer-

Matten (Sylomer LR44) gelagert. Als Querschwellen wurden Kunststoffschwellen eingesetzt, die ihrerseits in Schwellenschuhen gelagert wurden.

Historische und aktuelle Untersuchungen zur Wirksamkeit

Kurz nach der Inbetriebnahme der Strecke wurden im August 1985 Untersuchungen im Gleisbereich sowie in den angrenzenden Gebäuden, zum Nachweis der schwingungsreduzierenden Wirksamkeit, durchgeführt. Nach einer Betriebsdauer von 30 Jahren wurden im März 2015 erneut schwingungstechnische Messungen vorgenommen (Abb. 2). Die Wiederholung der Messungen ermöglicht eine Aussage zur Langzeitwirksamkeit der Erschütterungsschutzmaßnahme MFS, maßgeblich beeinflusst durch die verbauten elastischen Matten aus Sylomer. Im Tunnel wurden an neun Messstellen die vertikalen Schwinggeschwindigkeiten bei regulärem Tramverkehr gemessen, sowohl

im mit MFS ausgestatteten Bereich als auch in einem angrenzenden Gleisabschnitt ohne einer erschütterungsreduzierenden Maßnahme (Abb. 3). Im Bereich des MFS wurden am Tunnelboden neben der Tunnelwand dieselben Messpunkte wie bei der Messung 1985 verwendet (Abb. 2).

Zusätzlich zum historischen Messpunkt wurden zwei weitere Messpunkte 12 m links und 12 m rechts davon installiert, um Aussagen zur Dämmleistung des MFS statistisch besser absichern zu können. Im Gleisbereich des Tunnels ohne MFS wurde ebenfalls ein Messquerschnitt eingerichtet.

Zur Bestätigung der nachhaltigen Wirksamkeit der Schutzmaßnahme wurden in den Kellerräumlichkeiten zweier Wohngebäude, die sich sehr nahe über dem Tunnel befinden, an denselben Messpunkten wie bei der Messung im Jahre 1985 die Erschütterungen der Tramvorbeifahrten erfasst – und zwar in allen drei Raumrichtungen (Abb. 2).

Insgesamt wurden über 50 Vorbeifahrten mit aktuell verkehrenden Straßenbahntypen (Be 4/6 Tram 2000, Be 4/8 Tram 2000 „Sänfte“ [teilweise niederfluriger Typ], Be 5/6 Tram „Cobra“) gemessen.

Erschwerte Bedingungen – stehendes Wasser im Tunnel

Die Trassengradiente des in einem Bogenbereich liegenden Tunnels fällt von beiden Richtungen leicht ab, wodurch sich in Tunnelmitte eine Senke bildet.

Bei einem Lokalausgleich wurde in der Längsrinne der tieferliegenden Strecke (Gleis 800) in einem Großteil des Streckenbereiches mit MFS Wasser mit einer Höhe von bis zu ca. 20 cm festgestellt (Abb. 4).

Das Wasser stand somit ca. 15 cm über dem Niveau der elastischen Lagerung. In diesem Bereich der Senke war keine voll wirksame Querentwässerung der Fahrbahn vorhanden. Beim Gleis 700 herrschten trockene Verhältnisse.

Dadurch eröffnete sich die Möglichkeit, in ein und demselben Messquerschnitt im Bereich des MFS – neben der Untersuchung der Langzeitwirksamkeit der Erschütterungsschutzmaßnahme „MFS über 30 Jahre Betriebsdauer“ – den „Einfluss des stehenden Wassers“ auf die Dämmwirkung des MFS zu untersuchen.

Ergebnisse aus den Messungen in den Wohngebäuden

Zum Nachweis der Wirksamkeit des MFS wurden Immissionsmessungen in den Kellerräumlichkeiten durchgeführt.

Im Jahr 1985 wurden als Beurteilungskriterium die maximalen Schwinggeschwindigkeiten während der Tramvorbeifahrten an den diversen Messpunkten, die in den Gebäuden und im Tunnel gewählt wurden, herangezogen. Damals mussten die Werte noch von Hand aus analogen Aufzeichnungen auf Papierstreifen

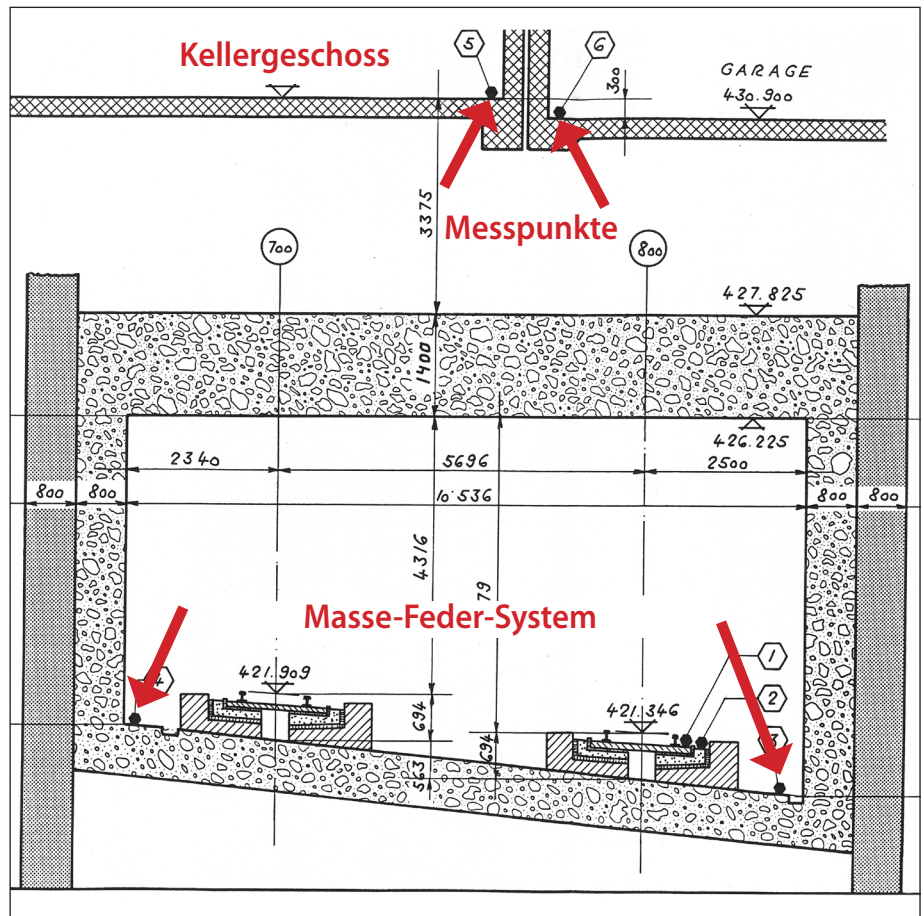


Abb. 2: Darstellung des Masse-Feder-Systems und Lage der Messpunkte

herausgemessen werden, während heutzutage durch die weiterentwickelte Messtechnik die Auswertungen digital erfolgen.

Um einen aussagekräftigen Vergleich der Messdaten von 1985 und 2015 zu erhalten, wurden zur Auswertung ausschließlich Fahrten des Tramtyps „Tram 2000“ herangezogen, da diese bereits bei der früheren Messung aufgezeichnet wurden.

Tab. 1 zeigt eine Gegenüberstellung der gemessenen maximalen Schwinggeschwindigkeiten von 1985 und 2015 an den Mess-

punkten in den Untergeschoßen der zu schützenden Gebäude. Dargestellt sind die Ergebnisse in den drei Raumrichtungen x, y, z sowie die Resultierende R.

Im Untergeschoß der Wohngebäude liegen die maximalen Schwinggeschwindigkeiten aller Richtungskomponenten und deren Resultierende deutlich unter der Fühlbarkeitsgrenze, die (streng genommen auch in Abhängigkeit von der Frequenz und dem Faktor Mensch) im Bereich von etwa 0,1 mm/s bis 0,2 mm/s liegt.



Vibration Isolation for Your Superstructure

www.getzner.com

getzner
engineering a quiet future



Abb. 3: Messgeräte im Messquerschnitt mit Masse-Feder-System (MFS)

Wie die Ergebnisse zeigen, ist das MFS nach 30 Jahren im Einsatz noch vollkommen wirksam. Die gemessenen Schwinggeschwindigkeiten liegen, absolut betrachtet, in einer betragsmäßig sehr geringen Größenordnung. Es ist festzustellen, dass sich einerseits die gemessenen Immissionswerte an keinem Ort und in keiner Raumrichtung erhöht haben; die heute ermittelten Werte sind sogar noch deutlich geringer. Dieser Anschein einer Verbesserung liegt aber mit hoher Wahrscheinlichkeit an der heute verwendeten genaueren Mess- und Auswertetechnik.

Insgesamt konnte eindrucksvoll bestätigt werden, dass die erschütterungsreduzierende Wirkung am Immissionsort nach wie vor vorhanden ist. Nach 30 Jahren im Einsatz ist das untersuchte MFS in Zürich Schwamendingen noch immer voll intakt.

Bestimmung der Einfügungsdämmung des Masse-Feder-Systems

Für den Nachweis der derzeitigen Wirksamkeit des MFS wurde das Einfügungsdämmmaß anhand der Differenz zwischen den Terzpegelspektren der beiden Oberbauformen „mit MFS“ und „ohne MFS“ bestimmt. Das Einfügungsdämmmaß ist eine Größe, welche die Wirkung eines eingefügten elastischen Elements, im vorliegenden Fall die elastische Lagerung der Fahrbahnplatten mit Sylomer, in einer gegebenen Situation von Fahrzeug, Oberbau und Unterbau beschreibt.

Abb. 5 zeigt das über alle Tramvorbeifahren gemittelte Einfügungsdämmmaß des MFS für das Gleis 700 (ohne Wasser) mit dem zugehörigen Streubereich sowie das Einfügungsdämmmaß des MFS für das Gleis 800 (mit Wasser).

Beurteilung der Untersuchungsergebnisse

Die Untersuchung zeigt, dass die Lagerung des Sylomer-Materials im Wasser keinen negativen Einfluss auf die Dämmleistung des Systems hat.

Der Streubereich beim Einfügungsdämmmaß resultiert aus variierenden Parametern, wie unterschiedlich erfasste Tramtypen, variierendes Rollmaterial, differierende Fahrgeschwindigkeiten, und diversen anderen schwierig zu erfassenden Faktoren.

Leichte Unterschiede der Einfügungsdämmkurven beider Gleise können auf Einflussgrößen wie etwa unterschiedliche Schienenrauigkeiten, Schweißstöße und dergleichen zurückgeführt werden.

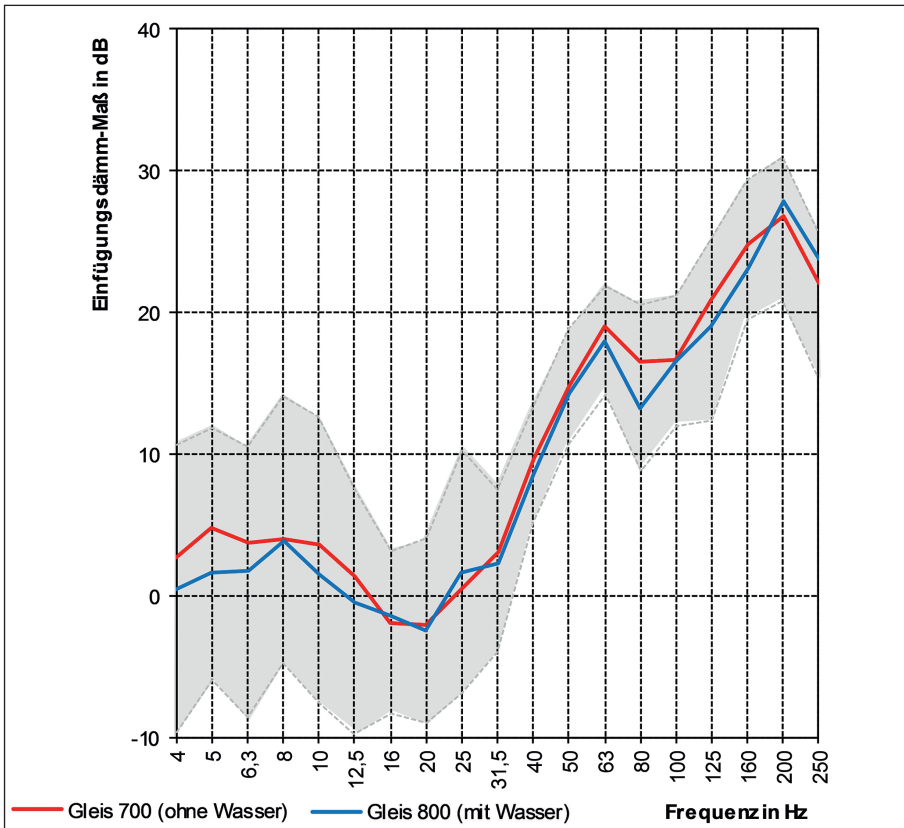
Die ermittelte Einfügungsdämmung des MFS mit Sylomer im Straßenbahntunnel Zürich Schwamendingen zeigt eine sehr gute Dämmwirkung. Das 30 Jahre im Einsatz befindliche MFS würde auch dem heutigen Stand der Technik gerecht werden. Die installierte Maßnahme zum Schwingungsschutz funktioniert einwandfrei. ■



Abb. 4: Stehendes Wasser im Bereich des MFS in der Längsrinne. Der Wasserstand beträgt ca. 20 cm.

Jahr	Gebäude 1 - Untergeschoß				Gebäude 2 - Untergeschoß			
	x	y	z	R	x	y	z	R
	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s
1985	0,02	0,05	0,05	0,06	0,01	0,04	0,02	0,05
2015	0,008	0,006	0,010	0,011	0,006	0,006	0,011	0,012

Tab. 1: Gegenüberstellung der maximalen Schwinggeschwindigkeiten von 1985 und 2015. Gemessen an den Fundamentbereichen der zu schützenden Gebäude



Dr. Adrian Egger

Leitender Angestellter und verantwortlich für den Bereich Erschütterungen und Körperschall
Trombik Ingenieure AG, CH-Zürich
a.egger@trombik.ch



Dipl.-Ing. Markus Heim

Bereich Forschung & Entwicklung
Getzner Werkstoffe GmbH, A-Büres
markus.heim@getzner.com

Abb. 5: Einfügungsdämm-Maß des MFS für das Gleis 700 (ohne Wasser) und das Gleis 800 (mit Wasser) gemittelt über alle Messquer-schnitte

WIR SCHAFFEN VERBINDUNGEN FÜR DIE ZUKUNFT

DURCH QUALITÄT, ZUVERLÄSSIGKEIT UND LEIDENSCHAFT BRINGEN WIR IHR BAUVORHABEN ANS ZIEL. WIR STEHEN FÜR LANGJÄHRIGE ERFAHRUNG UND ZUKUNFTSSICHERE LÖSUNGEN IM GLEISBAU!

PRIVAT UND KOMMUNAL

Ihre Individualität ist unsere Herausforderung, ob private, industrielle oder städtische Gleisarbeiten.

PROJEKTBAU

Verantwortung übernehmen – von der Planung bis zur Realisierung Ihres Großprojekts.

SERVICES

Spezialisierte Teams, starke Maschinen und Innovationen – Teilleistungen für Ihre Bauvorhaben sind unser Service für Sie.

KNAPE GLEISBAU GMBH & CO. KG | Taxetstraße 1
85551 Kirchheim / München | T +49 (0)89 909988-0
EIN UNTERNEHMEN DER KNAPE GRUPPE

WWW.KNAPE.DE

