

INNOVATION FOR YOU



Plasser & Theurer

DER **EI** EISENBAHN INGENIEUR

INTERNATIONALE FACHZEITSCHRIFT
FÜR SCHIENENVERKEHR & TECHNIK

Euro 25,70 | Mai 2018

5 | 18

Kunststoffschwellen –
eine Alternative zu
Holz und Beton

Schotterprofilieren –
entscheidender Faktor
für das Gleis

BIM-Technologien –
Einsatz bei Eisenbahn-
infrastrukturprojekten

Flying Surveying –
Datenerfassung aus
einer anderen Perspektive

Lichttraummessung –
Präzise messen,
effizient auswerten

VDEI

61. Oberbaufachtagung
17. Mai 2018
in Darmstadt

HERAUSGEBER
VERBAND DEUTSCHER
EISENBAHN-INGENIEURE E.V.

VDEI

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Getzner Werkstoffe GmbH /
Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten
genehmigt von DVV Media Group, 2018.

Realisierung des ersten Masse-Feder-Systems von Getzner in Ungarn

Das von Sika Hungária in Zusammenarbeit mit Getzner Werkstoffe und den Budapester Verkehrsbetrieben entwickelte Masse-Feder-System (MFS) erfüllt die Anforderungen an modernen Oberbau und schützt Anrainer vor Lärm und Vibrationen.

MARKUS HEIM | MATTHIAS WITTMER |
JÓZSEF GYERKÓ

Im Straßenbahnnetz der Budapester Verkehrsbetriebe konnte das erste MFS von Getzner in Ungarn realisiert werden. Es wurde zur Minimierung von Vibrationen und sekundärem Luftschall in einem Testabschnitt in den Oberbau integriert. Die Erwartungen im Hinblick auf die Vibra-

tions- und Luftschallminderung konnten messtechnisch eindrücklich bestätigt werden. Die Erschütterungen wurden um rund 80%, der Sekundärschall um 9.3 dB reduziert.

Historischer Hintergrund

Die Straßenbahn Budapest weist eine lange Geschichte auf. Im Eröffnungsjahr 1866 dienten noch Pferde als Zugtiere für das erste seinerzeitig moderne Verkehrsmittel in Budapest,

welches auch Massenbeförderungsansprüche befriedigen konnte. Ab 1887 konnten die ersten Straßenbahnstrecken elektrifiziert werden. Seitdem wurde das Schienennetz auf eine Streckenlänge von 147 km ausgebaut. Betrieben werden das Straßenbahnnetz, das Netz der Metró Budapest, die Vorortbahn Budapesti Helyiérdekű Vasút sowie der städtische Omnibusverkehr durch die Budapester Verkehrsbetriebe BKV Zrt. (kurz BKV). Die Anforderungen an den heutigen Verkehrsbetreiber steigen ständig. Darüber hinaus gibt es vermehrt Beschwerden von Anrainern, die sich von Vibrationen und Lärm, verursacht durch den Straßenbahnverkehr, gestört fühlen.

Teststrecke und Oberbau

Um der Beeinträchtigung der Lebensqualität der Anrainer durch den Schienenverkehr entgegenzuwirken, haben die BKV in enger Zusammenarbeit mit Sika Hungária und Getzner Werkstoffe eine Teststrecke mit einem Masse-Feder-System (MFS) realisiert. Diese Schutzmaßnahme bietet sich vor allem für die in geringen Entfernungen von der Gleisachse liegenden Wohngebieten an, da die Ursache direkt an der Quelle reduziert wird. Zudem kann die Feste Fahrbahn mit Gleistragplatten aus Stahlbeton und einer vollflächigen Lagerung aus Sylomer* schnell und präzise eingebaut werden.

Ziel des Vorhabens war es, eine Teststrecke in das bestehende Standard-Oberbausystem zu installieren und Erfahrungen bezüglich des Umbaus und aus dem Betrieb zu sammeln. Lärm- und Vibrationsstudien sowie Reaktionen der Anrainer sollten die Erfahrungen mit dem neuen MFS ergänzen.

Die ca. 96 m lange Teststrecke wurde auf der im Jahr 1980 gebauten Straßenbahnlinie 52 (Streckenlänge 7 km) in der Straße „Vörösmarty utca“ errichtet. Betrieben wird die Linie mit achtachsigen Stadtbahnwagen vom Typ 6000 (Leergewicht 38,8 t und einer Kapazität von je 176 Personen).

Realisierung

Während der Umbauarbeiten, welche in den ersten zwei Novemberwochen 2016 stattfanden, musste die Strecke gesperrt werden. Dabei wurde der schon in die Jahre gekommene Oberbau auf der Länge der Teststrecke freigelegt.



Abb. 1: Erster Bauabschnitt der Teststrecke



Abb. 2: Übergangsbereich mit Sylomer-Matten

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Getzner Werkstoffe GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DVV Media Group, 2018.



Abb. 3: Einheben der Gleistragplatte



Abb. 4: Gleistragplatten mit Schienenkanal

Über der 20 cm dicken Sauberkeitsschicht schließt nach oben hin eine 5 cm dicke Asphaltsschicht das Planum ab. Darauf wurden vollflächig 25 mm dicke PUR-Lager aus Sylomer von Getzner verlegt. Sie übernehmen die Funktion der elastischen Lagerung der Gleistragplatte zum Unterbau. Mit einem Autokran und einem 4-strängigen Krangehänge wurden die vorgefertigten Gleistragplatten (6 m x 2,4 m x 0,18 m) auf die Elastomermatten eingehoben. Die Gleistragplatten haben zueinander einen ca. 2 cm breiten Spalt (Abb. 1 bis 4). Am Anfang und am Ende des Testabschnitts wurden in der Steifigkeit variierende zweistufige, insgesamt 9 m lange Übergänge zum vorliegenden Standardoberbau realisiert. Beim Wechsel der unterschiedlichen Ober-

baukonstruktionen und des daraus resultierenden abrupten Bettungssteifigkeitssprunges dienen die Übergänge einer homogenen Glättung der Schieneneinsenkung bei einer Zugüberfahrt. Sie reduzieren somit in diesen Bereichen die dynamischen Belastungen des Oberbaus.

Zur seitlichen Längsentkopplung des MFS und dem nebenan befindlichen Fahrbahnbelag kamen 25 mm dicke Sylomer-Seitenmatten zur Anwendung.

Nach dem Einlegen, Ausrichten und Verschweißen markierte das Vergießen der Schienen in den Schienenkanälen sowie der Spalte zwischen den und seitlich der Gleistragplatten mit Sika Icosit KC 340/45 PU den Abschluss der Umbauarbeiten (Abb. 5 und 6).

Messungen

Die Evaluierung der Wirksamkeit des MFS bezüglich Vibrationsschutz und Reduzierung des Sekundärluftschalls erfolgte zeitversetzt in zwei Schritten: die Messung des Bestandeszustandes mit dem Standardoberbau fand im Oktober 2016 statt, die Messung nach dem Einbau des MFS im November 2016. Dabei konnten in einem von den BKV ausgewählten und direkt an der Teststrecke liegenden Gebäude Vibrationen während der Zugvorbeifahrten aufgezeichnet werden. Die Daten wurden an zwei Messpunkten am Fußboden des Wohnbereichs mittels Geophonen gewonnen. Der Abstand der Wohnbebauung zur Gleisachse ist mit 3,6 m sehr gering. Zeitgleich wurden auf dem Gehsteig im Abstand von ca. 3,4 m

PROGRAMMSYSTEM FÜR VERKEHRS- UND INFRASTRUKTURPLANUNG



BAHNPLANUNG

ProVI gehört zu den führenden Systemen im Bereich der Bahnplanung, weil es intuitive Bedienung und leichte Erlernbarkeit mit seinem Funktionsreichtum verbindet und zudem leicht an verschiedenste Projektvorgaben anpassbar ist. So können Sie ProVI bereits nach kurzer Einarbeitungszeit wirtschaftlich effizient einsetzen.

BIM

Planungen verschiedener Fachdisziplinen lassen sich auch bei großen Infrastrukturprojekten direkt in der zentralen ProVI-Datenbank organisieren oder über verschiedene Schnittstellen mit anderen Systemen austauschen. So wird effizientes Arbeiten in Teams ermöglicht, selbst wenn diese von verschiedenen Standorten agieren.

OBERMEYER Planen + Beraten GmbH - ProVI - Postfach 201542 - 80015 München - provi@opb.de - www.provi-cad.de

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Getzner Werkstoffe GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DVV Media Group, 2018.



Abb. 5: Fertige Fahrbahn



Abb. 6: Straßenbahn T6000 bei der Überfahrt über das neue MFS

von der Gleisachse an drei Messquerschnitten jeweils mit 8 m Längsabstand Messpunkte eingerichtet. Zudem wurde gleichzeitig der sekundäre Luftschall der Zugvorbeifahrten im Innenbereich des betreffenden Gebäudes bei geschlossenen Fenstern erfasst.

Analyse und Ergebnisse

Zur Auswertung lagen sowohl vor als auch nach dem Einbau des MFS jeweils 14 Zugvorbeifahrten vor. Je Einzelmessung und Messpunkt wurden Schnellepegel-Terzspektren mit der Max-Hold-Methode (Zeitbewertung „Fast“) im Frequenzbereich von 4 Hz bis 315 Hz bestimmt. Aus den Spektren für die

Einzelfahrten wurde der energetische Mittelwert der Schnellepegel-Terzspektren für alle Zugvorbeifahrten je Messpunkt ermittelt. Daraus wurde der arithmetische Mittelwert über jeweils zwei Messpunkte im Gebäude bzw. drei Messpunkte auf dem Gehweg berechnet.

Abb. 7 zeigt beispielhaft die Gegenüberstellung der gemittelten Schnellepegel-Terzspektren im Wohngebäude vor und nach dem Umbau. Die Erschütterungsimmissionen innerhalb des Gebäudes konnten durch den Umbau des MFS über einem weiten Frequenzbereich eindrücklich reduziert werden. Aus diesen Mittelwerten kann für beide Messpunktgruppierungen eine Terz-

Schnellepegeldifferenz gebildet werden, welche als Funktion der Terzmittenfrequenz grafisch dargestellt wird. Diese Differenz stellt die schwingungsmindernde Eigenschaft des MFS gegenüber dem Standardoberbau dar und wird als Einfügungsdämmung bezeichnet.

Erschütterungseinwirkung auf den Menschen

Wo Erschütterungen durch Verkehrsbelastungen erzeugt werden und zu erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden führen, wird häufig das Beurteilungsverfahren nach DIN 4150-2 [1] angewandt und die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} bestimmt.

Durch das Beurteilungsverfahren kann die Erschütterungseinwirkung auf den Menschen in Gebäuden nicht nur quantifiziert und untereinander vergleichbar gemacht werden, in der Norm befinden sich auch Anhaltswerte für die subjektive Wahrnehmung des Menschen. Bei Einhaltung dieser Werte werden die Belästigungen von Menschen in Gebäuden in der Regel vermieden.

Wird durch das Beurteilungsverfahren nach DIN 4150-2 [1] die mittlere maximal bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} bestimmt, so ergibt sich im Wohngebäude vor dem Umbau ein Wert von 0,5, welcher als „spürbar“ beschrieben werden kann.

Nach dem Umbau erreichte die mittlere maximal bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} den Wert 0,09. Dieser liegt unterhalb dem als „Fühschwelle“ mit $KB_{Fmax} = 0,1$ geltenden Wert, unter dem im Mittel keine körperliche Wahrnehmung von Erschütterungen mehr erfolgt. Das Maß der Wahrnehmbarkeit von Erschütterungen im Wohngebäude hat sich durch die Maßnahme um ca. 80% vermindert. An

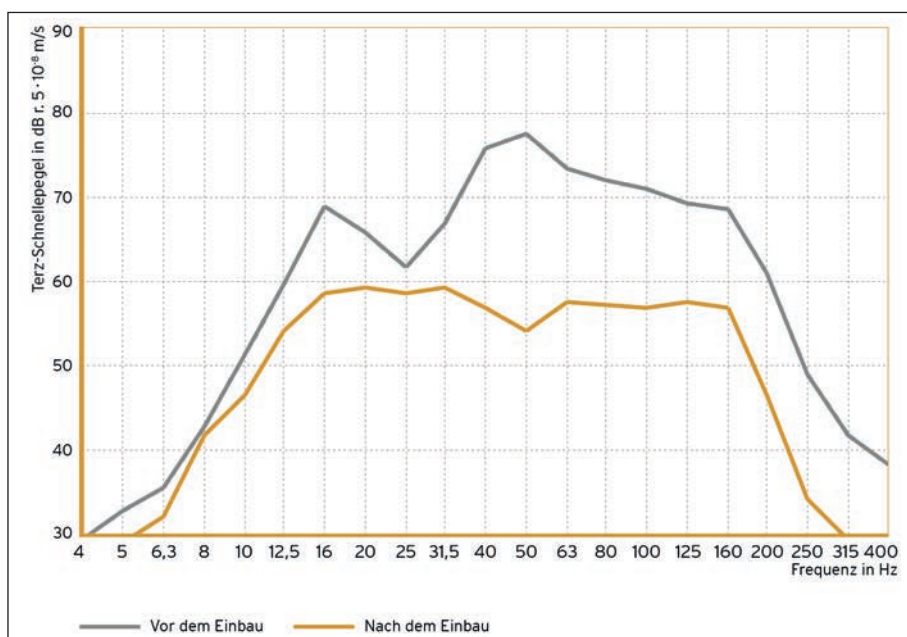


Abb. 7: Vergleich der Terz-Schnellespektren im Wohngebäude vor und nach dem Umbau

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Getzner Werkstoffe GmbH /
Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten
genehmigt von DVV Media Group, 2018.

den Messpunkten am Gehsteig konnten vergleichbare positive Pegelreduktionen festgestellt werden.

Ergebnis der Luftschallmessungen

Da während der Luftschallmessungen im Wohnzimmer des Gebäudes das Haus bewohnt war, gestaltete sich die Analyse der Lärmbelastung durch den Zugverkehr infolge des Sprechens der Anrainer bzw. des vermehrten Hundebellens etwas schwieriger. Es konnte jedoch die maximale Lärmemission der Überfahrt der Drehgestelle als mittlerer A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel LAFeq bestimmt werden. Gegenüber dem Ausgangszustand von 57.3 dB(A) konnte der Maximalpegel im

Wohnzimmer um 9.3 dB auf 48 dB(A) reduziert werden. Dieses erfreuliche Ergebnis spiegelt sich auch in den Aussagen der Anrainer wieder.

Fazit

Im Straßenbahnnetz der BKV konnte das erste MFS von Getzner in Ungarn realisiert werden. Es wurde zur Minimierung von Vibrationen und sekundärem Luftschall in einem Testabschnitt in den Oberbau integriert. Die Erwartungen im Hinblick auf die Vibrations- und Luftschallminderung konnten messtechnisch eindrücklich bestätigt werden. Die Erschütterungen wurden um rund 80%, der Sekundärschall um 9.3 dB reduziert.

Die BKV freuen sich darüber, dass deren Straßenbahngarnituren auf der umgebauten Strecke nun viel weniger Vibrationen und Lärm bei den Anrainern verursachen. Eine Bestätigung der Reduzierung der störenden Einwirkungen aufgrund von Zugvorbeifahrten auf den Menschen, welche in der Aussagekraft wesentlich gewichtiger ist als reine Messungen, erfolgte durch die betroffenen und nun sehr zufriedenen Anrainer. ■

*Sylomer ist eine eingetragene Marke.

QUELLEN

[1] DIN 4150-2:1999-06, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden



Dipl.-Ing. Markus Heim

Railway Division
Research & Development
Getzner Werkstoffe GmbH, A-Büros
markus.heim@getzner.com



Matthias Wittwer

Project Management
Sales Getzner Austria
Getzner Werkstoffe GmbH, A-Büros
matthias.wittwer@getzner.com



József Gyerkó

Chief Engineer Infrastructure
BKV Zrt., H-Budapest
gyerkoj@bkv.hu



FFB – Feste Fahrbahn Bögl für Hochgeschwindigkeitsstrecken

Bewährte Qualität. Starke Verbindung.

Die FFB - Feste Fahrbahn Bögl ist mit mehr als 10.000 km das weltweit führende System für Hochgeschwindigkeitsstrecken bis zu 400km/h. Es besteht aus gekoppelten, vorgespannten Fertigteileplatten und bietet höchste Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Sicherheit und besten Fahrkomfort. FFB unterscheidet sich von anderen Systemen durch seine hochpräzise Gleislage, die ein CNC-Schleifprozess generiert.

Anwendbar auf **Erdbauwerken**, **Brücken**, in **Tunnelbauwerken** und für **Weichen**.



MAX BÖGL

Fortschritt baut man aus Ideen.

Postfach 11 20
92301 Neumarkt i. d. OPf.
Telefon +49 9181 909-0
Telefax +49 9181 905061
info@max-boegl.de
www.max-boegl.de