

St 4/fb/fb_denso.doc/mm

Seit über 30 Jahren werden Produkte und Systeme zur Schwingungsdämpfung entwickelt und weltweit für verschiedenste Anwendungszwecke eingesetzt. Beim schienengebundenen Nahverkehr ist die Lärm- und Erschütterungsbelastung durch die Überfahrt eines Schienenfahrzeuges erheblich, was insbesondere in Wohngebieten zum Teil störend ist. Durch geeignete elastische Oberbauten kann eine deutliche Verringerung der Emissionen erreicht und zudem die Lebensdauer der gesamten Gleiskonstruktion signifikant verlängert werden.

In der Regel werden die Schienenelemente horizontal und vertikal ausgerichtet und mittels Stellschrauben oder Einzelstützpunkten auf den tragfähigen Untergrund (meist Beton) aufgelegt. Der verbleibende Zwischenraum zwischen Schienenfuß und Traggrund wird anschließend mit der Untergussmasse verfüllt, die als Nivellier- und/oder Dämpfungsschicht dient. Gemäß den VDV-Mitteilungen 6201 „Untergießen von Schienen“ wird zwischen drei unterschiedlichen Untergusstypen unterschieden: Unterguss auf Zementbasis (starr), auf Bitumenbasis (hartelastisch) und auf Kunststoffbasis hochelastisch (Polyurethane) oder nicht elastisch (Epoxidharze).

Hochemelastische Schienenuntergussmassen gewährleisten als einzige Variante eine langlebige und zugleich dämpfende Schienenlagerung, wobei außerdem die Verbindung zwischen Schiene und Tragschicht bei Bedarfskraftschlüssig hergestellt werden kann. Zudem sind diese in der Lage, einbaubedingte Höhenunterschiede des Rahmengleises auszugleichen, da sie selbstnivellierend sind und sich der erforderlichen Untergusshöhe anpassen.

Das Untergussmaterial

*Forschung und Entwicklung, **Produktmanager Straßenbau, beide bei der Denso GmbH, Leverkusen

Untersuchung des Einsinkverhaltens:

Schienenuntergussmasse für Straßenbahnen

von Dipl.-Ing. (FH) Jan-Caspar Jannicke*

und Dipl.-Ing. (FH) Lutz Schröder**

Densolastic SU

Gemäß den VDV-Mitteilungen 6201 werden unterschiedliche Anforderungen an den hochelastischen Schienenunterguss auf Kunststoffbasis gestellt. Der im Rahmen der Diplomarbeit verwendete Schienenunterguss Densolastic SU 45 erfüllt bzw. übertrifft die dort geforderten Grenzwerte (siehe Abbildung 1).

Der Unterguss besteht aus einem zweikomponentigen System auf Polyurethanbasis und ist gießfähig und elastisch aushärtend. Zudem ist das Material schwingungsdämpfend, chemisch und mechanisch belastbar, dauerhaft elastisch und elektrisch isolierend. Das Produkt wird in zwei unterschiedlichen Härtegraden angeboten, Shore A 45 und Shore A 65. Somit besteht die Möglichkeit, unterschiedliche Materialien einzusetzen, um bestimmte geforderte Einsinktiefen zu erreichen. Als Einsinktiefe wird das Maß bezeichnet, um das die Schienen beim Überfahren durch die Straßenbahn in die Untergussmasse einsinken. Die Einsinktiefe wird in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten in der Regel auf 0,5 mm bis 1,5 mm begrenzt. In Laborprüfungen des Polymer Instituts Dr. R. Stenner wurde die Einfederung unter Belastung gemessen. Die Ergebnisse zeigten einen Stauchweg von ca. 1,88 mm bei einer maximalen Belastung von 57,34 kN und einer Untergusshöhe von 25 mm (siehe Abbildung 3).

Baustellengerecht zu verarbeiten

Untergussmaterialien müssen vor allem baustellengerecht verarbeitbar sein. Das betrifft bei zweikomponentigen Reaktivsystemen insbesondere die Topfzeit. Diese wird in Minuten angegeben und bezeichnet den Zeitraum, in dem das Material noch vergossen werden kann. Für das Material SU 45 beträgt sie abhängig von der Temperatur ca. sechs bis acht Minuten. Nach dem Ablauf der Topfzeit ist die Reaktion bereits soweit fortgeschritten, dass die Masse zähflüssig wird und nicht mehr vergossen werden kann. Aufgrund der Reaktivität des Materials von 6 bis 8 Minuten kann eine schnelle Freigabe und somit Überfahrbarkeit des Gleises erzielt werden. Das Material ist bereits nach einem relativ kurzen Zeitraum so belastbar, dass es wieder überfahren werden kann.

Zielsetzung der Untersuchung

Im Rahmen der Diplomarbeit sollte der hochelastische Schienenunterguss genauer betrachtet werden. Dabei sollten die zugrunde liegenden Einfederungsmesswerte aus den vorliegenden Prüfberichten mit Messungen direkt vor Ort auf einer Versuchsbaustelle verglichen werden.

Die erste Aufgabe bestand darin, einen geeigneten Prüfstand zu entwickeln, der verwertbare Messergebnisse bezüglich des Einsinkverhaltens und der Einfederung im 1/10-mm-Bereich bestimmen kann. Es gab

außerdem zwei weitere Kriterien, welche die Entwicklung und Planung des Prüfstandes bestimmten: Zum einen sollte die Ausrüstung schnell einsetzbar und zum anderen wirtschaftlich in der Herstellung sein. Der schnelle Einsatz implizierte ein temporäres und zügiges Anbringen der Wegaufnehmer, in diesem Fall Linearpotentiometer (Abbildung 4). Die Einsinktiefe sollte gemessen werden, während die Straßenbahn das Gleis überfährt. Die zeitliche Einschränkung für die Montage und Justierung des Messaufbaus war im Vorfeld bereits bekannt und ein maßgebendes Kriterium. Da das Gleis lediglich für einen kurzen Zeitraum aus dem Betrieb genommen werden konnte, standen für das Untergießen und für die Einrichtung der Messapparatur nur ca. drei Stunden zur Verfügung.

Mit dem USB-Mini-Messlabor Labjack U12 der Firma Meilhaus wurde ein Gerät gefunden, das die Daten erfassen und auf einen Computer übertragen konnte. Anschließend konnten die Werte sofort ausgewertet werden.

Durchführung der Messungen

In Zusammenarbeit mit den Kölner Verkehrsbetrieben wurde eine Baumaßnahme an einem geraden Gleisabschnitt gewählt. Die Messstrecke lag in der Magaretastraße im Nordwesten von Köln im Stadtteil Ossendorf. Die Strecke führt durch ein bebauten Wohngebiet mit einem innerstädtischem Nahverkehrsanschluss der Straßenbahnlinie 5 der KVB.

Die Baumaßnahme der KVB sah die Erneuerung eines Streckenabschnittes mit einer Gesamtlänge von 470 m vor. Der Straßenquerschnitt ist als einbahniger Querschnitt ausgebildet. Der mittlere Teil des Fahrbahnquerschnittes der Margaretastraße ist dem Schienenverkehr vorbehalten und bestand vor der Erneuerung des Teilstücks aus einer Eindeckung durch Pflasterung im Fahrbereich der Straßenbahn. Für die Versuchsstrecke wurde ein Gleisabschnitt von 10 m Länge für den Einbau des elastischen Untergusses zur Verfügung gestellt.

Der Unterguss wurde, bedingt durch die örtlichen Gegebenheiten, in einer Höhe von ca. 50 mm hergestellt. In der Regel ist eine Untergusshöhe von 30 mm ausreichend. Anhand der relativ hohen Schicht des Untergusses konnte bei dieser Gelegenheit geprüft werden, ob die Einsinktiefe bei dickeren Schichten linear ansteigt. Interne Laborversuche hatten gezeigt, dass sich das Einsinkverhalten proportional zur Einbauhöhe verhalten hatte. Bei den Versuchen wurden Messreihen mit unterschiedlichen Probekörperhöhen und gleich bleibender Flächenpressung durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass sich die Einsinktiefe bei Verdopplung der Materialhöhe ebenfalls annähernd verdoppelte und somit annähernd linear anstieg.

In Anbetracht der zu erwartenden sinusförmigen vertikalen Einsinkung der Schiene wurde ein Messbereich von +/-5 mm angestrebt. Dies bedeutet einen maximalen Hub von 5 mm für die Messung der Einsinktiefe. Durch die Festlegung der Wegaufnehmer mit einem möglichen Hub von 5 mm in beide Richtungen wurde die Aufnahme der zu erwartenden Einsinkung bzw. Einfederung sichergestellt. Die Wegaufnehmer und ein Digitalvoltmeter wurden montiert und die Messspitze auf eine mittlere Hubhöhe justiert. Insgesamt wurden drei Wegaufnehmer im Abstand von ca. 3 m an einer Schienenseite montiert. Mit

Hilfe einer Millimeter-Fühlerlehre konnte die Spannung für 1 mm Hub abgegriffen und zugleich das System kalibriert werden.

Die Sperrung der Strecke erfolgte zwischen 1:30 Uhr und 4:50 Uhr am Morgen des 29. Juni 2006. In diesem Zeitraum wurden der Unterguss auf Polyurethanbasis eingebaut sowie die Messapparatur aufgebaut. Die Freigabe der Strecke erfolgte gegen 4:50 Uhr, die ersten Messungen wurden ab 5:35 Uhr durchgeführt. So wurden die ersten drei Überfahrten der ersten Messreihe in einem 20-Minuten-Takt, die letzten drei Überfahrten in einem 10-Minuten-Takt gemessen.

Die frühen Messungen des „frisch“ untergossenen Materials sollten das stetige „härter Werden“ der Masse dokumentieren. Die Messergebnisse bestätigten das im Labor gemessene Aushärteverhalten bei entsprechender Temperatur.

Messwerte auf der Baustelle und im Labor

Es wurden insgesamt drei Messreihen an drei unterschiedlichen Tagen durchgeführt. Im Vorfeld war aus Laborprüfungen eine theoretische Einsinktiefe von 1,66 mm bei einer Achslast von 50 kN und einer Untergusshöhe von 25 mm bekannt. Parallel zur Messung der Einsinktiefe an der Schiene wurde eine Verkehrserhebung bezüglich der Frequenzierung der Bahn durchgeführt. Eine solche Verkehrserhebung war nötig, um eine absolute Belastung der Schiene festzustellen.

Bei der dritten Messung wurde bei der Versuchsreihe eine mittlere Einsinktiefe von 2,67 mm bei 50 mm Untergusshöhe und einer Belastung von ca. 50,6 KN festgestellt.

Eine extrapolierte Darstellung des Einsinkverhaltens für einen Unterguss mit der Höhe von 50 mm zeigt das Diagramm (Abbildung 7). Da es sich bei der dynamischen Belastung um eine angenommene Größe handelt, beschränkt sich das in Situ gemessene Einsinkverhalten für

eine Untergusshöhe von 50 mm auf eine Einsinktiefe.

Zusammenfassung

Städte und Kommunen werden in Zukunft vermehrt Maßnahmen treffen müssen, um Lärmemissionen und Schwingungen zu reduzieren, die durch den Schienenverkehr verursacht werden können. Hochelastische Untergussmaterialien bieten eine hohe Elastizität und können Schwingungen und Schall reduzieren. Ein Unterguss auf Polyurethanbasis kann unter Fahrbetrieb eingebaut werden. Eine Unterbrechung des Fahrbetriebes ist daher nicht erforderlich, und der Baustellenaufbau kann optimiert werden. Dies trägt zur ökonomischen Netzhaltung des Betreibers und zur Freude der Fahrgäste bei. Durch den Kalteinbau des Materials entfällt eine Fixierung des Gleises, da sich die Schiene bzw. Weiche kaum ausdehnt, wie dies beim Heißeinbau von bitumenhaltigen Produkten der Fall ist. Bedingt durch höhere Rohstoffpreise sind Untergussmassen auf Kunststoffbasis in der Anschaffung zunächst teurer als mineralische oder bitumenhaltige Untergüsse. Aufgrund der deutlich besseren Langzeiteigenschaften werden die Mehrkosten jedoch auf die Dauer amortisiert. Entscheidend für den Einsatz der Untergussmassen sind die Einsinktiefe und die Aushärtezeit.

Die Annahme, dass die Einsinktiefe von elastischen Untergussmassen auf Polyurethanbasis bei zunehmenden Schichtdicken linear steigt, konnte im Rahmen der Diplomarbeit bestätigt werden. Ein weiteres Ergebnis war, dass die Ergebnisse der Laborprüfungen mit den Messungen in der Praxis übereinstimmten. Damit wurden weitere wichtige Informationen gewonnen.

Literaturverzeichnis:

Fastenrath, Fritz: Die Eisenbahnschiene. Ernst&Sohn, 1977.

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (Hrsg.): VDV Schriften, Schrift 1 Verkehrs-

erhebungen, 10/1992.

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (Hrsg.): VDV Schriften, Schrift 604, Oberbau-Arten und Oberbau-Formen bei Nahverkehrsbahnen, 10/1995.

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (Hrsg.): VDV Mitteilung, Mitteilung 6201, Untergießen von Schienen, 10/2001.

Kölner Verkehrs Betriebe: Thema: Schienensysteme, Durchführung und Planung des Feldversuches

Webseite: www.gleisbau-welt.de, Gleisbauinformationen

Webseite: www.oberbauhandbuch.de, Informationen rund um die Schiene

INFO Hotline

Tel.: 0214/26 02 – 304
Fax: 0214/26 02 – 228
E-Mail:
gebhards@denso.de
www.denso.de



Abbildung 1: Materialkennwerte Densolastic SU. Grafiken und Fotos: Denso

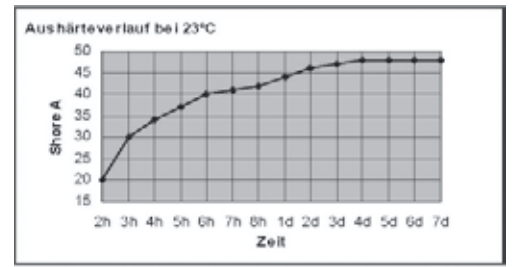


Abbildung 6: Zeitkurve der Aushärtung des Densolastic SU

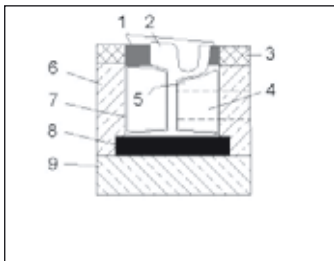


Abbildung 2: Querschnitt durch einen Schienenkanal im geschlossenen Bahnkörper (1 Fugenverguss, 2 Rillenschiene, 3 Deckschicht, 4 Spurstange, 5 Kammerfüllkörper, 6 Füllbeton, 7 seitliche Gleitschicht, 8 Untergruss, 9 Tragschicht)

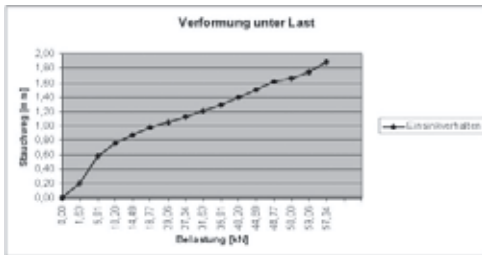


Abbildung 3: Verformung unter Last Densolastic SU 45 Laborwerte

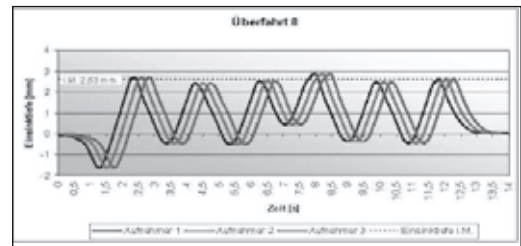


Abbildung 7: Beispiel einer Überfahrtsmessung bei ausgereifter Untergrussmasse



Abbildung 4: Prüfaufbau an der Schiene mit den montierten Wegaufnehmern



Abbildung 5: Untergrossener Gleisabschnitt, Einrichtung der Messapparatur