

Ermittlung des Lärminderungspotenzials von Straßenbahnen durch Optimierung des Fahrweges, Ableitung von Bauempfehlungen

U. Lenz / R. Waßmann

I.B.U. Ing.-Büro D. Uderstädt + Partner GbR / TU Berlin FG Schienenfahrwege und Bahnbetrieb

Einleitung

Straßenbahnen werden allgemein als umweltfreundliches Verkehrsmittel angesehen. Allerdings werden Geräuschimmissionen der Straßenbahn von den Anwohnern häufig als zu hoch empfunden, obwohl die Verkehrsbetriebe sich schon seit Jahren mit der Geräuschminderung beschäftigen. Die Geräusche entstehen durch das Zusammenwirken von Fahrzeug und Fahrweg. Insofern sind Zustand und Technik der Fahrzeuge und des Fahrweges von großer Bedeutung für die Schallabstrahlung. Auf Grund dieser Erkenntnisse wurde vom Umweltbundesamt im Jahre 1997 ein Forschungsvorhaben vergeben, das in 4 Arbeitspakete (AP) eingeteilt ist.

AP 1 → Ermittlung Stand der Technik

AP 2 → Messtechnische Überprüfung und Optimierung im Labor

AP 3 → Messung im Betriebsgleis

AP 4 → Zusammenfassung

Die Bearbeitung des Vorhabens erfolgte gemeinsam durch I.B.U. und TU Berlin und wird noch im März 2000 abgeschlossen. Im Folgenden werden wesentliche Ergebnisse dargestellt.

Stand der Technik

Es wurde eine Fragebogenaktion bei den Verkehrsbetrieben durchgeführt. 20 der 34 angeschriebenen Betriebe beantworteten den umfangreichen Fragenkatalog. Es zeigt sich, dass bei praktisch allen Verkehrsbetrieben bereits Anliegerbeschwerden über Immissionen von Stadt- und Straßenbahnen vorliegen. Insofern waren die Betriebe bereits in der Vergangenheit schon mit der Immissionsproblematik befasst. Daher wurden bereits bei 50 % der Betriebe Emissionsmessungen am Fahrzeug und/oder Oberbau durchgeführt.

Immissionsart	Anteil in %
Direkt-Luftschall	70
Erschütterungen	80
Körperschall-Schalldruck (sekundärer Luftschall)	60

Tabelle 1: Betriebe mit Nachbarschaftsbeschwerden

Bei 60 % der Verkehrsbetriebe ist die regelmäßige Pflege von Fahrweg und/oder Oberbau selbstverständlich. Die Auswahl der Oberbauform für neue oder umzubauende Gleisanlagen erfolgt nur in begrenztem Umfang nach schalltechnischen Kriterien. Die Fragebogenaktion zeigt auch, dass von den Verkehrsbetrieben sehr viele

grundlegend unterschiedliche Oberbauformen eingesetzt werden. Zum Teil unterscheidet sich eine bei verschiedenen Betrieben eingesetzte Oberbauform durch wenige Konstruktionsdetails voneinander, die aber schalltechnisch schon relevant sein könnten.

Die durchgeführte Literaturrecherche zeigt, dass Veröffentlichungen über Immissionsmessungen an Stadt- und Straßenbahnen vorliegen. Allerdings existieren nur wenige Publikationen, die sich mit der Problematik der Schallabstrahlung von Oberbauten auseinandersetzen. Diese beschränkte sich auf einige wenige Messungen im Betriebsgleis. Hieraus lässt sich ableiten, dass Schallpegelminderungen durch Variation der Bauausführung von Oberbauten möglich sind. Hinweise zur systematischen Untersuchung der Schallabstrahlung eines Oberbaus für Straßenbahnen wurden nicht gefunden. Entsprechende Untersuchungen im Labor zur Entwicklung schallarmer Bauformen waren demnach bisher unüblich.

Laborversuche

Es erfolgten Laborversuche an 3 Oberbauformen der Bauart "Feste Fahrbahn" mit Schieneneinzellagern. Bei den Schieneneinzellagern handelte es sich um zusammengesetzte Lager des Typs "W-Befestigung". Als Unterkonstruktion wurde bei den Versuchen eine Betonplatte und ein Trägerrost eingesetzt. Die Messungen erfolgten unter Verwendung von verschiedenen Zwischenlagen unterschiedlicher Steife.

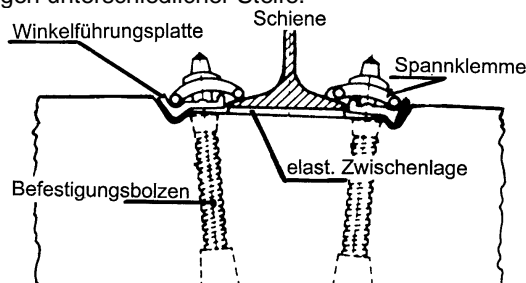


Bild 1: Prinzipskizze W-Befestigung

Aus der Vielzahl der Messergebnisse wurde die im Hinblick auf die Luftschallabstrahlung als optimal anzusehende Zwischenlage ausgewählt. Diese wurde dann im Betriebsgleis in eine Versuchsstrecke eingebaut. Ergänzend konnten Untersuchungen an einem vulkanisierten Lager durchgeführt werden. Es zeigt sich, dass sich das vulkanisierte Lager trotz geringerer Federsteife im Vergleich zur W-Befestigung schalltechnisch günstiger verhält.

		$c_{\text{stat.v}}$ kN/m m	Pegeldifferenz in dB (bezogen auf originale Zw)	
			verti- kal	horizontal
Zwischenlage (Zw)	N801030/12	87,41	- 5,78	- 1,98
	S1000/12	76,70	- 4,95	- 2,15
	S940/12	34,72	- 3,5	- 2,66
	S910/12	27,75	- 3,4	- 1,65
	SB8202/12	23,32	- 3,29	- 2,2
	SB7507/12	31,06	- 3,72	- 2,27
	N80940/12	38,88	- 3,4	- 3,23
	SB70010/12	37,99	- 3,62	- 2,9
	N90860/12	23,92	- 3,7	- 2,1
originale Zw: S720/12 mit $c_{\text{v,stat}} = 8,52$ kN/mm				

Tabelle 2: Ergebnisse Luftschall-Laborversuch

Betriebsgleismessungen

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden Betriebsgleismessungen in verschiedenen Städten vor und nach Umbau eines Gleisabschnitts durchgeführt. Zum Teil war es möglich, die im Labor optimierten Oberbauformen im Betriebsgleis vergleichend zu untersuchen. Es bestätigt sich auch im Betriebsgleis, dass bei Verwendung der optimierten Zwischenlage eine Schallpegelreduzierung eintritt. Insofern zeigt sich also, dass durch Optimierung im Labor eine Reduzierung der Schallemissionen möglich ist. Für die Bauart W-Befestigung auf Fester Fahrbahn kann nach diesen Ergebnisse bei Verwendung der optimierten Zwischenlage eine Schallpegelminderung um 1-2 dB(A) erreicht werden. Die optimierte Zwischenlage weist dabei eine vertikale statische Federsteife von ca. 60-80 kN/mm als Sekantensteifigkeit im Lastbereich 18-68 kN (DIN 45673-1) auf.

Oberbau	Einzelereignispegel L_{T0} in dB(A)	Korrekturparameter D_{Fb} in dB
Zweiblockschwellen auf Asphalttragschicht W-Befestigung mit originaler Zwischenlage	48,5	1,4
W-Befestigung mit optimierter Zwischenlage	46,2	-0,9
Zweiblockschwellen auf Asphalttragschicht mit optimierter Zwischenlage	48,5*	1,4
konventioneller Schotteroberbau** mit - S49 auf Holzschwelen - Ri 60 auf Betonschwelen	45,2 46,0	-1,9 -1,1
tief liegendes Rasengleis mit Fertigteilgleisrost Ri 60 mit optimierter W-Befestigung - Bereich I - Bereich II	44,5 43,8	-2,6 -3,3

* Bereich mit dicht anliegender Bebauung

** K-Befestigung

Fahrzeug: GT6 bzw. GT6F

Der Einzelereignispegel L_{T0} ist zu beziehen auf:

Abstand: $E_0 = 7,5$ m
Geschwindigkeit: $v_0 = 40$ km/h
Mittelungszeit: $T_0 = 1$ Std.

Anzahl Fahrten: $n = 1$

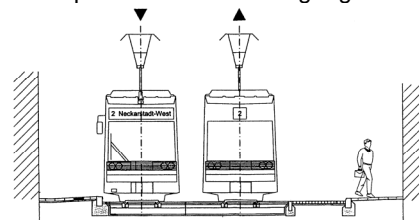
vorhandener Oberbau
jeweiliges Fahrzeug

Tabelle 3: Zusammenfassung "Ergebnisse der Schallmessungen an der W-Befestigung"

Weiterhin erfolgten Messungen an Rillenschienengleisen unterschiedlicher Konstruktion in verschiedenen Städten. Zum Teil wurden Messungen vor und nach Umbau durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen weisen sehr unterschiedliche Ergebnisse auf. Hinweise zur optimalen Oberbaukonstruktion lassen sich aus diesen Werten zurzeit nicht ableiten. Auf Grund des im Forschungsvorhaben vorgegebenen Zeitrahmens und der durch die Verkehrsbetriebe gegebenen Möglichkeiten ließ sich leider keine Laboruntersuchung an einem Rillenschienenoberbau durchführen.

Ausblick

Im Rahmen des Forschungsvorhabens war es nur im begrenzten Umfang möglich, messtechnische Untersuchungen im Labor und im Betriebsgleis durchzuführen. Aus diesen Ergebnissen ließ sich für Schienenbefestigungen der Bauart "W" auf Fester Fahrbahn der optimale Steifigkeitsbereich der Zwischenlage ermitteln. Es konnte nachgewiesen werden, dass sich Oberbauformen im Labor optimieren lassen. Für Rillenschienenoberbauten ergaben sich aus den Betriebsgleismessungen keine eindeutigen Tendenzen. Rillenschienenoberbauten werden primär dort eingesetzt, wo Anliegergebäude dicht an den Gleisen liegen. Häufig werden hier sehr hohe Schallimmissionen durch Straßenbahnen verursacht. Insofern sind weiter gehende Untersuchungen zur Ermittlung von Maßnahmen zur Minderung der Schallimmissionen durch optimierte Konstruktionen an Rillenschienen-Systemen wünschenswert. Derzeit werden entsprechende Vorüberlegungen durchgeführt.



Abstand $E_1 = 3,6$ m $L_{r,Tag} = 69$ dB(A)
 $E_{II} = 6,65$ m $L_{r,Nacht} = 63$ dB(A)

Fahrzeuggeschwindigkeit $v_F = 50$ km/h
Zuglänge $l = 60$ m
Fahrplan tags: 90 Fahrten je Richtung
nachts: 12 Fahrten je Richtung

Bild 3: Beispielrechnung Beurteilungspegel "Rillenschienenoberbau"

Literatur

DIN 45673 – Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen – Teil 1 - Ermittlung statischer und dynamischer Kennwerte im Labor –
16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung)