

DIPLOMARBEIT

„Parameter der Schallabstrahlung von Oberbauten im Straßenbahnverkehr unter besonderer Berücksichtigung der Varianten von Rasengleis-Oberbauarten“

BEARBEITER



Name: Alexander Schemmel
Studium: 2004 – 2006 Chemieingenieur
2006 – 2012 Verkehrsingenieurwesen

BETREUER

Universität: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Fengler
Dr.-Ing. Ulf Gerber

Praxispartner (Büro cdf Schallschutz):
Dr.-Ing. Peter Fürst
Ing. Dieter Friedemann
Ing. (FH) Bianca Ulfik

AUFGABE

Die Schallemission von Straßenbahnverkehr stellt im innerstädtischen Verkehrsraum eine wesentliche Quelle der Verkehrslärmimmission dar. Die Schallemission setzt sich zusammen aus der Schallquelle rollender Straßenbahnwagen und der Schallquelle Oberbau. Umfangreiche Untersuchungen in Deutschland haben den Einfluss einzelner Komponenten beschrieben. Als ad hoc „lärmarme“ Oberbauart wird das Rasengleis als eine Variante der Oberbaukonstruktionen angesehen. Bei Messungen der Schallemission von Rasengleisen ist dagegen festgestellt worden, dass Rasengleis nicht immer deutlich leiser als der vorher verwendete Oberbau oder im Vergleich zu anderen Oberbauarten ist.

Ziel der Untersuchungen ist es, vorliegende Messergebnisse auszuwerten. Die Untersuchungsergebnisse sind bezüglich der Oberbauparameter zu systematisieren und Schlussfolgerungen zu ziehen, unter welchen Randbedingungen die Schallabstrahlung von Oberbauarten beeinflusst werden kann. Dabei ist das Rasengleis als besondere Oberbauart zu berücksichtigen und bekannte Varianten zu beschreiben.

Die Einflussfaktoren auf die Schallabstrahlung sind zu systematisieren und auf wesentliche Parameter zu reduzieren. Sofern vorhanden, sind die verschiedenen Rasengleistypen zu analysieren. Davon ausgehend sollte eine Aussage möglich sein, warum einige Rasengleisvarianten nicht die erhoffte Schalldruckpegelminderung erreicht haben.

Thesen

- 1 - Grüne Vegetationsflächen (wie Rasen oder das Sedum) machen nur einen Teil des Einflusses auf das Emissionsverhalten von grünen Schienenfahrwegen aus.
- 2 - Schallemissionen von Schienenfahrzeugen sind abhängig von der Anregung der Fahrzeuge durch den Oberbau.
- 3 - Es gibt unterschiedliche Parameter (Elastizität, Fahrwegpflege, Fahrzeugtyp), die an dem Reduktionsvermögen von Schienenfahrwegen beteiligt sind.
- 4 - Die Einfluss nehmenden Parameter wirken teils unabhängig voneinander.
- 5 - Schotter hat ein akustisch besseres Verhalten (Absorption) als Rasen.
- 6 - Die Systeme von Grünen Eindeckungen besitzen größere Verringerungspotenziale als von den Richtlinien zugestanden.
- 7 - Tiefliegende Grüneindeckungen sind lauter als hochliegende Grüneindeckungen.
- 8 - Feste Fahrbahnen sind immer lauter als ein Querswellenschottergleis und können durch grüne Eindeckungen erst auf dessen Niveau gesenkt werden.

Einflüsse auf die Schallemission

Befährt eine Straßenbahn einen Schienenfahrweg wird die Schallemission durch den Rad-Schiene-Kontaktpunkt bestimmt. Unebenheiten der Schienen- und Radoberfläche verursachen Schwingungen die zu Luftschallabstrahlungen der Räder, Schiene und Fahrbahnoberfläche (Schwellen, Betonlängsbalken) führen. In der Arbeit konnte anhand einer Literaturliteraturanalyse eine Zusammenstellung der einflussnehmenden Parameter erstellt werden.

- Ab einer Geschwindigkeit von 50 km/h wird der emittierte Schalldruckpegel hauptsächlich durch den Rad-Schiene-Kontaktpunkt bestimmt. Bei niedrigeren Geschwindigkeiten dominieren Antriebs-, Aggregatgeräusche den Emissionspegel. Bei der Entstehung der Schwingungen an Rad und Schiene spielen die Riffel eine wesentliche Rolle. Untersuchungen ergaben Pegelanstiege von 20 dB(A) bei verriffelten Schienen und 10 dB(A) bei verriffelten Radoberflächen. Dabei gibt es teils lineare Zusammenhänge bezüglich Pegelzunahme und dem Pegelanstieg.

- Der Fahrzeugeinfluss (Hoch- oder Niederflur) spielt eine wichtige Rolle. Beide Fahrzeugtypen unterscheiden sich durch die Anordnung der Aggregate. Untersuchungen ergaben, dass Niederflurbahnen 1,3 bis 3,1 dB(A) leiser als Hochflurbahnen sind. An anderer Stelle sind Differenzen von 4 bis 6 dB(A) aufgelistet. Aus der eigenen Datenanalyse ging eine Differenz von 1,2 bis 2,9 dB(A) hervor. Es zeigt sich zudem eine deutliche Abhängigkeit der Emissionen je nach Oberbauart.

Oberbau	Niederflur (NGT6DD)	Hochflur (T4D)	Differenz
offenes Schottergleis	75,9 dB(A)	78,8 dB(A)	2,9 dB(A)
Schottergleis mit hohem Rasen	74,1 dB(A)	76,1 dB(A)	2,0 dB(A)
Biblockswellen mit Asphaltendeckung	81,7 dB(A)	82,9 dB(A)	1,2 dB(A)

Normiert auf 40 km/h bei 7,5 m Abstand von der Gleismitte und 1,2 m über SOK

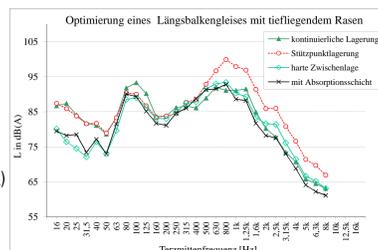
- Die Absorptionseigenschaften der Oberflächen haben sehr unterschiedliche Einflüsse auf die Frequenzzusammensetzung der Schallemissionen. Beton (schallhart) reflektiert annähernd alle Frequenzen, während Rasen die höheren Frequenzanteile stärker dämpft. Schotter besitzt dabei nach Untersuchungen ein besseres Absorptionsverhalten als Rasen. Jedoch sinkt das Absorptionsvermögen mit zunehmendem Flächenanteil von schallharten Oberflächenanteilen (Betonlängsbalken mit & ohne Absorptionsschicht - Diagramm).

- Die Beeinflussung der Emissionen durch Schleifen der Schiene und Räder kann fahrzeugabhängige Minderungen zwischen 1 und 4 dB(A) bewirken (Schleiftechnik ist entscheidend).

- Kontinuierliche Schienenlagerungen können gegenüber Stützpunktlagerungen Emissionsverringerungen bewirken. Untersuchungen (Diagramm) ergaben eine Dämpfung der Schiene in hohen Frequenzbereichen.

- Eine frei schwingende Schiene kann zu Pegelerhöhungen von bis zu 3 dB(A) führen. Der Einsatz härterer Zwischenlagen ermöglicht eine deutliche Emissionsminderung. Unabhängige Untersuchungen (Diagramm) belegen, dass Minderungen von bis zu 6 dB(A) zu erreichen sind.

- Die vertikale Lage (hoch- oder tiefliegend) der Grüneindeckungen bei Schienenfahrwegen hat einen wesentlichen Einfluss auf das Emissionsverhalten. Untersuchungen ergaben 2,9 bis 5 dB(A) Unterschied (Betonlängsbalkengleis). Dies ist allerdings abhängig von den entsprechenden Fahrzeugtypen und den Fahrwegen.



Datenauswertung nach Oberbauarten

Ausführung	Untergrund	Aufbau	Anzahl Messwerte	N: M ± S dB(A) H: M ± S dB(A)	
Offener Oberbau	Feste Fahrbahn	ATD (Biblockschwelle) mit Splitt als Deckschicht	*1 Messung (5 Fahrten N / 17 Fahrten H)	*N: 81,0 ± 1,4 dB(A) *H: 82,1 ± 0,9 dB(A)	
	Schotterbett	Querschwellen ohne Eindeckung	71 Messungen (39N / 32 H)	N: 77,5 ± 3,2 dB(A) H: 79,2 ± 1,8 dB(A)	
Geschlossener Oberbau	Feste Fahrbahn	Rasen hoch	*1 Messung (5 Fahrten N / 7 Fahrten H)	*N: 77,1 ± 0,8 dB(A) *H: 78,0 ± 1,0 dB(A)	
		ATD (Biblockschwelle) Sedum tief	4 Messungen (4 H)	H: 78,5 ± 0,7 dB(A)	
		Asphaltdeckschicht (Biblock mit Asphalt oder Beton)	32 Messungen (17N / 15 H)	N: 81,9 ± 1,5 dB(A) H: 83,0 ± 1,1 dB(A)	
		Gleisrost Betonfertigteile	*1 Messung H (7 Fahrten)	*H: 77,0 ± 0,5 dB(A)	
	Feste Fahrbahn	Gleisrost Schienenrost mit Spurhaltestangen auf Asphalt oder Beton gelagert	Asphaltdeckschicht (Biblock mit Asphalt oder Beton)	10 Messungen (5 N / 5 H)	N: 84,8 ± 3,2 dB(A) H: 84,5 ± 3,7 dB(A)
		Infundo	Asphaltdeckschicht	*1 Messung (17 Fahrten N / 11 Fahrten H)	*N: 83,8 ± 2,3 dB(A) *H: 91,2 ± 2,0 dB(A)
		Betonlängsbalken	Rasen tief	9 Messungen (6 N / 6 H)	*N: 88,3 ± 8,8 dB(A) *H: 85,0 ± 1,7 dB(A)
	Schotterbett	Großverbundplatte	Fertigteile: Schiene mit Betonverguss DDR- Bauweise	8 Messungen (3 N / 5 H)	N: 79,4 ± 0,9 dB(A) H: 88,1 ± 4,7 dB(A)
		Kreuzlängsschwellen	Asphalteindeckung	6 Messungen (4 N / 2 Messungen H mit zusammen *30 Fahrten H)	N: 81,4 ± 2,6 dB(A) *H: 83,9 ± 2,4 dB(A)
		Gleisrost Schienenrost mit Spurhaltestangen auf Schotter und Packlage	Asphaltdeckschicht (Biblock mit Asphalt oder Beton)	5 Messungen (4 N / 1 Messung H mit *17 Fahrten H)	N: 78,3 ± 3,1 dB(A) *H: 87,5 ± 1,9 dB(A)
Querschwellen (Beton, Holz)	Rasen hoch		13 Messungen (7 N / 6 H)	N: 74,8 ± 2,7 dB(A) H: 76,4 ± 1,6 dB(A)	
	Rasen tief		*1 Messung N (8 Fahrten)	*N: 71,1 ± 0,2 dB(A)	
	Eindeckung (Asphalt, Beton, Pflaster)		12 Messungen (4 N / 8 H)	N: 78,9 ± 1,5 dB(A) H: 84,2 ± 3,3 dB(A)	

Legende:
Geschwindigkeit von 40 km/h und einen Messabstand von 7,5m von der Gleisachse bezogen. L_{max} in dB(A)
N - Niederflurfahrzeug H - Hochflurfahrzeug M - Mittelwert S - Standardabweichung
k. A. keine Angaben aus Messungen oder Untersuchungen
*nicht genug Messungen von verschiedenen Messpunkten vorhanden, daher wurden einzelne Messfahrten an dem vorhandenen Querschnitt zur Betrachtung herangezogen
3 Messungen Niederflur ergaben zu große Streuungen → Oberbau für Niederflur verworfen

Zusammenfassung

Die Untersuchung ergab, dass Schienenfahrwege ein individuelles Emissionsverhalten besitzen. Grüneindeckungen wirken als System verschiedener Komponenten (Schienenlagerung, Zwischenlagen, Eindeckung, Oberbauelastizität, Kammerfüllkörper, ...). Die Datenanalyse liess nur einen momentanen Eindruck der verschiedenen Emissionspegel der Oberbauarten zu, vertiefende Untersuchungen mit mehr Messungen sind daher wünschenswert. Die Datenanalyse zeigt deutlich, dass Feste Fahrbahnen (mit Grüneindeckung) nur auf ein Emissionsvermögen eines offenen Schottergleises reduziert werden können. Ein grün eingedecktes Schottergleis (hochliegender Rasen) stellt den Oberbauart mit dem besten Emissionsverhalten (mehr als eine Messung ausgewertet) dar.