

# Schallemissionen von Straßenbahnen

G. Prestele \*, U. Möhler \*, W. Hendtmeier \*\*  
 \* Möhler + Partner, München, \*\* Bayer. Landesamt für Umweltschutz (BayLfU)

## Überblick

Im Rahmen einer Studie über die Schallemissionen von Schienenverkehrsstraßenbahnen im Auftrag des BayLfU und unter Beteiligung des Umweltbundesamtes wurden in Bayern und Sachsen 1996 und 1997 umfangreiche Schallemissionsmessungen u.a. von Straßenbahnen an zahlreichen Meßquerschnitten durchgeführt. Hierbei konnte der Einfluß unterschiedlicher Fahrzeugtypen und Oberbauformen ebenso erfaßt werden wie Schallemissionen an Kurvenabschnitten im Vergleich mit direkt anschließenden geraden Streckenabschnitten. Der Einfluß des Schienenzustandes wurde untersucht und zusätzliche Messungen vor und nach dem Schleifen der Schienen durchgeführt. In den Jahren 1984, 1991 und 1993 wurden vom BayLfU an verschiedenen Stellen der Straßenbahnnetze von Augsburg, München und Würzburg Schallmessungen durchgeführt, die in die Auswertungen einbezogen wurden. Es ergeben sich im Vergleich zur bestehenden Berechnungsvorschrift Schall03 differenziertere Aussagen bzgl. der Schallemissionen von Straßenbahnen, die bei der Überarbeitung der Schall03 mit einfließen sollen.

## Ausgangssituation und Zielsetzung

Beim Neubau und der wesentlichen Änderung von Schienenverkehrswegen sind die Schallemissionen nach der 16. Bundesimmissionschutzverordnung, 16.BImSchV [1] zu beurteilen und gegebenenfalls Schallschutzmaßnahmen vorzusehen. Das Berechnungsverfahren für die Ermittlung der Schallemissionen ist die mit der 16.BImSchV eingeführte „Richtlinie zur Berechnung der Schallemissionen von Schienenwegen - Schall 03“, Ausgabe 1990 [2]. In dieser Richtlinie sind Parameter enthalten, die für unterschiedliche Fahrzeugarten (z.B. für Straßenbahnen), unterschiedliche Oberbauarten sowie unterschiedliche Kurvenradien Zu- und Abschläge vorsehen.

In den letzten Jahren sind auf dem Gebiet von Straßenbahnfahrzeugen aber auch bei den Oberbauformen zahlreiche neue Entwicklungen zu verzeichnen, wie z.B. Niederflurfahrzeuge oder unterschiedlichen Rasenbahnkörper, die auch einen starken Einfluß auf die Schallemissionen haben können. Ziel der Untersuchung war es, die für die Berechnung der Schallemissionen von Straßenbahnen nach Schall 03 [2] vorgesehenen Ausgangsparameter durch Schallmessungen zu überprüfen, sowie einen Vorschlag zu unterbreiten, wie die Untersuchungsergebnisse in den Berechnungsalgorithmus der Schall 03 integriert werden können. Die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen.

## Untersuchungsplan

In Tab. 1 sind die zu untersuchenden Einflußparameter und Kriterien zur Auswahl der Meßquerschnitte zusammengestellt. Zudem wurden die bereits durchgeführten Schallmessungen des Landesamtes für Umweltschutz (BayLfU) ausgewertet.

Einflußparameter	Auswahlkriterien Meßquerschnitte
Einfluß der Kurven	- Vergleich Kurve - Gerade (MQ-Paar)
Einfluß der Fahrbahnart	- Schotterbett, Betonschwelle - Schotterbett, Holzschwelle - feste Fahrbahn - Rasenbahnkörper
Einfluß der Fahrzeugart	- Niederflurfahrzeuge - Nicht-Niederflurfahrzeuge
Einfluß des Schienen- und Radsatzzustandes	- vor / nach Schienenschleifen - durchschnittliches / gepflegtes Rad-Schiene-System

Tab. 1: Untersuchungsplan Schallmessungen

## Untersuchungsgebiete

In Tabelle 2 ist die Verteilung der ausgewählten Meßquerschnitte aufgeführt.

## Messungen und Erhebungen

Sämtliche Straßenbahn-Vorbeifahrten wurden auf DAT-Bänder aufgezeichnet um sowohl Auswertungen von Einzelvorbeifahrtpegeln als auch von Frequenzanalysen zu ermöglichen. Zusätzlich wurden die Fahrzeug-

Fahrbahn- und Gleisparameter erhoben sowie bei den Schallmessungen der Schienenzustand dokumentiert.

Messort	Anzahl der Meßquerschnitte	
	Messungen M+P	Messungen BayLfU
Augsburg	8	8
München	5	3
Nürnberg	8	-
Würzburg	5	3
Bad Schandau	2	-
Dresden	2 *	-
Plauen	6	-
Summe Meßquerschnitte:	51	
gemessene Vorbeifahrten:	ca. 2100	
ausgewertete Vorbeifahrten:	ca. 1500	

\* Schallmessungen Schallschutz Consulting Dr. Pitz, Dresden im Auftrag von M+P

Tab. 2: Ausgewählte Meßquerschnitte Straßenbahn

## Auswertungen

Die aufgezeichneten Vorbeifahrten wurde nach dem Rechenalgorithmus der Schall 03 normiert um Quervergleiche zu ermöglichen. Die Meßquerschnitte durchschnittliche bzw. gepflegte Rad-Schiene-Systeme differenziert.

## Ergebnisse der Schallmessungen und Erhebungen

### Einfluß der Kurven: Vergleich der Schallemissionen Kurve / Gerade

Das Kurvenquerschnitts ist bei Straßenbahnen die Schallquelle, die am häufigsten zu Beschwerden führt. Zur Problematik des Kurvenquerschnitts sei auf die umfangreiche Literatur verwiesen (z.B. [3], [5]). In o.g. Untersuchung sollte ermittelt werden, ob der in der Schall 03 mit 8 dB(A) erhobene Zuschlag für Gleisbögen mit engen Radien (< 300m) auch für Straßenbahnen nachgewiesen werden kann. In Abb. 1 ist ein Vergleich der gemessenen Schallemissionen an der Kurve und der Geraden in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit am Beispiel des Meßquerschnittes München Tivolistraße dargestellt.

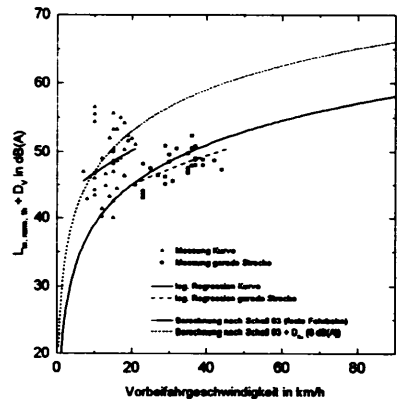


Abb. 1: Normierter Emissionspegel als Funktion der Vorbeifahrtgeschwindigkeit, Vergleich gerade Strecke - Kurve, Meßquerschnitt München Tivolistraße, Oberbauart: feste Fahrbahn

Die Schall 03 unterscheidet Zuschläge bei Radien < 300 m, 300 m bis < 500 m und ≥ 500 m. Bei vorliegender Meßreihe variierten die Kurvenradien zwischen 20 m und 150 m. Nach den vorliegenden Meßergebnissen deutet sich an, daß bei Radien > 50 m bis 70 m deutlich geringere Schallemissionen auftreten, als bei Radien < 50 m. Der Zuschlag für Geräusche in Gleisbögen mit engen Kurvenradien < 50 m von

8 dB(A) gemäß Schall 03 hat sich bestätigt. Auch zeigte sich, daß ein Unterschied zwischen den Emissionen auf der Geraden und in der Kurve auch bei Nichtauftreten von Kurvenquietschen vorhanden ist. Schließlich wurde ein deutlicher Unterschied zwischen den Emissionen mit und ohne Kurvenquietschen gemessen. Aus diesen Erkenntnissen ergibt sich für die Schall 03 als Änderungsvorschlag eine Trennung der Kurvenzuschläge für Vollbahnen und Straßenbahnen sowie eine Unterscheidung in Zuschläge mit / und ohne Quietschen.

#### Einfluß der Fahrbahnart:

Ein Vergleich der Emissionen bei Schotterbett mit Holz- bzw. Betonschwellen ergab keinen systematischen Unterschied zwischen diesen beiden Fahrbahnarten. Die Meßwerte bei den Betonschwellengleisen lagen teilweise deutlich unter den nach Schall 03 errechneten Werten, während die für Holzschnellen ermittelten Werte um den nach Schall 03 errechneten Werten streuten. Allerdings schränkt die vorliegende Datenbasis bei den Holzschnellen (3 Meßquerschnitte) eine abgesicherte Aussage ein. Der geschlossene Oberbau auf massiver Tragschicht ist die bei Straßenbahnen am häufigsten vorzufindende Oberbauart. Die bei diesem Oberbauart ermittelten Meßeergebnisse schwanken um den nach Schall 03 errechneten Wert unter Berücksichtigung des Zuschlages für die feste Fahrbahn. Bei durchschnittlichem Zustand des Rad-Schiene-Systems überschreiten die gemessenen Schallemissionen die Rechenwerte nach Schall 03, bei gepflegtem Rad-Schiene-System unterschreiten sie diese. Es wird daher vorgeschlagen, den bestehenden Zuschlag für feste Fahrbahnen zu erhöhen und generell einen Abschlag für das gepflegte Rad-Schiene-System zu vergeben (s.u.). In Abbildung 2 ist ein Vergleich der gemessenen Meßwerte mit dem Schall 03

schied. Abgesicherte Aussagen können jedoch aufgrund der zu geringen Datenbasis nicht getroffen werden.

#### Einfluß des Schienen- und Radsatzzustandes:

Die Vergleichsmessung an einem Querschnitt vor und nach dem Schienenschleifen sowie die differenzierte Betrachtung der Meßquerschnitte nach durchschnittlichem bzw. gepflegtem Rad-Schiene-System ergab jeweils einen Pegelunterschied von ca. 3 dB(A).

#### Zusammenfassung, Vorschlag zur Umsetzung der Ergebnisse der Schallmessungen auf die Richtlinie Schall 03

In o.g. Untersuchung werden die Ansätze der in der 16. BImSchV festgeschriebenen Berechnungsansätze der Schall 03 für die Schallemissionen von Schienenbahnverkehrsbahnen durch Messungen überprüft. Die Meßwerte wurden nach den Rechenalgorithmen der Schall 03 normiert und miteinander verglichen. Die wesentlichen Ergebnisse dieses Vergleiches sind:

- Der in der Schall 03 festgeschriebene Ansatz für die geschwindigkeitsbedingte Zunahme der Schallemission wurde bestätigt.
- Bei der Korrektur für die Fahrbahnart kann beim Schotterbett die Unterscheidung zwischen Beton- und Holzschnelle entfallen. Bei der festen Fahrbahn wurden im Vergleich zur Schall 03 bei durchschnittlichem Rad-Schiene-System tendenziell höhere Schallemissionen ermittelt, wobei generell ein Abschlag für ein gepflegtes Rad-Schiene-System vorgesehen werden kann (s.u.). Die Korrekturen für Rasengleise müssen differenziert werden. Rasenbahnkörper mit tiefliegendem Rasen können wie das Schotterbett mit Beton-

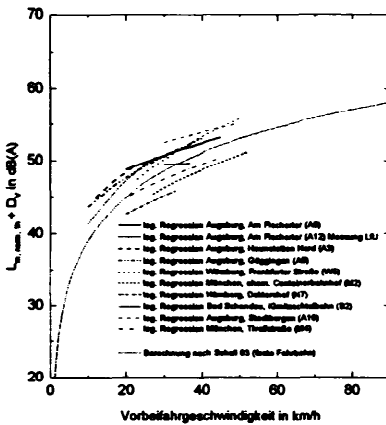


Abb. 2: Normierter Emissionspegel als Funktion der Vorbeifahrer-geschwindigkeit, Oberbauart: feste Fahrbahn

Der in der vorliegenden Schall 03 für Straßenbahnen für „Rasenbahnkörper“ vorgesehene pauschale Abschlag von -2 dB(A) kann nach den vorliegenden Daten nicht bestätigt werden. Aufgrund neuerer Entwicklungen ist hier zu unterscheiden zwischen tiefliegendem und hochliegendem Rasen. Die Emissionswerte für den Rasenbahnkörper mit tiefliegendem Rasen liegen im Bereich des offenen Oberbaues, beim Rasenbahnkörper mit hochliegendem Rasen wurden tendenziell geringere Schallemissionen ermittelt. Die Datenbasis für diesen Oberbauart ist jedoch zu gering, um abgesicherte quantifizierende Aussage treffen zu können.

#### Einfluß der Fahrzeugart:

An mehreren Meßquerschnitten konnten Vergleichsmessungen zwischen Niederflurwagen und Nicht-Niederflurwagen durchgeführt werden. Die Ergebnisse dieser Messung zeigen, daß tendenziell die dort eingesetzten Niederflurwagen geringere Schallemissionen aufweisen als die Nicht-Niederflurwagen. Der Vergleich zweier Niederflurwagen neuester und älterer Bauart zeigte dagegen keinen signifikanten Unter-

schied. Abgesicherte Aussagen können jedoch aufgrund der zu geringen Datenbasis nicht getroffen werden.

- Meßwerte abgesichert werden. Insgesamt ergeben sich aus den Schallmessungen Schlußfolgerungen, die weitgehend mit den in [4] aufgeführten Meßeergebnissen und Interpretationen übereinstimmen.
- Wird bei Straßenbahnen ein gepflegtes Rad-Schiene-System nachgewiesen, kann ein Abschlag vorgesehen werden.
- Niederflurfahrzeuge zeigen tendenziell geringere Schallemissionen im Vergleich zu Nicht-Niederflurfahrzeugen. Um abgesicherte Aussagen treffen zu können, sind hierzu weitere Untersuchungen nötig.
- Der Zuschlag für Gleisbögen mit engen Kurvenradien von 8 dB(A) gemäß Schall 03 konnte für Radien < 50 m bestätigt werden; allerdings kann dieser Zuschlag um 3 dB(A) vermindert werden, falls nachgewiesen werden kann, daß das Kurvenquietschen dauerhaft unterdrückt werden kann. Eine Abhängigkeit zwischen Kurvenradius und Kurvenzuschlag konnte aufgrund der geringen Varianz von Radien nicht herausgearbeitet werden.

In weiteren Untersuchungen müßte vor allem geklärt werden, welche Maßnahmen das Kurvenquietschen dauerhaft unterdrücken. Ferner sollten die Vergleiche der Schallemissionen von Niederflur- und Nicht-Niederflurfahrzeugen auf eine breitere Datenbasis gestellt werden. Außerdem sind weitere Absicherungen für die Einstufung der Rasengleise mit hoch- und tiefliegenden Rasen erforderlich.

Für die kooperative Zusammenarbeit und die großzügige Bereitstellung von Datenmaterial sei an dieser Stelle den Verkehrsbetrieben gedankt.

#### Literatur

- [1] Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionschutzgesetzes (Verkehrslärm-Schutzverordnung - 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990, Bundesgesetzblatt (1990) Teil 1, 1036 - 1052
- [2] Akustik 03, Richtlinie zur Berechnung der Schallemissionen von Schienenwegen - Schall 03, Ausgabe 1990, Deutsche Bahn AG, Frankfurt/M
- [3] W. Hendlmeier, Messung und Prognose von Schienenverkehrslärm unter Berücksichtigung des Kurvenquietschens, Zeitschrift für Lärmbekämpfung 37 (1990) 166 - 169, Springer Verlag
- [4] H.-J. Giesler, Geräuschemissionen von Straßenbahnen, DAGA 96, Fortschritte der Akustik, 23. Deutsche Jahrestagung für Akustik, Umweltbundesamt, Berlin
- [5] Schallemissionen von Güterwagen in Gleisbögen mit engen Radien innerhalb großflächiger Bahnanlagen, Schallmessungen im Bereich der Rangierbahnhöfe München Nord und Regensburg Ost, Schalltechnische Untersuchung von Möhler+Partner im Auftrag der Deutschen Bahn AG, ZBT 51, in Vorbereitung