

Ist die Straßenbahn im Gleisbogen zu laut?

U. Lenz

I.B.U. Ingenieurbüro Uderstädt + Partner
Ingenieure für Schwingungs-, Schall- und Schienenverkehrstechnik

Einleitung

Straßenbahnen gelten allgemein als umweltfreundliches Verkehrsmittel, obwohl sie relativ hohe Schallpegel erzeugen. Dies gilt insbesondere für Gleisbögen, bei deren Durchfahrt spezielle Kurvengeräusche entstehen. Diese Geräusche können einen tonalen Charakter haben und werden von den Anwohnern als besonders belastigendes empfunden. Die bei Verkehrsbetrieben vorgetragenen Beschwerden über Immissionen von Straßenbahnen beziehen sich überwiegend auf das Auftreten von Kurvengeräuschen. Aufgrund von Forschungsergebnissen aus den 80er Jahren wurden in den letzten 20 Jahren bei verschiedenen Verkehrsbetrieben Fahrzeuge mit Radabsorbbern ausgerüstet. Es gab aber immer wieder Schwierigkeiten mit der Befestigung und der Wirksamkeit. Auch durch den Einbau von Radabsorbbern wird nicht verhindert, dass es zu Anliegerbeschwerden über Kurvengeräusche kommt.

Kurvenquietschen

Kurvenquietschgeräusche entstehen bei der Durchfahrt enger Gleisbögen durch Ruckgleiten in Querrichtung (Stick-Slip-Effekt). Bei diesem Vorgang werden Radscheibe und/oder Radreifen in ihren Eigenfrequenzen angeregt. Dies führt dann zu einem tonalen Schallereignis. Das Ruckgleiten tritt in der Regel nicht bei feuchtem Wetter auf. Auf dem Bild 1 ist das MaxHold-Terzspektrum einer Schallmessung in einer Wendeschleife ($R = 25 \text{ m}$) wiedergegeben. Die durchgezogene Linie zeigt den gemessenen Schallpegel der Messung beim Auftreten von Kurvenquietschen. Die gestrichelte Linie stellt dagegen den ohne Quietschgeräusch (Einfluss Radabsorber?) gemessenen Pegelverlauf. Bei der Terzmittenfrequenz von 1600 Hz ergibt sich eine Pegeldifferenz von 40 dB.

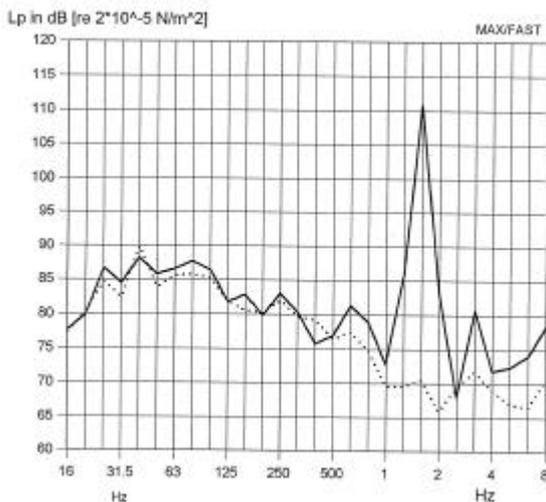


Bild 1: Straßenbahnpegel mit/ohne Quietschgeräusch

Kurvenzischeln

Kurvenzischelgeräusche treten i. d. R. bei größeren Radien auf und werden teilweise von Quietschgeräuschen überlagert. Ursache für das Zischelgeräusch ist das Anlaufen der Spurkränze an der Schienenflanke. Durch die

Reibung Stahl auf Stahl entstehen hochfrequente Schallpegel, die in benachbarten Terzmittenfrequenzen auftreten. Es entstehen keine tonalen Geräusche. Auf dem Bild 2 ist das MaxHold-Terzspektrum einer Schallmessung in einem Übergangsbogen ($R = 200 \rightarrow R = \infty$) dargestellt. Wiederum sind die Pegelverläufe mit/ohne Kurvengeräusch gegenübergestellt. Die durchgezogene Linie stellt wieder das Spektrum des Fahrzeugs ohne Radabsorber dar. Das Zischelgeräusch trat bei den Fahrten (mit Radabsorber) am zweiten Messtag auf. Der Radabsorber ist nicht ursächlich für das Auftreten der Zischelgeräusche. Der Differenzpegel bei den höheren Frequenzen beträgt bis zu 25 dB.

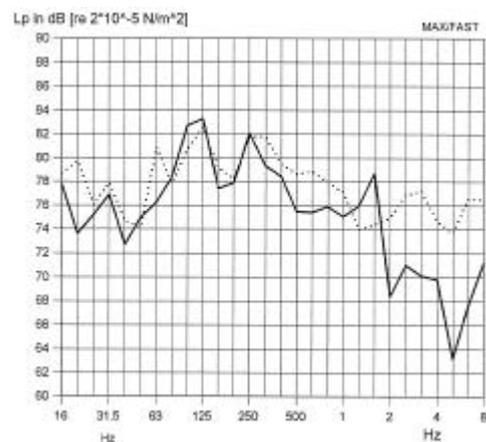


Bild 2: Straßenbahnpegel mit/ohne Zischelgeräusch

Schall 03

Bei Neu- und Umbauplanungen von Gleistrassen werden die zu erwartenden Schallpegel entsprechend der Anlage 2 zur 16. BImSchV oder der Schall 03 rechnerisch ermittelt und anhand von Immissionsgrenzwerten beurteilt. Für Gleisbögen ist im Falle des Auftretens von Kurvenquietschgeräusch nach Schall 03 ein Pegelzuschlag D_{Ra} zu berücksichtigen, mit dem die erhöhten Schallpegel beschrieben werden. Die Zuschläge der Schall 03 sind umstritten /1/. Das Kurvenquietschen tritt i. d. R. erst bei Gleisradien kleiner ca. 200 m auf, während nach Schall 03 bereits bei Radien kleiner 500 m Pegelzuschläge zu berücksichtigen sind. Unklar ist auch, ob der Pegelzuschlag von vornherein zu berücksichtigen ist, oder erst bei tatsächlichem Auftreten der Geräusche. Die Schall 03 sieht letzteres vor, während die Genehmigungsbehörden meist die Einberechnung des Zuschlages vorsichtshalber einfordern. Hier fehlen klare Regulierungen.

Wie schon erwähnt tritt das Kurvenquietschen tonal auf. Insofern ist auch nicht nachvollziehbar, wenn vom errechneten Schallpegel noch der Schienenbonus mit 5 dB abgezogen wird. In anderen Regelwerken wie z. B. der TA Lärm würde ein derartiges Geräusch mit einem Lästigkeitszuschlag von 6 dB versehen werden /2/. Insgesamt gesehen ist festzustellen, dass Verbesserungen im Regelwerk erforderlich sind.

Maßnahme

Die Straßenbahn ist im Gleisbogen zu laut! Diese Erkenntnis ist alt und führte in den 80er Jahren zu entsprechenden Forschungsaktivitäten /3/. Seinerzeit wurden grundlegende Wirkmechanismen der Ursache des Kurvenquietschens ermittelt und die sich daraus ergebenden Maßnahmen beschrieben. In verschiedenen Forschungsvorhaben wurden diese entwickelt und getestet. Derzeit werden noch 3 dieser getesteten Maßnahmen eingesetzt. Die Pegelminderung tritt allerdings nicht immer in der gewünschten Höhe ein. Vielfach zeigt es sich, dass Maßnahmen an einer Stelle bei einem Verkehrsbetrieb wirken aber an anderer Stelle oder bei einem anderen Verkehrsbetrieb eben nicht. In praktischer Anwendung werden derzeit Radabsorber bevorzugt eingesetzt. Hier gibt es allerdings Schwierigkeiten bei der Schraubbefestigung der Absorber und in der optimalen Frequenzabstimmung. Die Schienenstegbedämpfung hat sich in der praktischen Anwendung kaum bewährt und wird derzeit nicht angewandt. Das Befeuchten der Schienen mit Wasser wird vereinzelt trotz erhöhter Korrosion an Schiene und Schienenbefestigung eingesetzt, so z. B. trotz eingebauter Radabsorber bei der Hamburger Hochbahn. Problematisch ist die Schienenbewässerung auch bei niedrigen Temperaturen (Frost). Der Einsatz von Chemikalien zur Schienenbewässerung, wie er im Forschungsvorhaben untersucht wurde, hat sich nicht durchgesetzt.

Am weitesten verbreitet ist das Schienenschmieren, was händisch, mit stationären Schmieranlagen im Gleis oder vom Fahrzeug aus mit Spurkranzschmieranlage erfolgt. Der Hauptzweck dieser Anlage ist allerdings die Reduzierung des Verschleißes an Rad und Schiene. Die Schienenschmierung erfolgt daher normalerweise an der Schienenflanke. Ein dort aufgebracht Schmierfilm kann das Zischgeräusch mindern aber nicht das Quietschgeräusch. Zur Reduzierung der Quietschgeräusche ist eine Schmierung der Fahrfläche erforderlich. Hier bestehen grundsätzlich Bedenken, da mit der Schmierung die Reibkraftübertragung im Bremsfall gemindert wird. Bei einigen Verkehrsbetrieben wird die Schienenkopfschmierung inzwischen durchgeführt. So wird z. B. von der Essener Verkehrs AG vom Fahrzeug aus über eine GPS-Steuerung in bestimmten Gleisbögen der Schienenkopf vom Fahrzeug aus geschmiert. Die Schmierung erfolgt allerdings nur von ausgewählten Fahrzeugen aus.

Insgesamt gesehen ist festzustellen, dass derzeit noch keine gesicherte Vorgehensweise im Umgang mit Kurvengeräuschen bekannt ist. Vielmehr wird bei jedem Verkehrsbetrieb neu experimentiert mit mehr oder weniger Erfolg. Dies führt zu der Erkenntnis, dass weiterer Forschungsbedarf vorhanden ist.

Forschungsvorhaben

Im Juni 2005 startete das vom BMBF geförderte Verbundvorhaben "Kurvengeräusche" /4/. Das Verbundvorhaben ist in 4 Hauptarbeitspakete unterteilt (Bild 3) und wird von 8 Projektpartnern und weiteren Beteiligten durchgeführt.

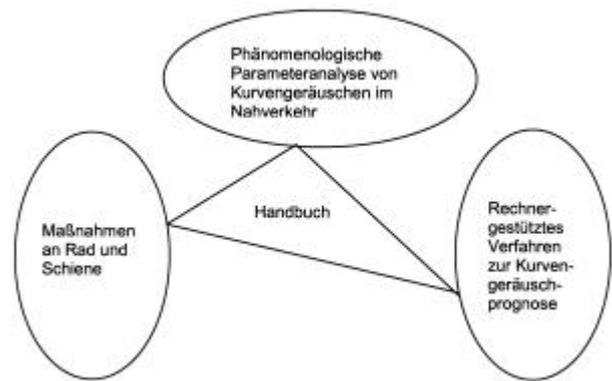


Bild 3: Übersicht Arbeitspakete

Projektpartner (Antragsteller auf Förderung durch das BMBF)	
Industriepartner	Alstom LHB GmbH, Salzgitter Bombardier Transportation, Hennigsdorf Polyplan GmbH, Straßlach SFE GmbH, Berlin
Verkehrsbetriebe	moBiel GmbH, Bielefeld SWM Stadtwerke München
Forschungsinstitutionen:	STUVA, Köln TU Berlin
Mitarbeit folgender Institutionen:	Verkehrsbetriebe Düsseldorf, Verkehrsbetriebe Karlsruhe, I.B.U. Ingenieurbüro Uderstädt + Partner, Essen, Fachhochschule Bielefeld, BÜFA Polyurethane

Tabelle 1: Übersicht Projektbeteiligte

In dem zu erstellenden Handbuch sollen die Ergebnisse aus dem aktuellen Forschungsvorhaben unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Erkenntnisse zusammengestellt werden. Ziel ist es, ein Handbuch vorzulegen, in dem die Problematik "Kurvengeräusch" umfassend beschrieben wird. Weiterhin werden für den Anwender praktikable Vorgehensweisen zur Minderung der Geräusche beschrieben und geeignete technische Maßnahmen beleuchtet, wie sie z. B. im entsprechenden Hauptarbeitspaket untersucht werden. Ziel des Projektes ist es, die in der Überschrift gegebene Fragestellung mit "Nein" zu beantworten.

Literatur

- [1] Krüger, F.: Das Kurvenquietschen im Nahverkehr – Ermittlung von Korrekturwerten zur Berücksichtigung in der Schall 03. Der Nahverkehr 7-8/1995
- [2] Lenz, U.; Maczura, L.: Revision der Schall 03 – Empfehlungen zur Überarbeitung der Richtlinie aus Sicht der Stadt- und Straßenbahnplanung. Der Nahverkehr 7-8/2005, S. 27-31
- [3] Verminderung des Verkehrslärms in Städten und Gemeinden, Teilprogramm Schienennahverkehr, Schriftenreihe, Hrsg. STUVA e.V.
- [4] Lenz, U.: Minderung der Kurvengeräusche im Nahverkehr. Der Nahverkehr 12/2005, S. 76 + 77