

# Lärmminderung bei Güterzügen: begleitendes Monitoring

Dirk Windelberg

Leibniz Universität Hannover, Institut für Algebra, Zahlentheorie und Diskrete Mathematik, D-30167 Hannover,

Email: windelberg@math.uni-hannover.de

## Einleitung

Das Bundesverkehrsministerium hat vorgesehen, die Vorbeifahrpegel von Güterwagen zunächst bis zum Jahr 2020 um  $10\text{ dB}(A)$  zu senken. Dazu sollen verschiedene Maßnahmen ergriffen werden, deren Wirkung jedoch oft noch nicht im täglichen Einsatz erprobt ist. Daher ist ein über die Jahre begleitendes Monitoring notwendig.

Die *Schall03(1990)* beschreibt ein Verfahren zur Berechnung von Vorbeifahrpegeln von Güterzügen. Dieses Verfahren erfordert die Festlegung eines „Grundwertes“, der zwar einerseits von dem speziellen Zustand der Räder und der Wagenaufbauten und andererseits von dem Schienenzustand abhängt, aber für die Berechnung wird der Grundwert mit  $51\text{ dB}(A)$  angenommen.

Hier wird gezeigt, welche Messgrößen notwendig sind, um bei Güterzügen an einer festen Messstation zu beurteilen, wie sich der nach der *Schall03(1990)* aus den Messdaten zu berechnende Grundwert im Laufe der Jahre verhält: Wenn er im Mittel sinkt, so tritt eine Lärmminderung ein. Da die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Lärmminderung an der Quelle nicht durch die Mittelungspegel  $L_{DEN}$ ,  $L_{DN}$  oder  $L_{Night}$  beschrieben wird, sind Messungen einzelner (Güterzug-)Vorbeifahrten erforderlich. Hier wird ein aus den Messdaten einfach berechenbarer „relativer Grundwert“ eingeführt, der den Vergleich zweier Grundwerte erlaubt. Ein Vergleich der Verteilungen der Güterzug-Grundwerte über mehrere Jahre kann dann die Wirksamkeit einzelner Lärmminderungs- Maßnahmen bewerten.

## Messung statt Berechnung

Zur Berechnung des Schienenverkehrslärms durch Güterzüge gibt es die *Schall03(1990)* ([?]), die auch für jede Planfeststellung angewandt wird, um „die Lärmbelastung“ durch Schienenverkehr im Jahresmittel jeweils für den Tag und für die Nacht zu berechnen.

Einerseits besteht die Notwendigkeit, für neu geplante Strecken die Lärmbelastung abzuschätzen. Andererseits sind vermutlich die unterschiedlichen Anzahlen von Güterzugvorbeifahrten

- an den einzelnen Wochentagen
- in den einzelnen Tages- und Nachtstunden

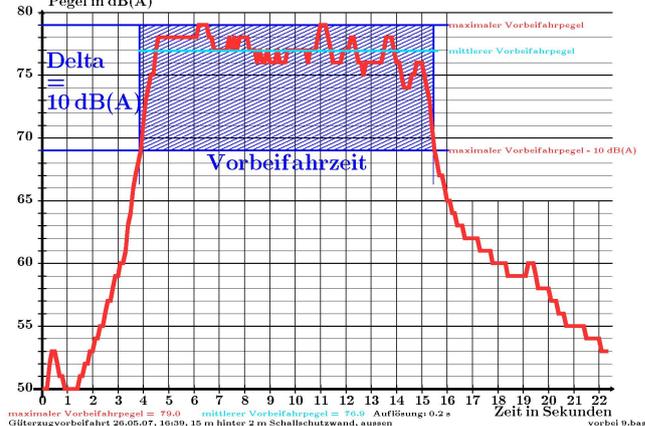
sowie die starken Streuungen der Vorbeifahrpegel einzelner Güterzüge ein Grund für die Entscheidung, keine Messungen zur Ergänzung oder Bestätigung der Rechnungen vorzusehen. So erfordert an einer vorhandenen Strecke allein eine Bestandsaufnahme der jährlichen Belastung mathematisch/statistische Fachkenntnisse, um die Messungen an einem Messort während einer bestimmten Zeit zu auswerten.

Dennoch besteht die Notwendigkeit, die berechnete mit der gemessenen Lärmbelastung zu vergleichen: Nur durch eine Messung kann eine Lärmminderung z.B. infolge einer Verbesserung von Güterwagen und/oder Schienenzustand erfasst werden; durch Rechnung nach der *Schall03(1990)* werden einzelne Güterzüge nicht leiser (und nicht lauter).

## (mittlerer) Vorbeifahrpegel

An einer Messstation wird „Schienenverkehrslärm“ gemessen, indem jede einzelne Vorbeifahrt eines Schienenfahrzeuges dokumentiert wird:

Zur Definition von Vorbeifahrpegel und Vorbeifahrzeit



### Definition Vorbeifahrzeit $t_v$

Dazu wird mit einer Videokamera jede 0.2 Sekunde während der Vorbeifahrzeit eines Zuges gemessen:



$$v = 79\text{ km/h}, t = 15:25:00.6 \quad v = 79\text{ km/h}, t = 15:25:01.0$$

$$p = 70.6 / 73.2\text{ dB}(A) \quad p = 76.3 / 77.5\text{ dB}(A)$$

## Grundwert-Bestimmung

Für jede Zugvorbeifahrt werden folgende Parameter verwendet, um den Grundwert nach der Gleichung zur Bestimmung des Emissionspegels zu berechnen:

### pro Vorbeifahrt:

1. Fahrzeugart (Güterzug / andere Geräuschquelle)
2. Uhrzeit in  $hh : min : ss$  der Güterzug-Vorbeifahrt
3. Fahrtrichtung (zur Berechnung des Abstandes zum Gleis)
4. Geschwindigkeit in  $km/h$  während der Vorbeifahrt

während (mindestens) jeder Sekunde der Vorbeifahrt:

5. Vorbeifahrpegel  $p_v$  in  $dB(A)$  während jeder Sekunde
6. maximaler Vorbeifahrpegel  $p_{max}$  in  $dB(A)$  während jeder Sekunde
7. Vorbeifahrzeit in  $t_v$  (zur Berechnung der Gesamtlänge des Güterzuges)

### Grundwert in der Schall03 (1990)

Nach der *Schall03 (1990)* wird für eine Messstation, die sich 25 m von der Gleismitte und 3.5 m über Grund befindet, der auf eine Stunde bezogene „Emissionspegel  $L_{m,E}$ “ eines einzelnen Güterzuges berechnet nach der Formel  $L_{m,E} = G + D_{Fz} + D_D + D_l + D_v + D_{Fb} + D_{Br} + D_{Bü} + D_{Ra}$ .  
Darin sind

<b>G</b>	„Grundwert“ zur Beschreibung eines Grundzustandes aller Schienen („durchschnittlich guter Schienenzustand“) und aller Wagen mit allen ihren Rädern und aller Wagen-Aufbauten
$D_{Fz}$	Einfluss der Fahrzeugart
$D_D$	Einfluss der Bremsbauart (= Anteil der scheibengebremsten Güterwagen)
$D_l$	Einfluss der Länge $l$ des Zuges (in m)
$D_v$	Einfluss der Geschwindigkeit $v$ (in m/s)

Der Zusammenhang zwischen einem während einer Vorbeifahrtzeit  $t_v$  (in Sekunden) erzeugten Vorbeifahrpegel  $p_v$  und dem Emissionspegel  $L_{m,E}$  ist gegeben durch

$$L_{m,E} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{t_v}{3600} \right] + p_v \quad (1)$$

#### Bedeutung des Grundwertes

In der Schall03(1990) wird der Grundwert konstant durch  $G = 51 \text{ dB(A)}$  angesetzt. Wenn sich jedoch der Schienenzustand oder der Zustand der Güterwagen gegenüber einem bei der Verfassung der Schall03 (1990) gewählten „normalen“ Zustand ändert, dann stimmen Emissionspegel und  $L_{m,E}$  nicht mehr überein.

Hier ist

$$L_{m,E} = G + D_D + 2 + 10 \cdot \lg [0.01^3 \cdot l \cdot v_m^2] \quad (2)$$

wobei  $l$  die Länge des Zuges und  $v_m$  die mittlere Geschwindigkeit während der Vorbeifahrt ist und der Einfluss  $D_D$  der Bremssysteme nur durch den Anteil scheibengebremster Fahrzeuge berücksichtigt wird: Für Güterwagen mit Grauguß-Klotzbremsen wird in der *Schall03 (1990)*

$$D_D = 10 \cdot \lg [5] = 7$$

gesetzt. Wäre ein Güterwagen mit Scheibenbremsen ausgestattet, so wäre  $D_D = 0$ .

Die Gleichung (2) kann nach dem Grundwert  $G$  aufgelöst werden und ergibt mit (1) und wegen  $l = \frac{v}{3.6} \cdot t$ :

#### Grundwert, Vorbeifahrpegel und Geschwindigkeit

$$G = p_v - D_D - 2 - 30 \cdot \lg \left[ \frac{v}{10} \right] \quad (3)$$

Wenn angenommen wird, dass sich innerhalb zu vernachlässigbarer Schranken der Schienenzustand der Gleise an einer Messstation nicht ändert, dann ist es möglich, für jeden Güterwagen den nach (3) aus Messungen bestimmten

Grundwert als

Qualitäts-Lärm-maß des Güterwagens

zu verwenden:

**je niedriger der Grundwert,  
desto leiser ist der Güterwagen**

Nach der Schall03 (1990) wird dieser Grundwert  $G := 51 \text{ dB(A)}$  gesetzt - diesen Wert sollte der Grundwert eines Güterwagens bei „durchschnittlich gutem“ Schienenzustand besitzen.

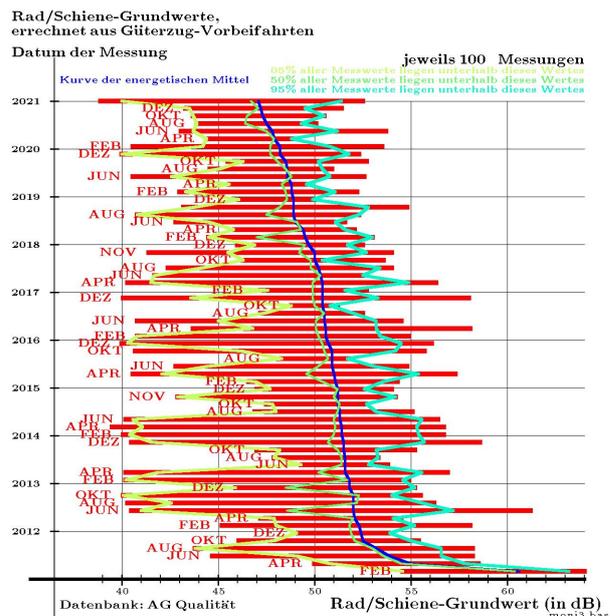
Vorangegangene Messungen zeigen jedoch, dass die Grundwerte an einem festen Ort

- unterhalb von **57 dB(A)**  
(und nicht überall bei  $51 \text{ dB(A)}$ )
- im energetischen Mittel bei **53.1 dB(A)**

liegen.

### Nachweis einer Lärminderung

Wird regelmäßig nach einem bestimmten Zeitabschnitt (z.B. nach 2 Monaten oder einem Jahr) ein Protokoll über 100 aufeinanderfolgende Güterzug-Grundwerte angelegt und werden die entsprechenden Verteilungen miteinander verglichen, so kann entschieden werden, ob sich der mittlere Grundwert im Laufe der Zeit signifikant verbessert (oder nicht). Eine graphische Darstellung der Ergebnisse wie in untenstehendem Bild würde die Entwicklung leicht erkennen lassen.



Dieses Bild zeigt die modellierte Darstellung einer Lärminderung, dargestellt durch die Grundwerte vorbeifahrender Güterzüge: Während in der unteren Zeile (im Dez. 2011) die Grundwerte noch oberhalb von  $51 \text{ dB(A)}$  lagen, erreichten sie im Dez. 2021 den Wert von  $47 \text{ dB(A)}$  - auch wenn es immer noch sehr laute Vorbeifahrpegel gab, deren Anzahl zumindest während der Nacht Beschränkungen unterworfen werden sollte.

### Literatur

- [1] WINDELBERG, DIRK: Güterzug-Schallemissionen: Messung und gesetzliche Bewertung. Immissionsschutz, **13** (2008), 193-196.
- [2] WINDELBERG, DIRK: Das Maximalpegelhäufigkeitskriterium für nächtlichen Güterzugverkehrslärm. Immissionsschutz, **17** (2012), 27-30.