



AG Qualität

FACHBEREICH MATHEMATIK

Dirk Windelberg

Schienezustand und Vorbeifahrpegel

Mai 2002

Diese Veröffentlichung erscheint im Rahmen des Projektes
„Statistische Auswertung von Pegelmessungen zur Festlegung von Richtlinien“
(1.1.2002 – 31.12.2004)

AG Qualität im Fachbereich Mathematik
Universität Hannover, Welfengarten 1, D - 30167 Hannover
Telephon: +49-511-762-3336 oder -3337 Telefax: + 49-511-8386072

<http://im-03.iw.uni-hannover.de>

Verantwortlicher Leiter : Dr. Dirk Windelberg

Inhalt

Inhalt.....	2
1. Zusammenfassung.....	3
2. Messung von Emissionspegeln.....	4
2.1. Vorbeifahrpegel einzelner Wagen eines Güterzuges.....	4
2.2. Zusammenstellung von Güterzügen.....	4
2.3. Differenz der Pegel verschiedener Güterzüge.....	5
2.4. Differenz zwischen Maximalpegel und Mittelungspegel.....	5
3. Einfluss des Schienenzustandes auf den Emissionspegel.....	5
3.1. Untersuchungen des EBA zur zeitlichen Änderung des Schienenzustandes.....	6
3.2. Untersuchungen der DB zur zeitlichen Änderung des Schienenzustandes.....	6
3.3. Emissionspegel in Abhängigkeit vom Schienenzustand.....	7
3.4. Zusammenhang zwischen Vorbeifahrpegel und Schienenzustand.....	8
3.5. Szenarien von Güterzug-Vorbeifahrten.....	9
3.5.1. Szenario 1.....	10
3.5.2. Szenario 2.....	10
3.6. Bestimmung des Schienenzustandes.....	10
4. Ergebnis.....	11
Literatur.....	11

Kurzfassung

Nach der 16. BImSchV bzw. der Schall 03 kann zu einer gegebenen Verteilung von Zuggattungen und zu einem gegebenen Schienenzustand der Schienenverkehrslärm theoretisch berechnet werden. Damit soll bereits bei der Planung der zukünftige reale Schienenverkehrslärm vorhergesagt werden.

Hier werden im ersten Teil gemessene Vorbeifahrpegel von Güterzügen mit den berechneten Pegeln verglichen. Da sich der Schienenzustand zwischen zwei Schleifterminen ändert, wird im zweiten Teil die Änderung der Höhe des Vorbeifahrpegels zwischen zwei Schleifterminen beschrieben.

Es wird ein einfaches Messverfahren zur Bestimmung des Schienenzustandes mit Hilfe des Vorbeifahrpegels vorgeschlagen. Damit wird eine Möglichkeit zur Überwachung der Güte des Schienenzustandes gegeben.

Schienenzustand und Vorbeifahrpegel

1. Zusammenfassung

Am Beispiel eines von Güterzügen befahrenen Gleises wird hier eine Rechenvorschrift vorgestellt, die es erlaubt, den von diesem Gleis ausgehenden Schienenverkehrslärm vorauszuberechnen.

Da diese Berechnung als gesetzliche Grundlage für die Planung von Schienenwegen verwendet werden soll, wird hier die folgende Voraussetzung (A) angenommen:

Der in der Praxis gemessene Schienenverkehrslärm ist geringer oder gleich dem theoretisch vorausberechneten (A)

Es ist bekannt, dass Schienen durch den Schienenverkehr verriffeln. Daher wurde in der Schall 03 ([1]) der "Grundwert" zur Charakterisierung des Schienenzustandes eingeführt: Er wird für einen "durchschnittlich guten Schienenzustand" auf 51 dB(A) festgelegt. Wenn die Bahn sich verpflichtet, Gleise so zu pflegen, dass dieser Grundwert stets unterhalb der Grenze von 48 dB(A) bleibt, so wird das Gleis "besonders überwacht Gleis" genannt. Dann darf die Bahn ihre Lärmschutzmassnahmen entsprechend um 3 dB(A) reduzieren.

Nach der 16. BImSchV ([2]) bzw. der Schall 03 wird der Vorbeifahrpegel eines mit 100 km/h fahrenden Güterzuges bei einem durchschnittlich guten Schienenzustand mit 88 dB(A) vorausberechnet. Für ein besonders überwacht Gleis beträgt der vorausberechnete Vorbeifahrpegel entsprechend 85 dB(A). Für ein verriffeltes Gleis wird der Vorbeifahrpegel entsprechend höher.

Es wird hier gezeigt, dass in der Theorie der Emissionspegel eines Güterzuges nur dann vorausberechnet werden kann, wenn der Schienenzustand bekannt ist. Daher wird die folgende Voraussetzung (B) angenommen:

Der Grundwert wird überwacht: für ein besonders überwacht Gleis überschreitet er den Wert von 48 dB(A) nicht, und für einen durchschnittlich guten Schienenzustand bleibt der Grundwert unterhalb von 51 dB(A) (B)

Es wird gezeigt, dass es unter diesen Voraussetzungen möglich ist, durch Messung des Vorbeifahrpegels z.B. von Güterzügen den Schienenzustand zu bestimmen.

2. Messung von Emissionspegeln

Für Güterzüge kann nach der Schall 03 bei einem "durchschnittlich guten Schienenzustand" der Vorbeifahrpegel berechnet werden. Dieser Pegel wird unter anderem für die Planung von Lärmschutzmassnahmen angenommen. Nach der Voraussetzung (A) soll dann der in der Praxis gemessene Vorbeifahrpegel geringer oder gleich diesem Wert sein.

Hier werden gemessene Emissionspegel von Güterzügen vorgestellt und mit den nach der Schall 03 berechneten Pegeln verglichen.

Bei Güterzügen schwanken die Emissionspegel mit der Kombination aus verschiedenen Güterwagen um 10 dB(A). Es wird gezeigt, wie diese Erfahrung bei der Berechnung berücksichtigt werden kann.

2.1. Vorbeifahrpegel einzelner Wagen eines Güterzuges

Im Auftrag der Bahn führte Müller-BBM Luftschallpegelmessungen durch, um den Einfluss unterschiedlicher Oberflächenbehandlungen der Schienenoberflächen zu untersuchen (siehe [3]). Nach Normierung auf eine Geschwindigkeit von 100 km/h (unter Verwendung der in der Schall 03 angegebenen Geschwindigkeitsabhängigkeit) ergaben sich dabei an dem Messpunkt Mp 1.2 am 25.-27.3.1996 die in *Tabelle 1* dargestellten Maximalpegel L_{AFmax} für verschiedene Güterwagen.

Diese Ergebnisse werden verwendet, um die Auswertung von Pegelmessungen an unterschiedlichen Gleisen zu beschreiben.

Messwerte: MQ 1 - 25 m seitlich - Mp 1.2 - 25.-27.3.1996 [3, Anhang B, Seite 5]								
Wagen	Vers. Nr.	L_{AFmax} [dB(A)]	Wagen	Vers. Nr.	L_{AFmax} [dB(A)]	Wagen	Vers. Nr.	L_{AFmax} [dB(A)]
Lok 291	77	78,9	gemischte Wagen	72	86,6	gemischte Wagen	69	89,4
Kesselwagen	21	81,3	Tankwagen	67	87,0	gemischte Wagen	76	90,1
Rungenwagen	66	84,6	Flachwagen	11	87,5	Schotterwagen	51	90,4
gemischte Wagen	8	85,6	gemischte Wagen	13	87,8	gedeckte Wagen	10	91,0
gemischte Wagen	5	85,9	Kesselwagen	53	88,1	gedeckte Wagen	62	92,1
gemischte Wagen	63	86,1	gemischte Wagen	58	88,4			
gemischte Wagen	73	86,1	Containerwagen	18	88,7			

Tabelle 1: Beispiel für die Schwankung von Lärmpegeln (bei 100 km/h) eines ganzen Güterzuges bei einem festen Schienenzustand

Aus dieser Zusammenstellung kann abgelesen werden, dass die Bestimmung des Grundwertes einer Zuggattung durch die unterschiedlichen Lärmpegel der einzelnen Wagen erschwert wird.

Ergebnis: Die Emissionspegel der einzelnen Wagen eines Güterzuges unterscheiden sich um mindestens 10 dB(A).

2.2. Zusammenstellung von Güterzügen

Für die nachfolgenden Betrachtungen werden vier Güterzüge aus den Güterwagen der Tabelle 1 zusammengestellt. Für den Messpunkt Mp 1.2 und für den 25.-27.3.1996 wird ferner jeweils für den Vorbeifahrpegel des ganzen Zuges der Mittelungspegel und der Maximalpegel angegeben. Dabei wurden die Pegel auf eine Geschwindigkeit von 100 km/h normiert (nach [3]).

	Zusammenstellung	Mittelungspegel Vorbeifahrpegel für den ganzen Zug	Maximalpegel L_{AFmax}
Güterzug G₁	1 Lok, 27 Kesselwagen (Vers.Nr. 21)	81,2 dB(A)	81,3 dB(A)
Güterzug G₂	1 Lok, 9 gedeckte Wagen (Vers.Nr. 10) 27 gedeckte Wagen (Vers.Nr. 62)	91,8 dB(A)	92,1 dB(A)
Güterzug G₃	1 Lok, 18 Wagen aus <i>Tabelle 1</i>	88,1 dB(A)	92,1 dB(A)
Güterzug G₄	1 Lok, 17 Kesselwagen (Vers.Nr.21) 1 gedeckter Wagen (VersNr.62)	83,2 dB(A)	92,1 dB(A)

Tabelle 2: Beispiele von Güterzügen;
Pegel für den Messpunkt Mp 1.2, am 25-27.3.1996, normiert auf 100 km/h

2.3. Differenz der Pegel verschiedener Güterzüge

Für den Güterzug G₂ ist der Mittelungspegel, der sich aus den Vorbeifahrpegeln der einzelnen Güterwagen ergibt, um 10 dB(A) niedriger als der für den Güterzug G₁. Auch die Maximalpegel dieser beiden Güterzüge unterscheiden sich um 10 dB(A).

Ergebnis: Bei zwei Güterzügen, die mit gleicher Geschwindigkeit fahren, kann die Differenz der Vorbeifahrpegel für den ganzen Zug 10 dB(A) betragen.

2.4. Differenz zwischen Maximalpegel und Mittelungspegel

In dem Schlussbericht für das UBA-Vorhaben "Geräuschemissionen von Schienenfahrzeugen" - in [4, Seite 34] wird erklärt, dass die errechnete Differenz zwischen Maximal- und Mittelungspegel den Wert von 0,5 dB(A) nicht überschreitet. - In der Praxis wird dieser Wert jedoch weit überschritten, wie die obige Zusammenstellung von Güterzügen zeigt:

Für den Güterzug G₄ ist der Mittelungspegel um 9 dB(A) niedriger als der Maximalpegel.

Auch bei dem Vergleich von zwei Güterzügen wirken sich Maximal- und Mittelungspegel unterschiedlich aus: Während sich der Maximalpegel von Güterzug G₂ nicht von dem des Güterzuges G₃ unterscheidet, ist der der Mittelungspegel von Güterzug G₂ ist um fast 4 dB(A) höher als der von dem Güterzug G₃.

Ergebnis: Die Differenz zwischen dem Mittelungspegel und dem Maximalpegel kann Werte bis zu 9 dB(A) annehmen (Güterzug G₄).

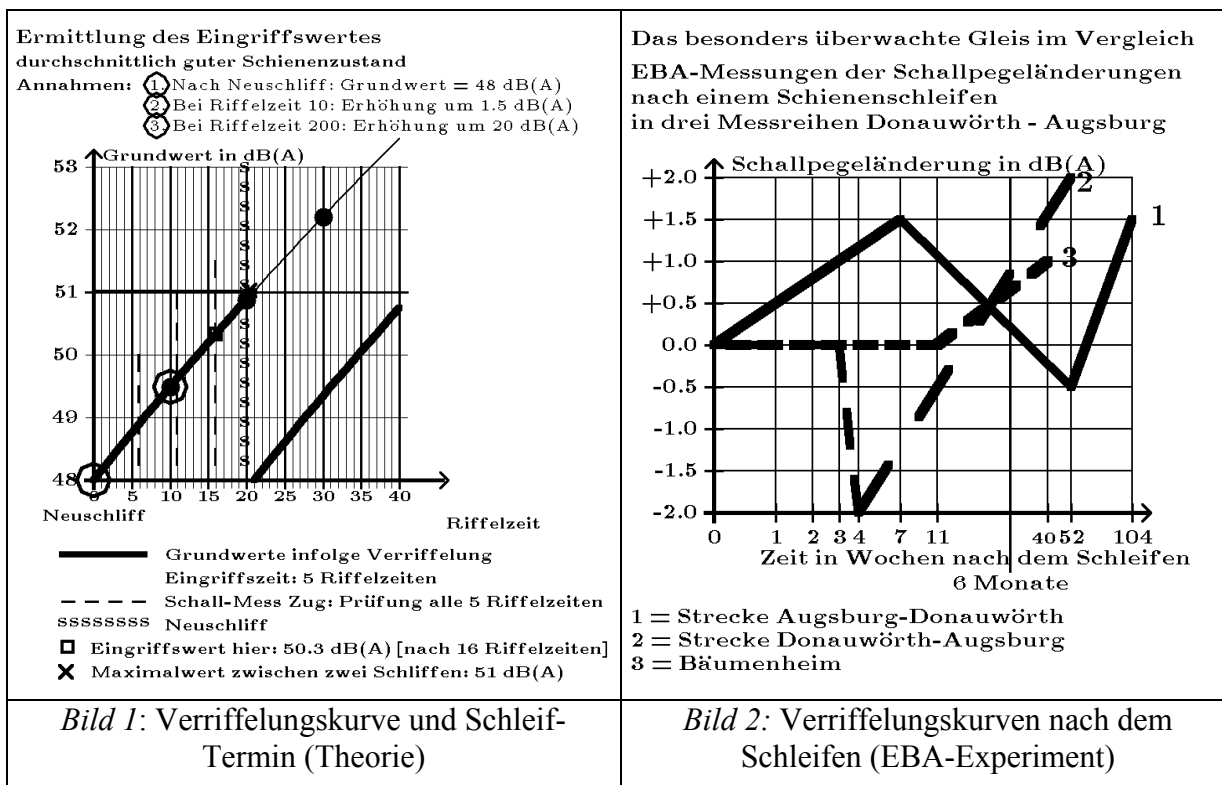
Die Differenz zwischen Mittelungspegel und Maximalpegel ist ein Mass für die Schwankungsbreite der Schallemissionen: je grösser diese Differenz ist, desto weniger beschreibt der Mittelungspegel die realen Schallereignisse.

3. Einfluss des Schienenzustandes auf den Emissionspegel

Um Lärmbelastungen auch dann vorhersagen zu können, wenn (noch) keine Züge fahren, wurden mit der Schall 03 bzw. 16. BImSchV Rechenverfahren angegeben, mit deren Hilfe der Vorbeifahrpegel für fast jeden Zug berechnet werden kann. Voraussetzung dafür ist allerdings die Kenntnis des Schienenzustandes. Die Rechenverfahren setzen einen „durchschnittlich guten Schienenzustand“ voraus. Dieser Schienenzustand ist dadurch charakterisiert, daß der Grundwert 51 dB(A) beträgt. In [5] wird dann akzeptiert, dass bei Abweichungen von diesem Schienenzustand ein "Gleispflegezuschlag" ("GPZ") bzw. ein "Gleispflegeabschlag" ("GPA") hinzugefügt wird.

Da Schienen mit der Zeit verriffeln und mit der Verriffelung eine Erhöhung des Grundwertes eintritt (siehe dazu *Bild 1*), ist zur Einhaltung der in der 16. BImSchV angegebenen Grenzwerte ein rechtzeitiges Schleifen notwendig.

Wenn Gleise an einem bestimmten Tag (*Neuschliff*) neu geschliffen wurden, ist der Vorbeifahrpegel der Züge leiser, als wenn die Schienen verriffelt sind. Dieser Zusammenhang zwischen Grundwert und Schienenzustand wurde vom Autor in [6] und [7] dargestellt.



3.1. Untersuchungen des EBA zur zeitlichen Änderung des Schienenzustandes

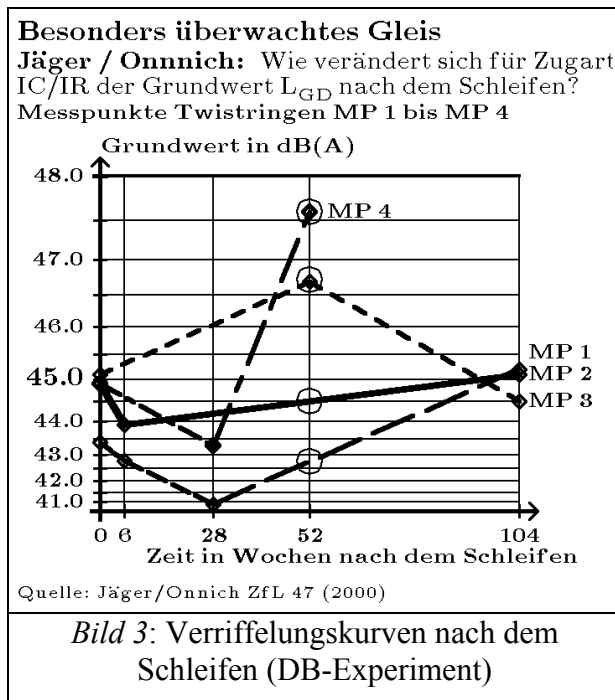
In [5] untersuchte das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) experimentell die Änderungen des Schienenzustandes nach einem Schienenschleifen. Es ergaben sich an drei verschiedenen Messorten an der Strecke Augsburg-Donauwörth während der Dauer des Experiments von maximal 2 Jahren eine Variation des Grundwertes von 4 dB(A) (siehe Bild 2): Über die Art der Auswertung einzelner Daten findet sich dort kein Hinweis. Nach dem Schleifen verschlechtert sich der Schienenzustand (wie im Fall 1), oder er verbessert sich (wie im Fall 2), oder er bleibt, wie er ist (Fall 3).

Ergebnis: Nach dem Schleifen kann sich der Grundwert innerhalb eines Jahres um 4 dB(A) verschlechtern oder um 2 dB(A) innerhalb einer Woche verbessern (Fall 2 in Bild 2).

3.2. Untersuchungen der DB zur zeitlichen Änderung des Schienenzustandes

Für die DB prüften Jäger und Onnich in [8] die Verriffelung nach einem Neuschliff: Für die Zuggattung IC/IR ergab sich die in Bild 3 dargestellte Verriffelung. Am Messpunkt MP 4 ist hier erkennbar, dass sich der Grundwert innerhalb eines halben Jahres um 4 dB(A) verschlechtern kann.

Ergebnis:: Nach dem Schleifen kann sich der Grundwert innerhalb eines halben Jahres um 4 dB(A) verschlechtern (MP 4 in Bild 3).



3.3. Emissionspegel in Abhängigkeit vom Schienenzustand

In einer Verfügung des EBA (siehe [5]) sollten drei Szenarien zur Bestimmung des Schienenzustandes geprüft werden. Es wurden dort die in *Tabelle 4* dargestellten Mittelungspegel von gemessenen Grundwerten ganzer Züge angegeben. Zu jeder Pegelmessung wurde der Grundwert nach dem Berechnungsverfahren der Schall 03 berechnet und für jede Zuggattung wurde dann der Mittelungspegel der Grundwerte bestimmt.

	Barnstorf		Nörten-Hardenberg		Twistringen 1	
	Gattung	L_m in dB(A)	Gattung	L_m in dB(A)	Gattung	L_m in dB(A)
Höchster L_m	GZ	50,1	GZ	48,8	RE/SE	48,8
	RE/SE	49,1			RE/SE	47,9
	RE/SE	48,5	GZ	47,3	GZ	47,6
	GZ	47,8			GZ	46,4
	IC/IR	47,0	ICE	45,8	ICE	45,2
	IC/IR	45,9	ICE	44,6	IC/IR	44,6
Geringster L_m	ICE	45,1	IC/IR	43,9	IC/IR	44,1
Max. Differenz		5,0		4,9		4,7

Tabelle 4: Beispiel für die Schwankung von Mittelwerten gemessener Zugvorbeifahrten (Quelle: EBA-Verfügung)

Abkürzungen: GZ=Güterzüge, RE/SE=Regional-/Stadt-Express, IC/IR= Intercity/Interregio

Die Schall 03 soll es ermöglichen, zu einem vorgegebenen Szenario und zu einem gegebenen Schienenzustand den dadurch verursachten Schienenverkehrslärm zu berechnen.

Werden parallel zu der Rechnung entsprechende Pegelmessungen durchgeführt, so soll der gemessene Schienenverkehrslärm gleich oder geringer als der berechnete sein (nach Voraussetzung (A)).

Der Grundwert wurde in der Schall 03 als Bezugsgrösse eingeführt: Bei einem gegebenen Schienenzustand soll dieser Wert für alle Zuggattungen gleich sein.

Damit ergibt sich die Eigenschaft (E1):

Wenn sich bei einem gegebenen Schienenzustand beim Zurückrechnen auf den Grundwert für eine Zuggattung ein höherer Grundwert ergibt als für die anderen Zuggattungen, dann ist das Berechnungsverfahren der Schall 03 in dem obigen Sinne zu korrigieren. (E1)

Unter der Voraussetzung, dass die in der Schall 03 angegebenen Berechnungsverfahren richtig sind, zeigt die *Tabelle 4* daher den Schienenzustand der drei Gleise:

	Maximaler Grundwert	Schienenzustand ¹
Barnstorf	50 dB(A)	büG, GPA = 1 dB(A)
Nörten-Hardenberg	49 dB(A)	büG, GPA = 2 dB(A)
Twistringen 1	49 dB(A)	büG, GPA = 2 dB(A)

Tabelle 5: Ergebnis des Vergleichs aus *Tabelle 4*

Die starken Schwankungen in der *Tabelle 4* können aus den Schwankungen der Emissionspegel der einzelnen Wagen erklärt werden (vergleiche *Tabelle 1*). Es wird davon ausgegangen, dass keines der Räder der vorbeigefahrenen Züge Flachstellen aufwies - ansonsten ist ein Vergleich der Schienenzustände nicht möglich, da bekannt sein müsste, an welchem Gleis ein Zug mit einem Flachstellen-Rad vorbeigefahren ist.

Ergebnis: Wenn an einem festen Messpunkt zu einem bestimmten Zeitpunkt Pegelmessungen zur Bestimmung des Schienenzustandes vorgenommen werden, so führen Pegelmessungen sowohl verschiedener Züge einer Zuggattung als auch Züge verschiedener Zuggattungen zu Grundwerten, deren Mittelungspegel um mindestens 5 dB(A) schwanken. Durch den maximalen Grundwert wird der Schienenzustand beschrieben².

3.4. Zusammenhang zwischen Vorbeifahrpegel und Schienenzustand

Um aus dem gemessenen Vorbeifahrpegel V eines Güterzuges den Schienenzustand beurteilen zu können, wird hier der Grundwert G aus dem Vorbeifahrpegel bestimmt. Dazu wird nach der Schall 03 der Stundenpegel $L_{m,E}$ für eine bestimmte Fahrbahnart und einen bestimmten Güterzug berechnet und daraus der Vorbeifahrpegel eines beliebigen Güterzuges bestimmt.

Es ist der Einfluss der Fahrbahnart zu berücksichtigen: Hier wird angenommen, dass ein Schotterbett mit Holzschwellen vorliegt (d.h. $D_{Fb} = 0$).

Für einen Güterzug wird der auf 100 m Länge normierte Stundenpegel S berechnet. Dabei wird berücksichtigt, dass nach einer Anmerkung in der Schall 03 ([1, Seite 12]) die Güterwagen in der Regel klotzgebremst sind. Daher ist hier $D_D = 10 \cdot \lg(5 - 0,04 \cdot p)$ mit $p = 100$, und es gilt nach der Schall 03

¹ Der Schienenzustand wird hier nach den Bezeichnungen aus [6] beschrieben:

büG: besonders überwacht Gleis

dgS: durchschnittlich guter Schienenzustand - Grundwert 51 dB(A)

sgG: schlecht gepflegtes Gleis

GPA: Gleispflegeabschlag

GPZ: Gleispflegezuschlag

² Sollte der Mittelungspegel zur Charakterisierung des Schienenzustandes verwendet werden, so entscheidet die Häufigkeit der "leisen" Züge: Je häufiger auch leise Züge vorbeifahren, desto geringer wird der Mittelungspegel. Damit würde der Schienenzustand als besser gelten, wenn während der Messzeit mehr leise Züge fahren.

$$L_{m,E} = [51 + D_{Fz} + D_D + D_l + D_v] + D_{Fb} + D_{Br} + D_{Bü} + D_{Ra}$$

also beträgt der für einen durchschnittlich guten Schienenzustand berechnete Stundenpegel hier

$$L_{m,E} = [51 + 0 + 7 + 0 + 0] + 0 + 0 + 0 + 0 = 58 \text{ dB(A)} \quad (1)$$

Der hier betrachtete Zug mit 100 m Länge und mit der Geschwindigkeit

$$\frac{100}{3,6} \frac{m}{s} = \frac{100000}{3600} \frac{m}{s} = 100 \frac{km}{h}$$

benötigt für die Vorbeifahrt 3,6 s. Daher wirkt während dieser Zeit der Vorbeifahrpegel V , der wie folgt aus dem Stundenpegel berechnet wird:

$$L_{m,E} = 10 \cdot \lg\left(\frac{3,6}{3600} \cdot V\right) = V + 10 \cdot \lg\left(\frac{3,6}{3600}\right) = V - 30 \text{ dB(A)} \quad (2)$$

Aus diesen beiden Formeln lässt sich auch für einen gegebenen Schienenzustand (und damit für einen gegebenen Grundwert) der Vorbeifahrpegel für einen Güterzug bestimmen: Auf einem Schotterbett mit Holzschwellen beträgt bei einem durchschnittlich guten Schienenzustand der Vorbeifahrpegel eines Güterzuges $V = 88 \text{ dB(A)}$.

Damit ergibt sich aus den Voraussetzungen (A) und (B):

Ergebnis: Bei einem durchschnittlich guten Schienenzustand darf nach der Schall 03 der gemessene Vorbeifahrpegel eines mit einer Geschwindigkeit von 100 km/h vorbeifahrenden Güterzuges höchstens 88 dB(A) betragen.

Ist der Vorbeifahrpegel höher, so muss der Schienenzustand (z.B. durch Schallschleifen) verbessert werden.

3.5. Szenarien von Güterzug-Vorbeifahrten

Nach der Formel (1) kann aus den einzelnen Vorbeifahrpegeln (für die einzelnen Wagen, für den ganzen Zug oder für mehrere Züge) der jeweilige Grundwert bestimmt werden. Für die in Tabelle 2 beschriebenen Güterzüge G_1 , G_2 und G_3 ergibt sich damit:

	Grundwert $G_{gemessen}$ (ganzer Zug)	
	Mittelungspegel	Maximalpegel
Güterzug G_1	44,2 dB(A)	44,3 dB(A)
Güterzug G_2	54,8 dB(A)	55,1 dB(A)
Güterzug G_3	51,1 dB(A)	55,1 dB(A)

Tabelle 6: gemessene Grundwerte für die in Tabelle 5 genannten Güterzüge

Der Schienenzustand war bei der Messung der Vorbeifahrpegel dieser Züge gleich. Nach Voraussetzung (B) wird der Schienenzustand überwacht: alle Mittelungspegel müssen unterhalb des den Schienenzustand beschreibenden Grundwertes liegen. Daher wird der Schienenzustand durch den Güterzug G_2 charakterisiert.

Ergebnis: Mit einem Grundwert von 55 dB(A) (bei Güterzug G_2) ist der Schienenzustand um 4 dB(A) schlechter als ein durchschnittlich guter Schienenzustand. Nach [6] wird dieses Gleis dann als

"schlecht gepflegtes Gleis mit Gleispflegezuschlag von 4 dB(A)"
 ("sgG mit GPZ=4 dB(A))"

bezeichnet.

3.5.1. Szenario 1

Während einer Stunde fahren an einem festen Messpunkt 16 Güterzüge des Typs G_2 und 4 Güterzüge des Typs G_3 vorbei. Es soll der Schienenzustand aufgrund einer Pegelmessung beurteilt werden.

Es wird zunächst der Mittelungspegel $M_{1,mittel}$ der Grundwerte und der Maximalpegel $M_{1,max}$ der gemessenen einzelnen Vorbeifahrpegel nach Tabelle 3 bestimmt: Es ist

$$M_{1,mittel} = 10 \cdot \log\left(\frac{1}{20} \cdot (16 \cdot 10^{(0,1 \cdot g_2)} + 4 \cdot 10^{(0,1 \cdot g_3)})\right) = 54,3 \text{ dB(A)} \text{ und } M_{1,max} = 55,1 \text{ dB(A)}$$

Ergebnis: Ein Szenario von 16 Güterzügen des Typs G_2 und 4 Güterzügen des Typs G_3 führt zu einem gemittelten Grundwert von 54 dB(A) und zu einem maximalen Grundpegel von 55 dB(A). Nach Voraussetzung (B) gilt dann:

Bezogen auf den gemittelten Grundwert ist dieses Gleis nach [6] ein

"schlecht gepflegtes Gleis mit Gleispflegezuschlag von 3 dB(A)"
("sgG mit GPZ=3 dB(A)")

und bezogen auf den maximalen Grundpegel ein "sgG mit GPZ=4 dB(A)".

3.5.2. Szenario 2

Wenn während dieser Stunde 15 Güterzüge des Typs G_1 und 5 Güterzüge des Typs G_3 vorbeigefahren wären, so würde sich aus den zugehörigen Vorbeifahrpegeln nach Tabelle 3 für Mittelungs- bzw. Maximalpegel folgende Werte ergeben:

$$M_{2,mittel} = 10 \cdot \log\left(\frac{1}{20} \cdot (15 \cdot 10^{(0,1 \cdot g_1)} + 5 \cdot 10^{(0,1 \cdot g_3)})\right) = 44,1 \text{ dB(A)} \text{ und } M_{2,max} = 55,1 \text{ dB(A)}$$

Ergebnis: Ein Szenario von 15 Güterzügen des Typs G_1 und 5 Güterzügen des Typs G_3 führt zu einem gemittelten Grundwert von 44 dB(A) und zu einem maximalen Grundpegel von 55 dB(A). Nach Voraussetzung (B) gilt dann:

Bezogen auf den gemittelten Grundwert ist dieses Gleis ein

"besonders überwacht Gleis mit Gleispflegeabschlag von 7 dB(A)"
("büG mit GPA=7 dB(A)")

und bezogen auf den maximalen Grundpegel ein "sgG mit GPZ=4 dB(A)".

3.6. Bestimmung des Schienenzustandes

Hier wird angenommen, dass die Szenarien 1 und 2 am gleichen Messpunkt und zur gleichen Zeit (bezogen auf den Schienenzustand) stattfanden. Dann sind die Ergebnisse zu vergleichen: Bezogen auf den maximalen Grundpegel ist der Schienenzustand bei beiden Szenarien gleich. Bezogen auf den gemittelten Grundpegel unterscheidet sich der Schienenzustand um 10 dB(A).

Um zu verhindern, dass im Szenario 2 zu einem anderen Zeitpunkt die Anzahl der Güterzüge vom Typ G_3 steigt und damit der gemessene Schienenverkehrslärm höher wird als der vorausberechnete, bestimmt der maximale Grundwert den Schienenzustand.

Ergebnis: Ein Vergleich verschiedener Szenarien ergibt: Durch den maximalen Grundwert wird der Schienenzustand beschrieben.

4. Ergebnis

Für einen vorgegebenen Schienenzustand gilt:

1. Infolge der starken Abhängigkeit des gemessenen Vorbeifahrpegels eines Güterzuges von der Art seiner Güterwagen bestimmt der Güterwagen mit dem maximalen Vorbeifahrpegel den Vorbeifahrpegel des ganzen Zuges.
2. Die Vorbeifahrpegel verschiedener Güterzüge können sich um mehr als 10 dB(A) unterscheiden.
3. Auch die Vorbeifahrpegel anderer Zuggattungen unterscheiden sich. Werden für jede Zuggattung jeweils die Mittelungspegel der einzelnen (ganzen) Züge berechnet, so können sich diese um mehr als 5 dB(A) unterscheiden.

Der maximale Vorbeifahrpegel charakterisiert den nach der Schall 03 zu berechnenden Grundwert.

Da bei einem vorgegebenen Schienenzustand das Berechnungsverfahren der Schall 03 für Züge jeder Zuggattung aus dem maximalen Vorbeifahrpegel den gleichen Grundwert liefern und dieser bei einem durchschnittlich guten Schienenzustand gleich 51 dB(A) sein soll, ist zur Bestimmung des Emissionspegels einer Zuggattung wie folgt vorzugehen:

Es ist zunächst ein Gleis mit durchschnittlich gutem Schienenzustand auszuwählen. Auf diesem sind die Vorbeifahrpegel aller möglichen Züge dieser Zuggattung bei einer Vorbeifahrtsgeschwindigkeit von 100 km/h zu messen. Der maximale Vorbeifahrpegel muss dann bei der Berechnung des Grundwertes nach der Schall 03 zu dem Wert von 51 dB(A) führen (zur Zeit gilt für Güterzüge der in Formel (1) beschriebene Zusammenhang).

Wenn an einem Gleis die maximale Geschwindigkeit für Güterzüge 100 km/h beträgt, so darf bei einem durchschnittlich guten Schienenzustand der Vorbeifahrpegel eines Güterzuges folgende Vorbeifahrpegel nicht überschreiten:

- bei einem Schotterbett und Holzschwellen den Wert von 88 dB(A)
- bei einem Schotterbett und Betonschwellen den Wert von 90 dB(A)
- bei einer nicht absorbierenden Fahrbahn den Wert von 93 dB(A).

Andernfalls muss das Gleis schallgeschliffen werden.

Literatur

[1] Akustik 03: *Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen (Schall 03)*. Ausgabe 1990. Informationen der DB, Zentralamt München.

[2] 16. BImSchV: *Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung)*. 12. Juni 1990.

[3] Müller-BBM: *Einfluß unterschiedlicher Oberflächenbehandlungen der Schienenfahrflächen: Luftschallpegelmessungen an zwei Abschnitten der Strecke Bremen-Diepholz*. Bericht 31416/1 vom 17.04.1996. Auftraggeber ZTQ 14, DB AG.

[4] Müller-BBM: *Geräuschemissionen von Schienenfahrzeugen*. Schlussbericht für das UBA-Vorhaben Nr. 10505806/7: Ermittlung und Fortentwicklung des Lärminderungspotentials beim Schienenverkehr und seine Umsetzung in Geräuschvorschriften und Minderung der Lärmemission von Güterwagen durch Optimierung lärmrelevanter Komponenten (insbesondere des Bremssystems). Bericht Nr. 32212/78. 1999

[5] Anlage 1a zu: EBA-Verfügung Pr. 1110 vom 16.03.1998: *Lärmschutz: Pegelabschlag für das "Besonders überwachte Gleis" (BüG)" gemäß Fußnote zur Tabelle C der Anlage 2 zu §3 der 16. BimSchV* EBA, Vorgebirgstrasse 49, 53119 Bonn.

[6] Windelberg, D.: *Lärmbelästigung durch ungepflegte Gleise*. Immissionschutz 5 (2000), 134-140.

[7] Windelberg, D.: *Theorie der Gleispflege*. Immissionschutz 7 (2000), 4-8.

[8] Jäger, K. und Onnich, H.: *Fortschritte und Besonderheiten bei der Reduzierung des Schienenverkehrslärms*. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 47 (2000), 206-210.

Dr. Dirk Windelberg, AG Qualität im Fachbereich Mathematik der Universität Hannover,
Welfengarten 1, 30167 Hannover.

homepage: im-03.iw.uni-hannover.de