

Spitzenpegel beim Schienenverkehrslärm*

U. Möhler, München

Zusammenfassung. Der Unterschied zwischen Spitzenpegel L_{\max} und Mittelungspegel L_m beim Schienenverkehrslärm beträgt bei ca. 10 Vorbeifahrten/h ca. 18 dB(A) und wird kleiner bei größerer Vorbeifahrthäufigkeit und größerem Abstand. Aus vorhandener Literatur geht hervor, daß der Mittelungspegel besser geeignet ist, die allgemeine Belästigung zu beschreiben, als der Spitzenpegel. Bei Anwendung des Spitzenpegels steigt der Schienenbonus um ca. 10 dB(A) auf 15 dB(A) an.

Schlüsselwörter: Lärmwirkung – Schienenverkehrslärm – Spitzenpegel

Peak levels of railway noise

Summary. The difference between peak level (L_{\max}) and the L_{Aeq} of railway noise amounts to about 18 dB(A) and is reduced with higher path-by frequency and distance from the railway line. According to existing literature the L_{Aeq} is a more appropriate measure as the peak level to describe general annoyancies. If the peak level is used to compare the annoyancies of railway and road-traffic noise, about 10 dB(A) are to be taken into account to the favour of railway noise in relation to the L_{Aeq} -comparison.

Key words: effects of noise – railway noise – peak level

Le niveau maximal du bruit ferroviaire

Résumé. La différence entre le niveau maximal L_{\max} et le niveau moyen L_m du bruit ferroviaire est à peu près 18 dB(A) par 10 passages du train dans l'heure. Elle se réduit quand la fréquence des passages et la distance deviennent plus grandes. Des études existantes montrent que le niveau moyen est plus approprié à décrire l'ennui général causé par le bruit que le niveau maximal. Quand on prend le niveau maximal pour comparer l'ennui du bruit causé par la circulation routière et ferroviaire on constate que la tendance favorisante pour le rail s'augmente d'environ 10 dB(A) à 15 dB(A).

Mots clés: effets du bruit – bruit ferroviaire – le niveau maximal

1 Allgemeines

In der öffentlichen Diskussion, bei Anhörungsterminen und Gerichtsverfahren wird immer wieder die Frage aufgeworfen, ob der Spitzenpegel oder der Mittelungspegel besser als Beurteilungsgröße für die Gestörtheitsreaktionen geeignet ist. Auch in Richtlinien und Normen werden Spitzenpegel und/oder Mittelungspegel sowohl als Meßeinheit wie auch als Beurteilungsgröße für die Beschreibung von Schienenverkehrslärm herangezogen. Schließlich werden in zahlreichen wissenschaftlichen Studien zur Wirkung von Schienenverkehrslärm Aussagen zu Spitzen- und Mittelungspegeln als Beschreibungsgröße für Gestörtheitsreaktionen getroffen.

Vorliegende Ausarbeitung soll einen Überblick über die in Normen und Richtlinien verwendeten Definitionen von Spitzenpegeln geben und diese auf ihre Anwendungsmöglichkeit für Schienenverkehrslärm (durchfahrende Züge) überprüfen.

2 Akustische Eigenschaften des Spitzenpegels

2.1 Spitzenpegel in Richtlinien und Normen

Im allgemeinen Sprachgebrauch wird unter dem Begriff »Spitzenpegel« oder »Maximalpegel« der höchste Schallpegel verstanden, der von einer Schallquelle in einem bestimmten Zeitraum ausgeht. In Normen und Richtlinien wird der Begriff Spitzenpegel genauer definiert:

In der DIN 45642 [6] wird der L_1 als mittlerer Spitzenpegel der vorbeifahrenden Fahrzeuge bei großer Verkehrsdichte festgelegt. L_1 ist der Schallpegelwert, der zu 1% der Meßzeit erreicht oder überschritten wird.

In der VDI 2719 [17] werden bei Außenlärm mit starken Pegelschwankungen die Pegelspitzen durch den mittleren Maximalpegel $\overline{L_{AF, \max}}$ berücksichtigt. (»Der mittlere Maximalpegel $\overline{L_{AF, \max}}$ in dB ist das energetische Mittel der Schallpegelspitzen. Er entspricht bei dichtem Straßenverkehrslärm im allgemeinen dem L_1 -Pegel.«)

In der TA-Lärm [15] gilt der Immissionsrichtwert für die Nachtzeit auch dann als überschritten, wenn ein Meßwert den Immissionsrichtwert um mehr als 20 dB(A) überschreitet.

Im Manuskript zum Weißdruck der DIN 4109 [3] wird der Spitzenpegel nur in besonderen Fällen berücksichtigt: »... in einem solchen Fall soll zusätzlich zum Mit-

* gefördert vom Bundesbahnzentralamt, München, Dezernat 103 [13]

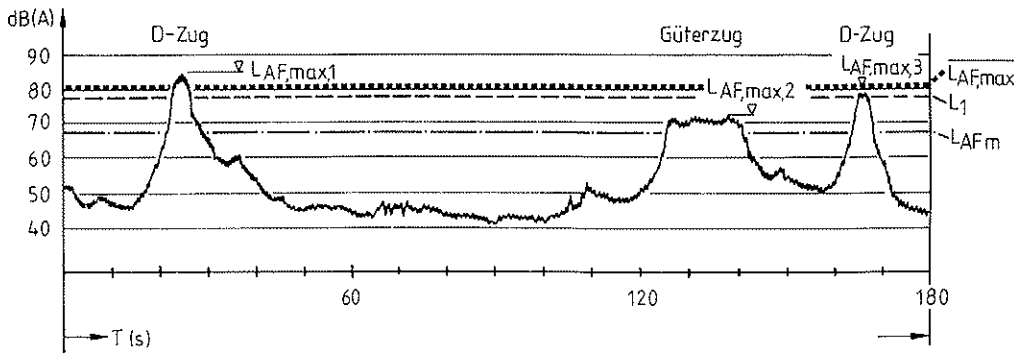


Bild 1. Definitionen von Mittelungspegel und Spitzenpegeln, dargestellt anhand eines Pegelschriebes

telungspegel der mittlere Maximalpegel $\overline{L_{AF,max}}$ bestimmt werden. Ergibt sich, daß im Beurteilungszeitraum (nicht mehr als 16 zusammenhängende Stunden eines Tages) der Mittelungspegel L_{AFm} häufiger um mehr als 15 dB(A) überschritten wird und die Differenz zwischen dem mittleren Maximalpegel $\overline{L_{AF,max}}$ und dem Mittelungspegel L_{AFm} größer als 15 dB(A) ist, so wird für den »maßgeblichen Außenlärmpegel« statt des Beurteilungspegels der Wert $\overline{L_{AF,max}} - 20$ dB(A) zugrunde gelegt.«

2.2 Vergleich des Spitzenpegels mit dem Mittelungspegel

Die oben aufgeführten Definitionen des Spitzenpegels sind anhand eines Pegelschriebes einer Messung an einer stark befahrenen Hauptabfuhrstrecke der Deutschen Bundesbahn in Bild 1 veranschaulicht und dem Mittelungspegel L_{AFm} gemäß DIN 45641 [5] gegenübergestellt.

Demnach können die Werte für die »Spitzenpegel« stark voneinander abweichen, je nachdem welche Norm oder Richtlinie als Grundlage herangezogen wird:

$$L_{AF,max,1} = 83 \text{ dB(A)}$$

$$L_{AF,max,2} = 71 \text{ dB(A)}$$

$$L_{AF,max,3} = 80 \text{ dB(A)}$$

$$\overline{L_{AF,max}} = 10 \log \left[\frac{1}{3} (10^{0,1 \cdot 83} + 10^{0,1 \cdot 80} + 10^{0,1 \cdot 71}) \right] =$$

$$= 80 \text{ dB(A)}$$

$$L_1 = 79 \text{ dB(A)}$$

(zum Vergleich: Der Schallpegelverlauf in Bild 1 entspricht einem $L_{AFm} = 68$ dB(A))

In den folgenden Ausführungen sollen diese Unterschiede begründet werden und Hinweise zur Quantifizierung dieser Unterschiede gegeben werden.

2.3 Unterschiede zwischen den »Spitzenpegeln«

L_1 , $L_{AF,max}$ und $\overline{L_{AF,max}}$

2.3.1 Unterschied zwischen L_1 und $L_{AF,max}$

Insbesondere von Interesse ist der L_1 , da dieser in der DIN 45642 [6] als Spitzenpegel definiert ist und in der Vergangenheit häufig auch für Schienenverkehrslärm angewandt wurde.

Der L_1 entspricht dann dem $L_{AF,max}$, wenn der Spitzenpegel $L_{AF,max}$ über einem Zeitraum auftritt, der mindestens 1% des Beurteilungszeitraumes entspricht. Legt man als Beurteilungszeitraum 1 Stunde zugrunde, muß demnach dieser Spitzenpegel über 36 Sekunden auftreten. Die Vorbeifahrtzeit von n Zügen ergibt sich zu:

$$t = \frac{l \cdot 3,6}{v} \cdot n$$

l = Zuglänge in m

v = Geschwindigkeit in km/h

n = Anzahl der Zugvorbeifahrten

Mit $t = 36$ sec ergibt sich die Beziehung für die Bedingung $L_1 = L_{AF,max}$:

$$n = \frac{v \cdot 10}{l}$$

Im nachfolgenden Bild 2 ist dieser Zusammenhang graphisch dargestellt. Legt man z. B. eine durchschnittliche Zuglänge von ca. 400 m bei D-Zügen und eine Geschwindigkeit von 160 km/h zugrunde, ist eine Vorbeifahrt häufigkeit von 4 Vorbeifahrten je Stunde notwendig.

Es zeigt sich, daß nur an stark belasteten Hauptabfuhrstrecken die notwendige Vorbeifahrt häufigkeit gegeben ist, damit der L_1 dem tatsächlichen Spitzenpegel $L_{AF,max}$ entspricht.

2.3.2 Unterschied zwischen $L_{AF,max}$ und $\overline{L_{AF,max}}$

Die Schallmessungen, die den Berechnungsformeln der Schall 03 [2] zugrundeliegen, ergeben für typische Zugkategorien, Geschwindigkeiten und Zuglängen die in Tabelle 1 aufgeführten Spitzenpegel $L_{AF,max}$ im Bezugsabstand von 25 m.

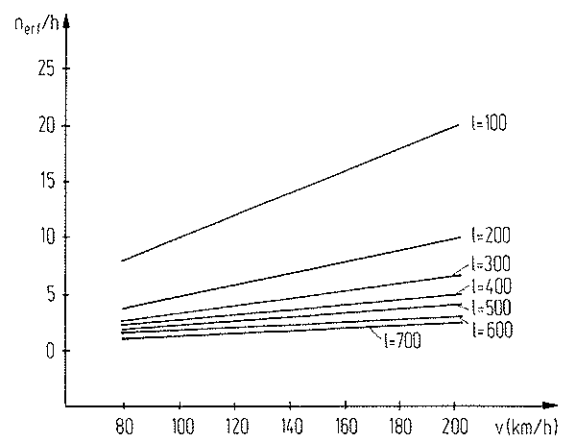


Bild 2. Erforderliche Mindestanzahl an Vorbeifahrten je Stunde, damit die Beziehung $L_1 = L_{AF,max}$ gilt. (Bei Unterschreitung der Anzahl n ist der L_1 kleiner als der $L_{AF,max}$.)

Tabelle 1. Spitzenpegel verschiedener Zuggattungen im Bezugsabstand von 25 m unter häufig stattfindenden Randbedingungen

Zuggattung	v (km/h)	L _{AF, max}
IC-E	250	85.5
IC/D	200	87
D ^a	160	94
Güterzüge ^a	100	86.5
Nahverkehrszüge ^a	100	87
Nahverkehrszüge	100	78
S-Bahn (Triebzug)	100	78

^a vorwiegend Klotz-gebremst

Daraus geht hervor, daß unter der Annahme der o. a. Geschwindigkeiten und Zuglängen (die den Bedingungen auf Hauptabfuhrstrecken entsprechen) je nach Zuggattung Unterschiede im Spitzenpegel von ca. 16 dB(A) auftreten. Somit können auch – je nach dem Anteil der entsprechenden Zuggattungen – in ungünstigen Fällen (z. B. S-Bahn-Verkehr mit gelegentlichem Güterverkehr) Unterschiede zwischen dem mittleren Maximalpegel $L_{AF, max}$ und dem größten Maximalpegel $L_{AF, max}$ in dem betrachteten Zeitraum von bis zu 10 dB(A) auftreten.

2.4 Unterschiede zwischen Spitzenpegel und Mittelungspegel

2.4.1 Spitzenpegel und Mittelungspegel in Abhängigkeit von der Vorbeifahrhäufigkeit

Der Zusammenhang zwischen Mittelungspegel und Spitzenpegel in Abhängigkeit von der Vorbeifahrhäufigkeit ist in dem in Bild 3 dargestellten theoretischen Beispiel aufgezeigt. Wie Bild 3 zeigt, nimmt – ohne Berücksichtigung der Einflußgröße der Schallausbreitung – der Unterschied zwischen Mittelungspegel und Spitzenpegel mit zunehmender Vorbeifahrhäufigkeit ab:

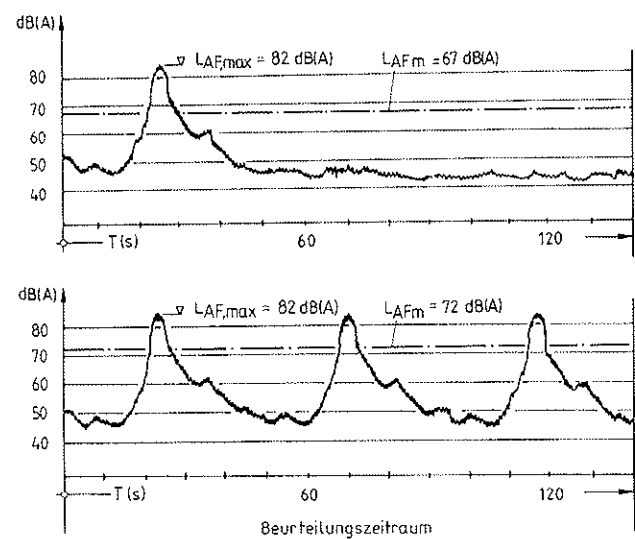


Bild 3. Qualitativer Verlauf des Schallpegels bei unterschiedlicher Vorbeifahrhäufigkeit

Bei gleichem »Maximalpegel« $L_{AF, max}$ ergibt sich:

$$L_{AFm, 1h} = 10 \log \left(\frac{1}{3600} \cdot 10^{(0,1 \cdot L_{AF, max})} \cdot t \cdot n \right)$$

mit $L_{AFm, 1h}$ = Mittelungspegel bezogen auf 1 h

$L_{AF, max}$ = Maximalpegel während einer Vorbeifahrt

t = Vorbeifahrtzeit für einen Zug (Einwirkzeit)

n = Anzahl der Vorbeifahrten in einer Stunde

Als Pegeldifferenz ΔL zwischen Mittelungspegel und Maximalpegel ergibt sich:

$$\Delta L = L_{AF, max} - L_{AFm, 1h}$$

$$\Delta L = 10 \log \cdot \left(\frac{3600}{t \cdot n} \right)$$

mit $t = \frac{l \cdot 3,6}{v}$ (siehe Abschn. 2.4.1)

ergibt sich:

$$\Delta L = 10 \log \cdot \left(\frac{1000 \cdot v}{l \cdot n} \right)$$

Der Zusammenhang zwischen Pegeldifferenz ΔL (Maximalpegel – Mittelungspegel) und der Vorbeifahrhäufigkeit ist in Bild 4 dargestellt. Bei »durchschnittlichen« Verhältnissen, wie sie oft an Hauptabfuhrstrecken angetroffen werden, liegt der Unterschied zwischen Spitzenpegel $L_{AF, max}$ und Mittelungspegel im Abstand von 25 m bei ca. 18 dB(A). Aus Bild 4 läßt sich ableiten, daß mit zunehmender Geschwindigkeit, aber auch mit abnehmender Zuglänge, die Differenz zwischen Spitzenpegel $L_{AF, max}$ und Mittelungspegel zunimmt.

2.4.2 Spitzenpegel und Mittelungspegel in Abhängigkeit von der Entfernung

Die Unterschiede zwischen Mittelungspegel und Spitzenpegel in Abhängigkeit von der Entfernung sollen qualita-

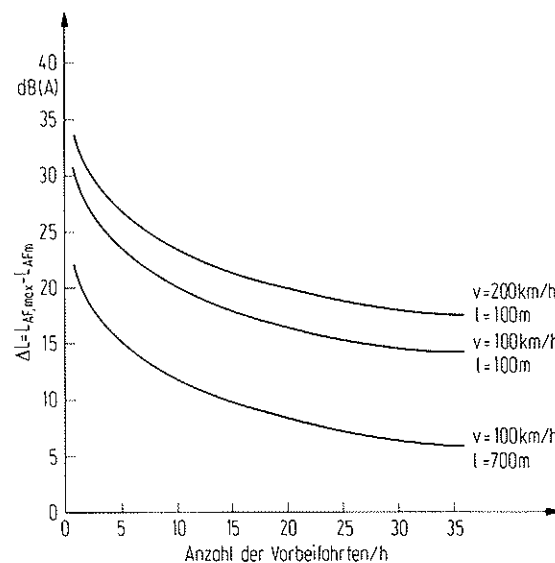


Bild 4. Pegeldifferenz Spitzenpegel – Mittelungspegel in Abhängigkeit von der Vorbeifahrhäufigkeit

tiv durch Bild 5 veranschaulicht werden. Durch Schallausbreitungsmessungen der Deutschen Bundesbahn [1] konnten folgende Zusammenhänge gefunden werden:

Pegelabnahme des Mittelungspegels:

$$L_{AFm} = 10,7 - 22,7 \log [(s/25) + 2]$$

Pegelabnahme des Spitzenpegels:

$$L_{AF,max} = 13,1 - 27,3 \log [(s/25) + 2]$$

mit s = Entfernung in m

Der aus diesen beiden Näherungsformeln errechnete Unterschied zwischen Spitzenpegel und Mittelungspegel ist in Bild 6 dargestellt.

Wie Bild 6 verdeutlicht, ist die entfernungsbedingte Pegelminderung des Spitzenpegels höher als die des Mittelungspegels. Dies bedeutet, daß die Pegeldifferenz zwischen Mittelungspegel und Spitzenpegel mit zunehmender Entfernung geringer wird.

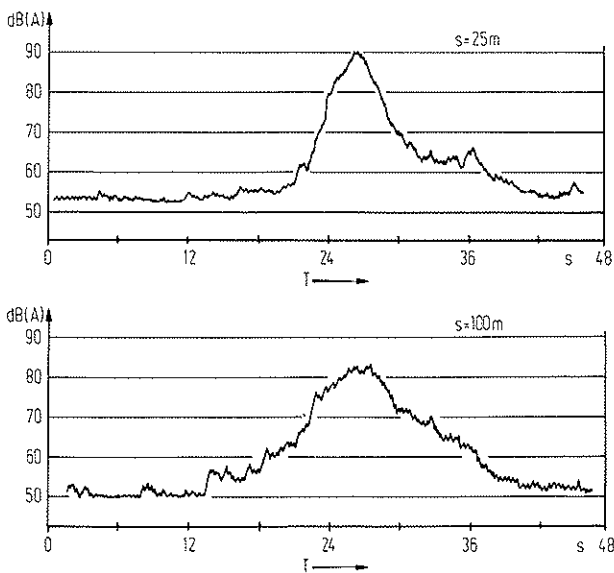


Bild 5. Qualitativer Verlauf des Schallpegels bei unterschiedlicher Entfernung

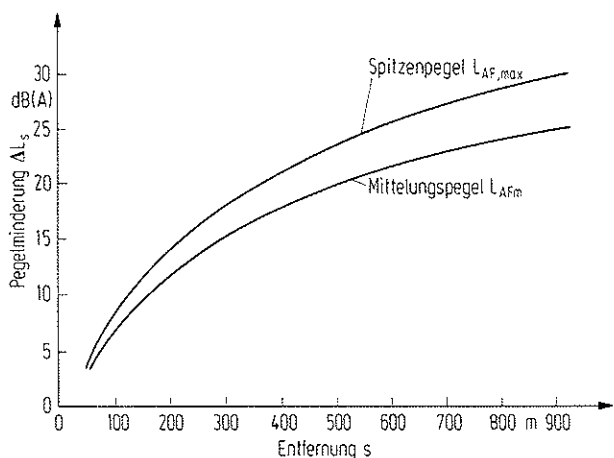


Bild 6. Pegelabnahme bei Spitzenpegel/Mittelungspegel in Abhängigkeit von der Entfernung

3 Spitzenpegel als Beschreibungsgröße für die Gestörtheitswirkung von Schienenverkehrslärm

In der öffentlichen Diskussion wird immer wieder gefordert, neben dem Mittelungspegel auch den Spitzenpegel als Beurteilungsgröße heranzuziehen. Dabei stützt man sich derzeit auf Grenzwerte bzw. Orientierungswerte für Spitzenpegel, die in der TA-Lärm [15], VDI 2058 [16] und VDI 2719 [17] aufgeführt sind.

Zusammenfassend lassen die zitierten Normen und Richtlinien Spitzenpegel als Beurteilungsmaßstab in folgenden Größenordnungen zu:

- Als Außenpegel nachts zwischen 55 dB(A) (bei reinen Wohngebieten) und 65 dB(A) (bei Misch-Kerngebieten).
- Als Innenpegel nachts zwischen 35 dB(A) (bei reinen/allgemeinen Wohngebieten) und 45 dB(A) (bei den übrigen Gebieten).

3.1 Spitzenpegel in der Lärmwirkungsforschung

3.1.1 Spitzenpegel als Grenzwert

In den meisten der in einer Literaturstudie über Schienenverkehrslärm [10, 12] untersuchten Studien (insgesamt 37 Studien) wurden keine Aussagen zu Grenzwerten getroffen, da generell die individuelle Streuung in den Reaktionen der Betroffenen so hoch war, daß eine Festlegung von Grenzwerten den meisten Forschern als willkürlich erschien. Die wenigen Untersuchungen, die für eine Grenzwert-Aussage herangezogen werden können, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Nach Vernet [19] werden bei einem Spitzenpegel im Schlafraum unter 45 dB(A) keine, bei einem Spitzenpegel von 70 dB(A) bei 25% aller Schallereignisse (vorbeifahrende Züge) physiologisch meßbare Schlafstörungen registriert. Erste Aufwachreaktionen werden bei Spitzenpegeln größer als 52 dB(A) (im Schlafraum) festgestellt. (Bei geöffnetem Fenster, dem eine Dämmwirkung von 15 dB(A) zugrunde gelegt wird, entsprechen 52 dB(A) innen einem Außenpegel von 67 dB(A); 70 dB(A) innen entsprechen 85 dB(A) außen.)

Flindell [7] schlägt als Grenzwert einen Spitzenpegel von 75–80 dB(A) (außen) für den Zeitbereich Nacht vor. (Dieser Wert konnte jedoch nicht durch empirische Daten begründet werden.) Dies entspricht unter der Annahme eines geöffneten Fensters einem Innenraumpegel von 60–65 dB(A).

Eine japanische Untersuchung von Sone et al. [14] leitet aus einer Befragung an Hochgeschwindigkeitsstrecken als Zumutbarkeitsgrenze einen Spitzenpegel von 70 dB(A) außen ab, was einem Innenraumpegel von 55 dB(A) entspricht. (Dieser Grenzwert ist jedoch aufgrund der japanischen Mentalität und der dortigen »leichten« Bauweise nicht unbedingt auf europäische Verhältnisse übertragbar.)

Nach VDI 3722 [18] können Kommunikationsstörungen auftreten, wenn bei der Unterhaltung der Kurzzeitmittelungspegel unter 42 dB(A) (innen) bei einem Sprecher-Hörerabstand von ca. 1 m liegt. Bei einem Störgeräuschpegel von mehr als 60 dB(A) (innen) müßte der Sprecher unter den gleichen Randbedingungen zu einer lauten, teilweise verzerrten Sprache übergehen, die Unterhaltung würde dann auf das Notwendige beschränkt.

Einschränkend muß hierzu bemerkt werden, daß die in der VDI-Richtlinie beschriebenen Aussagen zu Kommu-

nikationsstörungen auf den Ergebnissen von Laborstudien beruhen und sicherlich bei ständig einwirkendem Lärm (z. B. Straßenverkehrslärm, Industrielärm) zutreffen.

Bei intermittierendem Lärm wie Schienenverkehrslärm ist durch die meist langen Ruhepausen zwischen den Schallereignissen die Möglichkeit gegeben, die Unterhaltung während der Zugvorbeifahrt zu unterbrechen und diese in den Ruhepausen fortzusetzen oder für die Zeit der Vorbeifahrt mit angehobener Stimme die Unterhaltung weiterzuführen.

3.1.2 Spitzenpegel im Vergleich zum Mittelungspegel als Beurteilungsmaßstab für Gestörtheitsreaktionen

In einigen Untersuchungen wurde die Eignung des Mittelungspegels L_{AFm} als Maß für die Belästigungsreaktion im Vergleich zum Spitzenpegel $L_{AF,max}$ durch statistische Auswertungen bestimmt. Übereinstimmend ist aus diesen Untersuchungen zu schließen, daß der Mittelungspegel L_{AFm} einen besseren Zusammenhang mit der allgemeinen Belästigung aufweist als der Spitzenpegel $L_{AF,max}$.

Dies zeigt sich daran, daß mit zunehmendem Mittelungspegel die Gestörtheitsreaktionen mit relativ geringen Schwankungen ansteigen, dagegen unterliegen die Gestörtheitsreaktionen bei zunehmendem Spitzenpegel starken Schwankungen. Dies läßt den Schluß zu, daß die Gestörtheitsreaktionen nicht nur vom Spitzenpegel, sondern auch von den Ruhepausen und den Hintergrundgeräuschen, die im Mittelungspegel zusätzlich enthalten sind, beeinflusst werden.

3.2 Lästigkeitsunterschiede bei Mittelungspegeln und Spitzenpegeln

Die meisten Studien, die sich mit Lästigkeitsunterschieden zwischen Schienen- und Straßenverkehrslärm beschäftigt haben, quantifizieren den Unterschied auf der Basis von Mittelungspegeln. Demnach ergibt sich ein Schienenbonus von 10 dB(A) bei Nacht. Die Bonus-schätzung unter Zugrundelegung des Spitzenpegels ergibt folgendes Bild:

Vorausgesetzt wird, daß der Unterschied zwischen Spitzenpegel und Mittelungspegel bei Straßenverkehr bei etwa 8 dB(A) liegt, bei Schienenverkehrslärm bei 18 dB(A). Unter Verwendung des anerkannten Schätzverfahrens der IF-Studie [9] ergeben sich die in Bild 7

dargestellten Bonuswerte. Demnach wird der Schienenbonus unter Verwendung der Spitzenpegel um ca. 10 dB(A) größer. (Dies entspricht der Differenz im Unterschied zwischen Spitzenpegel und Mittelungspegel.)

Dieses Verhalten wird auch durch die Auswertungen von [8] unterstützt, der voneinander unabhängige Bonus-schätzungen auf der Basis des Mittelungspegels und des Spitzenpegels L_1 (siehe Einschränkungen in Abschn. 2) durchgeführt hat.

Ergebnis dieser Schätzungen war, daß der Bonus des Spitzenpegels um ca. 10 dB(A) höher ausfällt als derjenige des Mittelungspegels.

Auf eine deutlich geringere Störwirkung des Schienenverkehrs gegenüber Straßenverkehr gerade bei Kommunikationsstörungen und Schlafstörungen weist auch eine Untersuchung über die Fensterstellgewohnheiten [11] hin. In dieser Untersuchung konnte nachgewiesen werden, daß bei Schienenverkehrslärm sowohl tagsüber wie nachts auch bei hohen Schallpegeln die Fenster geöffnet bleiben, während diese bei Straßenverkehrslärm geschlossen werden.

4 Schlußfolgerungen

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Anwendbarkeit von Spitzenpegel und Mittelungspegel beim Schienenverkehrslärm aus akustischer Sicht und aus Sicht der Lärmwirkung betrachtet. Als Ergebnis dieser Untersuchungen läßt sich zusammenfassen:

- Im Abstand von 25 m beträgt der Unterschied zwischen Spitzenpegel und Mittelungspegel bei einer häufig im Streckennetz der Bundesbahn vorkommenden Streckenbelastung von ca. 10 Vorbeifahrten/h im Mittel 18 dB(A). Dieser Unterschied wird kleiner bei größerer Vorbeifahrthäufigkeit und größerem Abstand zur Schallquelle.
- In der Lärmwirkungsforschung besteht weitgehend Einigkeit darüber, daß der Mittelungspegel besser geeignet ist, die allgemeine Belästigung durch Schienenverkehrslärm zu beschreiben, als der Spitzenpegel. Einzelne Gestörtheitsreaktionen, wie z. B. Kommunikations- oder Schlafstörungen, können dagegen zusätzlich durch den Spitzenpegel gekennzeichnet werden.

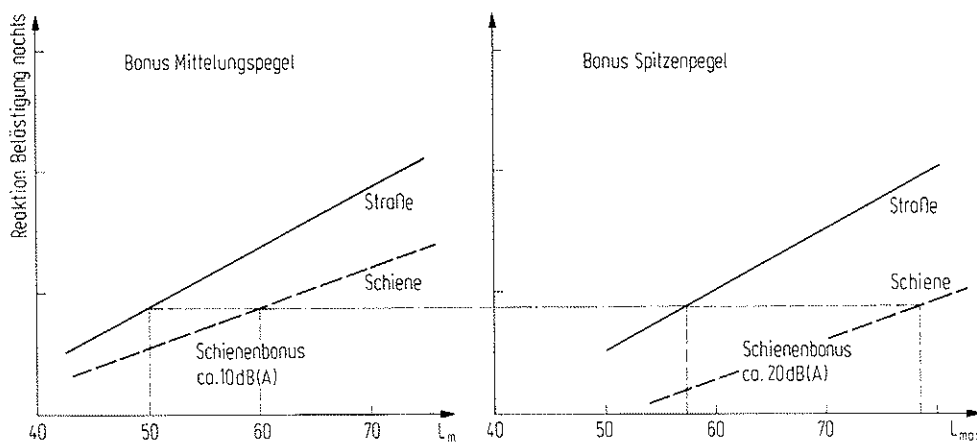


Bild 7. Bonusschätzung bei Mittelungspegel und Spitzenpegel

Grenzwerte, ab denen die auftretenden Spitzenpegel nicht mehr zumutbar sind, können aus den nur wenigen vorhandenen Untersuchungen zu diesem Thema nicht abgeleitet werden.

- Der Lästigkeitsunterschied zwischen Straßen- und Schienenverkehrslärm, der auf der Basis von Mittelungspegeln mit einem »Schienenbonus« von 5 dB(A) in Normen, Richtlinien und in der Gesetzgebung berücksichtigt wird, würde auf der Basis von Spitzenpegeln 15 dB(A) betragen.

Abschließend soll noch kurz auf die Auswirkung einer möglichen Anwendung von Spitzenpegeln bei der Beurteilung von Schienenverkehrslärm in der Praxis eingegangen werden.

Die Anwendung des *Spitzenpegels* (ob isoliert betrachtet oder zusammen mit dem Mittelungspegel) erfordert zunächst eine wissenschaftliche Absicherung der festzulegenden Zumutbarkeitsgrenzen für Spitzenpegel, wobei sicherlich wiederum eine Differenzierung in Tag-Nachtbereiche und/oder Aufenthaltsbereiche (Wohnraum, Büro) zu treffen wäre.

Bei *alleiniger Anwendung des Spitzenpegels* als Grenzwert wäre keine Unterscheidung möglich, ob ein oder mehrere Schallereignisse stattfinden. Sicher ist aber, daß die Störwirkung eines Schallereignisses wesentlich geringer ist als diejenige mehrerer Ereignisse. Somit erscheint eine alleinige Anwendung von Spitzenpegeln als Beurteilungsgröße wenig sinnvoll.

Bei Anwendung von *Spitzenpegeln und Mittelungspegeln* wäre die Einführung neuer Berechnungsverfahren für die Ermittlung des Spitzenpegels erforderlich. Der Berechnungsaufwand bei der Planung von Schienenverkehrsanlagen würde sich nahezu verdoppeln. Darüber hinaus ist dann die Beurteilung von Lärmsituationen für Behörden, Planer und Betroffene nur noch schwer nachvollziehbar.

Literatur

1. Deutsche Bundesbahn, Versuchsanstalt München: Schallausbreitungsmessungen in großen Entfernungen, Bericht 85621, 1980
2. Deutsche Bundesbahn, Bundesbahnzentralamt: Richtlinien zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen, Schall 03-E, 1989
3. DIN 4109: Schallschutz im Hochbau, Manuskript für Norm, 1988

4. DIN 18005, Teil 1: Schallschutz im Städtebau, Mai 1987
5. DIN 45641: Mittelungspegel und Beurteilungspegel zeitlich schwankender Schallvorgänge, Juni 1976
6. DIN 45642: Messung von Verkehrsgeräuschen, 1974
7. Flindeli, I. O.: Reaction to transportation noise – a comparative study with especial reference to railway noise. ISVR Southampton, 1983
8. Holzmann, E.: Ermittlung der Belästigung durch Verkehrslärm in Abhängigkeit von Verkehrsmittel und Verkehrsdichte in einem Ballungsgebiet. Forschungsarbeit des Verkehrswissenschaftlichen Instituts an der Universität Stuttgart, Bericht 13, 1978
9. IF-Studie II: Interdisziplinäre Feldstudie über die Besonderheiten des Schienenverkehrslärms gegenüber dem Straßenverkehrslärm. (Erweiterte Untersuchung.) Bericht über ein Forschungsvorhaben zum Verkehrslärmschutzgesetz im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Band I und II (Forschungsnr. 70081/80). München/Bonn: Planungsbüro Obermeyer, 1983
10. Möhler, U.; Schuemer-Kohrs, A.: Literaturstudie über die Lästigkeitswirkung von Schienenverkehrslärm allein und im Vergleich zu anderen Lärmquellen. Bericht im Auftrag des Office für Research and Experiments of the International Union of Railways (ORE). DT 170 (c 163), Planungsbüro Obermeyer, Utrecht 1985
11. Möhler, U.: Zum Einfluß der Fensterstellung auf die Lästigkeitswirkung von Verkehrslärm. Fortschritte der Akustik, DAGA '87, 1987
12. Möhler, U.: Community response to railway noise – a review on social surveys, Journal of Sound and Vibration 120 (1988) 321 – 332
13. Möhler, U.: Spitzenpegel beim Schienenverkehrslärm. Informationsschrift der Deutschen Bundesbahn, Bundesbahnzentralamt, Dezernat 103, März 1989
14. Sone, T. et al.: Effects of high speed train noise on the community along a railway. Journal of Sound and Vibration 29 (1973) 214 – 224
15. TA-Lärm, Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm, Juli 1968
16. VDI 2058, Blatt 1: Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft, September 1985
17. VDI 2719: Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen, August 1987
18. VDI 3722: Wirkungen von Verkehrsgeräuschen, 1988
19. Vernet, M.: Effect of train noise on sleep for people living in houses bordering the railway line. Journal of Sound and Vibration 66 (1979) 483 – 492

Dipl.-Ing. U. Möhler
Ingenieurbüro für Verkehrs- und Umweltplanung
Horemansstr. 31
D-8000 München 19