

## Berücksichtigung des Schienenverkehrslärms in der DIN 4109, Schallschutz im Hochbau

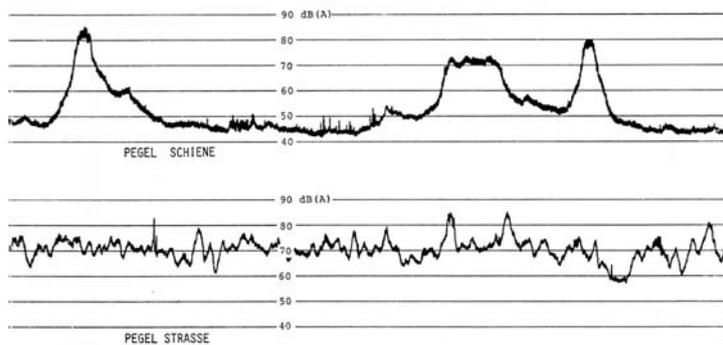
Ulrich Möhler

*ulrich.moehler@mopa.de*

Möhler+Partner Ingenieure AG  
Landaubogen 10  
81373 München

### 1 Allgemeines

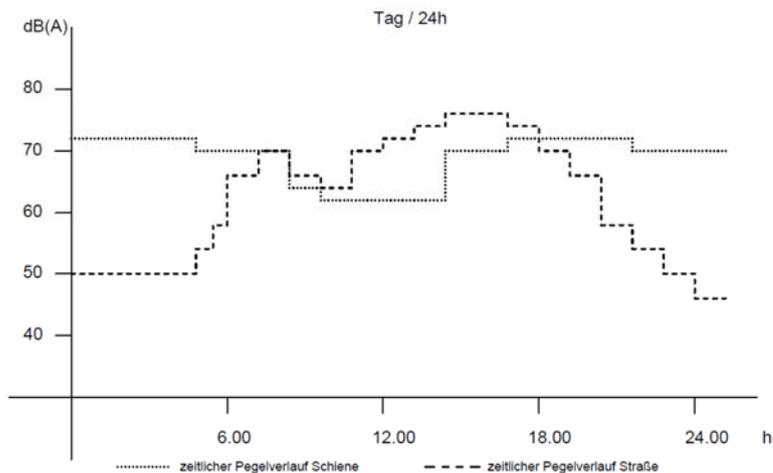
Für Schienen- und Straßenverkehrslärm gelten in den einschlägigen Richtlinien und Verordnungen meist die gleichen Beurteilungskriterien. So kommen z.B. in der Verkehrslärmschutzverordnung (16.BImSchV), in der DIN 18005, Schallschutz im Städtebau und in der DIN 4109, Schallschutz im Hochbau für diese beiden Schallquellen die gleichen Immissionsgrenzwerte, Orientierungswerte bzw. maßgeblichen Außenlärmpegel zur Anwendung, obwohl die Geräuschcharakteristik dieser beiden Schallquellen stark unterschiedlich ist, wie unten aufgeführte Abbildungen zeigen.



**Abbildung 1:** Pegel – Zeit – Verlauf von Schienen- und Straßenverkehrslärm im Abstand von ca. 25 m bei etwa gleichem Mittelungspegel

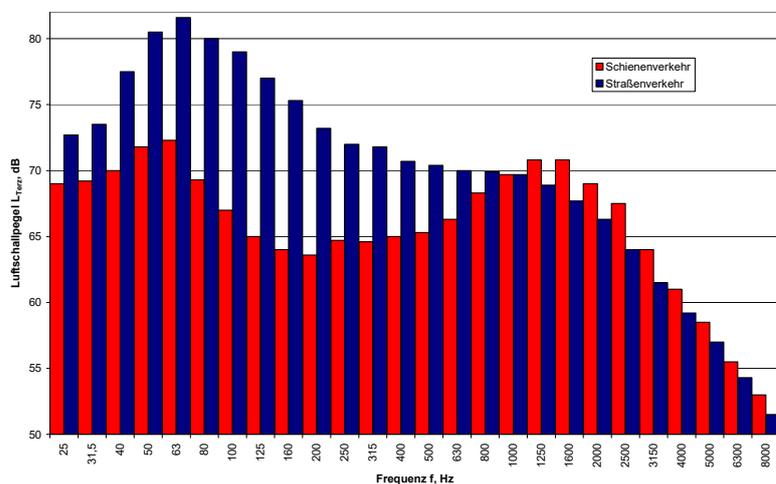
Die Abbildung 1 zeigt, dass bei gleichem Mittelungspegel die Pausendauer beim Schienenverkehrslärm zwischen zwei Schallereignissen wesentlich größer, der Maximalpegel eines Schienenverkehrsgeräusches wesentlich höher ist.

Auch im tageszeitlichen Verlauf unterscheiden sich – und Schienen- und Straßenverkehrslärm stark:



**Abbildung 2:** Typische Tagesganglinien des stündlichen Mittelungspegels von Schienen- und Straßenverkehrslärm über 24 Stunden

Der tageszeitlich Verlauf des stündlichen Mittelungspegels des z.B. innerstädtischen Straßenverkehrs weist einen starken Rückgang nach der abendlichen Spitzenstunde um ca. 18:00 Uhr auf und reduziert sich nachts, zwischen 22:00 Uhr und 06:00 Uhr auf ein relative geringes Niveau, während beim Schienenverkehr gerade im Nachtzeitraum kein Rückgang zu verzeichnen ist, da in diesem Zeitraum vorwiegend der Güterverkehrs abgewickelt wird. Abweichungen von diesen typischen Verläufen ergeben sich insbesondere bei Autobahnen mit eher geringeren Unterschieden zwischen den Tages- und Nachtzeiträumen oder bei reinen Personenstrecken des Schienenverkehrs mit eher geringeren Verkehrsmengen bei Nacht.



**Abbildung 3:** Typische unbewertete Frequenzspektren von Schienen- und Straßenverkehrslärm

Der Vergleich typischer Frequenzspektren des Straßen- und Schienenverkehrs weist beim Straßenverkehr eine Tendenz zu eher tiefen Frequenzen auf, während beim Schienenverkehr eine 2-gipflige Verteilung zu tiefen- und hohen Frequenzen festzustellen ist. Das Frequenzspektrum variiert jedoch stark in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit, der Fahrzeugart und den Fahrbahnarten.

Es wurde vermutet, dass u.a. diese grundlegenden akustischen Unterschiede zwischen den beiden Verkehrslärmquellen zusammen mit psychologischen Faktoren (z.B. Einstellung zur Bahn) die empfundene

Belästigung durch die Verkehrslärmgeräusche beeinträchtigt. Diese Effekte wurden in den 1980 iger Jahren durch Studien untersucht. Schließlich wurde in der Verkehrslärmschutzverordnung 1990 dieser Unterschied mit einem Wert von 5 dB als sog. Schienenbonus eingeführt. Dieser Schienenbonus wurde durch eine Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 02.Juli 2013 für Schienenbahnen mit Wirkung ab 01.01.2015, für Straßenbahnen mit Wirkung ab 01.01.2019, wieder abgeschafft; Gründe dazu waren u.a., dass der Schienenbonus aufgrund der hohen Zuwächse des Schienenverkehrs nicht mehr zeitgemäß ist.

Die DIN 4109, Schallschutz im Hochbau, regelt in Teil 1, Mindestanforderungen, unter anderem den Schutz vor Außenlärm. Dort werden die Anforderungen an die Luftschalldämmung zwischen Außen und Räumen in Gebäuden in Abhängigkeit vom „maßgeblichen Außenlärm“ festgelegt. Zur Ermittlung des „maßgeblichen Außenlärms“ wird auf die DIN 4109-2 und 4109-4 verwiesen. In der „DIN 4109-2, Schallschutz im Hochbau Teil 2, Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen“ werden in Abschnitt 4.5.5.2 Hinweise auf die rechnerische Ermittlung des maßgeblichen Außenlärms für Schienenlärm gegeben. In der „DIN 4109-4: Schallschutz im Hochbau-Teil 4, Baukaustische Prüfungen“ werden im normativen Anhang C, Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels durch Messungen, die messtechnische Ermittlung und Beurteilung des Schienenverkehrslärms, beschrieben.

In folgenden Ausführungen werden die Besonderheiten des Schienenverkehrslärms im Zusammenhang mit den Anwendungen der DIN 4109 dargestellt und erläutert. Schließlich werden zur Anwendung in der Praxis Empfehlungen und Hinweise unterbreitet.

## 2 Rechnerische Ermittlung des maßgeblichen Außenlärms aus Schienenverkehr

Die Anforderungen an den Außenlärm werden in Abschnitt 7.1 der DIN 4109-1:2018-01 festgelegt. Zur Ermittlung des maßgeblichen Außenlärms wird auf DIN 4109-2 verwiesen.

### 7.1 Anforderungen an Außenbauteile unter Berücksichtigung unterschiedlicher Raumarten oder Nutzungen

Die Anforderungen an die gesamten bewerteten Bau-Schalldämm-Maße  $R'_{w,ges}$  der Außenbauteile von schutzbedürftigen Räumen ergibt sich unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Raumarten nach Gleichung (6):

$$R'_{w,ges} = L_a - K_{Raumart} \quad (6)$$

Dabei ist

$K_{Raumart} = 25$  dB für Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien;

$K_{Raumart} = 30$  dB für Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume und Ähnliches;

$K_{Raumart} = 35$  dB für Büroräume und Ähnliches;

$L_a$  der Maßgebliche Außenlärmpegel nach DIN 4109-2:2018-01, 4.5.5.

Die Ermittlung des gesamten bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes erfolgt zunächst unabhängig vom Bezugszeitraum Tag oder Nacht und auch unabhängig von der betrachteten Verkehrslärmquelle. Für Fluglärm wird auf das Fluglärmgesetz verwiesen.

In DIN 4109-2:2018-01 wird zur Ermittlung des maßgeblichen Außenlärms unter Punkt 4.4.5.1 ausgeführt:

Zur Bestimmung des maßgeblichen Außenlärmpegels werden die Lärmbelastungen in der Regel berechnet.

Der maßgebliche Außenlärmpegel nach DIN 4109-1:2018-01, 7.2, ergibt sich

- für den Tag aus dem zugehörigen Beurteilungspegel (6:00 Uhr bis 22:00 Uhr),
- für die Nacht aus dem zugehörigen Beurteilungspegel (22:00 Uhr bis 6:00 Uhr) plus Zuschlag zur Berücksichtigung der erhöhten nächtlichen Störwirkung (größeres Schutzbedürfnis in der Nacht); dies gilt für Räume, die überwiegend zum Schlafen genutzt werden können.

Maßgeblich ist die Lärmbelastung derjenigen Tageszeit, die die höhere Anforderung ergibt.

Beim Schienenverkehrslärms liegt erfahrungsgemäß der Beurteilungspegel tags und nachts bei Strecken mit Güterverkehr (Fernverkehr- und Nahverkehrsstrecken) meist in der gleichen Größenordnung, so dass der maßgebliche Außenlärmpegel beim Schienenverkehrslärm überwiegend durch den Nachtzeitraum geprägt wird. Die höheren Anforderungen ergeben sich beim Schienenverkehrslärm somit für den Nachtzeitraum. Das größere Schutzbedürfnis in der Nacht wird bei den einschlägigen Richtlinien und Normen (16.BImSchV, DIN 18005) mit einem gegenüber dem Tageswert um 10 dB reduzierten Immissionsgrenzwert bzw. Orientierungswert berücksichtigt.

In der Anmerkung zu Abschnitt 4.5.5.1 wird zusätzlich ausgeführt:

**ANMERKUNG** Bei den Anforderungen zum Schutz gegen Außenlärm werden in DIN 4109-1 Maximalpegel nicht berücksichtigt. Bei Verkehrsgeräuschen mit starken Pegelschwankungen kann jedoch die Berücksichtigung der Pegelspitzen zur Kennzeichnung einer erhöhten Störwirkung zusätzliche Informationen zur Auslegung des Schallschutzes liefern; in einem solchen Fall sollte zusätzlich zum Mittelungspegel der Maximalpegel bestimmt werden.

Zur Ausführung von Messungen siehe DIN 4109-4:2016-07, Anhang C.

Wie Abbildung 1 gezeigt hat, liegen gerade bei Schienenverkehrslärm «starke Pegelschwankungen» vor, daher erscheint die Ermittlung des Maximalpegels für zusätzliche Informationen erforderlich.

Speziell zum Schienenverkehr wird unter Punkt 4.5.5.3

#### **4.4.5.3 Schienenverkehr**

Bei Berechnungen sind die Beurteilungspegel für den Tag (6:00 Uhr bis 22:00 Uhr) bzw. für die Nacht (22:00 Uhr bis 6:00 Uhr) nach der 16. BImSchV zu bestimmen, wobei zur Bildung des maßgeblichen Außenlärmpegels zu den errechneten Werten jeweils 3 dB(A) zu addieren sind.

Beträgt die Differenz der Beurteilungspegel zwischen Tag minus Nacht weniger als 10 dB(A), so ergibt sich der maßgebliche Außenlärmpegel zum Schutz des Nachtschlafes aus einem 3 dB(A) erhöhten Beurteilungspegel für die Nacht und einem Zuschlag von 10 dB(A).

Aufgrund der Frequenzzusammensetzung von Schienenverkehrsgeräuschen in Verbindung mit dem Frequenzspektrum der Schalldämm-Maße von Außenbauteilen ist der Beurteilungspegel für Schienenverkehr pauschal um 5 dB zu mindern.

Für die Durchführung von Messungen gelten die Festlegungen nach DIN 4109-4:2016-07, C.2 und C.5.

Durch die in der Fassung der DIN 4109-2:2018-1 neu hinzugefügte Korrektur von 5 dB wird berücksichtigt, dass die Wirksamkeit der Schalldämmung von Außenbauteilen bei Geräuschen mit eher höheren Frequenzen (z.B. Personenzüge) besser ist als bei Geräuschen mit eher tiefen Frequenzen (z.B. Straßen) (vgl. Abbildung 3). Dieser Sachverhalt wurde bereits in der VDI 2719, Schalldämmung von Außenbauteilen, 1987, und in der 24. BImSchV beschrieben.

Auszug aus VDI 2719:

**Tabelle 7. Korrektursummanden  $K$  in dB für übliche Verkehrssituationen**

Immissionsorte an	$K$ in dB
– Bahnstrecken mit überwiegendem Personenverkehr	0
– übrigen Bahnstrecken	3
– innerstädtischen Straßen	6
– anderen Straßen	3
– Verkehrsflughäfen *)	6

\*) Bei anderen Luftfahrzeuggeräuschen kann, solange keine entsprechenden Untersuchungsergebnisse vorliegen, mit  $K = 6$  dB gerechnet werden.

Auszug aus 24.BImSchV

**Tabelle 2  
Korrektursummand  $E$  in dB  
für bestimmte Verkehrswege**

	Verkehrswege	$E$ in dB
	1	2
1	Straßen im Außerortsbereich	3
2	Innerstädtische Straßen	6
3	Schienenwege von Eisenbahnen allgemein	0
4	Schienenwege von Eisenbahnen, bei denen im Beurteilungszeitraum mehr als 60% der Züge klotzgebremste Güterzüge sind, sowie Verkehrswege der Magnetschwebbahnen	2
5	Schienenwege von Eisenbahnen, auf denen in erheblichem Umfang Güterzüge gebildet oder zerlegt werden	4
6	Schienenwege von Straßenbahnen nach § 4 PBefG	3

Nach einer Normierung der Korrekturen auf innerstädtische Straßen für die Anwendung in der DIN 4109 liegen die dort aufgeführten Korrekturen zwischen 6 dB für Bahnstrecken mit überwiegend Personenverkehr und 2 dB für Bahnstrecken mit überwiegend klotzgebremsten Güterzügen.

Aus fachlicher Sicht ist die in DIN 4109-2:2018-1 vorgeschlagene pauschale Minderung des Beurteilungspegels für Schienenverkehr von 5 dB zu hinterfragen, da die Korrektur in der Praxis in Abhängigkeit vom jeweiligen Betriebsprogramm auf den zu betrachtenden Bahnstrecken (z.B. reiner S-Bahnverkehr, reiner Güterverkehr, Tag- Nachtverteilung der Zugarten) zum einen stark unterschiedlich ausfallen kann; zum anderen erscheint die Festlegung als Pauschalwert zu hoch angesetzt und nicht belegt. In dem Beitrag zur DAGA 2017 von Liegl et. al. «Baulicher Schallschutz gegen Außenlärm an Schienenwegen», wurde in Vergleichsrechnungen dargestellt, dass auf der Grundlage der in der Schall 03, 2015, zugrunde gelegten Frequenzspektren für den Schienenverkehrslärm eine Korrektur von 3 dB angemessen wäre.

Durch das Berechnungsverfahren der Schall 03, 2015, besteht grundsätzlich die Möglichkeit, das zur Bemessung der Außenbauteile zugrunde zulegende Frequenzspektrum detailliert zu ermitteln und damit eine differenzierte Festlegung des erforderlichen Schalldämm-Maßes vorzunehmen.

In Diskussionen zur Einführung der Minderung des Beurteilungspegels wurde vermutet, dass der Schienenbonus «durch die Hintertüre» wieder eingeführt wird. Der Schienenbonus, der im Jahr 1990 mit 5 dB eingeführt wurde, beruht auf Studien, in denen die erfragte Belästigung bezogen durch Schienen- und Straßenverkehrslärm den Mittelungspegeln außen, vor den Gebäuden, gegenübergestellt wurde. Aus dieser Gegenüberstellung wurde damals der sog. Schienenbonus festgelegt. Somit besteht kein direkter Zusammenhang zwischen dem «Schienenbonus» und der Korrektur aufgrund des Frequenzspektrums.

### 3 Messtechnische Ermittlung des maßgeblichen Außenlärms aus Schienenverkehr

Im normativen Anhang C der DIN 4109-4:2016-07 wird das Vorgehensweise bei der messtechnischen Ermittlung des maßgeblichen Außenlärms aus Schienenverkehr beschrieben:

#### C.2 Schienenverkehr

Messungen sind nach DIN 45642 vorzunehmen. Werden bei der Messung Freifeldpegel bestimmt, sind hierzu 3 dB(A) zu addieren. Wird der Schallpegel unmittelbar auf der Oberfläche des zu schützenden Objektes gemessen, ist er um 3 dB(A) zu mindern. Aus dem gemessenen Mittelungspegel ist der Beurteilungspegel entsprechend der Vorgehensweise in der 16. BImSchV zu berechnen. Hierbei muss von der bei der Messung vorliegenden Verkehrsbelastung auf die über den Zeitraum eines Jahres gemittelte durchschnittliche stündliche Verkehrsstärke und -zusammensetzung (Jahresmittelwert) unter Berücksichtigung der künftigen Verkehrsentwicklung (10 bis 15 Jahre) ungerechnet werden.

Bei Schienenverkehrsgeräuschen kann in besonderen Fällen die Berücksichtigung der Pegelspitzen zur Kennzeichnung einer erhöhten Störwirkung wichtig sein; in einem solchen Fall sollte zusätzlich zum Mittelungspegel der mittlere Maximalpegel  $\overline{L_{AF,max}}$  bestimmt werden (z. B. energetischer Mittelwert der Maximalpegel von Zugvorbeifahrten). Ergibt sich, dass im Beurteilungszeitraum der Mittelungspegel  $L_{AFm}$  häufiger als 30-mal bzw. häufiger als 15-mal (nicht mehr als 8 zusammenhängende Stunden einer Nacht) oder 2-mal durchschnittlich je Stunde 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 Außengeräuschpegel statt des Beurteilungspegels der Wert  $\overline{L_{AF,max}} - 15$  dB(A) zu Grunde gelegt.

Sowohl die Anforderungen an die Messungen und Auswertung nach DIN 45642 als auch an die Beurteilung sind nach den Vorgaben der DIN 4109 aufgrund der Vielzahl von Messungen und Auswertungen außerordentlich hoch:

- Die DIN 45642 gibt u.a. vor, dass z.B. je Zugart zwischen 10 (Reisezüge) und 30 (Güterzüge) Vorbeifahrten zu messen sind. Um diese Anzahlen zu erreichen können mehrtägige Messungen erforderlich werden.
- Die Ermittlung des Beurteilungspegels aus den Messwerten entsprechend der Vorgehensweise nach 16.BImSchV, insbesondere nach Schall 03 2015 (Anlage 2 der 16.BImSchV) ist derzeit noch nicht geregelt und kann daher nicht nach einem normierten Verfahren durchgeführt werden.

Der normative Anhang C.2 der DIN 4109-4:2016-07 ist somit derzeit nur in Bezug auf die Beurteilungskriterien anwendbar, dagegen ist die Ermittlung des maßgeblichen Beurteilungspegels aus den Messwerten entsprechend der Schall03,2015, derzeit nicht normativ geregelt.

#### 4 Berücksichtigung des Maximalpegel

In der DIN 4109-4:2016-07 sind Beurteilungskriterien für den Maximalpegel enthalten. Demnach ist der Maximalpegel besonders zu berücksichtigen, wenn der Maximalpegel mehr als 15 dB über dem Mittelungspegel liegt und die Anzahl der Überschreitung des Maximalpegels je Stunde bzw. je Nachtzeitraum 2/h bzw. 8/Nacht überschreitet. Messungen und Berechnungen (siehe hierzu Möhler, Schreckenber, Müller: Maximalpegelkriterium für die Beurteilung von Schienenverkehrslärm in der Nacht, Lärmbekämpfung 2018) haben gezeigt, dass insbesondere im Nahbereich von Eisenbahnstrecken (< 25 m) durch die dort stark ausgeprägten Geräuschspitzen aufgrund von Flachstellen von Güterzügen erhöhte Maximalpegel auftreten:

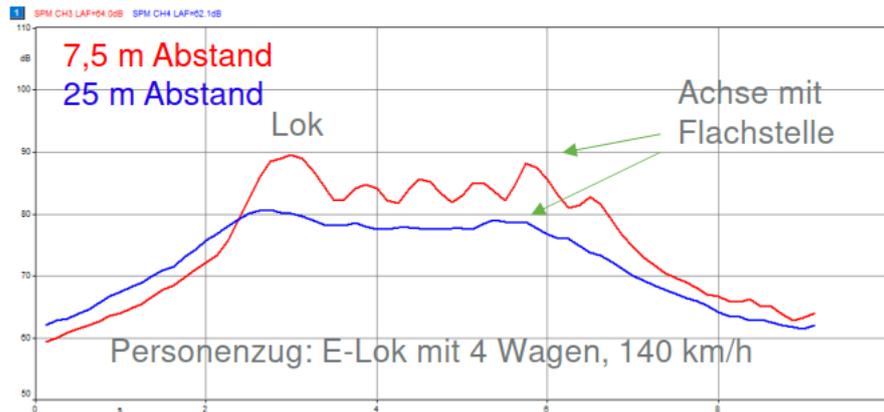


Abbildung 4: Pegelzeitverlauf einer Zugvorbeifahrt

Im Rahmen der o.a. Maximalpegelstudie wurden Mittelungspegel und Maximalpegel für 2 Fallbeispiele mit hoher und geringer Verkehrsmengenbelastung rechnerisch ermittelt. Die Berechnungen kommen zu den u.a. Ergebnissen.

Tab. 1: Pegeldifferenzen zwischen Mittelungspegel und Maximalpegels in Fallbeispielen des Schienenverkehrs			
	Beurteilungspegel Nacht $L_{r,N}$ [dB]	Maximalpegel $L_{pAF,max}$ [dB]	Pegeldifferenz $L_{pAF,max} - L_{r,N}$
Fallbeispiel 1: geringe Verkehrsmengenbelastung (ca. 20 Vorbeifahrten / Nacht 6 Gz / 14 Pz)			
Ca. 20 m	60	87	27
Ca. 100 m	46	71	25
Fallbeispiel 2: hohe Verkehrsmengenbelastung (ca. 93 Vorbeifahrten / Nacht 67 Gz / 26 Pz)			
Ca. 20 m	60	79	19
Ca. 100 m	53	70	17

Nach diesen berechneten Fallbeispielen zeigt sich, dass bei geringer und hoher Verkehrsbelastung sowie in geringen und größeren Abständen das nach DIN 4109-4:2016-07 festgelegte Maximalpegelkriterium von 15 dB um 2 bis 12 dB(A) überschritten wäre und in der Folge das resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile entsprechend erhöht werden müsste.

## 5 Zusammenfassende Beurteilung

Zusammenfassend zeigt sich, dass bei strikter Anwendung der DIN 4109-1:2018-1 die Bemessung des Schalldämm-Maßes der Außenbauteile auf der Grundlage von Berechnungen gemäß DIN 4109-2:2018-2 zu gering ausfällt, da der Korrektursummand mit 5 dB zu hoch angesetzt erscheint. Nach Auswertungen der Frequenzspektren der Schall 03 wäre eine Korrektur des Frequenzspektrums von 3 dB angemessen.

Außerdem existiert derzeit kein normiertes Berechnungsverfahren zur Ermittlung des Maximalpegels, so dass die Berücksichtigung des Maximalpegels nicht möglich ist. Berechnungen anhand von Fallbeispielen zeigen, dass das Maximalpegelkriterium nach Anhang C2 der DIN 4109-4:2016-07 für Schallmessungen von 15 dB insbesondere im Nahbereich von Bahnstrecken regelmäßig überschritten wird. Allerdings ist zu hinterfragen, ob die Differenz von 15 dB(A) angemessen ist; Auswertungen im Zusammenhang mit der o.a. Maximalpegelstudie haben z.B. gezeigt, dass auch ein Unterschied von 17 dB(A) angesetzt werden könnte.

Schallmessungen nach den im Anhang C2 der DIN 4109-4:2016-07 beschriebenen Verfahren sind aufwendig und nur eingeschränkt verwertbar, da die Auswertung der Messungen für die Umrechnung in Beurteilungspegel nach 16.BImSchV 2015 in der angeführten DIN 45642 nicht geregelt ist.

Es wird daher empfohlen, bis zur normativen Festlegung eines Berechnungsverfahrens für den Maximalpegel und eines Auswerteverfahrens von Schallmessungen des Schienenverkehrslärms die Anforderungen an das Schalldämm-Maß aufgrund der meist hohen Differenz zwischen Mittelungspegel und Maximalpegel pauschal um 5 dB zu erhöhen.

Fasst man die Besonderheiten des Schienenverkehrslärms in Bezug auf die Bemessung von Außenbauteilen zusammen, errechnet sich der maßgebliche Außenpegel  $L_{a,Sch}$  zu:

Maßgeblicher Außenlärmpegel  $L_{aSch} = L_{rNacht,Sch} + 3 + 10 \text{ dB} - 3 \text{ dB} + 5 \text{ dB}$

- $L_{r,Nacht,Sch}$ : Beurteilungspegel nach Anlage 2 der 16.BImSchV (Schall03,2015)
- +3 Korrektur nach Abschnitt 4.5.5.3 der DIN 4109-2:2018-1
- 10 dB: Korrektur für die geringere Pegeldifferenz zwischen Tag und Nacht nach Abschnitt 4.5.5.3 der DIN 4109-2:2018-1
- -3 dB: Korrektur für das spezifische Frequenzspektrum in Anlehnung an Abschnitt 4.5.5.3 der DIN 4109-2:2018-1
- + 5 dB Korrektur für die erhöhte Differenz zwischen Mittelungspegel und Maximalpegel in Anlehnung an Anhang C2 der DIN 4109-4:2016-07.

In weiteren Schritten ist zu überprüfen, ob die in der DIN 4109-4 beschriebenen Beurteilungskriterien und die daraus ableitbaren Zumutbarkeitsgrenzen für den Innenraum weiterhin zur Anwendung kommen sollen. Alternativ zur Differenz zwischen Mittelungspegel und Maximalpegel könnte z.B. auch die Anzahl der Aufwachreaktionen (AWR) als zusätzliches Kriterium zur Berücksichtigung des Maximalpegels eingeführt werden.

Als erster Schritt sollte jedoch ein normiertes Berechnungsverfahren zur Bildung des Maximalpegels von Schienenverkehr entwickelt werden, um unabhängig von Schallmessungen den Maximalpegel beim Schienenverkehr berücksichtigen zu können.

## Literatur

Verkehrslärmschutzverordnung (16.BImSchV) vom 12. Juni 1990 (BGBl. I S. 1036) die durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. Dezember 2014 geändert worden ist

DIN 18005: Schallschutz im Städtebau; 2002-07

DIN 4109-1: Schallschutz im Hochbau; 2018-01

DIN 4109-2: 2018-01: Schallschutz im Hochbau Teil 2:Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen

DIN 4109-4: 2016-7: Schallschutz im Hochbau Teil4: Bauakustische Prüfungen

DIN 45642: Messung von Verkehrsgeräuschen; 2004-06

Liegl, R., Liepert, M., Möhler, U.; Baulicher Schallschutz gegen Außenlärm an Schienenwegen, DAGA 2017

Möhler, U., Schreckenberger, D., Müller, U., Liepert, M., Skowronek, V., Belke, C., Benz, S., Maximalpegelkriterien für die Beurteilung von Schienenverkehrslärm in der Nacht, Lärmbekämpfung (1) 2018