Lastenstraße 38, A-1230 Wien, Tel. +43/1/865 67 55, Fax DW-16 e-Mail: office@psia.at Internet: www.psia.at

Beurteilung von Bahninfrastrukturkomponenten hinsichtlich Geräuschemission

Nur ein durchdachtes Messkonzept liefert die richtigen Ergebnisse und verhindert falsche Beurteilungen!

Vortrag im Rahmen des II. Int. Fachsymposiums zum Thema Lärmentstehung und Lärmminderung bei Schienenfahrzeugen und bei der Infrastruktur "RAIL-noise 2009" des ifv-Bahntechnik, 26.-27. 2. 2009, Berlin

Zusammenfassung

Im letzten Jahrzehnt wurden die fachlichen Grundlagen und Methoden für die Messung und Beurteilung der Geräuschemission von Schienenfahrzeugen wesentlich verbessert und in internationale Regelwerke und Vorschriften für die Beurteilung der Geräuschemission von Schienenfahrzeugen eingearbeitet. Ein entsprechendes normatives Gegenstück für die Beurteilung von Maßnahmen am Gleis existiert allerdings (noch) nicht. Aus diesem Grund werden oft gravierende Fehler bei Vergleichsmessungen zweier oder mehrerer Gleissysteme begangen, die bei der Beachtung der hier aufgezeigten Grundsätze sowie durch die Verwendung moderner, automatisch arbeitender Bahnlärm- und Erschütterungs- Messsysteme vermieden werden können.

1. EINLEITUNG

Im letzten Jahrzehnt wurden die fachlichen Grundlagen und Methoden für die Messung und Beurteilung der Geräuschemission von Schienenfahrzeugen wesentlich verbessert. Dadurch konnte die Wiederholgenauigkeit von Vorbeifahrtpegelmessungen erhöht und die Zuverlässigkeit von Messergebnissen gesteigert werden. Diese Erkenntnisse sind in eine Reihe von internationalen Regelwerken und Vorschriften für die Beurteilung der Geräuschemission von Schienenfahrzeugen eingeflossen. Ein entsprechendes normatives Gegenstück für die Beurteilung von Maßnahmen am Gleis existiert allerdings (noch) nicht.

Dass es steigenden Bedarf an Messungen zur Beurteilung der Geräuschemission von Gleiskomponenten gibt, zeigt die Vielzahl von Oberbauprodukten, die mit dem Hinweis auf lärmmindernde Wirkung auf den Markt drängen. Anhand von eigenen Messergebnissen seien hier einige wesentliche Fehler, die oft bei den Vergleichsmessungen zweier oder mehrerer Gleissysteme begangen werden, aufgezeigt und erläutert, wie man diese Fehler vermeiden kann. Die Entwicklung auf dem Gebiet der Computer- und Messtechnik erleichtern hier das Leben des Messtechniker, weil er heute auf Messsysteme zurückgreifen kann, die es erlauben, eine Vielzahl wichtiger Daten über längere Zeiträume automatisch und äußerst kostengünstig zu erfassen.



2. GRUNDLAGEN

In diesem Kapitel seien einige wichtige physikalischen Zusammenhänge und Grundlagen zusammen gefasst, die es zu beachten gilt, wenn man die Auswirkung von Maßnahmen am Oberbau auf die Geräuschemission des Eisenbahnverkehrs beurteilen will.

2.1 Fahrgeräusche

Wenn man über Maßnahmen am Oberbau zur Verringerung von Eisenbahnlärm diskutiert, muss man sich im Klaren werden, an welchem Teil des Fahrgeräusches der Oberbau beteiligt ist. Abb. 1 zeigt, bei welcher Geschwindigkeit welcher Geräuschanteil dominiert. Da der Oberbau nur zur der Rollgeräuschentstehung beiträgt, können Lärmminderungsmaßnahmen am Gleis generell nur in einem Geschwindigkeitsbereich von etwa 40 bis 250 km/h den gesamten Emissionspegel merkbar beeinflussen. Die untere Geschwindigkeitsgrenze gilt nur für gestreckte Linienführung. In engen Bögen können Rollgeräuscheffekte auch bei Geschwindigkeiten unter 40 km/h auftreten und den Gesamtpegel beeinflussen.

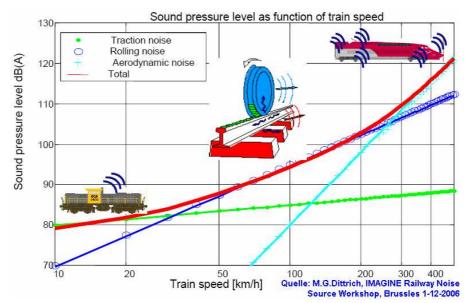


Abb. 1: Zusammensetzung des Fahrgeräusches aus Teilgeräuschen

2.2 Rollgeräusch

Wenn man das Thema Rollgeräuschemission von Eisenbahnen behandelt, muss man sich immer der Geräuschentstehungsmechanismen bewusst sein. Man darf nämlich nicht vergessen, dass sowohl das Fahrzeug als auch das Gleis ein Geräusch bei der Vorbeifahrt abstrahlen und dass der Schallpegel, den wie neben einem Gleis messen, immer die Summe aus beiden Anteilen ist. Abb. 2 zeigt diese Zusammenhänge. Die (akustische) Rauhigkeit von Rad und Schiene regen Schiene/Gleis und Rad/Fahrzeug zum Schwingen an. Diese Schwingungen werden von Fahrzeug und Gleis als Luftschall abgestrahlt und mit dem Mikrofon als Gesamtgeräusch erfasst.



Die jeweilige Höhe der Geräuschabstrahlung von Fahrzeug und Gleis hängt von der Ausführung und Beschaffenheit der Konstruktionselemente ab. Beim Gleis beeinflussen Schwellenform, Zwischenlagensteife, Schienenform und letztendlich eine Schienenbedämpfung durch Absorber die Höhe des von der Schiene abgestrahlten Schalls. Beim Fahrzeug sind es Radform und -größe sowie gegebenenfalls vorhandene Radschwingungsdämpfer, welche die Schallabstrahlung wesentlich prägen.

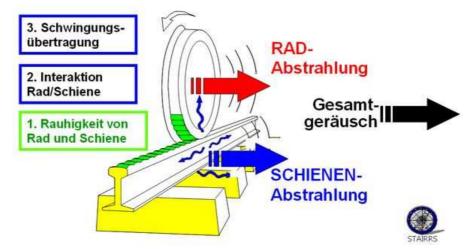


Abb. 2: Mechanismus der Rollgeräuschentstehung

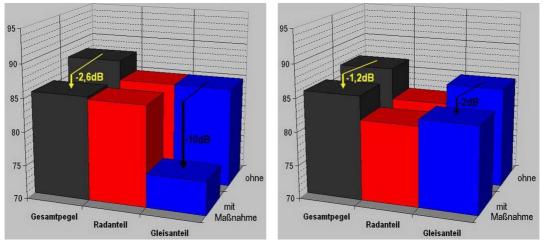


Abb. 3: Bildung des Gesamtpegels aus unterschiedlichen Fahrzeug- und Gleispegeln

Für die Addition der Teilpegel von Fahrzeug und Gleis gelten dieselben logarithmischen Gesetze wie sonst bei der Pegeladdition. Das bedeutet, dass bei gleich großem Fahrzeug- und Gleisanteil selbst eine deutliche Reduktion des Gleisanteils das Gesamtgeräusch um maximal 3 dB senkt (Abb. 3, linke Grafik). Nur wenn der Fahrzeuganteil bereits wesentlich geringer ist als der Gleisanteil, wird sich die Reduktion beim Gleisanteil in vergleichbarer Größe bei der Senkung des Gesamtpegels niederschlagen (Abb. 3, rechte Grafik).



2.3 Messvorschriften

Für die Beurteilung der Geräuschemission von Schienenfahrzeugen existieren eine Reihe von (internationalen) Vorschriften, ein entsprechendes Gegenstück für Maßnahmen am Gleis gibt es allerdings nicht:

- EN ISO 3095:2005 Bahnanwendungen Akustik, Messung der Geräuschemission von spurgebundenen Fahrzeugen [1]
- ENTSCHEIDUNG DER KOMMISSION 2006/66/EG, TSI-CR-NOI: Grenzwerte für Teilsystem Fahrzeug Lärm [2]
- ENTSCHEIDUNG DER KOMMISSION 2008/232/EG, TSI-HST-VEH: Lärm-Grenzwerte für Hochgeschwindigkeitszüge [3]

Die Folge des Fehlens von klaren Vorschriften, insbesondere hinsichtlich erforderlichem Stichprobenumfang (aufgenommene Zugfahrten) und erzielbarer Genauigkeit, sind nicht vergleichbare Daten und falsche Beurteilung von infrastrukturseitigen Schallschutzmaßnahmen (z.B. Schienenstegabsorber, Stahlbrückensanierungen.

Die CEN/TC256/WG3/SubGroup D hat zwar beschlossen, das Thema der Messung und Beurteilung infrastrukturseitigen Schallschutzmaßnahmen im Rahmen der Europäischen Normung behandelt zu wollen, es wird jedoch noch einige Zeit vergehen, bis eine entsprechende Norm in Kraft ist. Bis dahin ist es erforderlich, die im nächsten Kapitel dargestellten Aspekte bei Messungen zu beachten.

3. ERGEBNISSE AUS EIGENEN UNTERSUCHUNGEN

Anhand von Messergebnissen, die in verschiedenen Messkampagnen für verschiedene Kunden mit dem automatischen Bahnlärmmess-System acramos ermittelt worden sind, soll im Folgenden gezeigt werden, was zu beachten ist, um falsche Schlussfolgerungen möglichst zu vermeiden.

3.1 Kontrollierter Vorbeifahrtpegel (CPB) versus statistischer Vorbeifahrtpegel (SPB)

Bei der Beurteilung des Geräuschemissionsverhaltens des Straßenverkehrs werden heute zwei unterschiedliche Verfahren angewendet:

• Kontrollierter Vorbeifahrtpegel (CPB): Ein definiertes Standardfahrzeug wird verwendet, um die Geräuschemission auf verschiedenen Fahrbahnbelägen zu messen. Diese Methode wird beispielsweise bei der Beurteilung der Geräuschemission von Fahrbahnübergangskonstruktionen vorgeschlagen [4]. Auf den Bahnsektor übertragen hieße das, dass ein Referenzfahrzeug oder -zug zur Verfügung stehen muss, der über die verschiedenen Oberbaukonstruktionen fährt und dessen Emissionspegel gem. EN ISO 3095 gemessen wird. Um die Wirkung der Oberbaumaßnahme für glatte und raue Räder ermitteln zu können, muss der Referenzzug aus Wagen mit grauguss- und k-Sohlengebremsten Wagen bestehen. Wichtigste Voraussetzung für valide Messungen ist es, dass man sicherstellen kann, dass



sich am Radzustand zwischen den einzelnen Messungen nichts ändert. Eine einzige Flachstelle im Referenzzug macht die Ergebnisse unbrauchbar.

• Statistischer Vorbeifahrtpegel (SPB): Will man kein standardisiertes Fahrzeug verwenden, kann man natürlich auch die Geräuschemission des "normalen" Kfz-Verkehrs ermitteln. Diese Methode ist die Standardmethode zur Beurteilung der Geräuschemission von Fahrbahndecken [5]. Da selbst gleichartige Fahrzeuge wegen Unterschieden in Erhaltungszustand, Bereifung, Fahrweise etc. unterschiedliche Emissionspegel besitzen werden, ist es erforderlich, eine ausreichend große Stichprobe zu erfassen, um statistisch signifikante Ergebnisse zu erhalten. Wie groß eine "ausreichende" Stichprobe ist, ist für die Eisenbahn noch nicht definiert und wird im Einzelfall festzulegen sein.

3.2 Erforderlicher Stichprobenumfang für SPB

Die Anzahl der Züge, die man bei einer üblichen Einzeltagesmessen im Zeitraum von 10 bis 24 Stunden erfassen kann, hängt sehr stark von der Streckenbelastung und dem Zugmix ab. In Abb. 4 sind derartige Ergebnisse von einer österreichischen Hauptstrecke dargestellt. Tatsächlich wurde mit dem automatischen Mess-System über mehrere Tage gemessen. Für die beiden Grafiken wurden nun die Ergebnisse jeweils eines Kalendertages zusammengefasst. Diese tageweise Zusammenfassung entspricht einer üblichen bemannten Einzeltagesmessung.

Man erkennt an der linken Grafik in Abb. 4, dass die Ausbeute an verwertbaren Güterzügen an den 3 ausgewählten Tagen wegen einer Betriebsbehinderung sehr gering war. Wäre die Einzeltagesmessung an einem der 3 Tage durchgeführt worden, dann hätte man doch sehr unterschiedliche Ergebnisse für den geschwindigkeitsabhängigen Vorbeifahrtpegel $L_{A,pb}(V)$ erhalten. Die erhaltenen Emissionspegel streuen um bis zu 3 dB(A). Wenn wir davon ausgehen, dass auch nach der zu beurteilenden Maßnahme Abweichung derselben Größenordnung auftreten können haben, dann können wir zufällig das richtige Ergebnis erhalten, d.h. sowohl vor als auch nach der Maßnahme haben wir zufällig dieselbe Stichprobe erwischt. Im ungünstigeren und leider auch häufigeren Fall werden wir andere Stichproben erwischen und schlimmstenfalls um 3 dB(A) falsch liegen, weil wir bei der einen Messung zufällig die "laute" Stichprobe und bei der anderen Messung die "leise" Stichprobe erwischt haben. Berücksichtigt man weiters, dass der Effekt der Maßnahme (objektiviert) 2 dB beträgt, kann der zufällige Fehler ein vernichtendes Urteil über das Produkt fällen, weil nach der Maßnahme der gemessene Emissionspegel um 1 dB(A) höher ist als ohne Maßnahme!

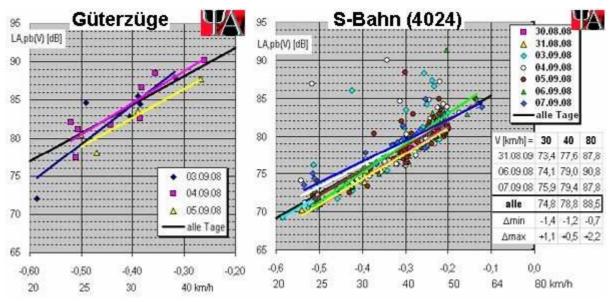


Abb. 4: Ergebnisse von Einzeltagesmessungen für Güter- und S-Bahnzüge

Nun mag man einwenden, derartiges sein nur bei Güterzügen zu erwarten, weil die sehr inhomogen sind. Bei homogenen Zügen wie S-Bahngarnituren seien derartige Abweichungen nicht zu erwarten. Die rechte Grafik in Abb. 4 zeigt, dass auch bei homogenen Zügen Abweichungen von etwa ±1 dB(A) auftreten. Dass selbst bei stark streuenden Einzelergebnissen die Mittelwerte einzelner Monatsmessungen bei einem entsprechenden Stichprobenumfang nur mehr geringfügig streuen, zeigt Abb. 5. Jeden Monat passieren mehrere Hundert S-Bahngarnituren die Messstelle, der mittlere Pegel je Monat ändert sich dann kaum mehr.

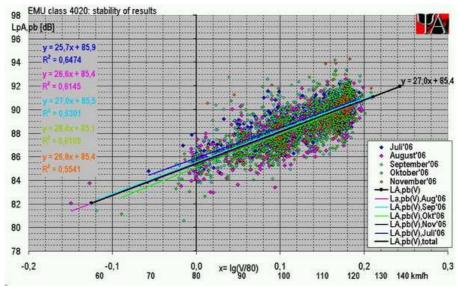


Abb. 5: monatliche Mittelwerte des Vorbeifahrtpegels $L_{A,pb}(V)$ von S-Bahn-Vorbeifahrten



3.3 Überprüfung der statistischen Signifikanz mittels Konfidenzintervallanalyse

Das Konfidenzintervall einer Messreihe ist ein statistisches Hilfsmittel, welches hilft, die "Qualität" der gewonnenen Daten zu interpretieren. Das 95%-Konfidenzintervall einer Messreihe gibt jenen Wertebereich an, in dem mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% der Mittelwert der Grundgesamtheit, also der tatsächliche Mittelwert aller Züge liegt. Ungenügende oder schlechte Messdaten können durch das Konfidenzintervall nicht verbessert werden, wohl aber erhält man warnende Hinweise, wenn das tatsächliche Ergebnis stark streuen oder sogar kippen könnte, d.h. eine Maßnahme den gegenteiligen Effekt zeigen könnte.

In Abb. 6 sind für 3 unterschiedliche Zugkategorien neben dem Mittelwert der Pegeländerung zufolge einer Oberbaumaßnahme (gelbe Rauten) die 95%-Konfidenzintervalle (rote Linien) für die gemessene Pegeldifferenz dargestellt. Für die Zugkategorie 21 wurde eine mittlere Verbesserung bei Vorbeifahrtpegel $\Delta L_{A,pb}$ von 1,3 dB gemessen. Das 95%-Konfidenzintervall erstreckt sich zwischen 0,7 und 1,8 dB. Das bedeutet, dass mit 95 % Wahrscheinlichkeit auch tatsächlich eine Verbesserung auftritt, die zwischen 0,7 und 1,8 dB betragen wird. Für Zugkategorie 12 beträgt die gemessene Verbesserung im Mittel nur 0,1 dB und das 95%-Konfidenzintervall unterstreicht das Ergebnis. Die Länge der roten Linie ist gering, die tatsächliche Veränderung wird mit 95 % Wahrscheinlichkeit zwischen -0,2 und +0,3 dB betragen.

Anders ist das Ergebnis für die Zugkategorie 1. Die mittlere gemessene Veränderung hat -0,2 dB betragen, d.h. es wurde eine geringfügige Verschlechterung durch die Maßnahme gemessen. Das 95%-Konfidenzintervall relativiert jedoch das Ergebnis. Durch eine geringe Stichprobe und große Streuungen ist das Konfidenzintervall sehr groß und reicht von -2,0 bis +1,6 dB. Das bedeutet, dass die tatsächliche mittlere Veränderung zufolge der Maßnahme mit 95 % Wahrscheinlichkeit sowohl eine Verbesserung von bis zu 1,6 dB aber auch Verschlechterung von bis zu -2 dB sein kann. Dieses Ergebnis zeigt, dass man letztendlich mit diesen Daten keine Vernünftige Aussage machen kann und die Messung wiederholen wird müssen, um das Konfidenzintervall durch ausreichend gute Messdaten zu verschmälern.

Eine ähnliche Auswertung kann man mit dem geschwindigkeitsabhängigen Vorbeifahrtpegel $L_{A,pb}(V)$ machen. In Abb. 7 ist das 95%-Konfidenzintervalle um die Regressionsgeraden von 2 Messserien dargestellt. Man erkennt, dass die Konfidenzlinien des Oberbautyps B sehr eng bei einander liegen, d.h. dass die tatsächliche Regressionsgerade mit 95 % Wahrscheinlichkeit sehr ähnliche Lage haben wird wie die durch die Stichprobe gewonnenen Regressionsgerade. Anders sind die Verhältnisse bei den Messergebnissen von Typ A. Durch die starken Streuungen ist der Konfidenzbereich sehr breit und die Regressionsgerade von Typ B liegt weitgehend im 95%-Konfidenzintervalle von Typ A. Das bedeutet, dass es mit 95 % Wahrscheinlichkeit auch möglich ist, dass die tatsächliche Regressionsgerade von Typ A eine ähnliche Lage wie jene von Typ B besitzt und die Unterschiede zwischen den beiden Oberbauformen auch deutlich geringer sein können.

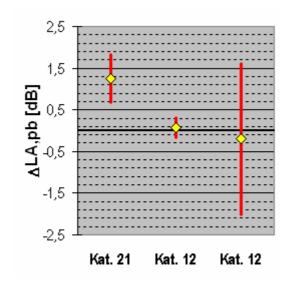


Abb. 6: 95%-Konfidenzintervall der gemessenen Pegeldifferenz von 3 unterschiedlichen Zugkategorien auf 2 unterschiedlichen Oberbauformen

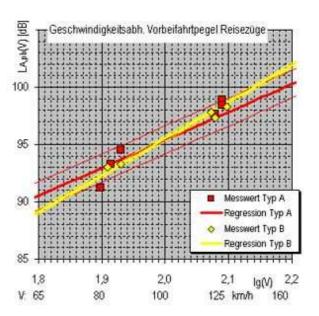


Abb. 7: 95%-Konfidenzintervall zweier Messserien mit Reisezügen auf unterschiedlichen Oberbauformen

3.4 Detektion von (Lang-)Zeiteffekten

Der A-bewertete Schallereignispegel $L_{p,AE}$ dient zur Beschreibung einzelner Geräuschereignisses und gibt die Schall(energie)dosis dieses untersuchten Geräuschereignisses, z.B. eine Zugvorbeifahrt, an. Da der $L_{p,AE}$ bei einer Bezugsdauer von To = 1 Sekunde Dauer den gleichen Energieinhalt besitzt wie das über einen Zeitverlauf von Zeitpunkt t1 bis t2 schwankende Geräusch einer Zugvorbeifahrt charakterisiert der $L_{p,AE}$ einerseits die Schalldosis der Zugvorbeifahrt und kann somit auch zur Ermittlung des A-bewerteten Dauerschallpegels dieser Zugvorbeifahrt verwendet werden, denn es gilt:

$$L_{Aeq,i,X} = L_{AE,i} - 10 lg (T_X)$$

mit $L_{,eq,i,X}....$ A-bewerteter Dauerschallpegel der betrachteten Zugvorbeifahrt i für den Beurteilungszeitraum $\mathcal{T}_{\mathcal{X}}$

 $L_{AE,i}$ A-bewerteter Schallereignispegel der betrachteten Zugvorbeifahrt i

 T_X Dauer der Beurteilungszeit X in Sekunden, z.B. T_X = 46800 s für den Tag, T_X = 10800 s für den Abend und T_X = 28800 s für die Nacht.

Addiert man nun die Schallenergien aller im jeweiligen Beurteilungszeitraum T_X gemessenen Züge, erhält man eine direkte Maßzahl für die Geräuschimmission, denn es gilt:

$$L_{A,eq,X} = L_{A,E} - 10 lg (T_X) - L_{trans} = L_{A,E} - const.$$



mit $L_{Aeq,X}$A-bewerteter Dauerschallpegel aller betrachteten Zugvorbeifahrt im Beurteilungszeitraum X

 $10 \lg(T_X)$= konst. für jeweils Tag, Abend oder Nacht

 L_{trans}Ausbreitungsbedingungen; sind unabhängig von einzelner Zugvorbeifahrt und somit konst. für jeden Immissionspunkt

Da nicht jeden Tag gleich viele Züge mit derselben Anzahl von lauten und leisen Achsen im entsprechend Zeitabschnitt (z.B. Tag) fahren, unterscheiden sich die Schallereignispegel der einzelnen Kalendertage zum Teil beträchtlich. Es ist daher erforderlich, die durch Messung gewonnenen L_{AE} -Werte auf eine einheitliche Basis zu beziehen, also zu normieren.

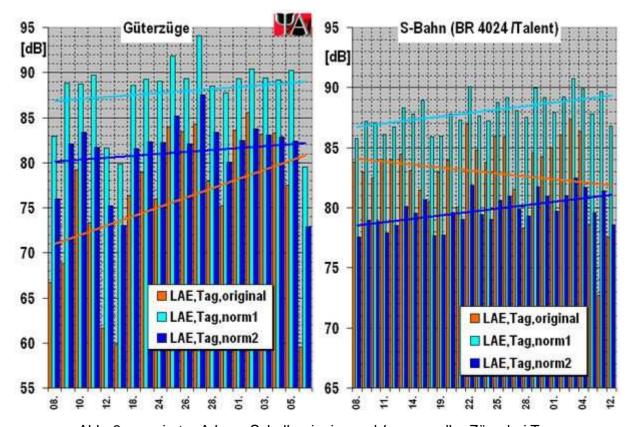


Abb. 8: normierter A-bew. Schallereignispegel $L_{p,AE,norm}$ aller Züge bei Tag

Abb. 8 zeigt die zeitliche Entwicklung des A-bewerteten Schallereignispegels für 2 Zugkategorien, nämlich Güterzüge (Grafik links) und S-Bahngarnituren (Grafik rechts). Die roten Balken repräsentieren jeweils den unveränderten L_{AE} wie er gemessen worden ist, die roten Geraden stellen den sich daraus ergebenden zeitlichen Trend dar. Man erkennt, dass für beide Zugkategorien der A-bewerteten Schallereignispegel unterschiedlichen Trends gehorchen. Bei den S-Bahnzügen kommt es im



Betrachtungszeitraum zu einer Pegelabnahme um etwa 2 dB, bei den Güterzügen zu einer Pegelzunahme um rund 10 dB.

Betrachtet man nun den normierten A-bew. Schallereignispegel $L_{p,AE,norm}$ – für die Daten in Abb. 8 wurden 2 unterschiedliche Normierungsverfahren angewendet – ändern sich die Verhältnisse jedoch deutlich. Während die Geräuschbelastung der Güterzüge im Betrachtungszeitraum nach der Normierung auch weiterhin, nun um etwa 2 dB steigt, kommt es nun auch bei den S-Bahngarnituren im Betrachtungszeitraum zu einer Pegelzunahme von etwa 2,5 dB. Der Grund für diese Änderungen liegt in der unterschiedlichen Anzahl und Länge der je Tag gemessenen Züge, die so zufällig den Langzeittrend überlagern.

Abb. 9 zeigt die zeitliche Entwicklung des normierter A-bew. Schallereignispegel bei Tag $L_{p,AE,norm}$ aller Züge eines Testgleises an den 2 Emissionsmesspunkten M1 und M1. Im ersten Diagramm links oben ist der Zustand bei der Nullmessung vor dem Schleifen dargstellt. Man erkennt, dass die Trendlinie praktisch waagrecht verläuft, d.h. der $L_{p,AE,norm}$ über die Zeit im Mittel konstant bleibt. Das zweite Diagramm rechts oben zeigt den $L_{p,AE,norm}$ nach dem Schienenschleifen. Die Pegel sind an den beiden Messpunkten um 8 bis 11 dB(A) gesunken und die Trendlinie verläuft wieder horizontal.

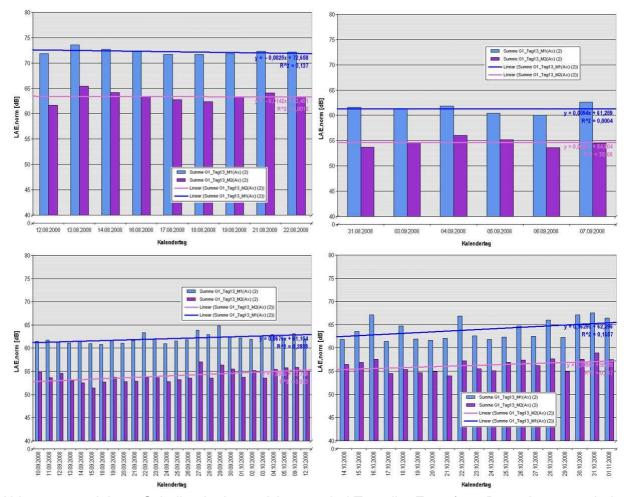


Abb. 9: norm. A-bew. Schallereignispegel $L_{p,AE,norm}$ bei Tag aller Züge für 4 Betrachtungsperioden



Die beiden unteren Diagramme von Abb. 9 zeigen den Verlauf des $L_{p,AE,norm}$ ab dem Einbau von Schienenabsorbern. Man erkennt, dass der $L_{p,AE,norm}$ nach dem Absorbereinbau (Diagramm links unten) am Mikrofon M1 (blau) etwa unverändert (gegenüber ohne Absorber) beginnt, während am Mikrofon M2 (violett) eine etwa 2 dB(A) Reduktion erkennbar ist. An beiden Mikrofonen nehmen die Schallereignispegel mit der Zeit stetig zu. Nach einem Monat hat sich der Lp,AE,norm um etwa 2 bis 3 dB(A) erhöht. Betrachtet man eine weitere Messperiode (Diagramm rechts unten), dann erkennt man, dass sich der Trend – wie im Monat davor – unverändert fortsetzt.

Die vertiefte Analyse aller vorhandenen Messdaten inklusive Terzpegelanalysen und Schienenrauhigkeit hat gezeigt, dass der rasante Anstieg der Emissionspegel nach dem Einbau der Schienenabsorber auf die rasch Entstehung von Schlupfwellen und die damit verbundene starke Zunahme der Rauhigkeiten im Fahrspiegels zurück zu führen ist. Ohne die entsprechenden Messdaten der automatischen Messstation wäre die Interpretation der beobachteten Effekte nicht möglich gewesen. Der normierte A-bew. Schallereignispegel Lp,AE,norm hat sich dabei als gut geeignete Kennzahl zur Beschreibung von zeitlichen Trends, die um zufällige tägliche Schwankungen wie Flottenzusammensetzung, Zuglängen oder Zahl der Züge bereinigt worden sind, erwiesen.

4. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Beurteilung der Auswirkung von Maßnamen an Gleis und Oberbau auf die Geräuschemission des Eisenbahnverkehrs gewinnt in den letzten Jahren ständig an Bedeutung, weil die Industrie immer mehr Produkte auf den Markt bringt, die den Vorbeifahrtpegel von Zügen senken sollen. Trotz dieses Bedarfes existiert zurzeit noch keine normative Festlegung, wie derartige Messungen korrekt durchgeführt werden müssen und mit welcher Wiederholgenauigkeit zu rechnen ist.

Die Auswertung einer Reihe von eigenen Messungen hat gezeigt:

- Es muss für die erforderlichen Vergleichsmessungen ein Messzug ("goldene Fahrzeuge") zur Verfügung stehen, dessen akustischer Zustand bekannt ist und der sich zwischen den einzelnen Messungen (an den unterschiedlichen Oberbauformen) auch nicht ändern darf.
- Ist ein Messzug nicht verfügbar und müssen daher Züge des täglichen Betriebes gemessen werden, dann wird man mit einem Messtag und ein paar Zugvorbeifahrten i.a. nicht das Auslangen finden. Die Geräuschemission von Fahrzeugen des täglichen Betriebs streut i.a. so stark, dass nur durch eine ausreichend große Stichprobe die erforderliche statistische Signifikanz erreicht werden kann.
- Die Anzahl der bei der Messung erfassten Züge hat deshalb große Bedeutung, weil die Streuungen zwischen gleichartigen Zügen im täglichen Betrieb durchaus ± 5 dB betragen können, während die untersuchten Effekte oft nur in der Größenordnung von 2 – 3 dB liegen.
- Früher ist die Erhebung einer ausreichenden Zahl von Vorbeifahrtdaten meist an den Kosten von bemannten Messstellen gescheitert.



Heute sind moderne mobile Mehrkanal-Messsysteme wie etwa acramos® verfügbar, mit deren Hilfe man über mehrere Wochen äußerst kostengünstig eine Vielzahl von Messgrößen und Meta-Informationen wie Zugkategorie, Geschwindigkeit, Schallpegel, Spektren usw. automatisch erfassen und analysieren kann. Damit erhält man die für eine statistisch abgesicherte Aussage erforderlichen Daten und kann somit die akustische Wirkung von Produkten korrekt beurteilen.

KONTAKT ZUM AUTOR:

Titel NAME, Vorname: Dr. KALIVODA, Manfred T. Funktion: Geschäftsführender Gesellschafter

Firma: psiA-Consult GmbH

Postanschrift: Lastenstraße 38/1, A-1230 Wien

Telefon: +43(0) 1 865 6755
Telefax: +43(0) 1 865 6755 -16
E-Mail: kalivoda@psia.at

LITERATUR:

- [1] **EN ISO 3095:2005:** "Railway Applications Acoustics Measurement of noise emitted by railbound vehicles", edited 2005-11-01
- [2] ENTSCHEIDUNG DER KOMMISSION 2006/66/EG vom 23. Dezember 2005 über die Technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) zum Teilsystem "Fahrzeuge —Lärm" des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems
- [3] ENTSCHEIDUNG DER KOMMISSION 2008/232/EG vom 21. Februar 2008 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems "Fahrzeuge" des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems.
- [4] Hamann-Consult (Hrsg.): **F&E-Projekt 15.402/2004/ARB** "Aufstellung von Vorgaben zum Maß der Lärmminderung von Fahrbahnübergängen": Kontrolliertes Vorbeifahrtverfahren; Dresden 2007.
- [5] **EN ISO 11819-1**: "Messung des Einflusses von Straßenoberflächen auf Verkehrsgeräusche Teil 1: Statistisches Vorbeifahrtverfahren". Ausgabe 2001