

## Berücksichtigung von weiteren Schallquellen in einer neuen Schall 03

Bernd Barsikow, Michael Hellmig

Ingenieurbüro akustik-data, 12207 Berlin, Deutschland, Email: barsikow@akustik-data.de

### Einleitung

In einer modifizierten Schall 03 ist vorgesehen, sämtliche für die Gesamtemission eines Zuges relevante Schallquellen bei der Berechnung der Schallimmissionen seitlich der Trasse zu berücksichtigen. Die Begründung hierfür war bereits in [1] gegeben worden, etwa in Hinblick auf die bislang fehlenden, oberhalb der Schienenoberkante (SO) befindlichen Quellen, die so genannten hochliegenden Schallquellen. Diese sind jedoch für die exakte Berechnung der Einfügungsdämpfung einer Schallschutzwand (SSW) unbedingt erforderlich. Ein anderes Beispiel solcher in der Schall 03 von 1990 [2] nicht einbezogenen Schallquellen sind die aerodynamischen Geräusche, die im Hochgeschwindigkeitsverkehr dafür sorgen, dass mit steigender Geschwindigkeit  $v$  der Gradient der Geschwindigkeitsabhängigkeit zunimmt, während die bisherige Schall 03 mit dem Term  $D_v = 20 \lg(v / 100 \text{ km/h})$  für alle Züge und Geschwindigkeiten dieselbe Geschwindigkeitsabhängigkeit postuliert. Auch stellen die aerodynamischen Schallquellen als ein wesentlicher Teil der hochliegenden Quellen die Hauptursache für den Rückgang der Wirkung von Schallschutzwänden bei Vorbeifahrten von Zügen mit hohen Geschwindigkeiten dar.

### Die einzelnen Geräuscharten

Prinzipiell sind für die Schallemission von Eisenbahnfahrzeugen Rollgeräusche, Antriebs- und Aggregatgeräusche sowie aerodynamische Geräusche in die Prognoserechnung einzubeziehen. Allerdings kommen nicht in jeder Fahrzeugkategorie (zu den Fahrzeugkategorien siehe [3]) alle diese Geräuscharten vor, da z. B. bei Wagen naturgemäß kein Antriebsgeräusch vorliegt und auch Aggregatgeräusche wegfallen können. So ist die Anzahl an Schallquellen bzw. Geräuschkomponenten bei Güterwagen relativ niedrig; bei einem Triebkopf des ICE 1 bzw. ICE 2 oder beim Triebwagenzug ICE 3 ist dagegen die Tabelle der Geräuschkomponenten schon recht umfangreich.

Gemeinsam ist dagegen allen Fahrzeugkategorien das **Rollgeräusch**, wie es bestehend aus den rad- und schienenraugkeitsbedingten Anteilen bereits in [4] erläutert worden ist. Für den Sonderfall der Kesselwagen bzw. bei einem nicht näher spezifizierten Güterzug für 20 % der Wagen wird zum Rollgeräusch auch die von dieser Geräuschkomponente induzierte Abstrahlung der Wagenaufbauten gezählt.

Das Rollgeräusch liefert bei freier Schallausbreitung in allen für die einzelnen Fahrzeuge relevanten Geschwindigkeitsbereichen den wesentlichen Beitrag zum Gesamtgeräusch. Dennoch sind **Antriebs-, Aggregat- und aerodynamische Geräusche** zur Modellierung der Gesamtemission wichtig, um bestimmte Effekte im Hochgeschwindigkeitsverkehr und bei der Wirkung von SSW zu beschreiben (siehe oben). Zu letzteren drei Geräuscharten zählen die folgenden Einzelquellen bzw. Geräuschkomponenten:

- Motor- und Getriebe Geräusch (Antriebsgeräusche),
- druck- und saugseitige Ventilatorgeräusche von Fahrmotor-, Ölkühler-, Stromrichter- und Klimaanlage-lüftern (Aggregatgeräusche) und
- Geräusche von Stromabnehmern und weiteren Dachgeräten, von Lüftergittern und Geräusche aus den Drehgestellen bzw. Einzelachs-bereichen (aerodyn. Geräusche).

### Die Emissionskenngrößen der verschiedenen Geräuschkomponenten

Die Kenngrößen für die Emissionen obiger Geräuschkomponenten sollen in so genannten "Einzelblättern" für jede Fahrzeugkategorie als Ergebnis der Untersuchungen der Arbeitsgruppe 1 (AG1) bzw. der AG3 [1] festgelegt werden und sind damit als Eingangsdaten für Planungszwecke verfügbar. Die Kenngrößen jeder Geräuschkomponente bestehen individuell für jede Fahrzeugkategorie aus dem A-bewerteten längenbezogenen Schallleistungspegel  $a_A$ , einem "Nullspektrum" aus auf den Pegel  $a_A$  bezogenen Oktavpegeln  $\Delta a_{\text{okt}}$  sowie Geschwindigkeitsfaktoren  $b_{\text{okt}}$  für jede Oktave.

Außerdem ist jede Geräuschkomponente einer der Höhenkoordinaten 0, 4 oder 5 m über SO zugeordnet. So wird das Rollgeräusch als bei 0 m liegend angenommen, was auch für die Antriebsgeräusche und das aerodynamische Geräusch aus den Drehgestellen und Einzelachs-bereichen gilt. Ventilatorgeräusche sowie Geräusche durch Umströmung von Lüftergittern besitzen je nach tatsächlicher Lage am betreffenden Fahrzeug die Höhe 0 oder 4 m. Zu letzterer Höhe gehören auch die Füße und abgesenkten Wippen der Stromabnehmer sowie weitere Dachgeräte, während die ausgefahrene Stromabnehmer-Wippe die einzige Quelle in 5 m Höhe darstellt. Im Übrigen ist als Lage aller Geräuschkomponenten die Gleismittenebene vereinbart.

Vorgeschlagene Schallleistungspegel  $a_A$  für rad- und schienenraugkeitsbedingte Rollgeräusche wurden für die einzelnen Fahrzeuge bereits in [4] genannt. Beispiele für Spektren und Geschwindigkeitsfaktoren folgen weiter unten. Die Oktavpegel  $\Delta a_{\text{okt}}$  der "Nullspektren" wurden entweder messtechnisch ermittelt (dies gilt insbesondere für die aerodynamischen Geräuschkomponenten sowie die Ventilatorgeräusche der verschiedenen Lüfter) oder sie resultieren aus einer bestmöglichen Anpassung an die Spektren aus der Datenbank (gilt vor allem für die Rollgeräusche, siehe [4]). Die Faktoren  $b_{\text{okt}}$  erweisen sich im Prinzip für die Oktaven einer Geräuschkomponente als mehr oder minder unterschiedlich, zur Vereinfachung werden sie aber auch gleich angesetzt.

### Ermittlung der Emissionskenngrößen am Beispiel der Stromabnehmer-Wippe

Die Ermittlung von Emissionskenngrößen, d. h. der Werte für  $a_A$ ,  $\Delta a_{\text{okt}}$  und  $b_{\text{okt}}$ , soll am Beispiel des aerodynamischen

Geräuschs einer ausgefahrenen Stromabnehmer-Wippe demonstriert werden. Dafür wurden die Ergebnisse von Untersuchungen an diversen Stromabnehmern (DSA 350 SEK (ICE 1 / ICE 2), DSA 380 D (ICE 3), SSS 87 (ICE-T)) zusammengestellt, wie sie vom Ingenieurbüro akustik-data im Auftrag der DB AG und des Umweltbundesamtes sowie im Rahmen der Deutsch-Französischen Kooperation durchgeführt worden sind. Zur Trennung des Stromabnehmergeräuschs von den übrigen Schallquellen des betreffenden Zuges (insbesondere auch zur Trennung der Anteile von Wippe und Fuß) kamen bei den Messungen immer Mikrofon-Arrays zum Einsatz. Die Untersuchungen fanden während Vorbeifahrten von ICE-Zügen mit bis zu 340 km/h statt; die genannten Stromabnehmer wurden gleichfalls in Windkanälen bei Strömungsgeschwindigkeiten bis maximal 78 m/s bzw. 280 km/h getestet (u. a. im Deutsch-Niederländischen Windkanal).

Ein Beispiel für bei obigen Anlässen gemessene Oktavspektren der Emission der Wippe verschiedener Stromabnehmer bei 280 km/h zeigt Abbildung 1. Hierin ist erkennbar, dass die Wippe des Regel-Stromabnehmers von ICE 1 und ICE 2, also des DSA 350 SEK, der auch auf vielen neueren Lokomotiven zu finden ist, eine eher lautere Ausführung einer Wippe darstellt, während DSA 380 D und SSS 87 im Mittel 2 dB(A) leiser sind.

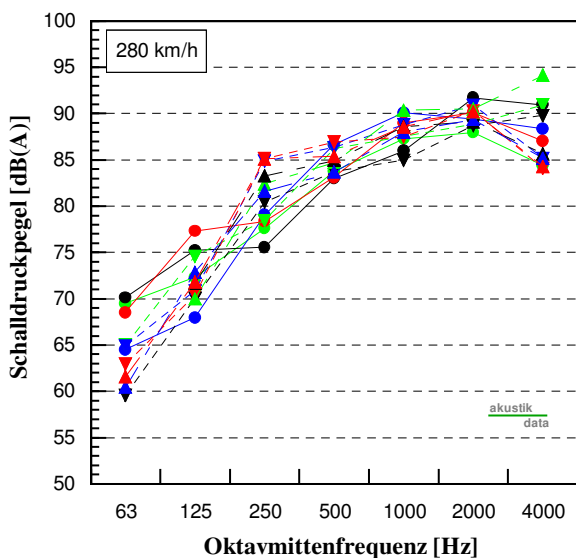


Abbildung 1: A-bewertete Oktavspektren der Emission der Wippe verschiedener Stromabnehmer bei 280 km/h für einen Referenzabstand von 5,0 m

Trägt man die gemessenen Pegel in den einzelnen Oktaven getrennt über der Geschwindigkeit auf, wie es als Beispiel für die 1000 Hz-Oktave in Abbildung 2 der Fall ist, lässt sich mittels linearer Regression ein Basispegel  $L_{p,okt}$  bei 100 km/h und ein Geschwindigkeitsexponent  $\alpha_{okt,Mess}$  für diese Oktave bestimmen. Zusammen mit den entsprechenden Ergebnissen in den Oktaven 63 bis 8000 Hz sind diese Basispegel und Geschwindigkeitsexponenten in Tabelle 1 eingetragen. Die in 5 m Abstand vom Array gemessenen Basispegel (Schalldruckpegel) wurden sodann unter der Annahme ungerichteter Abstrahlung in die längenbezogenen Schallleistungspegel  $L_{W',1h,okt}$  umgerechnet. Als Summe dieser Oktavpegel folgt für eine Stromabnehmer-Wippe der Gesamtleistungspegel  $a_A$

von 40,7 dB(A). Bezieht man die Werte von  $L_{W',1h,okt}$  noch jeweils auf  $a_A$  und rundet die Ergebnisse, erhält man schließlich die Werte  $\Delta a_{okt}$  des "Nullspektrums".

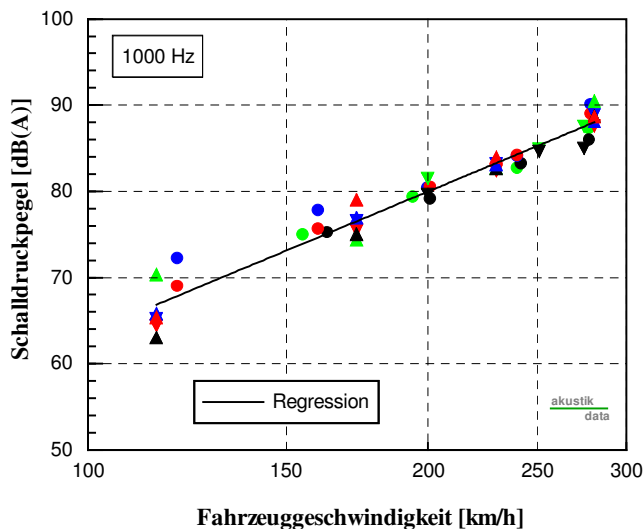


Abbildung 2: In der 1000 Hz-Oktave gemessene A-bewertete Schalldruckpegel der Emission der Wippe verschiedener Stromabnehmer als Funktion der Geschwindigkeit für einen Referenzabstand von 5,0 m sowie aus diesen Pegeln bestimmte Regressionsgerade

Des Weiteren sind in Tabelle 1 die gemittelten Geschwindigkeitsexponenten  $\alpha_{okt,mittel}$  eingetragen, die als Vereinfachung bei der Prognoserechnung aufgrund der nicht sehr verschiedenen Werte von  $\alpha_{okt,Mess}$  gedacht sind. Die Werte für  $b_{okt}$  ergeben sich dann aus der Beziehung  $b_{okt} = 10 (\alpha_{okt,mittel} - 1)$ .

$f_{m,okt}$ [Hz]	$L_{p,okt}$ [dB(A)]	$L_{W',1h,okt}$ [dB(A)]	$\Delta a_{okt}$ [dB(A)]	$\alpha_{okt,Mess}$	$\alpha_{okt,mittel}$	$b_{okt}$
63	37,3	10,8	-30	6,1	6,1	51
125	46,3	19,8	-21	5,0	6,1	51
250	54,4	27,9	-13	5,4	6,1	51
500	58,2	31,7	-9	6,0	6,1	51
1000	61,6	35,1	-6	5,5	6,1	51
2000	63,1	36,6	-4	6,4	6,1	51
4000	58,5	32,0	-9	7,2	6,1	51
8000	50,5	24,0	-17	7,2	6,1	51
$a_A$		40,7				

Tabelle 1: Basispegel der Schallemission bei 100 km/h und dem Referenzabstand von 5,0 m, Basispegel der längenbezogenen Schallleistung bei 100 km/h, "Nullspektrum", gemessene und gemittelte Geschwindigkeitsexponenten sowie Geschwindigkeitsfaktoren jeweils für die Wippe der Stromabnehmer DSA 380 D und SSS 87 in den Oktaven 63 bis 8000 Hz

### Literatur

- [1] J. Onnich, Proc. DAGA 2005
- [2] Schall 03, Deutsche Bundesbahn, Ausgabe 1990
- [3] L. Greven, Proc. DAGA 2005
- [4] U. J. Kurze, R. J. Diehl, J. Onnich, Proc. DAGA 2005