



**Dirk Windelberg:**  
**Vergleich Schall 03 (1990) mit Schall 03 (2006)**  
**- ein Beispiel -**  
Stand: 15. Dezember 2011

## Inhaltsverzeichnis

<b>0</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Vergleichbarkeits-Grundsatz</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Ein Beispiel</b>	<b>2</b>
2.1	Schall 03 (200x) . . . . .	2
2.2	Schall 03 (1990) . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Ergebnis</b>	<b>8</b>

## 0 Zusammenfassung

Das hier vorgestellte Beispiel zur Berechnung des Emissionspegels einer Güterzugvorbeifahrt soll zeigen,

- dass der Rechenaufwand nach der Schall 03 (200x) wesentlich höher ist als nach der Schall 03 (1990)
- das Ergebnis keinen relevanten Unterschied aufweist, der eine Neufassung rechtfertigen würde.

Dabei besteht der wesentliche Unterschied

- in der Festlegung von 8 einzelnen Oktavpegel in der Schall 03 (200x)

anstelle von

- einem einzigen A-bewerteten Summenpegel in der Schall 03 (1990))

wobei die Streuung weder bei dem Summenpegel noch bei den 8 Oktavpegeln berücksichtigt wird.

# 1 Vergleichbarkeits-Grundsatz

Es ist notwendig, ein Verfahren anzugeben, um die Ergebnisse der Schall 03 (200x) zu prüfen und/oder gegebenenfalls mit denen der Schall 03 (1990) ([1]) zu vergleichen.

Dazu sollten „viele“ in 25 m Entfernung und in 3.5 m Höhe über SO

gemessene Vorbeifahrpegel  $L_p$  einzelner Güterwagen bzw. Güterzüge mit dem jeweils

berechneten zugehörigen Grundwert

(aus der Schall03(1990))

oder/und mit dem jeweils

berechneten zugehörigen längenbezogenen Schalleistungspegel

(aus 8.1.1 bis 8.1.11 aus der Schall03(200x))

verglichen werden - unter Berücksichtigung der Ungenauigkeiten (bzw. der „Qualität“ der Daten).

Das Ergebnis sollte einsehbar dokumentiert und gegebenenfalls zu einer Überarbeitung der Schall03(200x) führen.

## 2 Ein Beispiel

### 2.1 Schall 03 (200x)

„Der Pegel der längenbezogenen Schalleistung  $L_{W',A,f,h,m,Fz}$  im Oktavband  $f$ , im Höhenbereich  $h$ , infolge einer Teilquelle  $m$  für eine Fahrzeugeinheit  $Fz$  je Stunde wird nach Gleichung (4.1) berechnet“:

$$L_{W',A,f,h,m,Fz} = a_{A,h,m,Fz} + \Delta a_{f,h,m,Fz} + 10 \cdot \log \left[ \frac{n_Q}{n_{Q,0}} \right] \text{ dB}$$

Ich betrachte 1 Güterwagen  $G$  mit 2 Achsen ( $n_{Achs} = 2$  bei  $n_{Achs,0} = 4$ ) der Länge  $l = 20 \text{ m}$ , der kein Kesselwagen ist und der mit  $v_G = 80 \text{ km/h}$  fährt.

Dazu finde ich zur „Fz-Kategorie 10“ (auf Seite 75) dass ich nur Geräusche in der Höhe  $h = 0$  zu betrachten habe.

Diese setzen sich zusammen aus

$m = 1$  Rollgeräusche. Unnötigerweise werden diese auch noch unterteilt in Rad- und Schienen-Rollgeräusche, obwohl nur die resultierenden Geräusche für die Bestimmung des längenbezogenen Schalleistungspegels erforderlich sind

$m = 2$  aerodynamische Geräusche.

Nun werte ich das Einzelblatt aus - so wie es vorgesehen ist:

### A8.1.1 Rollgeräusche

Ich finde die Bezeichnungen

- „**Radrauigkeit**“: Hier ist eine nicht genauer definierte Rauigkeit jedes der vier Räder meines Güterwagens eingetragen - die eigentlich niemandem bekannt ist und die sich zudem bei jedem Bremsen mit der Grauguß-Klotzbremse ändert. Und natürlich wurde das energetische (oder das arithmetische?) Mittel über die vier nicht genauer definierten Radrauigkeiten gebildet!? Nein! Es wurde nicht nur über die vier Räder meines Güterwagens irgendwie gemittelt, sondern über alle Räder von in Deutschland irgendwann einmal gemessenen Güterwagen (vielleicht war mein Güterwagen garnicht dabei!).

$a_{R,okt}$  bezeichnet dann den in Oktaven aufgeteilten Pegel und  $a_{R,A}$  den A-bewerteten Pegel.

- „**Schienenrauigkeit**“: Hier ist die Schienenrauigkeit eines vom Schallmesswagen mit  $p_{SMW} = 51 \text{ dB}(A)$  bewerteten Gleises gemeint.

$a_{S,okt}$  bezeichnet dann den in Oktaven aufgeteilten Pegel und  $a_{S,A}$  den A-bewerteten Pegel.

Mit Gleichung (7) kann ich dann die Schienen- und die Radrauigkeit zusammenfassen. Es gibt eigentlich keinen Grund, die Rollgeräusche in Rad- und Schienengeräusche aufzuteilen, ihnen nur ein  $m = 1$  zuzuordnen und sie dann wieder zusammenzufassen.

In dem Einzelblatt 8.1.11 finde ich:

$\Delta a_{R,okt,m=1,h=0}(G)$	-42	-30	-19	-7	-3	-5	-15	-24	$a_{R,A,m=1,h=0}(G) = 71$
$\Delta a_{S,okt,m=1,h=0}(G)$	-50	-40	-24	-8	-3	-5	-11	-33	$a_{S,A,m=1,h=0}(G) = 67$
gemeint ist aber eigentlich									
$a_{R,okt,m=1,h=0}(G)$	29	41	52	64	68	66	56	47	$a_{R,A,m=1,h=0}(G) = 71$
$a_{S,okt,m=1,h=0}(G)$	17	27	43	59	64	62	56	34	$a_{S,A,m=1,h=0}(G) = 67$
und daraus ergibt sich als energetische Summe									
$a_{R+S,okt,m=1,h=0}(G)$	29	41	53	65	69	67	59	47	$a_{A,m=1,h=0}(G) = 72$

Dafür würde ich einführen:

Ein Pegel  $\vec{p}$  wird hier von seinen 8 Oktavpegeln  $p_1, p_2, p_3, p_4, \dots, p_8$  erzeugt - dafür schreiben wir:

$$\vec{p} = (p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8) \text{ oder } \vec{p} = \begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \\ p_5 \\ p_6 \\ p_7 \\ p_8 \end{pmatrix},$$

und wir führen zusätzlich einen „Betrag“ dieses Vektors ein:  $\|\vec{p}\| := 10 \cdot \lg \left[ \sum_{i=1}^8 10^{0.1 \cdot p_i} \right]$ .

Weiter wird eine Addition dieser Vektoren (entsprechend der energetischen Addition) erklärt: Es seien zunächst  $s$  und  $t$  zwei reelle Zahlen. Dann sei

$$s \oplus t := 10 \cdot \lg [10^{0.1 \cdot s} + 10^{0.1 \cdot t}]$$

Diese Definition erweitern wir auf Vektoren gemäß der Vorschrift:

$$\vec{p} \oplus \vec{q} = \begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \\ p_5 \\ p_6 \\ p_7 \\ p_8 \end{pmatrix} \oplus \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \\ q_4 \\ q_5 \\ q_6 \\ q_7 \\ q_8 \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} p_1 \oplus q_1 \\ p_2 \oplus q_2 \\ p_3 \oplus q_3 \\ p_4 \oplus q_4 \\ p_5 \oplus q_5 \\ p_6 \oplus q_6 \\ p_7 \oplus q_7 \\ p_8 \oplus q_8 \end{pmatrix}$$

Dann können wir die Rollgeräusche eines Güterwagens beschreiben:

$$\vec{a}_{R \oplus S} := \vec{a}_R \oplus \vec{a}_S = \begin{pmatrix} 29 \\ 41 \\ 52 \\ 64 \\ 68 \\ 66 \\ 56 \\ 47 \end{pmatrix} \oplus \begin{pmatrix} 17 \\ 27 \\ 43 \\ 59 \\ 64 \\ 62 \\ 56 \\ 34 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 29 \\ 41 \\ 53 \\ 65 \\ 69 \\ 67 \\ 59 \\ 47 \end{pmatrix} \quad \text{mit} \quad \|\vec{a}_{R \oplus S}\| = 72 \quad (4a)$$

Damit ist der Summand  $\vec{a}_{R \oplus S}$  bestimmt.

### A8.1.2 aerodynamische Geräusche

Dem Einzelblatt entnehmen wir für die Höhe  $h = 0$  zusätzlich:

$$\vec{a}_{Ae} = (29, 35, 35, 35, 31, 24, 16, 4) \quad \text{mit} \quad \|\vec{a}_{Ae}\| = 41$$

Damit haben wir in der Höhe  $h = 0$  eine zweite Schallquelle, also schreiben wir  $m = 2$  für die aerodynamischen Geräusche (und  $m = 1$  für die Rollgeräusche).

### A8.2 Geschwindigkeit

Dem Einzelblatt 8.1.11 entnehmen wir:

Koeffizient  $b$  in der Höhe  $h = 0$  für  $m = 1$  und  $m = 2$ :

$b_{\text{okt},m=1}(G)$	-5	-5	-5	0	10	25	25	25		
$b_{\text{okt},m=2}(G)$	-5	-5	-5	0	10	25	25	25		

In unserer oben eingeführten Schreibweise ergibt sich daraus wegen  $v_G = v_{k_i, F_z} = 80 \text{ km/h}$  und daher  $\lg[v_G] = \lg[0.8] \approx -0.1$  sowohl für  $m = 1$  als auch für  $m = 2$ :

$$\vec{b} \cdot \lg(v_G) = \begin{pmatrix} -5 \\ -5 \\ -5 \\ 0 \\ 10 \\ 25 \\ 25 \\ 25 \end{pmatrix} \cdot (-0.1) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -1 \\ -2 \\ -2 \\ -2 \end{pmatrix}$$

### A8.2 Schienenzustand

Der Schienenzustand wird im Einzelblatt 8.1.11 durch  $p_{SMW} = 51 \text{ dB}(A)$  angegeben. Hier ist aber der Schienenzustand als „durchschnittlich“ angenommen, und das bedeutet nach wi50522 (vorbehaltlich einer Prüfung auf Repräsentativität und der Berechtigung, einen Mittelwert über alle Schienenwege und alle Güterwagen zu bilden), dass hier  $c$  als Gleispflegezuschlag zunächst mit 2 dB anzusetzen ist <sup>1)</sup>:

Koeffizient  $c$  in der Höhe  $h = 0$ :

$c_S(G)$	0	0	0	3	4	4	3	0		
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--

In unserer oben eingeführten Schreibweise ergibt sich daraus  $\vec{c} =$

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 3 \\ 4 \\ 4 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix}$$

<sup>1)</sup> Mittelwert der Schienenzustände an einem anderen Ort, an dem zufällig eine Messstelle errichtet war, an der jeweils von jedem der vorbeifahrenden Güterzüge der Mittelwert der an diesem Güterzug angehängten Güterwagen (als Vorbeifahrpegel des Güterzuges) bestimmt wurde und diese Mittelwerte von Güterwagen dann wiederum zu einem Geamtmittelwert aller vorbeigefahrenen Güterzüge zusammenfasst wurden, aus dem dann der Schienenzustand an diesem Ort durch Vergleich mit dem Grundwert 51 errechnet wurde.

### A8.4 längenbezogener Schalleistungspegel

Nun zählen wir zusammen: Zunächst ist

$$\vec{L}_{W',h=0,k_i,m=1} = \vec{a}_{R\oplus S} + \vec{b} \cdot \lg(v_G) + \vec{c} = \begin{pmatrix} 29 \\ 41 \\ 53 \\ 65 \\ 69 \\ 67 \\ 59 \\ 47 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -1 \\ -2 \\ -2 \\ -2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 3 \\ 4 \\ 4 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 29 \\ 41 \\ 53 \\ 68 \\ 72 \\ 69 \\ 60 \\ 45 \end{pmatrix}$$

und

$$\vec{L}_{W',h=0,k_i,m=2} = \vec{a}_{Ae} + \vec{b} \cdot \lg(v_G) + \vec{c} = \begin{pmatrix} 29 \\ 35 \\ 35 \\ 35 \\ 31 \\ 24 \\ 16 \\ 4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -1 \\ -2 \\ -2 \\ -2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 3 \\ 4 \\ 4 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 29 \\ 35 \\ 35 \\ 38 \\ 34 \\ 26 \\ 17 \\ 2 \end{pmatrix}$$

Damit ergibt sich nach Formel (5)

$$\vec{L}_{W',h=0,k_i} = \vec{L}_{W',h=0,k_i,m=1} \oplus \vec{L}_{W',h=0,k_i,m=2} = \begin{pmatrix} 29 \\ 41 \\ 53 \\ 68 \\ 72 \\ 69 \\ 60 \\ 45 \end{pmatrix} \oplus \begin{pmatrix} 29 \\ 35 \\ 35 \\ 38 \\ 34 \\ 26 \\ 17 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 32 \\ 42 \\ 53 \\ 68 \\ 72 \\ 69 \\ 60 \\ 45 \end{pmatrix}$$

mit dem längenbezogenen Schalleistungspegel  $\|\vec{L}_{W'}(G)\| = 75$

die Bezeichnung  $\vec{L}_{W',h=0,k_i}$  ist zu schwerfällig: zunächst wird ja nur der Schalleistungspegel als Linienquelle berechnet, also am Ort des Entstehens. Der Index  $k_s$  ist hier also (noch nicht) erforderlich - aber wenn er dabei auftritt, führt er zu Verständnisschwierigkeiten. Ein neuer Buchstabe sollte dafür verwendet werden.

Um von hier auf eine mit einem Schallpegelmesser messbare Größe zu kommen, also z.B. auf den im Abstand von 25 m vom Gleis in 3.5 m Höhe gemessenen Vorbeifahrpegel  $p_{vorbei}$ , gilt die Beziehung

$$p_{vorbei} = \|\vec{L}_{W'}\| + 14.6 \quad (Wi5)$$

d.h. es ergibt sich für mein Fahrzeug

$$p_{vorbei,200x} = 75 + 14.6 = 90$$

Diese Beziehung sollte unbedingt in der Schall 03 200x angegeben werden.

## 2.2 Schall03 (1990)

Nun wird dieser Wert verglichen mit dem Emissionspegel aus der Schall03 (1990):

Bezeichnung	Wert
Grundwert	51
Fahrzeugart $D_{Fz}$	0
Bremsbauart $D_D = 10 \cdot \lg[5 - 0.04 \cdot p]$ mit $p = 0\%$	7
$D_l = 10 \cdot \lg[0.01 \cdot l]$ mit $l = 20 \text{ m}$	-7
$D_v = 20 \cdot \lg[0.01 \cdot v]$ mit $v = 80 \text{ km/h}$	-2
Schwellengleis im Schotterbett (Betonschwelle) $D_{Fb}$	2
$D_{Fb}$ „vorbehaltlich genauerer Bestimmung der Schienenrauigkeit“	2
$L_{m,E} = 10 \cdot \lg \left[ 10^{0.1 \cdot (51 + D_{Fz} + D_D + D_l + D_v)} \right] + D_{Fb}$ $= 51 + D_{Fz} + D_D + D_l + D_v + D_{Fb}$	53

Also beträgt der Stundenpegel  $53 \text{ dB(A)}$ .

Bei  $v = 80 \text{ km/h}$  fahren  $20 \text{ m}$  Güterwagen in  $\frac{1}{4000} \text{ h}$  vorbei. Da sich der Vorbeifahrpegel  $p_{vorbei}$  nach der Schall 03 (1990) aus der Gleichung

$$\text{Stundenpegel} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{4000} \right] + p_{vorbei}$$

berechnet, ergibt sich hier  $53 = -36 + p_{vorbei}$  oder

$$p_{vorbei,1990} = 75 + 14.6 = 90 \text{ dB(A)}$$

Im Rahmen der bisherigen Rechengenauigkeit also gute Übereinstimmung!

Dennoch sollte berücksichtigt werden:

### A6.5 Prüfbarkeit

Es ist notwendig, ein Verfahren anzugeben, um die Ergebnisse der Schall 03 (200x) zu prüfen und/oder gegebenenfalls mit denen der Schall 03 (1990) zu vergleichen.

Dazu sollten „viele“ in  $25 \text{ m}$  Entfernung und in  $3.5 \text{ m}$  Höhe über SO

gemessene Vorbeifahrpegel  $L_p$  einzelner Güterwagen bzw. Güterzüge

mit dem jeweils

berechneten zugehörigen längenbezogenen Schalleistungspegel

(aus 8.1.1 bis 8.1.11 aus der Schall03(200x)) verglichen werden

- unter Berücksichtigung der Ungenauigkeiten (bzw. der „Qualität“ der Daten).

Das Ergebnis sollte einsehbar dokumentiert und gegebenenfalls zu einer Überarbeitung der Schall03(200x) führen.

### 3 Ergebnis

Dieser Vergleich zeigt, dass der Unterschied zwischen

- dem hier nach der (alten) Schall 03 (1990) berechneten Emissionspegel

$$p_{\text{vorbei},1990} = 90 \text{ dB}(A)$$

und

- dem nach der bisher vorliegenden, aber noch nicht in Kraft getretenen neuen Schall 03 (200x) berechneten Emissionspegel  $p_{\text{vorbei},200x} = 90 \text{ dB}(A)$

so gering ist, dass es nicht sinnvoll ist, das einfache Rechenverfahren der Schall 03 (1990) durch das nach Oktaven verfeinerte Rechenverfahren der Schall 03 (200x) zu ersetzen.

Zu bedenken bleibt,

- dass die gemessenen Vorbeifahrpegel von Güterwagen sehr stark schwanken, und zwar nicht um den in der Schall 03 (1990) angegebenen Grundwert  $G := 51 \text{ dB}(A)$ , sondern um das energetische Mittel von  $G_{em} = 53 \text{ dB}(A)$  (siehe [2]; dort befindet sich auch die nebenstehende Graphik)

und

- dass die Grundwerte von 95% der gemessenen Güterzugvorbeifahrten an verschiedenen Orten **unterhalb von 57 dB(A)** liegen.

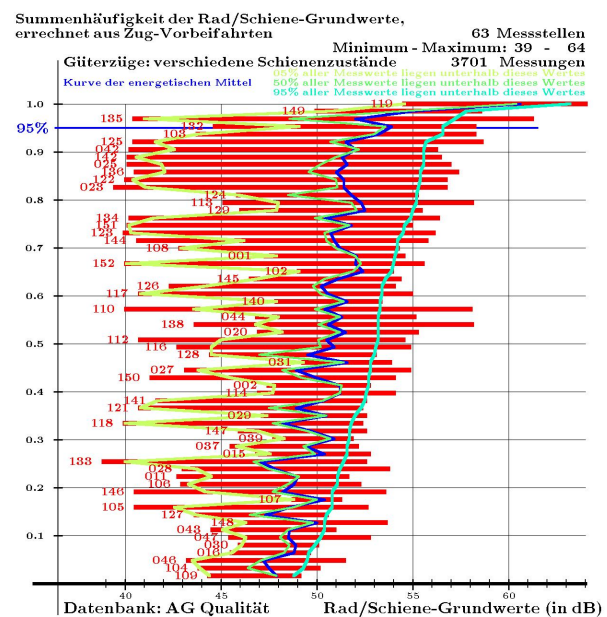


Bild 1.2

Grundwerte von Güterzügen

### Literatur

- [1] SCHALL 03 (1990):  
Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen. Information Akustik 03. Deutsche Bundesbahn, Zentrale. 1990.
- [2] WINDELBERG, DIRK:  
Güterzug-Schallemissionen: Messung und gesetzliche Bewertung. Immissionsschutz, **13** (2008), 193-196.