



# Monitoring von Güterzügen

## Auswertung

Stand: 23. April 2012

### Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Verwendete Gleichungen</b>	<b>2</b>
1.1	Grundwert und Vorbeifahrpegel . . . . .	2
1.2	Verwendete Messgeräte . . . . .	3
1.3	Bezeichnungen . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Auswertung 31.12.2010</b>	<b>5</b>
2.1	Messdaten . . . . .	5
2.1.1	Bemerkungen . . . . .	6
2.1.2	Graphische Zusammenfassung . . . . .	7
2.1.3	Vergleich mit ICE . . . . .	7
<b>3</b>	<b>zeitliche Veränderungen der Lärmsituation</b>	<b>8</b>
3.1	Vorhaben . . . . .	8
3.2	Graphische Zusammenfassungen . . . . .	8
3.2.1	Vorbeifahrpegel . . . . .	8
3.2.2	Grundwerte . . . . .	9
3.3	Messdaten . . . . .	10
3.4	April 2011 . . . . .	12
3.5	Juni 2011 . . . . .	14

# 1 Verwendete Gleichungen

## 1.1 Grundwert und Vorbeifahrpegel

Für den Emissionspegel  $L_{m,E}$  der Schall03 gilt die Grundgleichung:

$$L_{m,E} = \mathbf{G} + D_{Fz} + D_D + D_l + D_v + D_{Fb} + D_{Br} + D_{Bü} + D_{Ra} \quad (1)$$

Dieser Zusammenhang gilt für eine Messstelle, die sich in 25 m Entfernung von der Gleismitte und in 3.5 m Höhe über dem Gleis bei ebenem Gelände befindet.

Speziell für den Vergleich von Güterzugvorbeifahrten an einer festen Messstelle können die Parameter dieser Gleichung (1) weitgehend festgelegt werden, wobei  $l$  die Länge des Güterzuges und  $v$  seine Geschwindigkeit bezeichnen:

$$\begin{aligned} L_{m,E} &= \mathbf{G} + 0 + D_D + 10 \cdot \lg [0.01 \cdot l] + 20 \cdot \lg [0.01 \cdot v] + 2 + 0 + 0 + 0 \\ &= \mathbf{G} + D_D + 2 + 10 \cdot \lg [0.01^3 \cdot l \cdot v^2] \end{aligned} \quad (2)$$

Diese Gleichung kann nach dem Grundwert  $\mathbf{G}$  aufgelöst werden:

$$\mathbf{G} = L_{m,E} - D_D - 2 - 10 \cdot \lg [0.01^3 \cdot l \cdot v^2] \quad (3)$$

- Für das Gleis, dessen Gleismitte von der Messstation einen Abstand von 23 m beträgt, ist der Emissionspegel

$$\mathbf{L}_{m,E,23} = L_{m,E} + 0.3 \quad (4)$$

- Für das Gleis, dessen Gleismitte von der Messstation einen Abstand von 27 m beträgt, ist der Emissionspegel

$$\mathbf{L}_{m,E,27} = L_{m,E} - 0.4 \quad (5)$$

Für die **Vorbeifahrzeit**  $t_v$  und den **mittleren Vorbeifahrpegel**  $p_v$  läßt sich nach der Schall03 der **Emissionspegel**  $L_{m,E}$  bestimmen:

$$L_{m,E} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{t_v}{3600} \right] + p_v \quad (6)$$

Also bleibt für die Berechnung des Grundwertes die Gleichung

$$\begin{aligned} \mathbf{G} &= 10 \cdot \lg \left[ \frac{t_v}{3600} \right] + p_v - D_D - 2 - 10 \cdot \lg [0.01^3 \cdot l \cdot v^2] \\ &= p_v - D_D - 2 - 30 \cdot \lg \left[ \frac{v}{10} \right] \end{aligned} \quad (7)$$

Diese Gleichung (7) enthält den Summanden  $D_D$ , der das Bremssystem charakterisieren soll: Wenn es keinen scheigebremsten Güterwagen gibt, so ist der Anteil  $p$  der scheibengebremsten Wagen gleich 0, also  $p = 0$  und damit  $D_D = \log_{10}(5) \approx 7$ .

## 1.2 Verwendete Messgeräte

Um die oben angegebenen Parameter zu messen, wird in Hamminkeln an einem langen geraden 2-gleisigen Schienenweg der BETUWE-Linie (von Rotterdam nach Genua, weitgehend längs des Rheines)

- in 25 m Entfernung von der Mitte zwischen den beiden Gleisen
- in 3.5 m über Grund in ebenem Gelände

durch den TÜV-Nord eine automatisierte Messung mit Hilfe

- eines Schall-Messgerätes zur Dokumentation von Uhrzeit, Vorbeifahrpegel und maximalem Vorbeifahrpegel, jeweils 5 Messungen pro Sekunde,
- einer Video-Kamera, die sich bei jedem Pegel oberhalb eines bestimmten Grenzpegels einschaltet (und nach Unterschreitung dieses Pegels wieder abschaltet), deren Film im \*.avi-Format sich in jeweils 5 Bilder pro Sekunde auflösen läßt,
- einem mit der Video-Kamera gekoppelten Messgerät, das die jeweilige Vorbeifahr-geschwindigkeit registriert

durchgeführt.

Eine Bildauswertung erlaubt dann, Fremdgeräusche (wie z.B. Personenzüge, einzelne Lokomotiven, Züge mit Scheibenbremsen oder ICE-Züge) auszuschliessen und die Fahrtrichtung (und damit den Abstand  $s_k$  zwischen Messstation und Gleis) zu erkennen.

## 1.3 Bezeichnungen

Es werden pro Sekunde der Vorbeifahrt eines Güterzuges jeweils 5 Messungen des Vorbeifahrpegels  $p_v(i) := L_{A,F,eq,0.2s}(i)$

und

des maximalen Vorbeifahrpegels  $p_m(i) := L_{A,F,max,0.2s}(i)$

und

der Geschwindigkeit  $v(i)$  als mittlerer Geschwindigkeit während der Vorbeifahrzeit vorgenommen.

Dadurch entstehen  $N$  Messdaten ( $1 \leq i \leq N$ ).

- **Ausbreitungsrechnung:**

Der Pegel  $L_{m,E}$  bezieht sich auf das oben angegebene Messgerät:

Bei Fahrt auf dem vorderen Gleis gilt  $L_{m,E,23} = L_{m,E} + 0.3$  nach (4), während bei Fahrt auf dem hinteren Gleis  $L_{m,E,27} = L_{m,E} - 0.4$  nach (5) gilt.

- **maximaler Vorbeifahrpegel:**

Der „maximale Vorbeifahrpegel  $p_{max}$ “ ist das Maximum der  $N$  maximalen Vorbeifahrpegel  $p_m(i)$ , also

$$p_{max} := \max_{1 \leq i \leq N} p_m(i).$$

- **Vorbeifahrzeit:**

Wenn der Pegel  $p_v(i)$  an der Messstation während des Anstiegs beim Herannahen eines Güterzuges größer wird als  $p_{max} - 10 dB(A)$ , so beginnt die „Vorbeifahrzeit  $t_v$ “.

Die Vorbeifahrzeit  $t_v$  endet, wenn der Pegel  $p_v(i)$  unter den Pegel  $p_{max} - 10 dB(A)$  fällt. Dadurch entstehen sich  $N_v$  Messdaten mit  $N_v \leq N$ .

**Bemerkungen:** Es ist also erforderlich, in einem ersten Rechengang den maximalen Vorbeifahrpegel  $p_{max}$  zu bestimmen, um damit die Vorbeifahrzeit  $t_v$  bestimmen zu können.

Es gibt Vorbeifahrten, bei denen durch die Vorbeifahrpegel-Bedingung  $p_{max} - 10 \leq p_v \leq p_{max}$  Güterzüge in zwei (oder mehr) Teile zerteilt werden.

- **Vorbeifahrpegel  $p_v$ :**

Der Vorbeifahrpegel  $p_v$  wird als energetisches Mittel der  $N_v$  während der Vorbeifahrzeit  $t_v$  gemessenen Pegel  $p_v(j)$  (mit  $1 \leq j \leq N_v$ ) berechnet:

$$p_v = 10 \cdot \log_{10} \left[ \frac{1}{N_v} \cdot \sum_{j=1}^{N_v} 10^{0.1 \cdot p_v(j)} \right]$$

- **Geschwindigkeit:**

Bei Fahrt auf dem vorderen Gleis werden die Geschwindigkeiten durch ein Minuszeichen, Geschwindigkeiten bei Fahrten auf dem hinteren Gleis werden positiv gekennzeichnet. Sie werden in  $km/h$  angegeben.

- **mittlere Geschwindigkeit  $v_m$ :**

Die „mittlere Geschwindigkeit  $v_m$ “ wird als arithmetisches Mittel der  $N_v$  während der Vorbeifahrzeit  $t_v$  gemessenen Geschwindigkeiten  $v(j)$  (mit  $1 \leq j \leq N_v$ ) in  $km/h$  berechnet und angegeben.

- **Grundwert:**

Der Grundwert  $G$  wird nach (7) für die hier betrachteten Güterzüge (also für  $D_D = 10 \cdot \lg [5 - 0.04 \cdot p] = 10 \cdot \lg [5] \approx 7$ ) berechnet:

**Grundwert - Vorbeifahrpegel - Geschwindigkeit bei Güterzügen**

$$G \approx p_v - 9 - 30 \cdot \lg \left[ \frac{v_m \text{ (in km/h)}}{10} \right] \quad (8)$$

- **Länge des Güterzuges**

Die Länge  $l$  des Güterzuges kann berechnet werden nach der Formel  $l = \frac{v_m}{3.6} \cdot t_v$  (da  $v_m$  in  $km/h$  und  $t_v$  in  $s$  angegeben ist).

(Nach (8) ist die Bestimmung der Länge zur Berechnung des Grundwertes jedoch nicht erforderlich.)

- **Art:**

C=Containertransportwagen mit Container  
 F=Containertransportwagen ohne Container  
 G=Güter-Kastenwagen  
 K=Kesselwagen  
 L=Lok  
 R=Rungenwagen  
 S=Schotterwagen

## 2 Auswertung 31.12.2010

In dieser und den folgenden Tabellen werden die Vorbeifahrten von jeweils 60 aufeinanderfolgenden Güterzügen an der oben genannten Messstelle dokumentiert und ausgewertet.

### 2.1 Messdaten

Die hier ausgewerten Messdaten stammen vom 31.12.2010 (Freitag) bis zum 02.01.2011 (Sonntag). Es lag eine etwa 10 cm dicke Schneedecke auf dem Boden.

Uhrzeit	Messwerte				Berechnete Werte			Messwert
	Art	Vorbeifahrzeit $t$ in $s$	Geschwindigkeit $v$ in $km/h$	Vorbeifahrpegel in $dB(A)$	Länge in $m$	Stundenpegel in $dB(A)$	Grundwert in $dB(A)$	maximaler Pegel in $dB(A)$
00:50:35	F+G	24.8	76.1	83.8	620	62.6	48.4	87.6
00:54:25	F+G	27.2	-67.7	83.3	582	61.8	49.4	87.2
01:22:37	G	15.2	73.7	88.3	380	65.0	53.3	90.9
01:44:24	G	20.0	74.7	79.6	472	57.5	44.5	84.4
01:54:54	G	21.4	92.0	88.3	547	66.5	50.4	91.4
02:13:55	G	20.0	88.0	83.7	489	61.5	46.3	88.6
02:21:52	G	23.0	-85.0	82.4	544	60.2	45.5	87.7
02:33:57	G	22.0	86.0	87.7	526	65.9	50.6	90.6
02:37:47	G	23.2	-82.0	85.6	528	63.4	49.2	89.2
02:44:19	G	29.4	80.0	83.2	653	62.7	47.1	87.7
03:11:39	G	24.2	63.3	81.4	511	60.1	48.4	87.3
03:24:05	G	07.6	-83.1	84.5	186	57.5	47.9	87.7
03:26:40	G	07.8	54.1	83.3	160	57.1	52.3	85.4
04:03:51	G	27.0	-61.7	80.0	463	58.4	47.3	82.9
04:30:43	G	16.2	71.6	86.2	401	63.1	51.5	88.3
05:05:41	G	29.0	-68.5	85.2	620	64.0	51.2	89.3
05:13:06	G	22.2	70.9	81.2	543	59.5	46.6	86.2
05:34:03	G	23.0	72.8	81.4	556	59.8	46.5	86.5
06:33:52	G	23.2	75.1	85.8	593	64.3	50.5	90.5
06:42:50	G	25.2	-70.7	84.3	581	62.4	49.8	86.2
06:51:24	G	20.4	-72.0	85.9	414	63.2	51.2	88.6
07:13:45	G	25.0	66.8	85.8	556	64.6	52.1	91.3
07:46:46	G	22.4	75.6	86.9	548	65.2	51.5	89.2
08:08:59	G	27.0	58.5	81.1	517	60.2	49.0	84.3
08:14:55	G	35.2	-65.2	83.7	939	63.3	50.3	87
08:27:36	G	28.8	-61.2	81.4	496	60.1	48.8	84.3
08:39:55	G	25.2	66.6	85.9	574	64.7	52.2	89.3
08:45:43	G	25.4	66.4	86.3	557	65.2	52.7	88.9
09:03:40	G	03.4	-85.3	82.2	82	51.6	45.2	86.3
09:24:22	G	27.2	-66.6	84.7	574	63.1	50.9	89.2
10:04:03	G	18.0	-62.6	85.1	355	61.8	52.2	89.6
10:26:30	G	21.6	78.9	86.6	534	64.8	50.7	88.8
10:33:34	G	21.2	71.2	84.9	524	63.0	50.3	90.4
10:41:08	G	27.2	68.5	84.2	627	63.4	50.1	88.9
11:24:37	G	24.6	70.7	83.3	574	62.1	48.9	86.2
12:04:20	G	28.2	-63.6	84.0	572	62.7	50.9	89.7
12:09:13	G	29.2	64.0	77.8	649	57.3	44.7	80.7
12:25:43	G	29.2	67.8	83.7	665	63.2	49.8	86.4
12:27:58	G	24.0	-71.6	85.1	533	63.0	50.4	87.4
13:47:37	G	24.2	73.4	80.2	565	58.9	45.3	84.6
14:24:51	G	13.2	61.9	78.8	290	54.9	46.1	82.1

Tabelle 2.1.1: Daten (in schwarz) und Ergebnisse (in rot) am 31.12.10 bei Schnee

Fortsetzung 31.12.2010 bis 02.01.2011:

Uhrzeit	Messwerte				Berechnete Werte			Messwert
	Art	Vorbeifahrzeit $t$ in $s$	Geschwindigkeit $v$ in $km/h$	Vorbeifahrpegel in $dB(A)$	Länge in $m$	Stundenpegel in $dB(A)$	Grundwert in $dB(A)$	maximaler Pegel in $dB(A)$
17:27:32	G	21.0	70.6	85.7	508	63.7	51.2	89.8
18:49:24	G	20.4	72.6	82.4	493	60.3	47.5	87
08:29:04	G	22.4	-80.6	88.8	541	66.5	52.6	92.2
09:32:59	G	02.8	-116.6	83.7	95	52.3	42.7	87.3
08:09:42	G	20.0	66.6	84.7	506	62.5	51.0	87.5
08:36:22	G	27.2	-63.4	80.9	521	59.4	47.9	84.2
10:04:19	G	23.2	-63.2	83.1	464	60.9	50.1	88.5
11:16:57	G	12.2	74.7	87.7	322	63.4	52.5	90.2
11:32:54	G	14.4	-81.3	89.0	336	64.7	52.7	91
12:02:55	G	25.2	-77.2	87.8	595	66.0	52.2	92.1
12:56:52	G	23.8	69.8	79.9	549	58.5	45.5	82.2
13:24:23	G	23.2	72.6	85.7	490	64.2	50.9	88
14:16:00	G	10.2	-86.0	87.0	244	61.2	49.9	89.7
15:11:06	G	22.4	-87.0	90.0	541	67.6	52.8	92.2
15:11:43	G	07.0	74	81.1	144	54.4	46.0	83.6
16:19:32	G	23.2	-76	85.1	490	62.8	49.6	88
17:25:52	G	25.2	83	79.8	581	58.7	43.2	83
17:48:44	G	20	76	82.2	422	60.0	46.8	85.5
18:15:37	G	23.2	87	86.6	561	65.1	49.4	88.6
18:36:56	G	23	89	86.3	569	64.7	48.8	88.4
								$\Delta$
MINIMUM		2.8		75		48	43	20
5%-Grenze		4.8		77		52	45	20
50%-Grenze		23		84		62	50	22
Mittelwert				85		62	50	23
95%-Grenze		29		88		66	53	27
MAXIMUM		35		89		67	53	31
Anteil Überschreitungen des Grundwertes von 51 $dB(A)$							27%	

Tabelle 2.1.2: Daten (in schwarz) und Ergebnisse (in rot) am 31.12.10 bei Schnee

$\Delta$ : Differenz zwischen dem mittleren Vorbeifahrpegel und dem Stundenpegel.

### 2.1.1 Bemerkungen

- um 12:09 Uhr fuhr der Versuchszug mit verschiedenen Bremssystemen vorbei: Sein Grundwert betrug 44.7  $dB(A)$ !
- der mittlere Grundwert zwischen dem 31.12.2010 und dem 02.01.2011 lag bei 50  $dB(A)$ ; dieser Grundwert ist um 1  $dB(A)$  geringer als nach der Berechnung in der Schall03.

## 2.1.2 Graphische Zusammenfassung

Rad/Schiene-Grundwerte,  
errechnet aus Güterzug-Vorbeifahrten  
**Schall 03: Grundwert = 51 dB(A)**

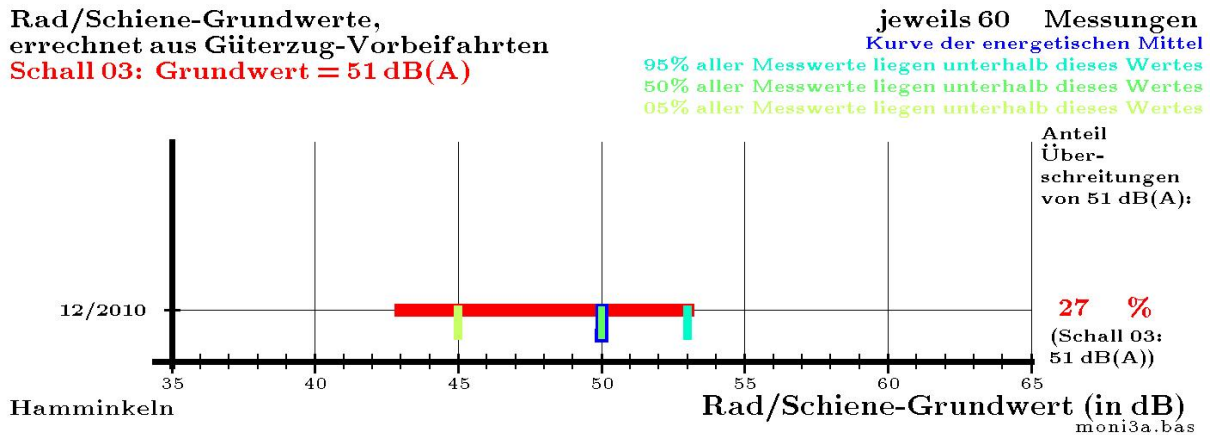


Bild 2.2.1: Entwicklung der Grundwerte mit der Zeit  
hier: 31. Dezember 2010

## 2.1.3 Vergleich mit ICE

Uhrzeit	Art	Messwerte			Berechnete Werte			Messwert maximaler Pegel in dB(A)
		Vorbeifahrzeit $t$ in s	Geschwindigkeit $v$ in km/h	Vorbeifahrpegel in dB(A)	Länge in m	Stundenpegel in dB(A)	Grundwert in dB(A)	
07:26:09	ICE	06.0	114.6	78.7	210	51.3	44.9	81.1
08:08:33	ICE	06.0	-126.5	86.4	227	58.3	51.4	88.7

Tabelle 2.3.1: ICE-Vorbeifahrten ( $D_D = 0$ ) bei Schnee am 31.12.2010

### 3 zeitliche Veränderungen der Lärmsituation

#### 3.1 Vorhaben

Die Bahnstrecke in Hamminkeln wird während der meisten Tage eines Jahres durch etwa 60 Güterzüge innerhalb von 24 Stunden befahren. Zusätzlich fahren Personenzüge, ICE-Züge und einzelne Lokomotiven.

Daher wurden hier alle zwei Monate jeweils 60 Güterzüge während ihrer Vorbeifahrt an Hamminkeln genau bezüglich ihrer Schallabstrahlung (siehe Kapitel 1) vermessen. Es ist Ziel dieser Untersuchung, bis zum Jahr 2020 im Takt von 2 Monaten fortwährend die Lärmentwicklung von jeweils 60 Güterzügen zu dokumentieren und auszuwerten, um

- einerseits zu messen, ob die **Vorbeifahrpegel** von Güterzügen, und
- andererseits zu berechnen, ob die **Grundwerte** von Güterwagen

infolge technischer Verbesserungen um  $10\text{ dB}(A)$  geringer werden

#### 3.2 Graphische Zusammenfassungen

Bisher wurden jeweils 60 Güterzugvorbeifahrten aus den folgende Zeiträumen betrachtet:  
Dezember 2010 ./ Februar 2011 ./ April 2011 ./ Juni 2011

##### 3.2.1 Vorbeifahrpegel

Vorbeifahrpegel,  
ermittelt aus Güterzug-Vorbeifahrten

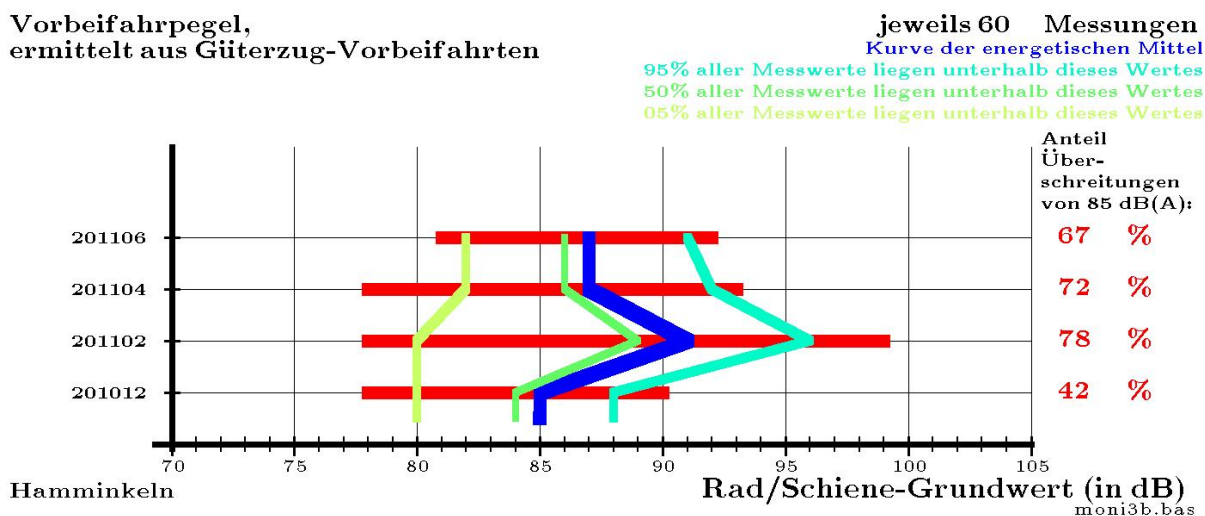


Bild 3.1.1: Entwicklung der Vorbeifahrpegel mit der Zeit  
Vergleiche Dezember 2010 bis Juni 2011  
unter besonderer Berücksichtigung der Überschreitungen von 85%



### 3.2.2 Grundwerte

Rad/Schiene-Grundwerte,  
errechnet aus Güterzug-Vorbeifahrten  
**Schall 03: Grundwert = 51 dB(A)**

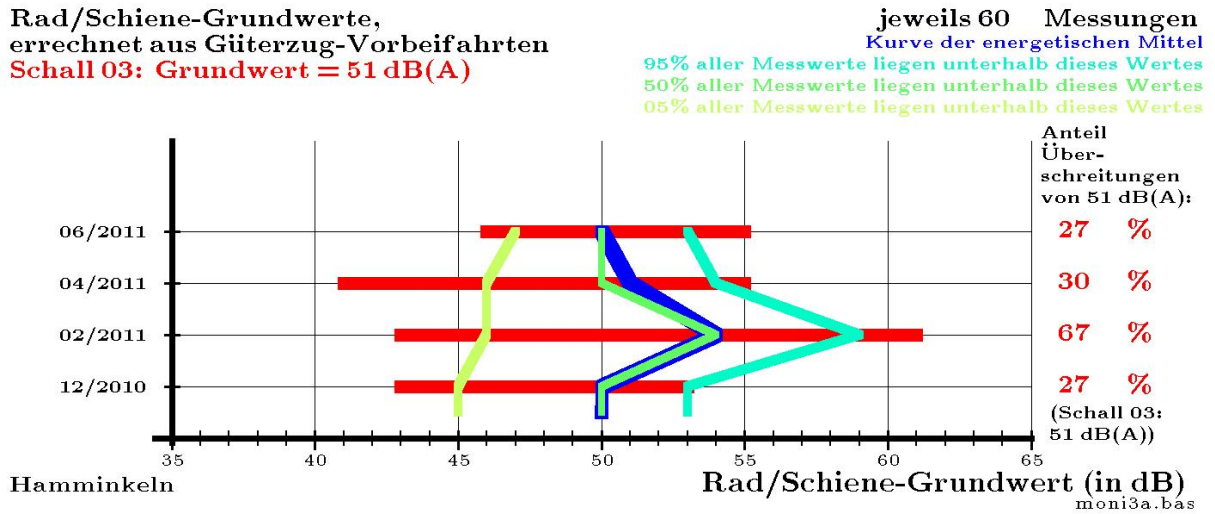


Bild 3.1.2: Entwicklung der Grundwerte mit der Zeit

### 3.3 Messdaten

Die hier ausgewerten Messdaten stammen vom 28.02.2011 (Montag) und dem 01.03.2011 (Dienstag) bei Frühlingswetter.

Uhrzeit	Messwerte				Berechnete Werte			Messwert maximaler Pegel in $dB(A)$
	Art	Vorbeifahrzeit $t$ in $s$	Geschwindigkeit $v$ in $km/h$	Vorbeifahrpegel in $dB(A)$	Länge in $m$	Stundenpegel in $dB(A)$	Grundwert in $dB(A)$	
00:05:13	G	20	-76	83.2	425	60.4	47.8	86.5
00:42:42	G	25	-94	93.1	658	71.3	54.9	97.4
01:27:25	G	24	-89	96.2	591	74.1	58.7	98.6
01:33:30	G	24	-91	97.0	607	74.9	59.2	99.6
05:43:18	G	27	-83	91.5	631	70.0	54.8	95.4
06:47:29	G	24	-80	89.8	540	67.7	53.6	92.1
08:09:10	G	35	68	84.1	655	64.4	50.2	87.3
08:15:22	G	24	84	93.4	560	72.0	56.7	96.6
08:27:08	G	24	-86	91.7	579	69.7	54.6	94.7
09:13:18	G	22	85	87.8	519	66.1	50.9	92.7
09:32:40	G	8.2	-91	95.7	207	69.0	57.9	98.8
09:45:53	G	10	69	87.7	195	62.7	53.6	90.9
09:53:16	G	21	81	90.1	477	68.2	53.8	92.2
09:58:00	G	24	76	90.8	513	69.5	55.3	93.9
10:01:57	G	24	-78	89.4	523	67.3	53.6	93.1
10:31:45	G	26	-76	89.7	554	68.0	54.3	92.3
11:31:27	G	13	-82	84.9	302	60.2	48.4	89.1
12:07:22	G	30	-71	84.9	601	63.8	50.3	87.5
12:09:33	G	27	77	82.1	569	61.2	46.5	86.2
12:22:05	G	24	-90	98.5	598	76.4	60.8	99.9
12:28:07	G	36	-59	86.1	582	65.8	54.1	88.8
13:15:46	G	25	77	86.8	540	65.6	51.2	92.9
13:28:37	G	29	-77	90.1	625	68.9	54.5	93.2
13:30:33	G	31	80	81.9	693	61.7	45.8	84.3
13:43:10	G	28	-83	93.1	636	71.7	56.5	97.3
14:11:13	G	23	87	93.1	556	71.6	55.9	94.8
14:26:35	G	26	77	81.6	548	60.6	46.0	84.4
15:11:06	G	16	-78	93.1	352	69.3	57.3	95.5
15:26:25	G	22	88	86.7	538	64.9	49.3	92.6
15:34:18	G	25	82	88.7	574	67.6	52.3	96.6
15:38:22	G	30	-71	85.3	596	64.3	50.8	88.4
16:13:21	G	9.0	87	88.0	218	62.4	50.8	90.6
16:46:45	G	24	87	89.3	585	68.0	52.2	93.2
17:40:57	G	22	89	92.9	544	71.1	55.4	96.5
18:13:28	G	23	-91	87.7	586	65.5	49.9	93.9
19:08:02	G	16	67	79.7	307	56.7	45.8	81.8
19:30:00	G	15	79	86.0	334	62.7	50.1	89.1
20:07:13	G	28	-75	90.3	580	68.9	55.1	92.6
20:27:31	G	7.0	82	91.2	159	64.5	54.8	94.4
20:33:25	G	25	80	91.5	551	70.3	55.4	94.4

Tabelle 3.1.1: Daten (in schwarz) und Ergebnisse (in rot) am Montag, den 28.02.2011, bei Frühlingswetter

Fortsetzung Montag, 28.02.2011 bis Dienstag, 01.03.2011: 60 Güterzüge

Uhrzeit	Messwerte				Berechnete Werte			Messwert
	Art	Vorbeifahrzeit $t$ in $s$	Geschwindigkeit $v$ $v$ in $km/h$	Vorbeifahrpegel in $dB(A)$	Länge in $m$	Stundenpegel in $dB(A)$	Grundwert in $dB(A)$	maximaler Pegel in $dB(A)$
21:13:25	G	24	-87	95.9	585	73.8	58.7	99.2
21:30:15	G	23	91	91.5	592	70.1	53.8	94.3
22:06:54	G	24	84	85.8	560	64.4	49.1	91.3
22:10:23	G	27	-81	90.7	609	69.2	54.5	93.0
22:33:36	G	29	74	81.5	596	61.0	46.4	88.0
22:34:54	G	22	-82	90.4	506	68.0	54.0	93.2
22:40:20	G	22	67	89.0	413	67.3	55.2	90.9
22:54:09	G	37	52	85.5	532	66.0	55.1	87.8
23:02:00	G	34	58	86.0	548	66.2	54.1	89.2
23:29:36	G	19	81	90.6	432	68.3	54.3	93.8
23:36:01	G	34	-63	87.7	599	67.2	54.7	91.1
23:45:03	G	27	-73	89.5	547	68.0	54.6	94.2
23:54:39	G	19	-84	93.0	449	70.0	56.3	97.8
00:05:13	G	20	-76	83.2	425	60.4	47.8	86.5
00:17:20	G	33	-64	88.5	587	67.9	55.4	91.2
00:55:01	G	31	-80	92.4	693	71.4	56.3	96.6
01:08:24	G	35	-54	80.9	525	60.5	49.9	87.8
01:19:14	G	37	-57	79.3	597	59.2	47.5	83.1
01:24:51	G	29	64	86.7	519	66.2	53.5	89.4
01:46:29	G	24	-82	92.5	544	70.4	56.0	96.5
								$\Delta$
MINIMUM		7		78		57	43	20
5%-Grenze		9		80		59	46	20
50%-Grenze		24		89		67	54	22
Mittelwert		29		91		69	54	22
95%-Grenze		35		96		74	59	25
MAXIMUM		37		99		76	61	27
Anteil Überschreitungen eines Grundwertes von 51 $dB(A)$							67%	

Tabelle 3.1.2: Daten (in schwarz) und Ergebnisse (in rot) am 28.02. und 01.03.2011 bei Frühlingswetter (ohne Schnee).

### 3.4 April 2011

Die hier ausgewerten Messdaten stammen vom 30.04.2011 (Samstag) und dem 01.05.2011 (Sonntag) bei kaltem Wetter.

Uhrzeit	Messwerte				Berechnete Werte			Messwert
	Art	Vorbeifahrzeit $t$ in $s$	Geschwindigkeit $v$ in $km/h$	Vorbeifahrpegel in $dB(A)$	Länge in $m$	Stundenpegel in $dB(A)$	Grundwert in $dB(A)$	maximaler Pegel in $dB(A)$
00:20:46	G	27	-78	84.5	593	63.0	48.6	86.7
00:43:13	G	21	75	85.1	435	63.2	49.9	87.4
00:55:44	G	20	-90	88.0	500	65.2	50.4	91.2
01:42:31	G	26	-81	88.5	596	66.8	52.2	93.5
01:45:10	G	28	85	85.0	666	64.3	48.1	88.0
02:47:21	G	16	-86	83.8	381	60.0	46.8	88.6
03:11:52	G	18	-83	88.0	418	64.8	51.5	92.9
03:32:08	G	19	82	84.7	433	62.3	48.2	89.8
04:30:39	G	07.4	75	87.2	154	60.8	52.0	90.9
04:43:03	G	22	90	87.0	555	65.3	49.3	89.0
05:39:20	G	22	90	88.2	555	66.5	50.5	93.6
06:13:56	G	24	83	87.2	558	65.9	50.7	90.5
06:17:02	G	21	-83	86.2	494	63.7	49.6	90.3
06:24:59	G	21	-82	85.3	485	62.7	48.8	88.1
06:30:25	G	22	-91	91.0	558	68.6	53.2	95.1
06:38:24	G	25	83	86.2	581	65.1	49.7	89.8
06:43:39	G	26	81	88.6	585	67.6	52.4	91.4
07:05:26	G	28	-75	84.4	586	63.0	49.1	87.1
07:28:07	G	19	90	84.8	480	62.5	47.2	88.9
07:33:30	G	21	92	87.5	542	65.6	49.6	89.5
07:40:52	G	29	70	84.0	564	63.5	49.7	87.1
08:19:07	G	13	-94	87.5	339	62.8	49.3	90.2
08:25:57	G	19	-86	88.1	454	65.0	51.1	92.2
08:33:07	G	23	-95	91.5	612	69.2	53.1	94.8
08:47:53	G	20	85	87.2	477	65.1	50.3	92.4
09:27:45	G	07.6	92	86.4	194	60.1	48.5	90.5
09:28:29	G	22	-82	87.4	499	64.9	50.9	91.0
10:39:14	G	13	80	90.1	298	66.2	54.0	91.9
11:08:52	G	22	-87	85.0	532	62.6	47.8	89.2
11:26:20	G	13	-88	87.8	314	63.0	50.4	90.5
11:48:42	G	20	89	84.9	494	62.7	47.4	90.9
12:12:26	G	23	89	88.0	579	66.5	50.5	92.1
12:14:54	G	14	-86	84.2	339	59.8	47.1	88.3
12:33:04	G	23	85	87.9	548	66.4	51.0	90.9
12:43:24	G	15	-80	85.1	332	61.0	49.1	88.4
14:06:48	G	24	86	91.9	583	70.6	54.9	96.3
14:16:01	G	21	-83	85.8	482	63.2	49.3	88.9
14:28:57	G	21	-91	89.3	521	66.6	51.5	94.2
15:07:05	G	20	-81	84.8	452	62.0	48.6	88
15:12:47	G	17	74	79.2	358	56.4	44.1	83.2

Tabelle 2.3.1: Daten (in schwarz) und Ergebnisse (in rot) am Montag, den 30.04.2011, bei kaltem Wetter.

Fortsetzung Samstag, 30.04.2011 bis Sonntag, 01.05.2011: 60 Güterzüge

Uhrzeit	Messwerte				Berechnete Werte			Messwert
	Art	Vorbeifahrzeit $t$ in $s$	Geschwindigkeit $v$ $v$ in $km/h$	Vorbeifahrpegel in $dB(A)$	Länge in $m$	Stundenpegel in $dB(A)$	Grundwert in $dB(A)$	maximaler Pegel in $dB(A)$
15:24:39	G	21	85	83.6	501	61.7	46.7	88.4
15:30:23	G	19	80	85.2	431	62.9	49.1	87.6
16:32:03	G	20	83	88.5	470	66.4	51.9	91.4
16:44:07	G	20	-82	85.7	449	62.8	49.3	90.6
18:31:45	G	19	-91	86.5	490	63.5	48.8	91.9
19:10:05	G	25	76	84.2	528	63.0	48.7	88.3
19:24:49	G	19	83	86.1	443	63.8	49.6	89.4
19:48:37	G	25	-85	89.5	596	67.6	52.6	93.1
20:06:17	G	23	-80	90.1	509	67.8	54.0	93.4
20:08:51	G	30	73	86.4	612	66.1	51.5	90.4
20:48:30	G	13	89	84.5	321	60.5	47.0	89.4
23:39:39	G	20	-92	78.4	514	55.5	40.5	81.9
06:00:58	G	22	91	89.0	561	67.3	51.2	92.5
07:10:42	G	27	67	85.1	513	64.4	51.3	87.9
07:27:06	G	23	89	92.0	569	70.5	54.5	95.1
07:34:29	G	17	88	87.5	425	64.7	50.2	91.0
07:54:14	G	26	-81	81.7	585	60.0	45.5	84.9
09:22:31	G	20	91	92.5	511	70.3	54.7	94.6
09:28:39	G	25	-82	85.9	572	64.1	49.5	88.4
09:43:18	G	21	93	87.0	543	65.1	49.0	89.4
								$\Delta$
MINIMUM		7.4		77		56	41	20
5%-Grenze		13		78		56	46	21
50%-Grenze		21		86		64	50	22
Mittelwert		23		87		65	51	23
95%-Grenze		28		91		69	54	25
MAXIMUM		30		92		71	55	26
Anteil Überschreitungen eines Grundwertes von 51 $dB(A)$							30%	

Tabelle 2.3.2: Daten (in schwarz) und Ergebnisse (in rot)  
am Samstag, den 30.04.2011, und Sonntag, 01.05.2011, bei kaltem Wetter.

### 3.5 Juni 2011

Die hier ausgewerten Messdaten stammen vom 15.06.2011 (Mittwoch) und dem 16.06.2011 (Donnerstag).

Uhrzeit	Messwerte				Berechnete Werte			Messwert
	Art	Vorbeifahrzeit $t$ in $s$	Geschwindigkeit $v$ in $km/h$	Vorbeifahrpegel in $dB(A)$	Länge in $m$	Stundenpegel in $dB(A)$	Grundwert in $dB(A)$	maximaler Pegel in $dB(A)$
12:12:28	G	15	86	91.0	358	67.6	53.9	93.6
12:41:00	G	25	-91	85.0	632	63.1	47.2	88.7
12:44:27	G	23	88	87.6	562	66.1	50.3	92.7
13:08:23	G	13	83	83.1	304	59.1	46.5	87.3
13:48:33	G	15	-82	87.2	341	63.1	50.8	88.9
14:18:50	G	15	-84	85.6	359	61.6	48.9	90.7
14:49:42	G	12	90	87.0	300	62.6	49.4	90.3
16:22:35	G	23	-82	85.2	527	63.0	48.8	88.8
16:29:28	G	30	-78	88.6	654	67.5	52.8	91.4
16:48:17	G	22	92	84.6	562	62.8	46.7	87.9
17:03:11	G	24	-79	85.5	525	63.4	49.6	88
17:10:34	G	27	-84	83.3	635	61.8	46.6	89.2
17:43:30	G	16	91	90.3	410	67.3	52.6	92.8
17:43:30	G	16	91	90.3	410	67.3	52.6	92.8
18:24:40	G	24	-92	89.4	608	67.3	51.5	92.7
18:43:35	G	18	-81	84.4	397	61.0	48.2	89.1
19:09:45	G	39	60	81.0	657	61.8	48.6	84.9
19:15:46	G	33	64	82.0	583	62.0	48.8	84.4
19:30:43	G	23	-83	86.2	537	64.0	49.6	88.4
20:24:11	G	21	-92	87.0	537	64.3	49.1	91.8
20:28:52	G	22	91	89.4	561	67.7	51.6	92.5
20:45:13	G	26	81	85.3	590	64.3	49.1	88.6
22:08:42	G	28	-70	85.0	545	63.7	50.7	88.3
22:15:28	G	24	-93	90.6	620	68.5	52.5	93.7
22:22:07	G	22	-91	89.8	568	67.4	51.9	92.5
22:39:23	G	20	-81	84.1	448	61.3	47.8	86.8
22:51:12	G	10	89	88.8	247	63.6	51.3	92.1
23:32:36	G	24	-81	86.9	543	64.8	50.5	89.1
00:58:09	G	22	85	87.7	519	66.0	50.8	91.0
01:00:54	G	30	-64	82.2	526	61.0	49.0	85.1
01:13:56	G	5.8	83	84.1	134	56.6	47.6	88.1
01:26:46	G	22	91	88.4	556	66.7	50.7	91.6
01:45:43	G	22	-82	84.0	500	61.6	47.7	88.7
01:50:55	G	22	87	88.4	537	66.7	51.2	91.7
02:05:23	G	22	-86	88.3	526	65.9	51.3	92.0
03:40:04	G	28	-75	83.2	587	61.8	47.9	85.8
04:25:40	G	27	-64	81.6	477	60.1	48.5	85.2
04:43:25	G	38	-59	83.3	628	63.3	51.2	86.5
04:48:33	G	23	88	88.4	552	66.8	51.1	93.1
05:03:02	G	22	94	88.9	580	67.2	50.7	93.2

Tabelle 2.4.1: Daten (in schwarz) und Ergebnisse (in rot)  
am Mittwoch, 15.06.2011 und Donnerstag, 16.06.2011

Fortsetzung Mittwoch, 15.06.2011 bis Donnerstag, 16.06.2011: 60 Güterzüge

Uhrzeit	Messwerte				Berechnete Werte			Messwert
	Art	Vorbeifahrzeit $t$ in $s$	Geschwindigkeit $v$ $v$ in $km/h$	Vorbeifahrpegel in $dB(A)$	Länge in $m$	Stundenpegel in $dB(A)$	Grundwert in $dB(A)$	maximaler Pegel in $dB(A)$
05:15:32	G	20	-81	85.3	449	62.5	49.1	89.6
05:39:51	G	23	92	92.0	593	70.5	54.1	94.6
05:41:46	G	25	-79	85.2	555	63.3	49.2	91.1
05:58:59	G	15	87	88.8	366	65.4	51.7	91.5
06:10:16	G	25	87	88.8	599	67.6	51.6	92.7
06:21:24	G	25	-77	84.0	535	62.1	48.4	87.0
06:48:14	G	17	-85	87.2	391	63.5	50.3	89.5
06:48:55	G	24	91	86.4	612	65.1	48.6	89.4
07:02:17	G	24	-79	82.2	529	60.2	46.2	85.1
07:09:46	G	26	71	83.1	513	62.1	48.6	87.6
07:26:57	G	21	-92	87.4	538	64.8	49.5	93.2
07:54:25	G	18	-80	86.4	400	63.1	50.3	90.4
08:12:10	G	10	-85	92.2	236	66.3	55.3	94.5
08:28:12	G	22	74	86.0	456	64.3	50.9	88.8
08:46:39	G	14	-86	84.6	335	60.2	47.5	89.3
08:51:47	G	26	81	86.3	581	65.2	50.0	88.0
09:09:00	G	15	83	87.4	346	64.0	50.8	90.1
09:16:39	G	26	-79	85.4	574	63.7	49.4	88.1
09:22:28	G	20	86	85.2	483	63.1	48.1	89.4
10:38:16	G	16	-76	82.3	344	58.5	46.8	85.5
10:41:38	G	21	91	88.7	541	66.8	50.9	91.9
								$\Delta$
MINIMUM		6		81		57	46	20
5%-Grenze		10		82		59	47	20
50%-Grenze		22		86		64	50	22
Mittelwert		27		87		65	50	22
95%-Grenze		30		91		68	53	25
MAXIMUM		39		98		71	55	27
Anteil Überschreitungen eines Grundwertes von 51 $dB(A)$							27%	

Tabelle 2.4.2: Daten (in schwarz) und Ergebnisse (in rot)  
am Samstag, den 15.05.2011, und Sonntag, 16.06.2011.

## 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.
- [3] WINDELBERG, DIRK:  
Das Maximalpegelhäufigkeitskriterium für nächtlichen Güterzugverkehrslärm. Immissionsschutz, **17** (2012), 27-30.