



Heuerstr. 12, D - 30519 Hannover
 Telefon: +49 - 511 - 83 64 63
 Telefax: +49 - 511 - 838 60 72
 mobil: +49 - 171 - 684 6876
 homepage: www.iw.uni-hannover.de/windelberg
 oder: www.windelberg.de/agq
 email: windelberg@math.uni-hannover.de

Stand: 13.12.2012
 bg-gut_1211.tex

Bad Gastein - nächtlicher Güterzugverkehr
Gutachten zur Lärmbelastung

Inhaltsverzeichnis

1 Normierung der individuellen Aufweckreaktionen	2
2 Anwendung	4
2.1 IST-Zustand: Ergebnisse der Nacht vom 03. zum 04.10.2012	4
2.2 Gesundheitsgefährdung	5
3 Prognosen	6
3.1 Doppelte Zugzahlen	6
4 Messung und Berechnung der Schall-Immissionen von Güterzügen	8
4.1 Messung	8
4.2 Berechnung	8
5 Vergleich mit Messungen aus dem Jahr 2000	9
5.1 Beispiel	9
6 TAS-Messungen	11
7 Prognosen	12
7.1 Dreifache Zugzahlen	12
8 Vergleich	14

1 Normierung der individuellen Aufweckreaktionen

Zu den nächtlichen Zugvorbeifahrten in Bad Gastein gibt es Messergebnisse (siehe [1]) der einzelnen Zugvorbeifahrten.

Diese Ergebnisse werden hier zunächst graphisch dargestellt, wie z.B. in *Bild 1a*.

Dieses Bild zeigt den Vorbeifahrpegel einer einzigen Zugvorbeifahrt: Ein Zug erzeugt um 04:00 Uhr während 40 Sekunden einen Vorbeifahrpegel von 95 dB(A) mit einem (kurzen) Maximalpegel von 100 dB(A) .

In blau sind dazu eingezeichnet

- **der Stundenpegel zwischen 04 und 05 Uhr beträgt $L_{AF,04-05} = 75,5 \text{ dB(A)}$:**
Dieser Stundenpegel soll den Lärm während der Zeit zwischen 04 und 05 Uhr beschreiben, aber es wird (wenn auch nur für kurze Zeit) ein Pegel von 95 dB(A) erzeugt! Er wird durch eine kurze waagerechte Strecke zwischen 04 und 05 Uhr in der Höhe $75,5 \text{ dB(A)}$ gekennzeichnet.
- **der Mittelungspiegel für die Tiefschlaf-Zeit beträgt $L_{AF,01-05} = 69,4 \text{ dB(A)}$:**
Dieser Mittelungspiegel soll die Lärmbelastung während der Tiefschlaf-Zeit zwischen 01 und 05 Uhr beschreiben. Er ist durch eine blaue waagerechte Strecke zwischen 01 und 05 Uhr gekennzeichnet.
- **der Nacht-Mittelungspegel für die Nacht beträgt $L_{AF,night} = 66,4 \text{ dB(A)}$:**
Dieser Mittelungspiegel soll die nächtliche Lärmbelastung während der Nacht zwischen 22:00 und 06 Uhr beschreiben. Er ist durch eine lange blaue waagerechte Strecke zwischen 22 und 06 Uhr gekennzeichnet.

Es zeigt sich deutlich, dass keiner der drei hier genannten Mittelungspiegel $L_{A,eq} = 68,9 \text{ dB(A)}$ die reale Belastung beschreibt, wie vom Autor bereits in [4] an verschiedenen Beispielen zeigte: Es gibt unterschiedliche Lärmsituationen, die zu dem gleichen Mittelungspiegel führen.

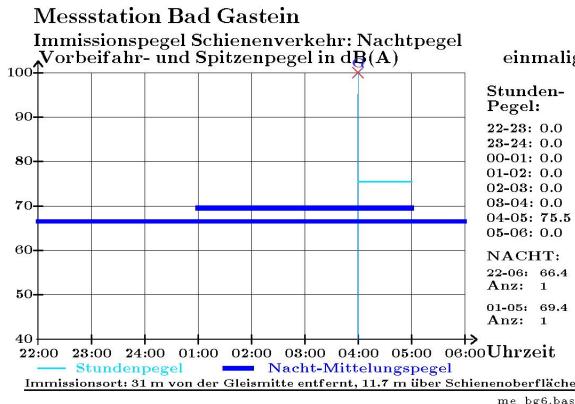


Bild 1a: Normierungs-Beispiel:
Immissionspegel

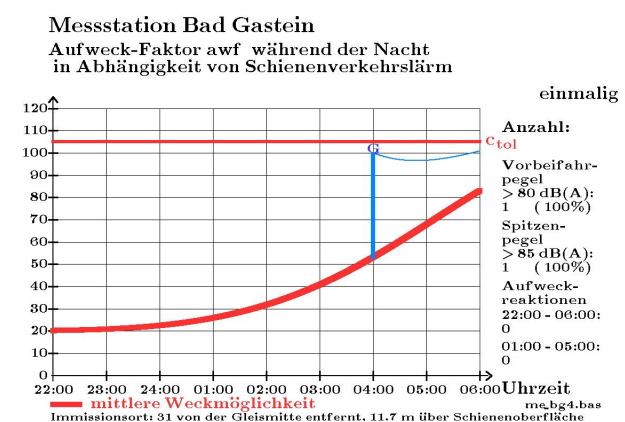


Bild 1b: Normierungs-Beispiel:
Aufweckwahrscheinlichkeit

Die in *Bild 1a* dargestellte „Immission“ des durch eine Zugvorbeifahrt erzeugten „Schalls“ an einer bestimmten Messstelle M wird im folgenden ausgewertet. Das Ergebnis dieser Auswertung wird durch das nebenstehende *Bild 1b* dargestellt.

Dazu wird angenommen, dass sich die Messstelle M in 31 m Entfernung von der Gleismitte einer eingleisigen Strecke befindet und diese 1,70 m über dem Boden eines Balkons im 4. Obergeschoss (also etwa 11,70 m über dem Erdboden) und 1,3 m vor der Außen-Fassade eines Schlafzimmers befindet. Das Schlafzimmer habe eine Glastür zum Balkon von der Schallschutzklasse 3.

Ein Schläfer S , der in diesem Schlafzimmer in der Zeit zwischen 22:00 und 06:00 Uhr schläft, hat individuelle Schlafgewohnheiten, die zu jeweils entsprechenden Aufweckwahrscheinlichkeiten führen. Hier werden nur drei solcher Schlafgewohnheiten betrachtet:

- „leichte Weckmöglichkeit“
- „mittlere Weckmöglichkeit“
- „Tiefschlaf“

Für jede dieser drei Schlafgewohnheiten wird dann die Anzahl möglicher Aufweckreaktionen berechnet¹).

Hier wird eine *Normierung der Schlaf- und Aufweck-Gewohnheiten* vorgenommen, obwohl auch diese von individuellen Parametern abhängt:

Normierung der Schlaf- und Aufweck-Gewohnheiten

Während der Nacht wird die Aufweckwahrscheinlichkeit des Schläfers S mit einer der drei hier betrachteten Schlafgewohnheiten in dem o.g. Schlafzimmer jeweils durch die rote Kurve beschrieben:

- Bei „leichter Weckmöglichkeit“ ohne eine Störung durch (Verkehrs-)Lärm beträgt die Aufweckwahrscheinlichkeit um 4:00 Uhr 30 % (*Bild 1c*).
- Bei „mittlerer Weckmöglichkeit“ ohne eine Störung durch (Verkehrs-)Lärm beträgt die Aufweckwahrscheinlichkeit um 4:00 Uhr 52 % (*Bild 1b*).
- Bei „Tiefschlaf“ ohne eine Störung durch (Verkehrs-)Lärm beträgt die Aufweckwahrscheinlichkeit sie um 4:00 Uhr 65 % (*Bild 1d*).

Wenn infolge einer Güterzug-Vorbeifahrt an der Messstelle M um 4:00 Uhr ein mittlerer Vorbeifahrpegel von 95 dB(A) während 20 Sekunden gemessen wird, wobei einzelne Maximal- (oder Spitzen-)pegel 100 dB(A) erreichen,

dann soll die Aufweckwahrscheinlichkeit bei „mittlerer Weckmöglichkeit“ auf 100% ansteigen - und in der Zeit nach 4:00 Uhr wieder in Richtung der roten Kurve sinken (siehe *Bild 1b*).

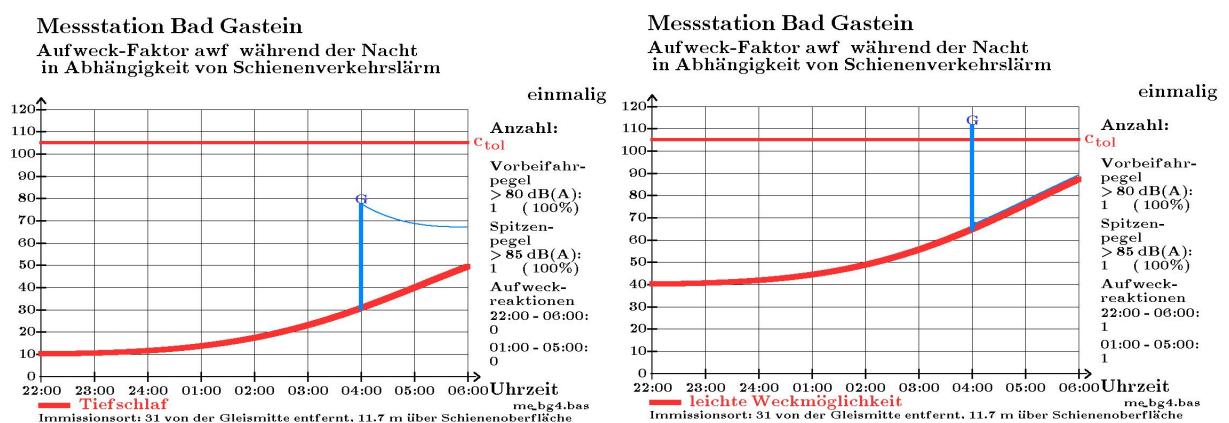


Bild 1c: Normierungs-Beispiel
Tiefschlaf

Bild 1d: Normierungs-Beispiel
leichte Weckmöglichkeit

¹ auch diese Anzahlen werden individuell beeinflusst, aber zum Vergleich wird hier ein einheitliches mathematisches Verfahren zur Bestimmung der Erhöhung der Aufweckwahrscheinlichkeit infolge eines auf dem o.g. Balkon gemessenen Vorbeifahrpegels eines Güterzuges angewandt.

2 Anwendung

2.1 IST-Zustand: Ergebnisse der Nacht vom 03. zum 04.10.2012

Durch diese Normierung ist es möglich, die nächtliche Lärmbelastung des Schläfers S in Bad Gastein zu berechnen, indem die Aufweckwahrscheinlichkeit für jede der drei Schlafgewohnheiten bestimmt wird.

Dazu zeigt *Bild 2a* die Immissionspegel an der Messstelle M am 03.10.2012, die von der bvfs (siehe [1])bestimmt wurden.

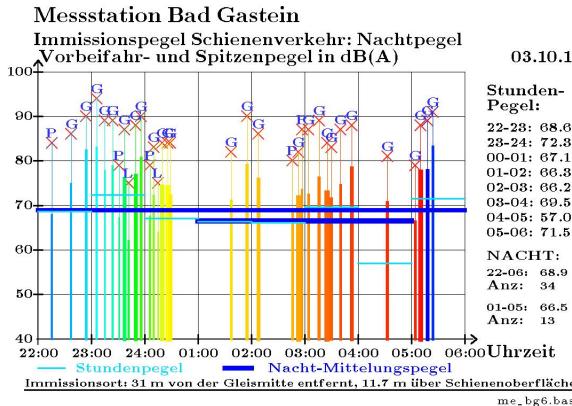


Bild 2a: IST-Immissionspegel

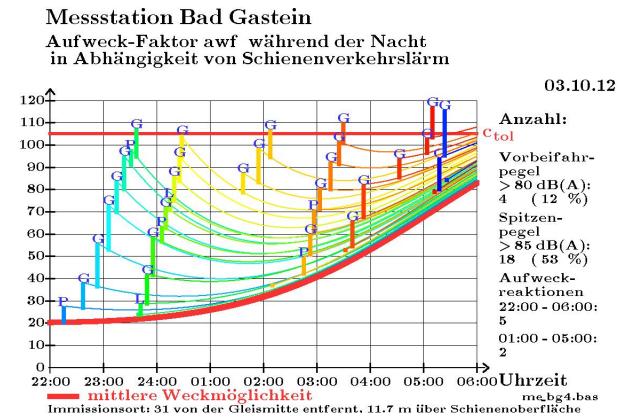


Bild 2b: IST-Aufweckwahrscheinlichkeit

Die Ergebnisse zeigen:

- *Bild 2.b:* Bei „mittlerer Weckmöglichkeit“ wird ein Schläfer S_M bereits um 23:37 Uhr durch einen Güterzug geweckt, dessen Vorbeifahrpegel von 75.9 dB(A) zwar schon höher ist als der Stundenpegel vonm 72.3 dB(A) (und der Nacht-Mittelungspiegel von 68.9 dB(A)), aber S_M wacht auf, weil bereits vorher 5 andere Güterzüge seine Aufweckwahrscheinlichkeit von 20 % auf etwa 95 % erhöht hatten.
Nach dem Aufwachen schläft S_M wieder ein, d.h. er hat fast wieder die anfängliche Aufweckwahrscheinlichkeit von 20 %.
So erlebt S_M in dieser Nacht zwischen 22 und 06 Uhr 5 Aufweckreaktionen, davon 3 sogar während der Tiefschlaf-Phase zwischen 01 und 05 Uhr.

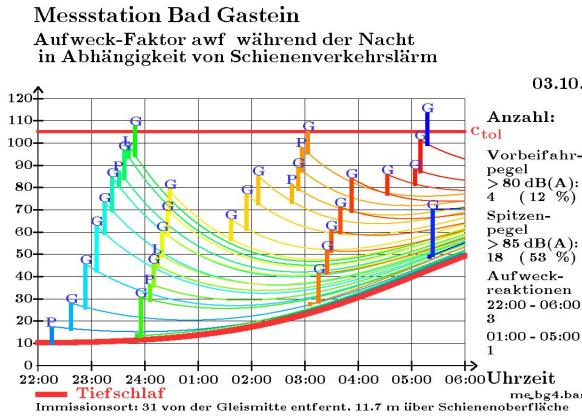


Bild 2c: IST: Tiefschlaf

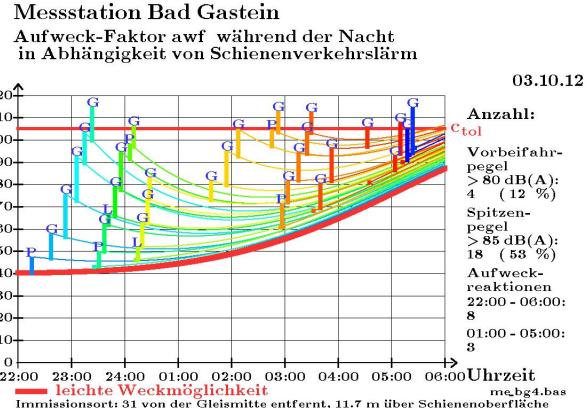


Bild 2d: IST: leichte Weckmöglichkeit

- Bild 2c: Wenn ein Schläfer S_T die Schlafgewohnheit „Tiefschlaf“ hat, so würde er nicht schon um 23:37 Uhr, sondern erst um 23:50 Uhr durch einen Güterzug mit einem Vorbeifahrpegel von 80.6 dB(A) aufgeweckt werden; er erlebt 3 Aufweckreaktionen zwischen 22:00 und 06 Uhr und nur eine in der Tiefschlaf-Phase zwischen 01 und 05 Uhr.
- Bild 2.d: Wenn ein Schläfer S_L in dieser Nacht nur „leicht“ schlält (und damit eine „leichte Weckmöglichkeit“ besitzt), so wacht er während der Nacht 8 mal auf, und davon während der Tiefschlaf-Phase zwischen 01 und 05 Uhr 3 mal.

2.2 Gesundheitsgefährdung

Natürlich wird nicht angenommen, dass bereits von einer einzigen Nacht, in der z.B. der Schläfer S_M fünfmal aufwacht, eine Gesundheitsgefährdung anzunehmen ist. Es ist aber anzunehmen, dass in ähnlicher Form ein ganzes Jahr lang keine Nachtruhe eintritt und dadurch eine Gesundheitsgefährdung für S_M besteht²).

Diese Betrachtung zeigt, dass ein Mittelungspegel (blaue Kurve in Bild 2a) die möglichen Aufweckreaktionen bei verschiedenen Schlafgewohnheiten nicht beschreibt.

(Auch die Bilder Bild 2.a bis Bild 2.d werden zur besseren Lesbarkeit auf den folgenden Seite vergrößert abgebildet.)

²⁾ In den Schlafstudien der DLR ([2]) wurde festgestellt, dass durch Verkehrslärm gestörte Schläfer zwar z.B. medizinisch 24 mal aufwachen, aber auf Befragung am folgenden Morgen angeben, sie seien nur 4 mal aufgewacht!

3 Prognosen

3.1 Doppelte Zugzahlen

Durch das hier angegebene Verfahren zur Berechnung der Aufweckwahrscheinlichkeiten für einen Schläfer S - unter Zugrundelegung der Vorbeifahrpegel an der Messstelle M - ist es möglich, zwischen jeweils zwei Güterzugvorbeifahrten einen weiteren „imaginären“ Güterzug fahren zu lassen - mit den gleichen Vorbeifahr-Eigenschaften wie bei dem vorangehenden. Unter diesen Bedingungen würden sich die zuvor angegebenen Bilder wie folgt ändern:

Das *Bild 3a* zeigt die Prognose-Immissionspegel an der Messstelle M :

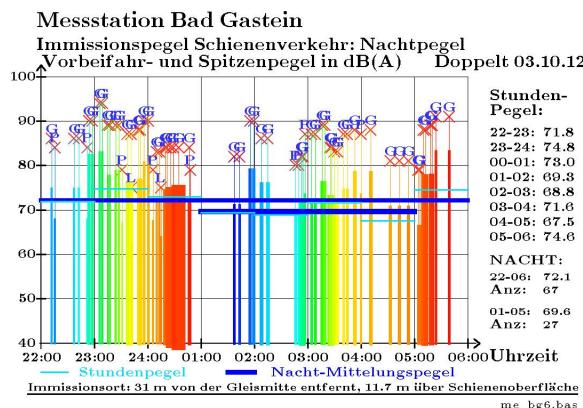


Bild 3a: Prognose (Doppelte Zugzahlen)
Immissionspegel

Die Ergebnisse zeigen:

- *Bild 3.b:* Bei Verdoppelung der Zuganzahlen erhöhen sich die Stundenpegel (und auch der Nacht- und der Tiefschlaf-Pegel) um 3 dB(A) - das wird durch diese Rechnungen bestätigt. Aber bisher gibt es keine Prognose für die Anzahl der Aufweck-Reaktionen.

Bild 3b lässt im Vergleich zu *Bild 2b* erkennen, dass die Anzahl der Aufweck-Reaktionen in der Zeit zwischen 22 und 06 Uhr bei „mittlerer Weckmöglichkeit“ von 5 Reaktionen auf 16 Reaktionen ansteigt, d.h.

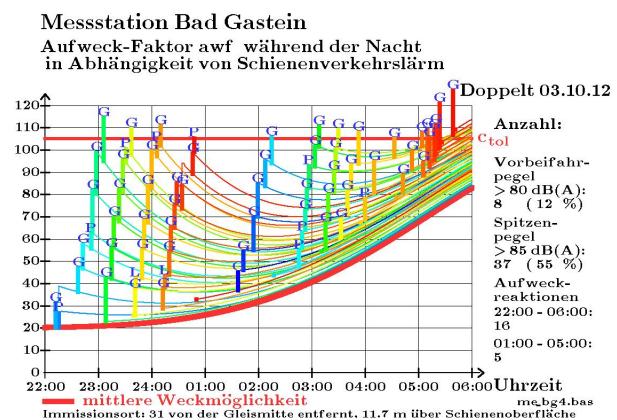


Bild 3b: Prognose (Doppelte Zugzahlen)
Aufweckwahrscheinlichkeit

Verdoppelung der Zugzahlen und Aufweckreaktionen

Bei doppelter Zuganzahl
verdreifacht

sich die Anzahl der Aufweckreaktionen

In der Tiefschlaf-Phase zwischen 01 und 05 Uhr fahren weniger Züge; hier steigt die Anzahl der Aufweck-Reaktionen von 2 auf 5.

Messstation Bad Gastein

Aufweck-Faktor awf während der Nacht
in Abhängigkeit von Schienenverkehrslärm

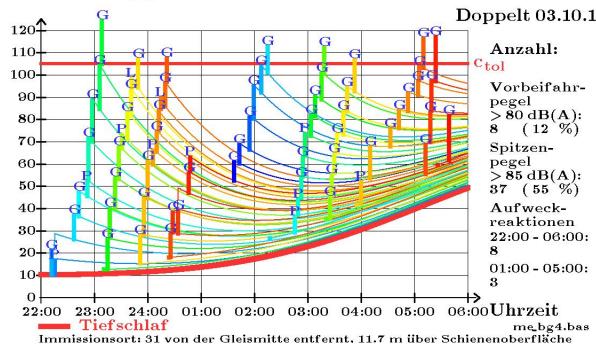


Bild 3c: Prognose (Doppelte Zugzahlen)
Tiefschlaf

Messstation Bad Gastein

Aufweck-Faktor awf während der Nacht
in Abhängigkeit von Schienenverkehrslärm

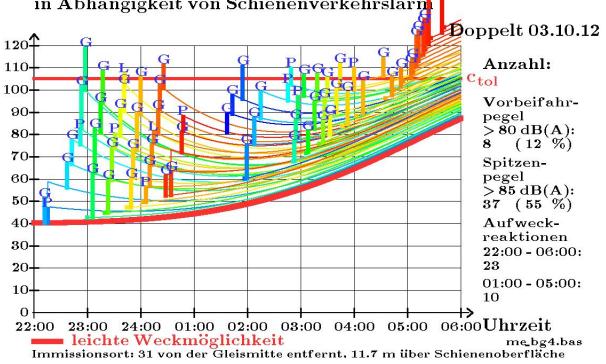


Bild 3d: Prognose (Doppelte Zugzahlen)

- Bild 3c und Bild 3d: Sowohl für den Schläfer S_T mit der Schlafgewohnheit „Tiefschlaf“ als auch für den Schläfer S_L mit der Schlafgewohnheit „leichte Weckmöglichkeit“ würde eine Verdoppelung der Anzahl vorbeifahrender Güterzüge zu einer Verdreifachung der Anzahl Aufweckreaktionen führen - diese Aussage gilt für die Tiefschlaf-Phase und auch für die gesamte Nacht.

(Auch die Bilder Bild 3.a bis Bild 3.d werden zur besseren Lesbarkeit auf den folgenden Seite vergrößert abgebildet.)

4 Messung und Berechnung der Schall-Immissionen von Güterzügen

4.1 Messung

Die an der Messstelle M gemessenen Immissionspegel wirken auf den Schläfer S : Jede einzelne Zugvorbeifahrt führt zu einer Erhöhung seiner Aufweckwahrscheinlichkeit. Die Abhängigkeit zwischen der Höhe des Vorbeifahrpegels und der Dauer der Vorbeifahrt wird hier mathematisch modelliert. Dadurch kann mathematisch berechnet werden, wie häufig Aufweckreaktionen entstehen - in Abhängigkeit von den Schlafgewohnheiten des Schläfers.

4.2 Berechnung

Bei einer Berechnung des durch Zugvorbeifahrten verursachten Schalls nach den Vorschriften der ÖBB wird der Immissionspegel an einer Messstelle M durch tabellierte SOLL-Werte der Zug- und Gleis-Eigenschaften berechnet - Allerdings als Stundenpegel, der auch die Geschwindigkeit und die Länge des Zuges berücksichtigt. Sowohl viele „leisen“ als auch wenige „lauten“ Züge können jedoch den gleichen Stundenpegel erzeugen. Daher ist es nicht möglich, einem für eine bestimmte Messstelle berechneten Stundenpegel eine Anzahl Aufweckreaktionen zuzuordnen. Daher wurden in diesem Gutachten die einzelnen Vorbeifahrpegel betrachtet.

- Der berechnete Stundenpegel $L_{ÖBB}$

stimmt jedoch nicht mit dem

- aus den einzelnen Vorbeifahrpegeln zusammengesetzten Stundenpegel L_{Σ}

überein: Von dem berechneten Stundenpegel wird ein „Schienenbonus“ von $5 dB(A)$ abgezogen (weil es Studien gibt die aussagen, dass Schienenverkehrslärm um genau $5 dB(A)$ weniger lästig ist als Straßen- oder Fluglärm). Da diese Studien jedoch nicht die Aufweckreaktionen und die Aufweckwahrscheinlichkeit betreffen, steht dieses Gutachten nicht im Widerspruch zu der Meinung entsprechender Lärmwirkungsforscher.

5 Vergleich mit Messungen aus dem Jahr 2000

Im Jahr 2000 warteten die Güterzüge, die auf der eingleisigen Strecke zwischen Wieden im Norden und Böckstein im Süden Richtung Süden fuhren und dazu durch den Tauerntunnel fahren wollten, im Bereich des früheren mehrgleisigen Bahnhofs in **Angertal** so lange, bis der jeweils vor ihnen liegende Streckenabschnitt frei war. Entsprechend warteten auch die Züge, die von Süden nach Norden fahren, im Bereich des Bahnhofs Angertal.

Seit 2009 warten und kreuzen sich diese Züge nicht mehr in Angertal, sondern im Bahnhofsbereich von Bad Gastein.

Die Wartezeit beträgt 0 bis 5 Minuten. Während dieser Zeit werden zwar manchmal mit zusätzlichem Lärm die Motoren ab- und später wieder angestellt, aber die Lüfter laufen meist auch bei stehendem (wartendem) Güterzug.

5.1 Beispiel

Es werden zwei verschiedene Situationen beschrieben:

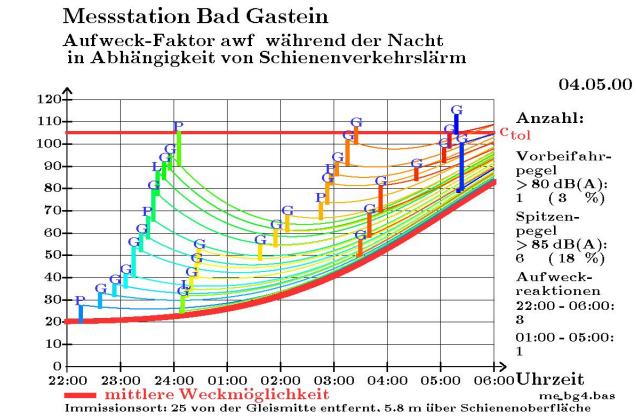
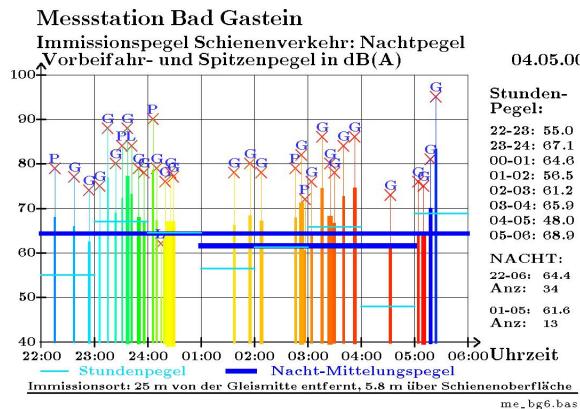
1. Ein Güterzug $G1$ fährt während 30 Sekunden am Bahnhof Bad Gastein ohne Halt mit einem Vorbeifahrpegel $L_{A,S,SP} = 90 \text{ dB}(A)$ durch. Auch der Pegelschrieb zeigt diesen Pegel.
2. Ein Güterzug $G2$ hält am Bahnhof Bad Gastein für 2 Minuten mit laufendem Lüfter; während dieser Zeit beträgt der Pegel $70 \text{ dB}(A)$. Das heißt:
 - 15 Sekunden beim Bremsen und Anhalten mit $90 \text{ dB}(A)$.
 - 2 Minuten beim Halten mit $70 \text{ dB}(A)$.
 - 15 Sekunden beim Lösen der Bremsen und Anfahren mit $90 \text{ dB}(A)$.

Die Berechnung dieser Lärmbelastung nach SchIV ergibt $83.1 \text{ dB}(A)$ für die Gesamtzeit von 2 Minuten und 30 Sekunden.

Der Vergleich beider Situationen ergibt infolge der Wartezeit:

der wartende Zug wird um $6.9 \text{ dB}(A)$ leiser gerechnet: $83.1 \text{ dB}(A)$ anstelle $90 \text{ dB}(A)$

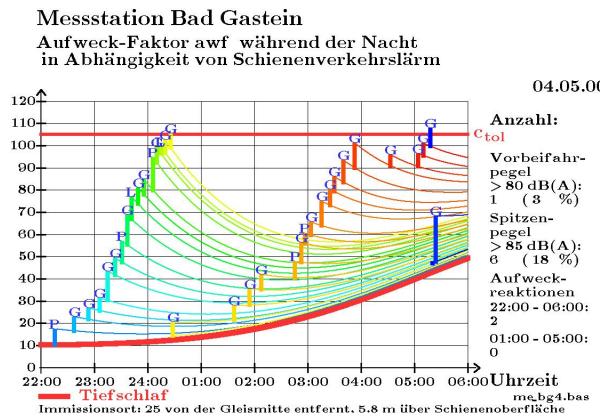
Bemerkung: Es gibt bisher noch keine Untersuchung, die zeigt, dass 150 s (kontinuierlicher) Lärm von $83.1 \text{ dB}(A)$ die gleiche Erhöhung der Aufweckwahrscheinlichkeit verursacht wie 30 s lang Lärm von $90 \text{ dB}(A)$ und 2 Minuten Lärm von $70 \text{ dB}(A)$. - Für Fluglärm (am Frankfurter Flughafen) soll die deutsche NORAH-Studie bis 2015 untersuchen, ob für 133 Starts die Läufigkeit unabhängig davon ist, ob diese Starts während der ganzen Nacht stattfinden oder auf die Zeiten zwischen 22 und 23 Uhr sowie zwischen 05 und 06 Uhr aufgeteilt sind - mit einer Ruhepause zwischen 23 und 05 Uhr.



Vergleich mit dem Jahr 2000

Bild 5a: : Immissionspegel

Bild 5b: Aufweckwahrscheinlichkeit



Vergleich mit dem Jahr 2000

Bild 5c: : Tiefschlaf

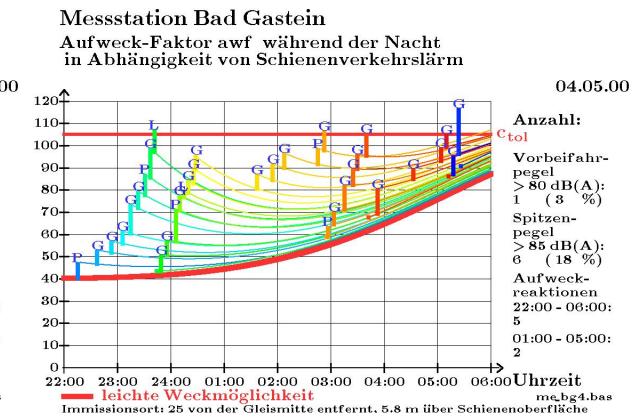


Bild 5d: leichter Schlaf

6 TAS-Messungen

Von der TAS (ÖBB) wurde das „Schalltechnische Projekt 2000“ durchgeführt (siehe [3]). Dieses Projekt enthält Pegel-Aufzeichnungen von Zugvorbeifahrten, die an einem „Messpunkt MP-3“ (Bad Gastein, Bus-Haltestelle Raiffeisenkasse, 5.8 m über Gelände, ca. 25 m zur Gleisachse) gemessen wurden.

Bemerkung: Dieser Messpunkt befindet sich näher an der Gleisachse als die Messungen der bvfs vom 03./04.10.2012 und in unmittelbarer Nähe der Messstelle Palfnerstr. 1, an der die bvfs die hier zitierten Messungen vorgenommen hat. Damit sind beide Messstellen miteinander schalltechnisch vergleichbar.

Darin werden die Zugvorbeifahrten vom 04.05.2000 auf den Seiten 00-0049T/AD und 00-0049T/gd protokolliert (siehe Anlage TAS12):

Dieser protokolierte Pegelschrieb enthält für die Zeit um 6:00 Uhr eine Kalibrierphase, in der mit Hilfe eines Kalibriersenders, der exakt einem Pegel von 93.8 dB entspricht, vor das Mikrofon gestellt wird. Wenn das Messgerät dann auch diesen Wert anzeigt, so sind vermutlich die nachfolgenden Messungen „richtig“. Hier wird dann der $L_{A,1}$ angegeben: dies ist der Pegel, der in 1% der gesamten Messzeit überschritten wird: $L_{A,1} = 93.6 \text{ dB}$. D.h. die Berechnung der Mittelungspegel enthält auch den Kalibrierpegel! Das ist falsch.

Daher gilt auch für die weiteren Mittelungspegel:

$$L_{A,eq} \neq 77.2 \text{ dB} \text{ und } L_{A,95} \neq 51.9 \text{ dB}.$$

Die folgenden Bilder *Bild 4a* bis *Bild 4d* zeigen, dass die Lärmbelastung im Jahr 2000 wesentlich geringer war als heute. Es ist naheliegend, dass diese zusätzliche Lärmbelastung durch Verlagerung des Warte- und Kreuzungsverkehrs vom Angertal an den Bahnhof Bad Gastein verursacht wird: während bei mittlerer Weckmöglichkeit im Jahr 2000 nach *Bild 4b* 3 Aufweckreaktionen stattfanden, sind es heute nach *Bild 2b* bereits 5 Aufweckreaktionen. Dies wird auch bereits aus einem Vergleich der Nacht-Mittelungspegel in den Bildern *Bild 4a* und *Bild 2a* deutlich: Im Jahr 2000 betrug der Nacht-Jahresmittelungspegel 64.4 dB(A), während er im Jahr 2012 bereits auf 68.9 dB(A) angestiegen ist.

Falls die Prognose des gegenständlichen Projektes 2009 umgesetzt werden sollte und damit mindestens eine Verdoppelung der Zugzahlen eintritt, erhöhen sich nach *Bild 3b* bei mittlerer Weckmöglichkeit die Aufweckreaktionen sogar auf 16.

7 Prognosen

In den vorangehenden Kapiteln wurde mit Hilfe des Verfahrens zur Bestimmung der Aufweckreaktionen für bestimmte Schlafgewohnheiten und für bestimmte Aufweckwahrscheinlichkeiten die Anzahl der Aufweckreaktionen für die während der Nacht vom 03. zum 04.10.2012 in Bad Gastein berechnet. Während dieser Nacht wurde die Strecke 34 mal durch Güterzüge befahren.

Diese Anzahl der Güterzugvorbeifahrten variiert innerhalb einer Woche.

Das Verfahren eignet sich auch für die Berechnungen der Aufweckreaktionen bei anderen Anzahlen. Wenn es daher Prognosen gibt über eine Erhöhung der Anzahl der Güterzugvorbeifahrten während einer Nacht gibt, so kann die daraus resultierende Steigerung der Aufweckreaktionen nach diesem Verfahren berechnet werden.

7.1 Dreifache Zugzahlen

Im Kapitel 3 des Gutachtens vom 13.12.2012 wurde dieses Verfahren zur die Bestimmung der Aufweckreaktionen auf eine **doppelte** Zahl nächtlicher Güterzugvorbeifahrten erweitert. Entsprechend werden hier zwischen jeweils zwei Güterzugvorbeifahrten der Nacht vom 03./04.12.2012 zwei weitere „imaginäre“ Güterzug-Vorbeifahrten modelliert - mit den gleichen Vorbeifahr-Eigenschaften wie bei den realen, voranfahrenden Güterzügen. Das Bild 7a zeigt dann die Prognose-Immissionspegel an der Messstelle M:

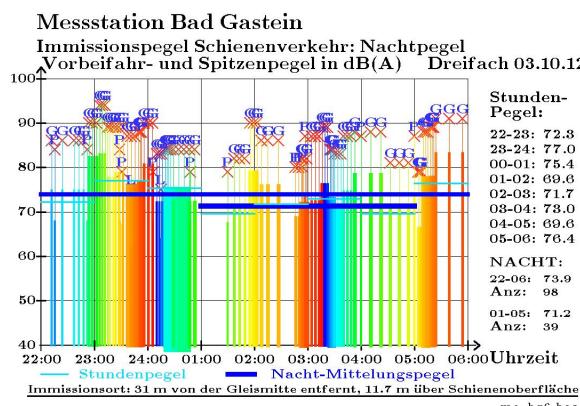


Bild 7a: Prognose (Dreifache Zugzahlen)
Immissionspegel

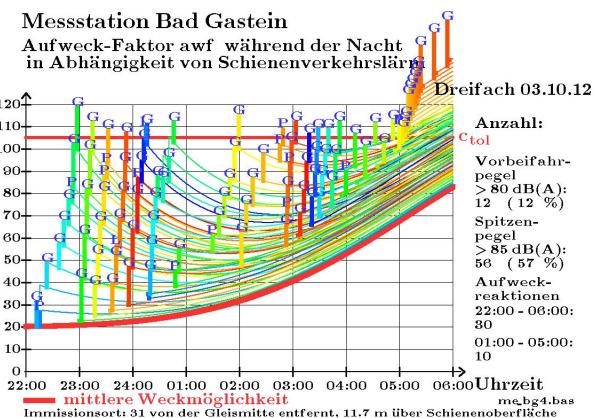


Bild 7b: Prognose (Dreifache Zugzahlen)
Aufweckwahrscheinlichkeit

Die Ergebnisse zeigen:

Bei Verdreifachung der Zuganzahlen erhöhen sich die Stundenpegel (und auch der Nacht- und der Tiefschlaf-Pegel) um 5 dB(A) - das wird durch diese Rechnungen bestätigt.

Bild 7b lässt im Vergleich zu Bild 2b erkennen, dass bei „mittlerer“ Schlafgewohnheit die Anzahl der Aufweck-Reaktionen in der Zeit zwischen 22 und 06 Uhr von 5 Reaktionen auf 30 Reaktionen ansteigt, d.h. **bei Verdreifachung der Zugzahlen erhöht sich die Anzahl der Aufweckreaktionen um das Fünffache.**

Während der Tiefschlaf-Phase zwischen 01 und 05 Uhr fahren zwar weniger Züge, aber dennoch steigt auch hier bei Verdreifachung der Güterzugvorbeifahrten die Anzahl der Aufweckreaktionen um das Fünffache (von 2 auf 10).

Messstation Bad Gastein

Aufweck-Faktor awf während der Nacht
in Abhängigkeit von Schienenverkehrsgeräum

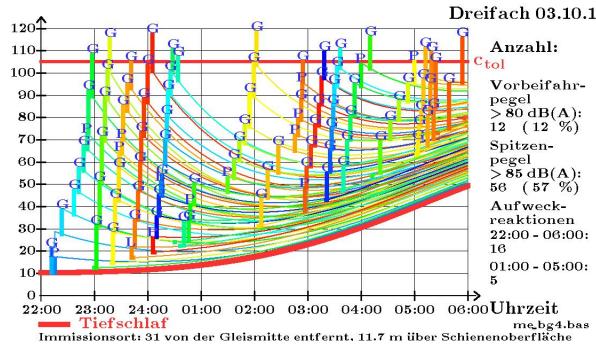


Bild 7c: Prognose (Dreifache Zugzahlen)
Tiefschlaf

Messstation Bad Gastein

Aufweck-Faktor awf während der Nacht
in Abhängigkeit von Schienenverkehrsgeräum

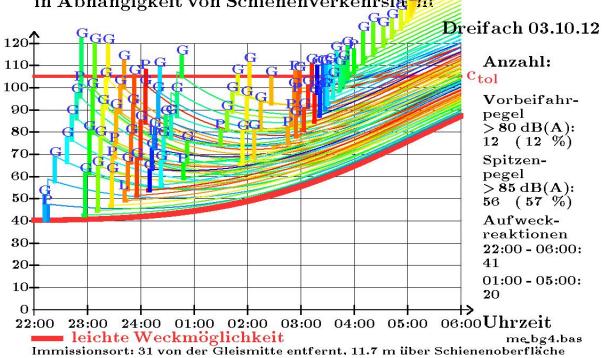


Bild 7d: Prognose (Dreifache Zugzahlen)

- Bild 7c und Bild 7d: Sowohl für den Schläfer S_T mit der „tiefen“ Schlafgewohnheit als auch für den Schläfer S_L mit der „leichten“ Schlafgewohnheit würde eine Verdreifachung der Anzahl vorbeifahrender Güterzüge zu einer Verfünffachung der Anzahl Aufweckreaktionen führen - diese Aussage gilt sowohl für die ganze Nacht als auch für die Tiefschlaf-Phase.

(Die Bilder Bild 7.a bis Bild 7.d werden zur besseren Lesbarkeit auf den beiden letzten Seiten vergrößert abgebildet.)

8 Vergleich

Bad Gastein	Belastung 3./4.10.2012				Doppelte Belastung				Dreifache Belastung			
	Züge	mittel	tief	leicht	Züge	mittel	tief	leicht	Züge	mittel	tief	leicht
Anz. 22-06	34	5	3	8	67	16	8	23	98	30	16	41
Anz. 01-05	13	2	1	3	27	5	1	10	39	10	5	20
Pegel	$68.9 \text{ dB(A)} / 66.5 \text{ dB(A)}$				$72.1 \text{ dB(A)} / 69.6 \text{ dB(A)}$				$73.9 \text{ dB(A)} / 71.2 \text{ dB(A)}$			
Faktor	1				3				5			

Im Vergleich mit den Kapiteln 2 und 3 ergibt sich damit:

Verdoppelung der Zugzahlen und Aufweckreaktionen Bei doppelter Zuganzahl verdreifacht sich die Anzahl der Aufweckreaktionen
Verdreifachung der Zugzahlen und Aufweckreaktionen Bei dreifacher Zuganzahl verfünffacht sich die Anzahl der Aufweckreaktionen

Literatur

- [1] BVFS U5/112/12:
Schallimmissionen durch Zugverkehr, Wohnprojekt Palfnerstr. 1 / 4.OG, Bad Gastein.
Beilage 1: Messergebnisse Zeitraum Nacht 3.10. 22:00 Uhr bis 4.10.: 6:00 Uhr. Bautechnische Versuchs- und Forschungsanstalt Salzburg.
BVFS U5/023/12-AVI:
Videoauswertung der Daten vom 31.05.2012
- [2] DLR: VERBUNDPROJEKT DEUFRAKO/RAPS:
Wirkungsorientierte Bewertung unterschiedlicher Verkehrslärmarten. Metaanalyse und Feldstudie. FKZ: 19U6014B. Abschlussbericht.
- [3] TAS (ÖBB): Schalltechnisches Projekt 2000
Lärmbewertung für das Mediationsforum Gasteinertal km 21,00 - km 34,60
Strecke Schwarzach - St. Veit / Spittal-Millstättersee
TAS: Projekt-Nr. 00-0049T/002 (Schalltechnischer Prüfbericht) und /003 (Technischer Bericht „Schall“) vom 25.08.2000.
- [4] WINDELBERG, DIRK: Mittelwertbildung bei Lärmessungen (2002). www.iazd.uni-hannover.de/~windelberg (Forschung/Lärm: Messung und Bewertung. 5. Mittelung von Lärm)
- [5] WINDELBERG, D.: Aufweck-Pegel und Lärmpausen bei Schienen- und Fluglärm. Immissionsschutz 9 (2004), 114-124.