



DIN 45680 „Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschemissionen in der Nachbarschaft“

-

Stand der Überarbeitung

Detlef Krahé

Bergische Universität Wuppertal

Historie

- Gültige Fassung von 1997
 - Schon früh erkennbar: Nicht selten Unterschätzung der Lärmbelästigung
 - Wesentliche Schwachpunkte
 - Einstiegskriterium C/A-Differenz > 20 dB
 - Unterdrückung (zu früh / zu stark) von Komponenten durch Hörschwelle
 - Zwei Bewertungsmodi (breitbandig / schmalbandig) mit erheblich unterschiedlicher Empfindlichkeit in der Bewertung auch bei nur kleinen Unterschieden im Geräusch
- September 2005 erste Sitzung zur Überarbeitung der DIN 45680
- Es folgten 14 weitere bis zum Entwurf der Fassung 2013

Historie

- Fassung von 2013 (Entwurf)
 - Vermeiden der Schwachstellen der Fassung 1997
 - Infolge
 - Entschärfung des „C minus A“-Kriteriums
 - Niedrigere Hörschwelle
 - Neues Bewertungskonzept ohne verschiedene Bewertungsmodi
- Jetzt kritischere Bewertung von bisherigen Grenzfällen
- Ablehnung des Entwurfes aus zum Teil kontroversen Gründen
 - Erweiterung des Frequenzbereiches (pro / contra)
 - Absenken der Hörschwelle (pro / contra)
 - Komplexes Hörmodell zur Verarbeitung von breit- wie schmalbandigen Geräuschen (kritischer bei breitbandigen , etwas weniger als bisher bei schmalbandigen Geräuschen)
 - u.S.W.

Neuer Anlauf

Kriterien und Maßnahmen (I)

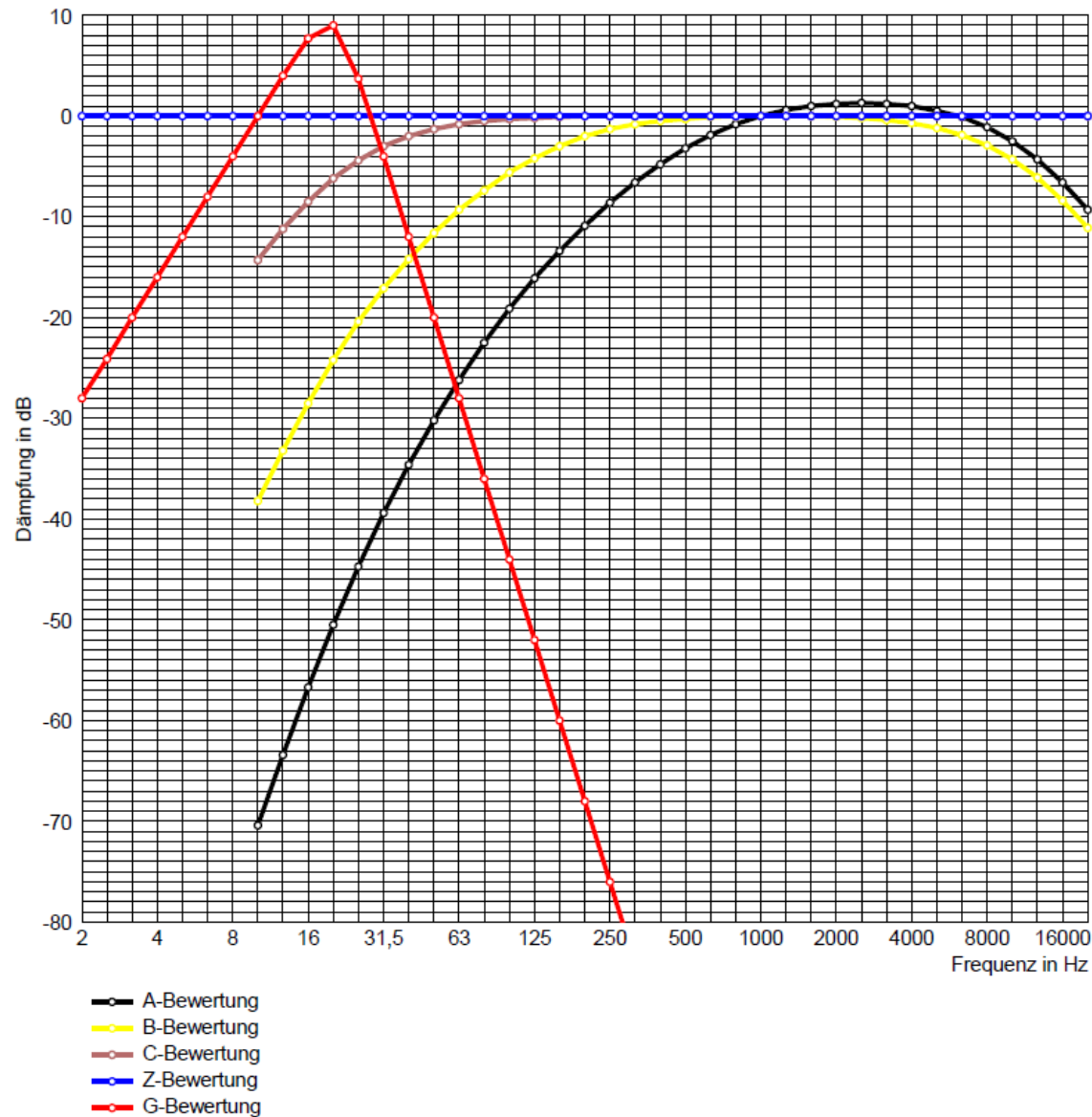
- Kein Zurückfallen hinter die Fassung 1997
- Kein Einstiegs-kriterium mehr
- Keine Unterdrückung von Werten in einem frühen Stadium des Bewertungserfahrens mittels einer Schwelle, sondern nur eine Wichtung der Frequenzkomponenten.
- Basis-Messwert für die Beurteilung soll ein frequenzbewerteter L_{eq} sein, der auf den Frequenzbereich von 8 bis 100 Hz beschränkt ist.
- Zur Bewertung sollen die gewichteten Terzpegelwerte energetisch aufsummiert werden. In der entsprechenden dänischen Norm wird als Anhaltswert 20 dB(A) (10Hz -160 Hz) angesetzt. Bei Frequenzen oberhalb 20 Hz ergeben sich dabei aber größere Abweichungen zur bisher angewandten Hörschwelle. Diese entspricht ziemlich genau der LG1-Kurve aus dem zitierten Müller-BBM-Bericht. (Siehe Folie 11)

Neuer Anlauf

Kriterien und Maßnahmen (II)

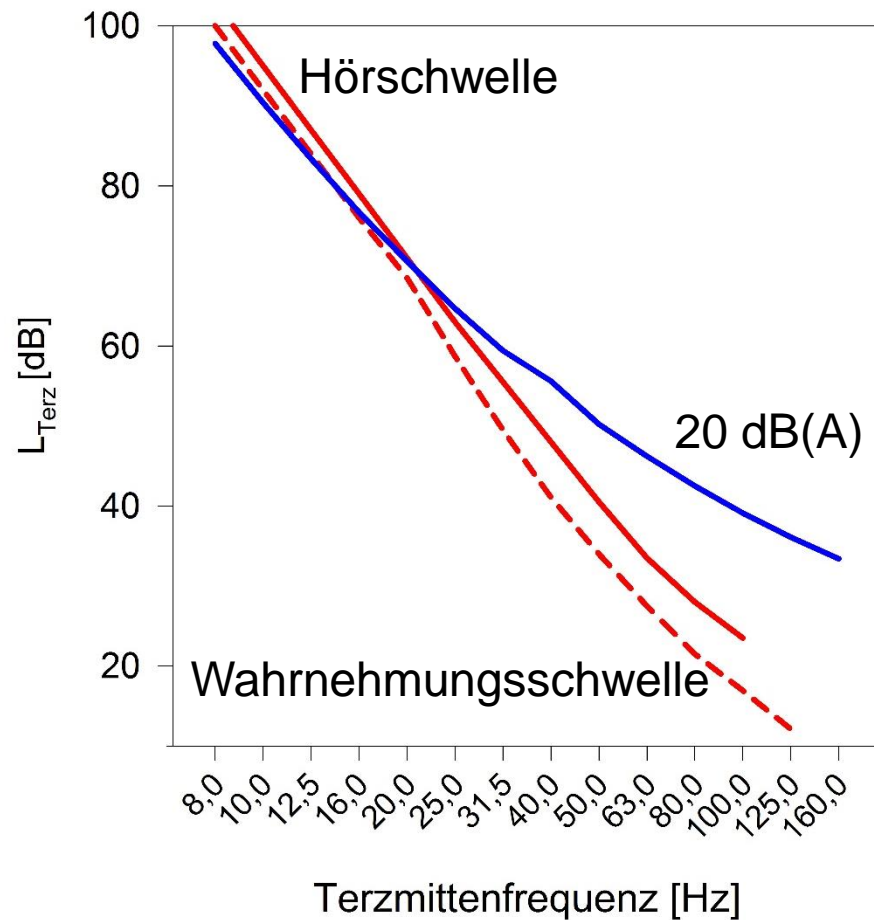
- Der tiefere Frequenzbereich (Infraschall) soll G-bewertet erfasst und dokumentiert werden. Für Anhaltswerte, die eine Belästigung anzeigen, liegen in diesem Bereich noch keine gesicherten Erkenntnisse vor.
- Besondere Auffälligkeiten des Geräusches, die die Lästigkeit verstärken – wie Tonhaltigkeit, Änderungen in der Amplitude und der Frequenz (Modulation) - werden durch Zuschläge berücksichtigt.
- Angestrebt: Bewertung im Außenbereich und Prognoseverfahren
- Bewertung soll auf Grundlage standardisierter Messgrößen erfolgen.
- Optional ist zusätzlich an die Angabe der Wahrscheinlichkeit einer erheblichen Belästigung gedacht. Sie könnte für mehr Transparenz sorgen. Die Perzentilwerte der Hörschwellenverteilung nach ISO 28961 können dazu einen Anhalt geben.
- Eine Beschränkung in der notwendigen Rechenleistung wird ausgeschlossen.

Bewertungskurven



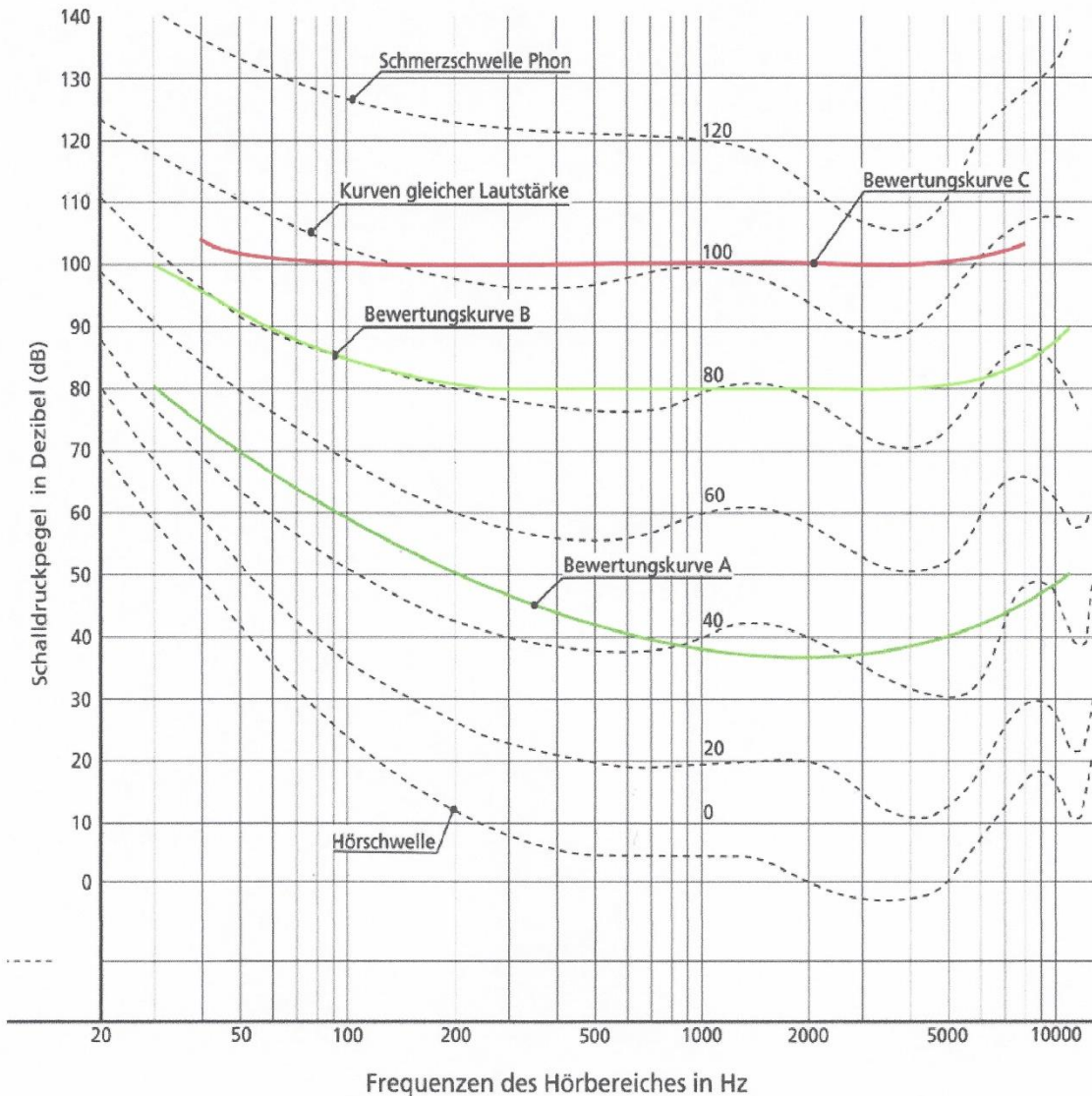
Quelle: Bericht MüllerBBM
Forschungsvorhaben zur
Messung und Prognose der
Einwirkung tieffrequenter
Schalle an Immissionsorten
für DIN 45680

Schwellen und Wichtungen



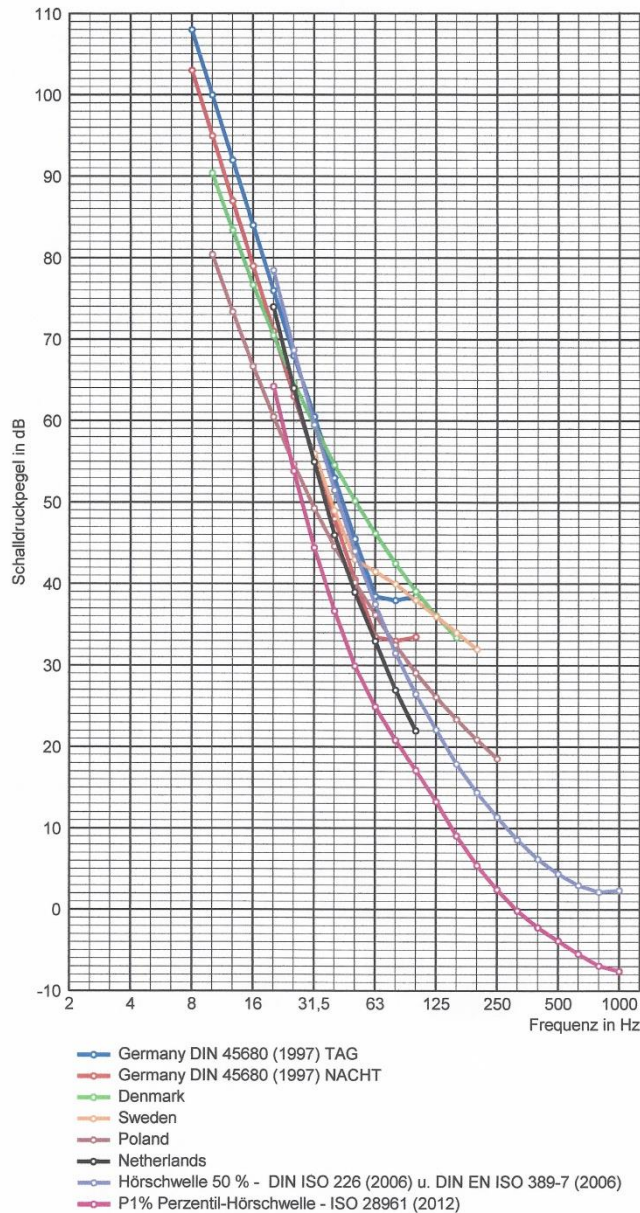
20dB(A)-Kurve gibt den linear-bewerteten Pegel eines Sinustons wieder, der einen Pegel von 20dB(A) hat.

Der 20dB(A)-Ansatz ist der Dänischen Norm No. 1284 entnommen.



Abweichung der 20dB(A)-Kurve von der Hörschwelle wegen geringerer Krümmung, bedingt durch die Approximation der 40Phon-Kurve

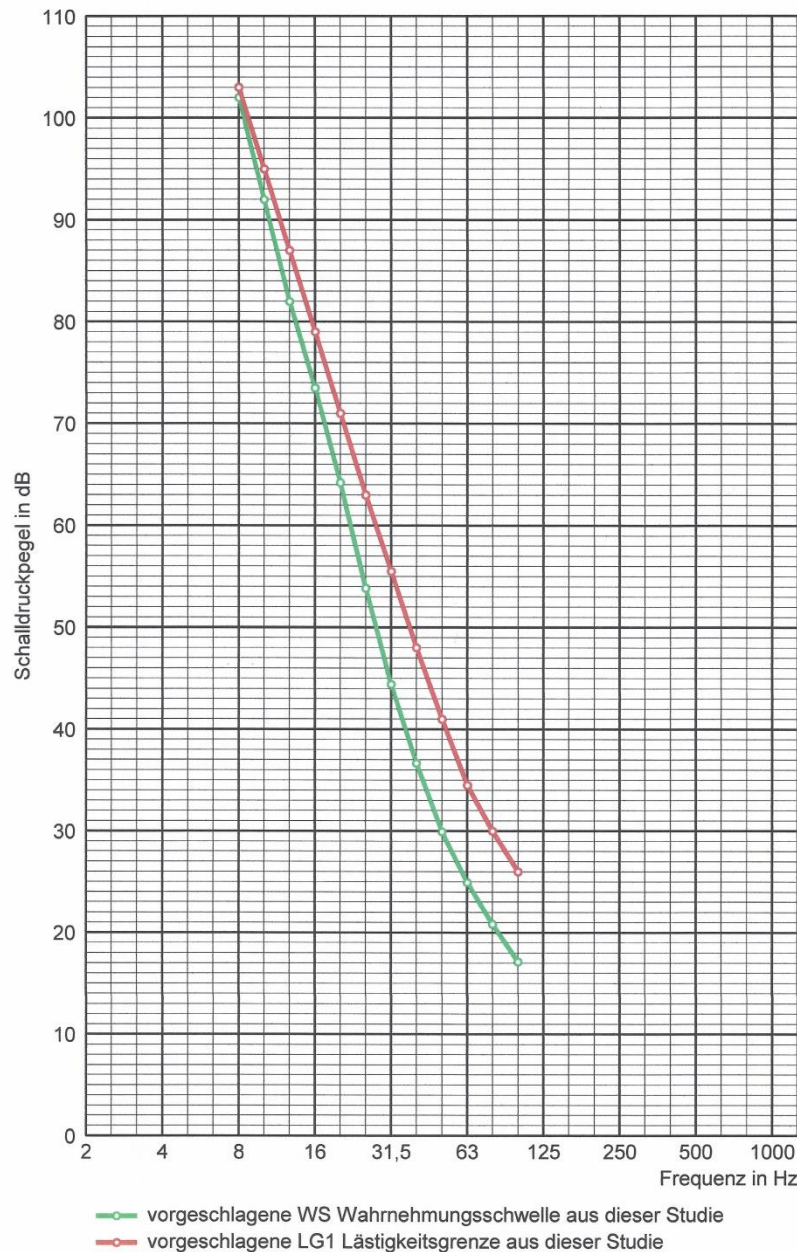
Quelle: Bericht MüllerBBM
Forschungsvorhaben zur
Messung und Prognose der
Einwirkung tieffrequenter
Schalle an Immissionsorten
für DIN 45680



Minimalkurven gleicher Lästigkeit
nach verschiedenen
europäischen Normen

Definition Minimalkurven:
Kleinsten Schalldruckpegel eines
tonhaften Geräusches, der beim
Zuhörer ein Lästigkeitsgefühl
auslöst.

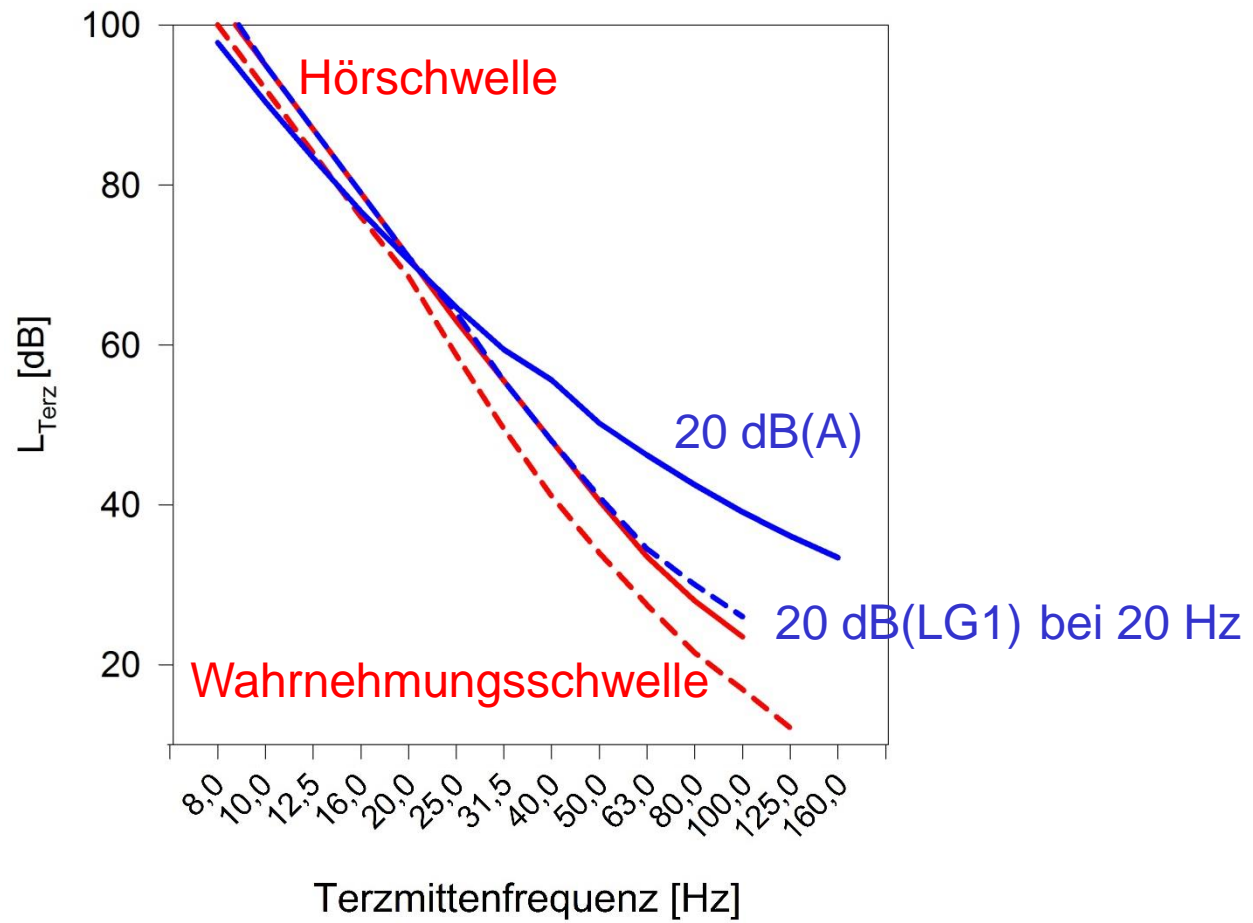
Quelle: Bericht MüllerBBM
*Forschungsvorhaben zur
Messung und Prognose der
Einwirkung tieffrequenter
Schalle an Immissionsorten
für DIN 45680*



LG1-Kurve wird als Ansatz für eine hörschwellennahe Wichtung genommen

Quelle: Bericht MüllerBBM
Forschungsvorhaben zur
Messung und Prognose der
Einwirkung tieffrequenter
Schalle an Immissionsorten
für DIN 45680

Schwellen und Bezugswerte



Wodurch sind Zuschläge zu begründen?

- Variation (Ungleichförmigkeit) im Frequenzbereich
 - Tonhaltigkeit
 - Frequenzmodulation
- Variation (Ungleichförmigkeit) im Zeitbereich
 - Amplitudenmodulation
 - Impulshaltigkeit
- Informationsgehalt ?

Maß für Tonhaltigkeit

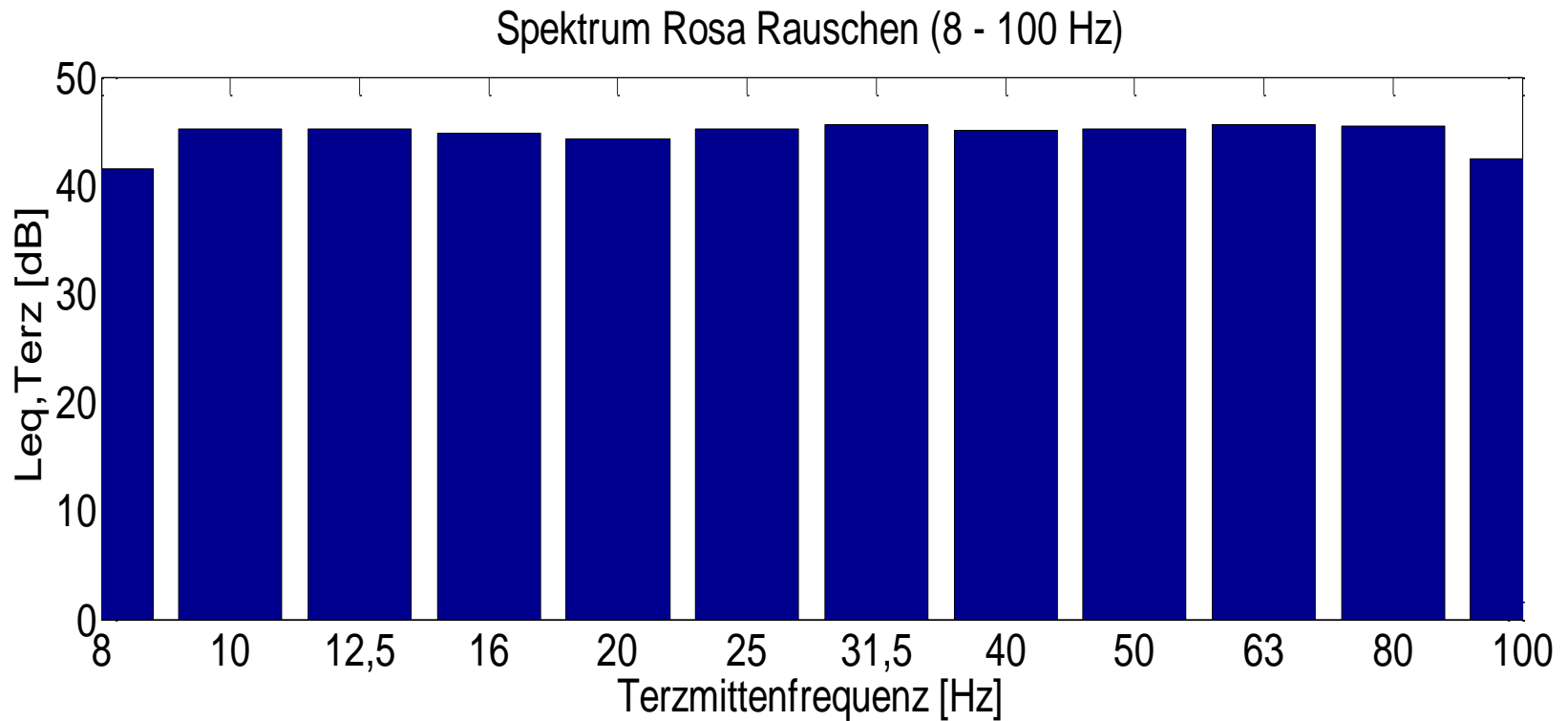
Ansatz: Logarithmierter Quotient aus arithmetischem und geometrischem Mittelwert als Maß für die Ungleichförmigkeit einer Verteilung

$$U = L_{Zeq} - 10 \lg(N) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L_{Zeq,i}$$

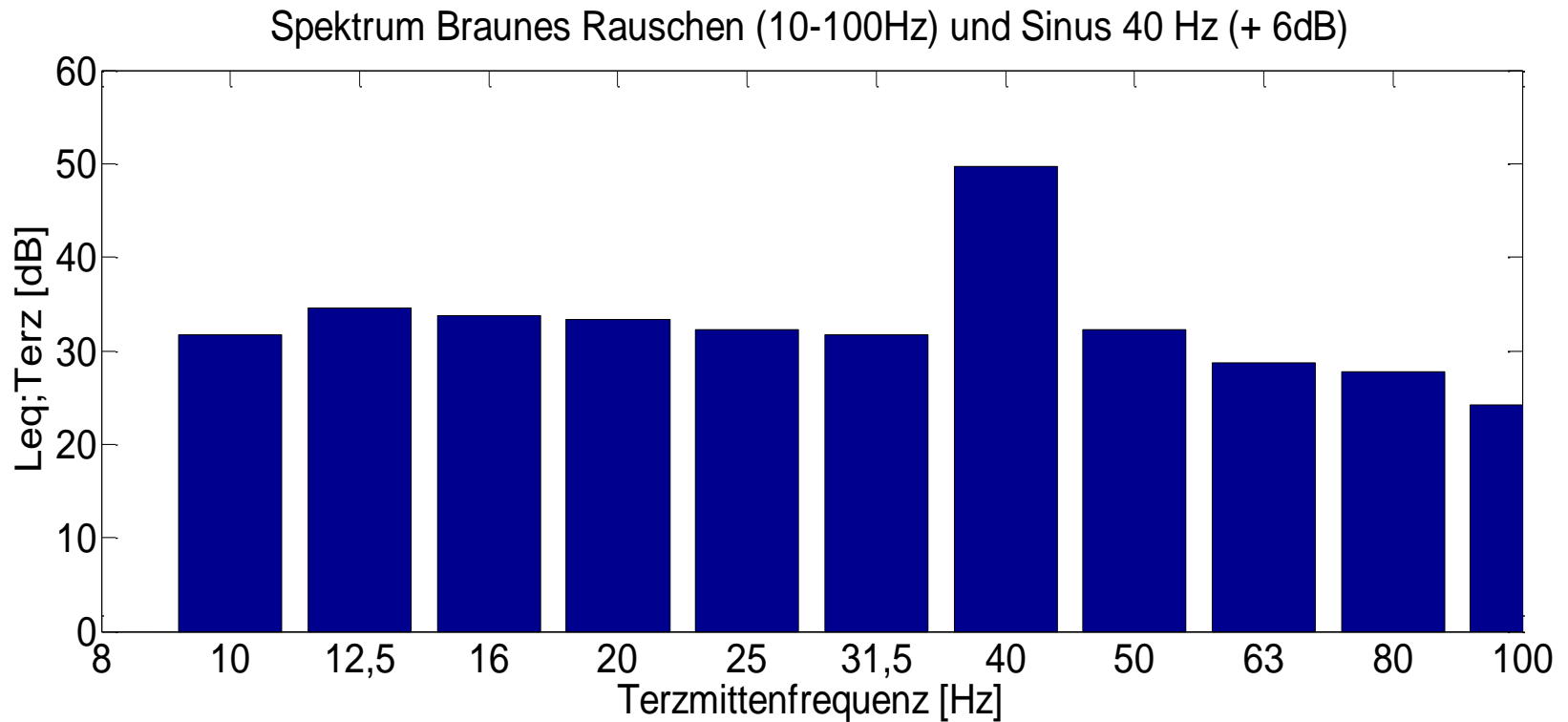
Summation über Terzen (i), wobei N = Anzahl der Terzen ist.

Anpassung im Übergangsbereich an die DIN 45681.

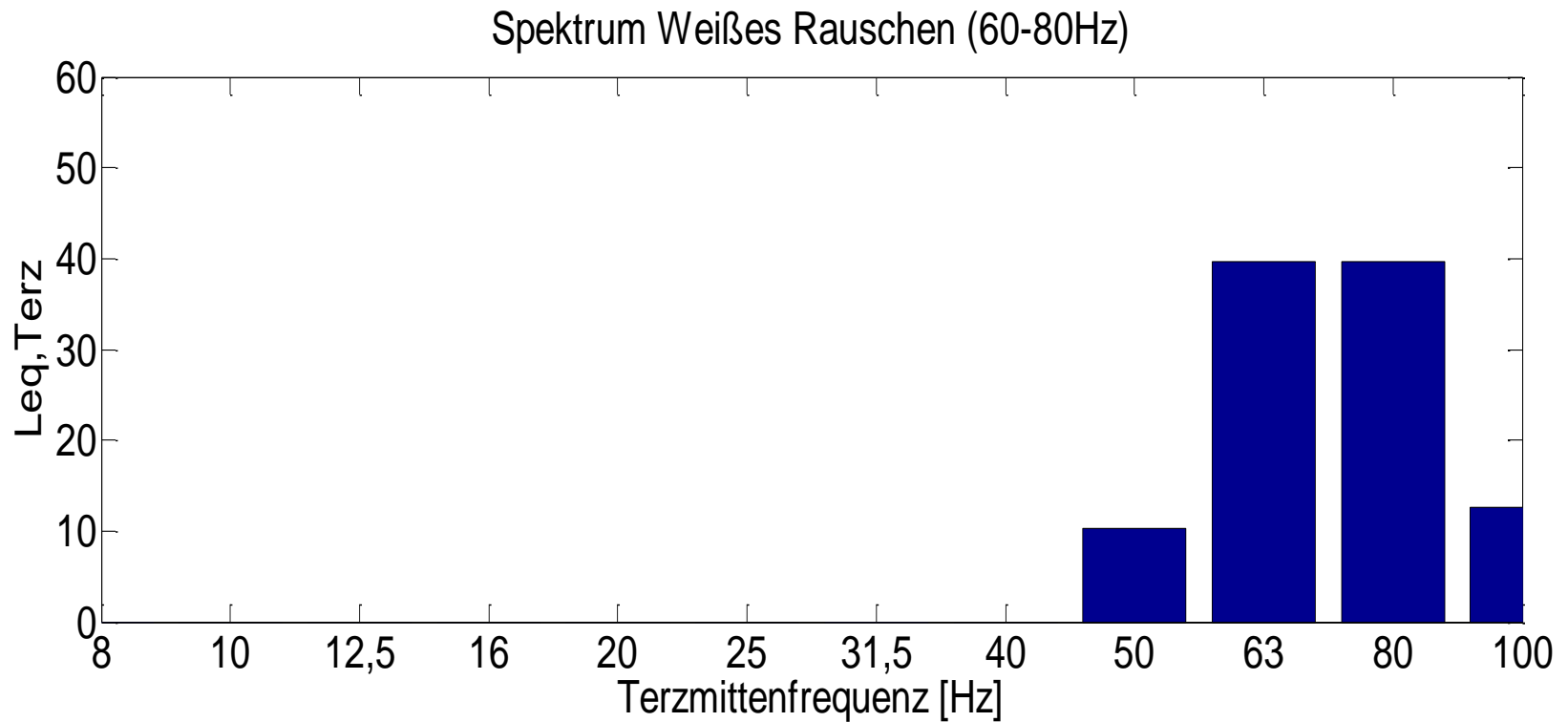
Beispiele für verschiedene mehr oder minder tonhaltige Geräusche



$$U = 0,15$$



$$U = 10,0$$



$$U = 23,3$$

Erfassen von Modulationen

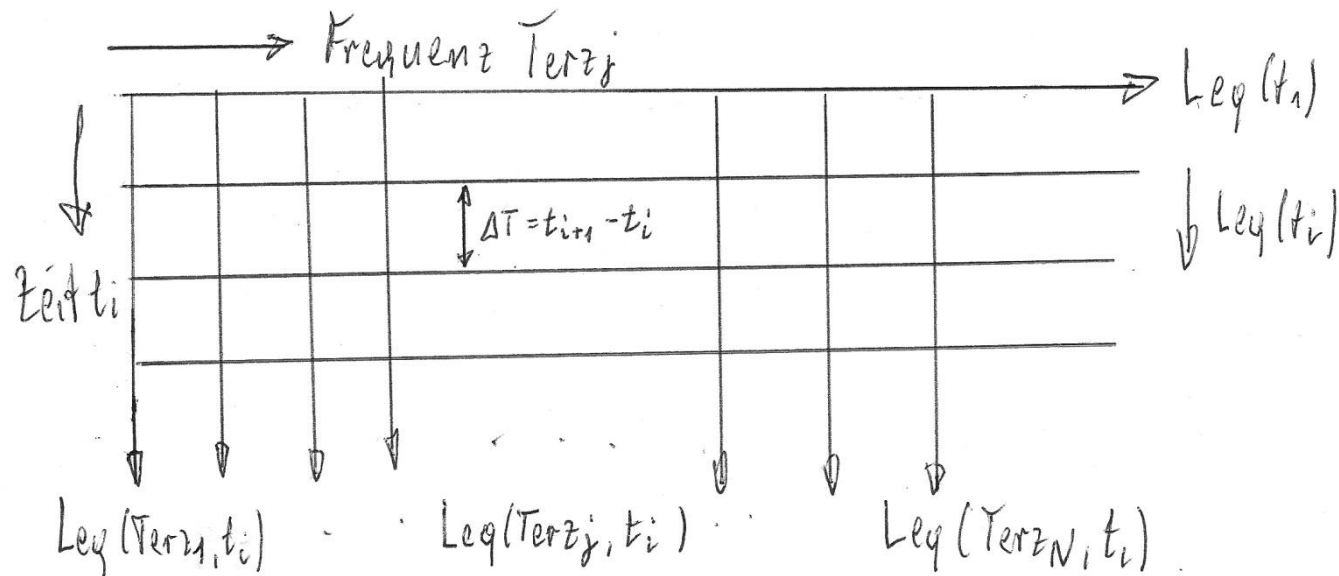
1. Ansatz

Auswerten des zeitlichen Verlaufes der einzelnen Terzkomponenten. Dies böte die einfache Verwendung verschiedenster spektraler Wichtungen. Leider ist durch die ziemlich hohe Frequenzlösung bei der Terzanalyse die Zeitauflösung stark beschränkt.

2. Ansatz

Auswertung der breitbandigen Pegelverläufe. Ergibt gute zeitliche Auflösung, die aber möglicherweise durch höherfrequente Störungen beeinträchtigt wird.

Schema nach 1. Ansatz



$$Leq = 10 \lg \frac{\Delta T}{T} \sum_{\neq t_i} 10^{Leq(t_i)/10}$$

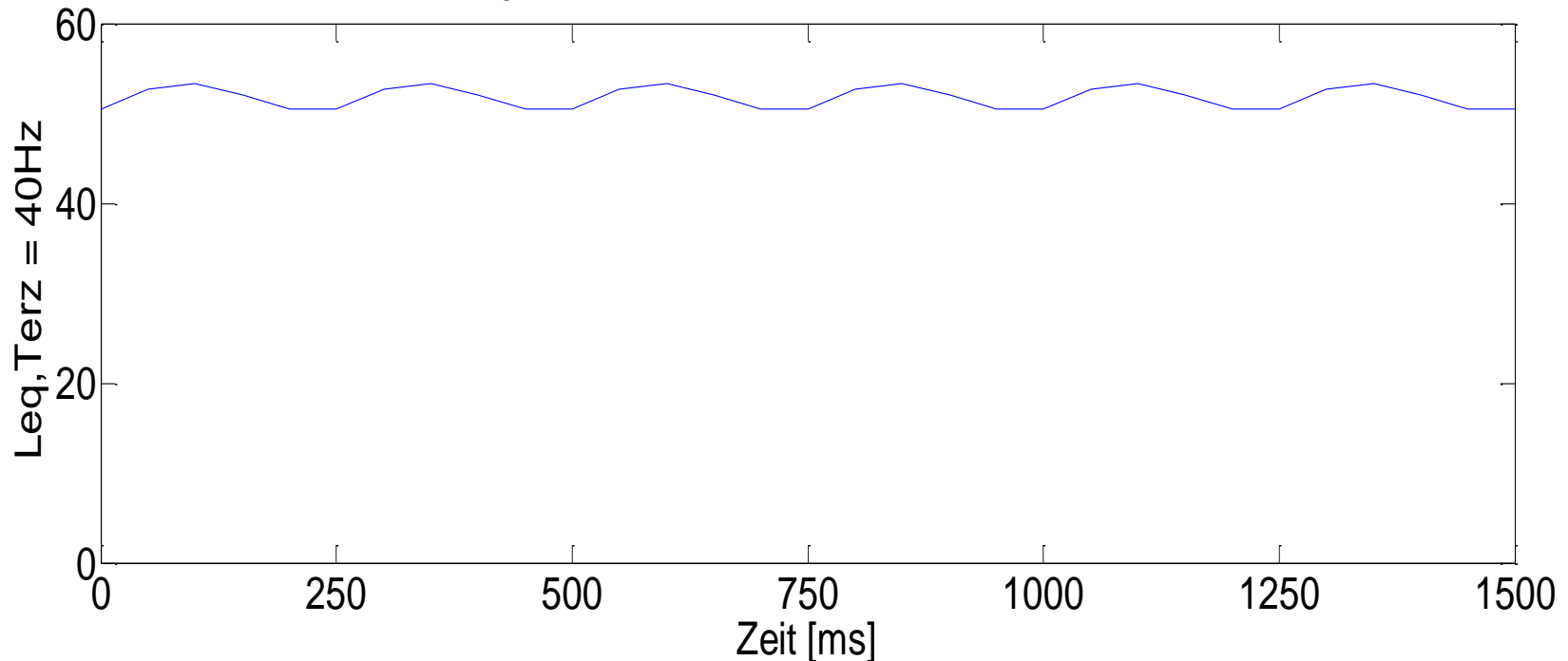
$$Leq(t_i) = 10 \lg \sum_{\neq Terz_j} 10^{Leq(Terz_j, t_i)}$$

$$Leq(Terz_j) = 10 \lg \frac{\Delta T}{T} \sum_{\neq t_i} 10^{Leq(Terz_j, t_i)}$$

Auswertung nach 1. Ansatz

Beispiel AM

Pegeler Verlauf Sinus 40Hz AM 100% mit 4Hz

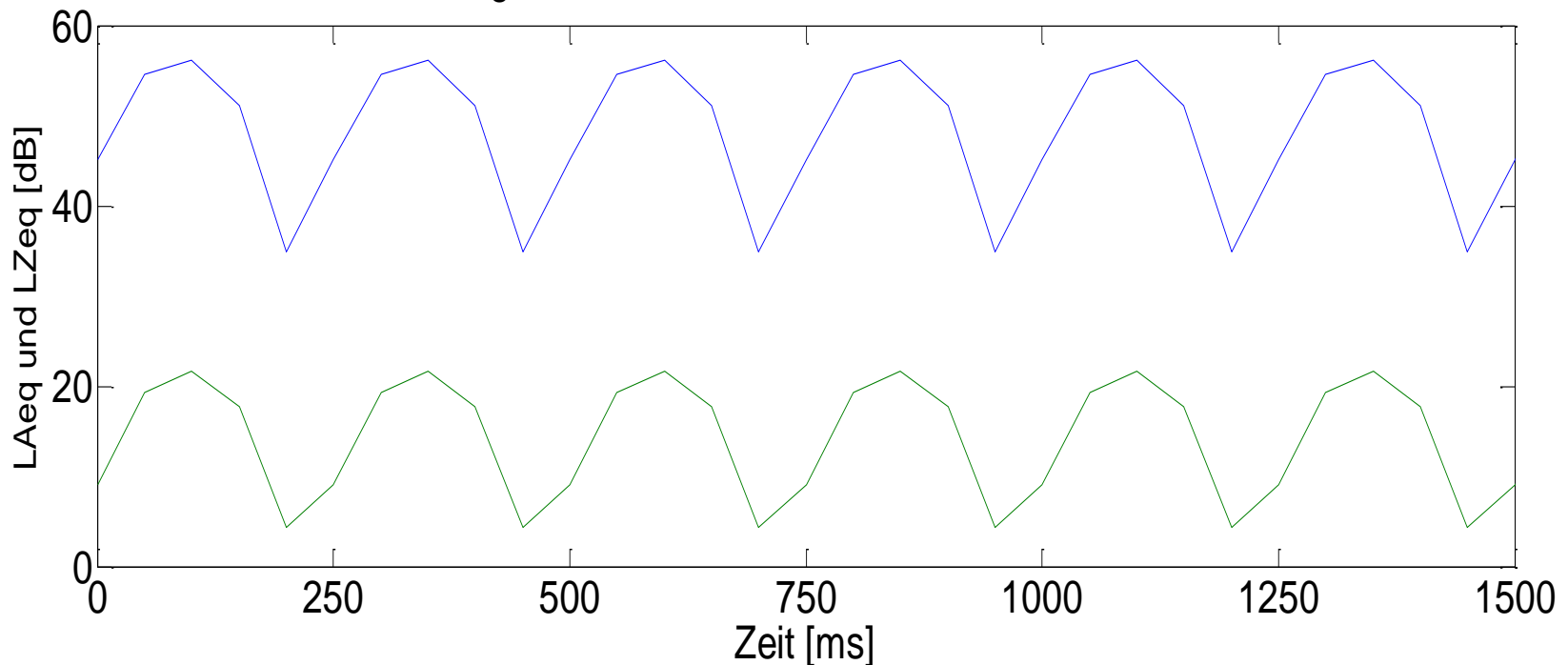


40Hz-Sinuston 100% amplitudenmoduliert mit 4Hz. Trotz des hohen Modulationsgrades nur sehr kleine Variation im Pegel der 40Hz-Komponente. Ursache: Glättung durch schmalbandige Filterung. Kann trotz Auffälligkeit leicht durch andere Geräuschanteile bei der Messung verdeckt werden.

Auswertung nach 2. Ansatz

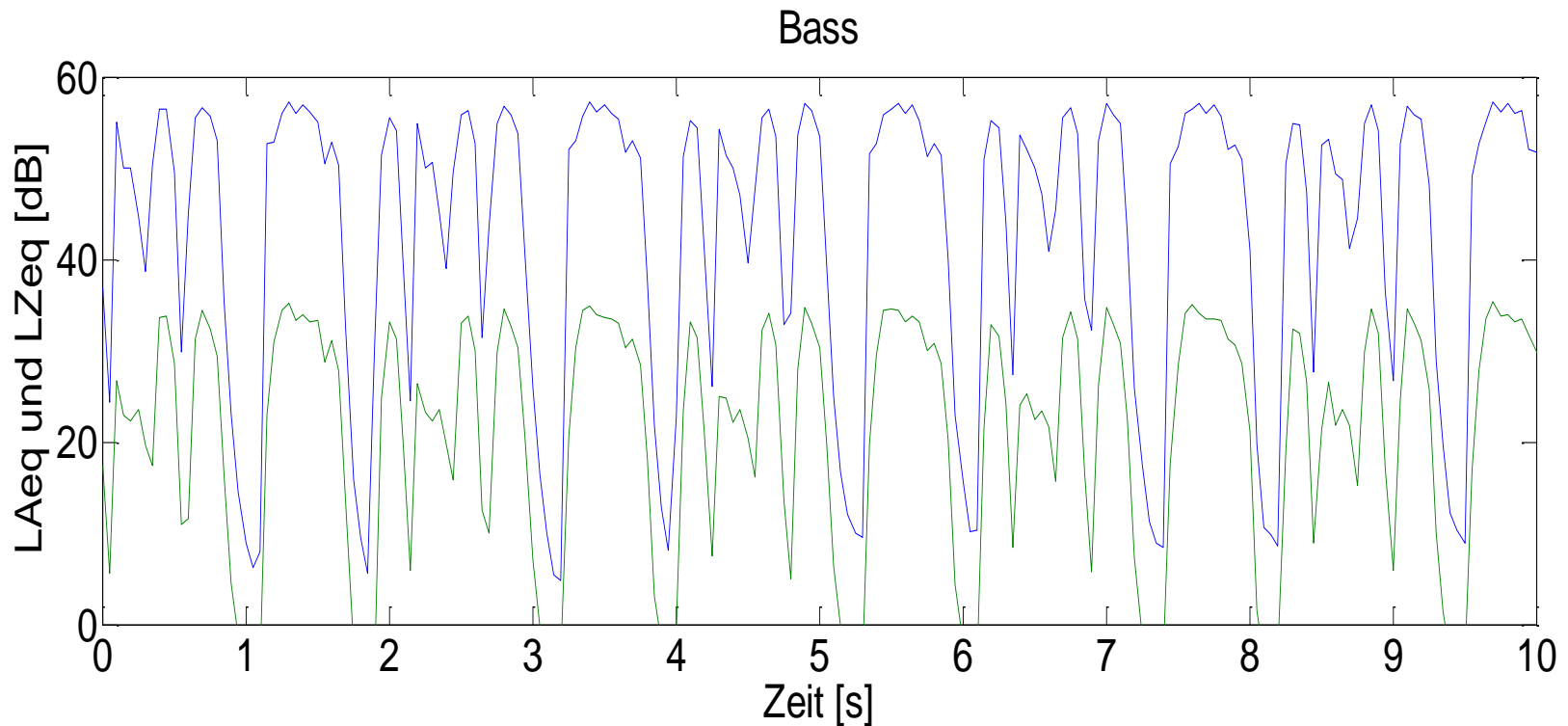
Beispiel AM

Pegelverläufe Sinus 40Hz AM 100% mit 4Hz



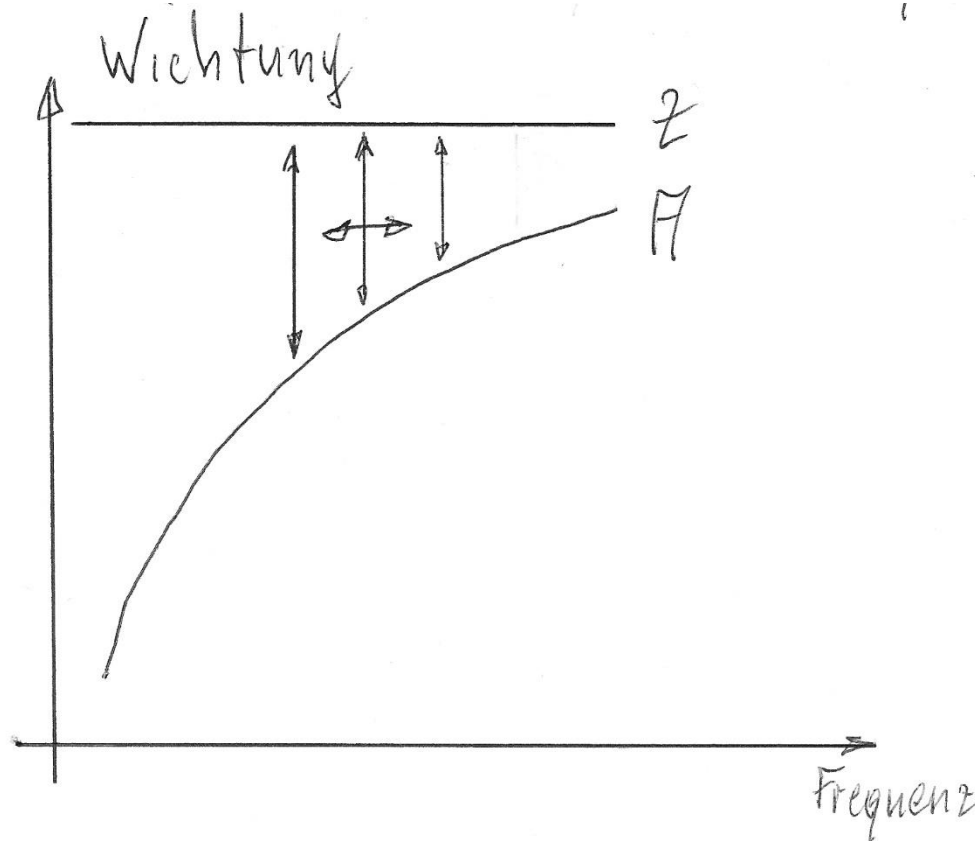
40Hz-Sinuston 100% amplitudenmoduliert mit 4Hz. Da die A-Bewertung nur über ein Filter geringer Ordnung erfolgt, ist die Zeitauflösung wesentlich feiner, wodurch die Modulation wesentlich deutlicher wird. Auffällig ist auch die starke Korrelation der beiden Verläufe.

Weiteres Beispiel

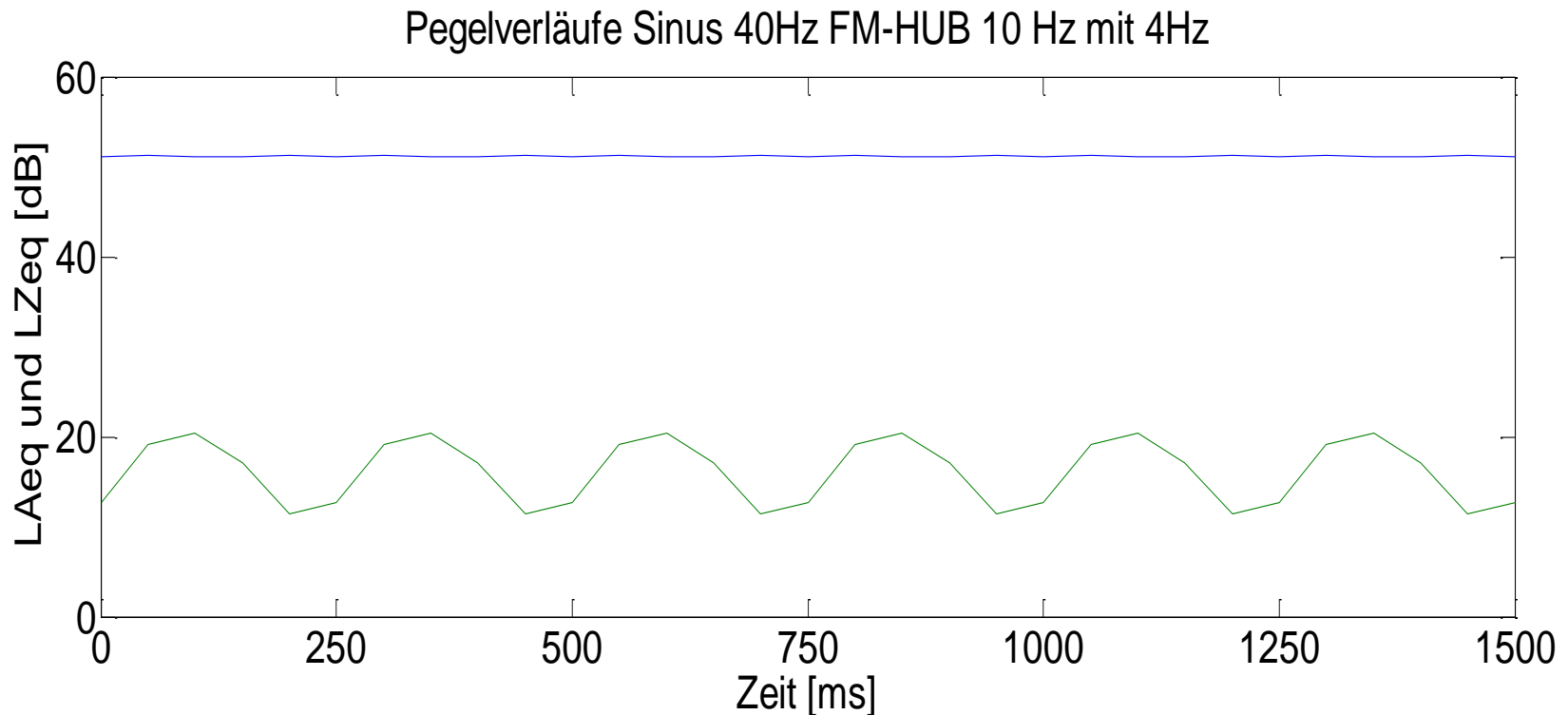


Beispiel: Basslauf, im Wesentlichen geprägt durch starke Amplitudenschwankungen verbunden mit einer hohen Korrelation.

Erfassen einer Frequenzmodulation



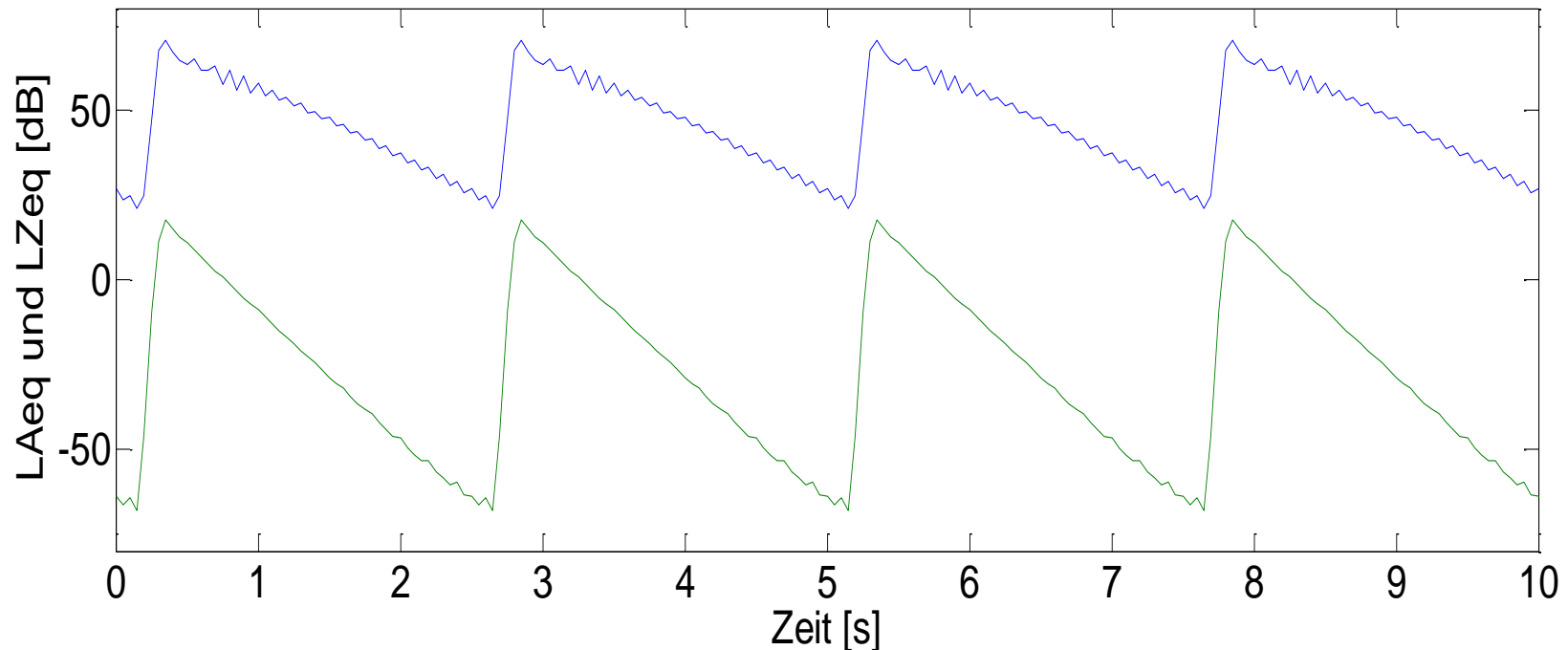
Beispiel sinusförmige FM



40Hz-Sinuston frequenzmoduliert mit 4Hz und einem Hub von 10Hz. Da die Frequenzmodulation an sich keinen Einfluss auf den Pegel hat, ist der Z-bewertete Pegel konstant. Es verändert sich nur der A-bewertete Pegel aufgrund der Frequenzverschiebung und der Frequenzabhängigkeit der A-Bewertung.

Beispiel Impulssequenz

Pegelverläufe Impuls (Periode 2,5 s, TP30Hz)



Impulssequenz mit deutlichen, aber unterschiedlichen Sprüngen und Abnahmen im Z- und A-bewerteten Verlauf. Die über die Zeit unterschiedliche Differenz zwischen beiden Verläufen weist darauf hin, dass sich die sehr tiefen Frequenzinhalte weniger deutlich ändern als die etwas höherfrequenten, was typisch für eine abklingende Schwingung ist.

Wie soll die Höhe der Zuschläge bestimmt werden?

- Für den tieffrequenten Bereich und den Infraschallbereich existieren keine Messverfahren zur Bestimmung der Zuschläge.
- Auch in anderen Situationen wird vielfach die Steigerung der Lästigkeit aufgrund von Auffälligkeiten im Geräusch durch Zuschläge bei der Bewertung berücksichtigt, die ein Gutachter aus seiner Erfahrung heraus vergibt.
- Die Zuschläge sind dabei grob gestuft mit 3 dB und 6 dB. Hat ein Geräusch mehrere auffällige Merkmale, kann ein Gutachter mehrere Zuschläge vergeben, die i.d.R. aber in der Summe begrenzt sind.
- In einem Hörtest bewerten Experten eine große Anzahl verschiedener Stimuli mit gestuften Ausprägungen verschiedener Merkmale, die als lästigkeitssteigernd gelten. Die Steigerung soll durch einen Zuschlag bewertet werden.
- Die Analyse der Ergebnisse soll zeigen, ob sich aus abgeleiteten Messgrößen diese Zuschläge nachvollziehen lassen.

Untersuchung zur Vergabe von Zuschlägen

Auszug aus dem Beurteilungsbogen eines Gutachters.

Anm.: Art der Stimuli ist verdeckt, die Reihenfolge zufällig.

File-Nr.		Tonhaltigkeit	Frequenz- schwankung	Pegel- schwankung	Impulszuschlag	Informations- haltigkeit
69		0	0	0	0	0
70		0	6	0	0	0
71		3	0	3	3	0
72		3	0	0	0	0
73		0	0	3	3	0
74		3	0	0	0	0
75		0	0	3	3	0
76		6	6	0	3	0
77		0	0	0	0	0
78		0	0	0	0	0
79		6	0	3	0	0
80		3	0	0	0	0
81		6	0	0	0	0
82		6	0	0	6	0

Fazit

Mit dem neuen Ansatz sollen die Schwachstellen der Fassung 1997 behoben und die Vorbehalte gegenüber dem Entwurf 2013 aufgearbeitet werden.

Mittels Zuschlägen soll die gesteigerte Lästigkeit durch bestimmte Geräuschmerkmale mehr bzw. überhaupt berücksichtigt werden. Standardisierte Messgrößen bieten einen Ansatz, die relevanten Geräuschmerkmale in ihrer Art und Ausprägung zu bestimmen.

Einige weitere Fragen

- Wie kann aus den Messgrößen ein aussagekräftiger Zuschlag abgeleitet werden?
- Kann ein Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der Hörtests und messtechnisch-basierten Zuschlägen gefunden / hergestellt werden?
- Welchen Einfluss haben Hintergrundgeräusche?
- Wie verhalten sich Zuschläge zu standardisierten Zuschlägen im anschließenden Frequenzbereich ($>100\text{Hz}$)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

`krahe@uni-wuppertal.de`