

Untersuchungen zur aufschreckenden Wirkung (startling) synthetischer Geräusche

Hugo Fastl, Stefan Kerber, Nikolaus Guzsivany

AG Technische Akustik, MMK, TU München, Email: fastl@ei.tum.de

1 Einführung

Für die Beurteilung von Geräuschimmissionen hat sich die Verwendung der Perzentillautheit N_5 gut bewährt (Fastl & Zwicker 2007). Anhand dieser physikalisch messbaren Größe lassen sich sogar Effekte wie Schienenbonus oder Fluglärmalus quantitativ richtig beschreiben (Fastl 2000). Allerdings ist bekannt, dass Geräusche mit schnellen Pegeländerungen als besonders belästigend empfunden werden (Spreng 1985). Aus diesem Grunde wurde in einer Pilotstudie die aufschreckende Wirkung (startling) von synthetischen Geräuschen untersucht.

2 Experimente

Die Experimente wurden mit 14 normalhörenden Versuchspersonen im Alter von 20 bis 32 (Median: 25.5) Jahren durchgeführt. Die Geräusche wurden in einer schallisolierten Messzelle diotisch über elektrodynamische Kopfhörer (Beyer DT48) mit Freifeldentzerrer nach Fastl & Zwicker (2007, S.7) dargeboten. Die synthetischen Geräusche wurden aus Gleichmäßig Anregendem Rauschen (Fastl & Zwicker 2007, S. 63) erzeugt. Zur Beurteilung der aufschreckenden Wirkung wurde die in Abb. 1 dargestellte Skala verwendet. Jede Versuchsperson beurteilte jedes Geräusch in unterschiedlicher Reihenfolge viermal, aus den jeweils 56 Messwerten wurden Mediane mit Interquartilen berechnet. Vor jeder Versuchsreihe wurden den Versuchspersonen einige typische Schalle zum Training dargeboten.

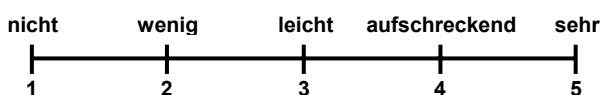


Abb. 1: Numerische und verbale 5-Punkte-Skala zur Beurteilung der aufschreckenden Wirkung (startling)

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Variation der Größe des Pegelanstiegs

In einer ersten Versuchsreihe wurde die Größe des Pegelanstiegs über einen Grundpegel von 45 dB in 5 dB Schritten zwischen 5 und 40 dB variiert. Die Anstiegszeit wurde dabei bei 10 ms festgehalten.

Die subjektiven Beurteilungen der aufschreckenden Wirkung sind in Abb. 2 dargestellt. Das obere Teilbild zeigt die Werte der aufschreckenden Wirkung (startling) als Funktion des Pegelhubes ΔL in dB, das untere Teilbild als Funktion des Hubs ΔN_5 in sone.

Die in Abb. 2 dargestellten Messwerte zeigen, dass für einen Pegelhub von 5 dB bzw. 10 dB keine aufschreckende

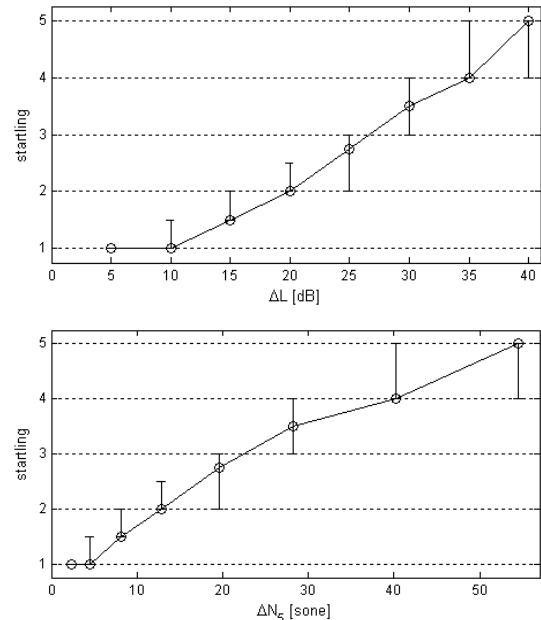


Abb. 2: Aufschreckende Wirkung (startling) von Gleichmäßig Anregendem Rauschen als Funktion des Pegelhubes ΔL (oben) bzw. des Hubs ΔN_5 der Perzentillautheit N_5 (unten). Grundpegel $L_{gr} = 45\text{dB}$, Grundlautheit $N_{5gr} = 4.6\text{ sone}$, Anstiegszeit $t_{an} = 10\text{ ms}$.

Wirkung hervorgerufen wird. Mit größeren Werten des Pegelhubes bzw. des Hubs der Perzentillautheit N_5 steigt die aufschreckende Wirkung nahezu linear an. Für 20 dB Pegelhub, der in der TA Lärm eine wichtige Rolle spielt, ergibt sich für 45 dB Grundpegel im Mittel nur eine wenig aufschreckende Wirkung. In der Perzentillautheit N_5 entspricht dieser Anstieg von 4.6 sone um $\Delta N_5 = 12.8\text{ sone}$ auf 17.4 sone fast einer Vervierfachung der Lautheit.

3.2. Variation des Grundpegels

In dieser Versuchsreihe wurde ein Pegelanstieg von 20 dB für Grundpegel von 50 bis 65 dB sowie ein Pegelanstieg von 30 dB für Grundpegel von 40 bis 55 dB realisiert. Die Anstiegszeit war dabei wieder 10 ms.

Abb. 3 zeigt die Abhängigkeit der aufschreckenden Wirkung sowohl vom maximal erreichten Pegel als auch vom Hub der Perzentillautheit N_5 .

Im Einklang mit den in Abb. 2 gezeigten Messdaten erzeugt ein Pegelhub um 20 dB von 50 auf 70 dB nur eine wenig aufschreckende Wirkung. Ein Pegelhub um 30 dB von 40 auf 70 dB erzeugt eine etwas aufschreckendere Wirkung. Der gleiche Pegelhub von 30 dB zwischen 55 und 85 dB ist

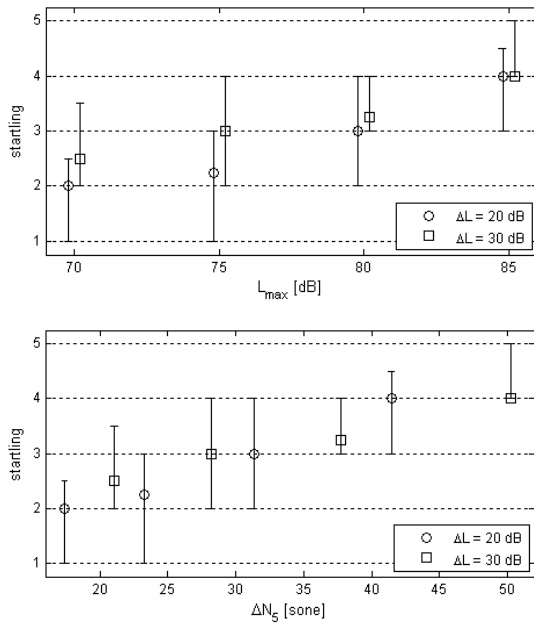


Abb. 3: Aufschreckende Wirkung (startling) von Gleichmäßig Anregendem Rauschen als Funktion des maximal erreichten Pegels (oben) bzw. des Hubs ΔN_5 der Perzentillautheit N_5 (unten). Pegelhub 20 dB (Kreise) bzw. 30 dB (Quadrate) sowie zugehöriger Hub der Perzentillautheit. Anstiegszeit $t_{an} = 10$ ms.

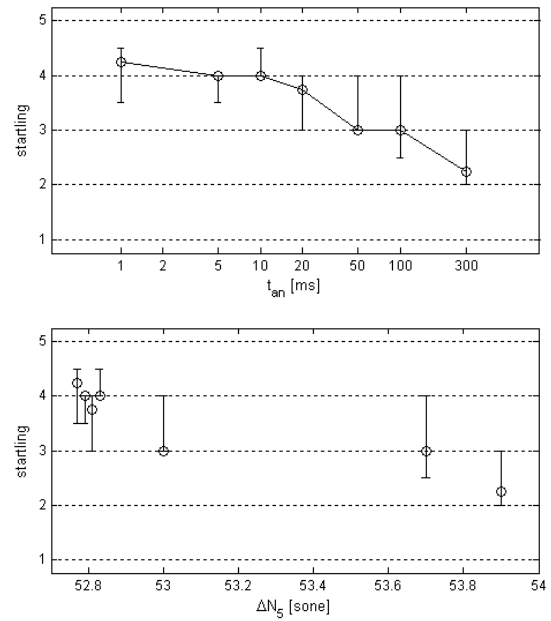


Abb. 4: Aufschreckende Wirkung (startling) von Gleichmäßig Anregendem Rauschen als Funktion der Anstiegszeit t_{an} (oben) bzw. des Hubs ΔN_5 in der Perzentillautheit N_5 (unten). Grundpegel 50 dB entsprechend $N_{5gr} = 6.8$ sone, Pegelhub 35 dB.

bereits aufschreckend; dies gilt auch für einen Pegelhub um 20 dB von 65 auf 85 dB. Bei großen Pegeln scheint demnach der maximal erreichte Pegel wichtiger zu sein als die Größe des Pegelhubes. Ein Anstieg der Perzentillautheit um etwa den Faktor 3 für $\Delta N_5 = 23.3$ sone ist im Mittel nur wenig aufschreckend, ein Anstieg um den Faktor 6 für $\Delta N_5 = 50.3$ sone ist im Mittel aufschreckend. Gemäß Abb.2 führt ein Anstieg der Perzentillautheit um mehr als den Faktor 12 für $\Delta N_5 = 54.5$ sone zu einer sehr aufschreckenden Wirkung.

3.3 Variation der Anstiegszeit

In dieser Versuchsreihe wurde die Anstiegszeit zwischen 1 ms und 300 ms bei 35 dB Pegelanstieg und 50 dB Grundpegel variiert.

Abb. 4 zeigt die aufschreckende Wirkung als Funktion der Anstiegszeit t_{an} (oben) bzw. des Hubs ΔN_5 der Perzentillautheit N_5 (unten).

Auch für die geringste Anstiegszeit von 1 ms erreicht die aufschreckende Wirkung nicht ihren Maximalwert. Im Einklang mit Daten aus Abb. 3, wo für einen Pegelhub von 55 dB auf 85 dB lediglich eine aufschreckende Wirkung, und nicht eine sehr aufschreckende Wirkung erreicht wurde, gilt dies in Abb. 4 für die gleiche Anstiegszeit von 10 ms ebenso, obwohl dort der Pegelhub von 50 dB auf 85 dB verwendet wurde. Der obere Teil von Abb. 4 zeigt, dass die aufschreckende Wirkung (Mediane) für Anstiegszeiten zwischen 1 ms und 20 ms von der Anstiegszeit nahezu unabhängig ist. Für 50 ms, 100 ms und insbesondere für 300 ms Anstiegszeit zeigt sich dann eine deutliche Reduktion der aufschreckenden Wirkung.

Das untere Teilbild in Abb. 4 verdeutlicht, dass bei kurzen Anstiegszeiten bis zu 20 ms die aufschreckende Wirkung bei gleichem Hub ΔN_5 der Perzentillautheit N_5 nahezu gleich ist; für längere Anstiegszeiten zeigt sich mit einer nur geringfügigen Erhöhung des Hubs ΔN_5 der Perzentillautheit N_5 eine deutliche Reduktion in der aufschreckenden Wirkung. Dieses Ergebnis kann als Hinweis darauf gewertet werden, dass die aufschreckende Wirkung von Geräuschen mit kurzen Anstiegszeiten anhand des Hubs der Perzentillautheit N_5 erfasst werden kann, während für Geräusche mit längerer Anstiegszeit für die Beurteilung der aufschreckenden Wirkung neben dem Hub der Perzentillautheit N_5 vermutlich noch die Anstiegszeit berücksichtigt werden muss.

Die mit synthetischen Geräuschen gewonnenen Erkenntnisse zur aufschreckenden Wirkung von Geräuschen wurden in einer kurzen Pilotstudie bei technischen Geräuschen angewandt. Anhand des Hubs ΔN_5 der Perzentillautheit konnte die aufschreckende Wirkung innerhalb der Interquartile der psychoakustischen Messdaten in 5 von 12 Fällen zutreffend prognostiziert werden, bei Verwendung von ΔN_5 und t_{an} sogar in 8 von 12 Fällen.

Literatur

Fastl, H. und Zwicker, E. *Psychoacoustics-Facts and Models*, 3rd Edition, Springer Heidelberg 2007.

Fastl, H.: *Railway Bonus and Aircraft Malus: Subjective and Physical Evaluation*, Proceedings of the 5th Int. Symposium Transport Noise and Vibration, EEA, St. Petersburg 2000.

Spreng, M.: *Noise effects on auditory and vegetative control systems in man*, Proc. inter-noise 85, Muenchen 1985.