

Subjektive Beurteilung der Lärmimmission landender Flugzeuge

Ulrich Peschel, Hugo Fastl
 Institut für Elektroakustik, Technische Universität München

Einleitung

Fluglärm belästigt mittlerweile bereits 50% der bundesdeutschen Bevölkerung [1]. Der Lärm von startenden und landenden Flugzeugen in der Nähe von Verkehrsflugplätzen ist daran maßgeblich beteiligt. Bringt die Verwendung von lärmreduzierten (Kap. 3) Flugzeugen eine Abnahme der Lärmbelastung der Menschen, wenn der Flugverkehr gleichzeitig weiter zunimmt?

Von den Behörden wird als Maß für den Fluglärm häufig das Fluglärmbewertungsmaß FB_1 oder der äquivalente Dauerschallpegel L_{eq} benutzt. Können diese Maße die unterschiedlichen Lärmsituationen adäquat bewerten? Zweifel äußerten Beckers [1], Fastl [2, 4] und Finke [5].

In der vorliegenden Arbeit wird daher die äquivalente Dauerlautheit [3] der Geräusche landender Düsenflugzeuge durch psychoakustische Experimente bestimmt und mit dem äquivalenten Dauerschallpegel L_{eq} sowie dem Fluglärmbewertungsmaß FB_1 verglichen.

Schalle

Am Rande eines Verkehrsflugplatzes wurden in etwa 1.5 km Entfernung vom Aufsetzpunkt die Geräusche landender Düsenflugzeuge auf DAT-Band aufgezeichnet. Für die Hörversuche wurden die Aufnahmen der Überflüge durch Ein- und Ausblenden so bearbeitet, daß Schalle von ca. 15 Sekunden Dauer entstanden (vgl. Fig. 1).

Geräusch A stammt von einem älteren (Kap. 2) Flugzeug, Geräusch B von einem moderneren (Kap. 3) Flugzeug. Beide Flugzeuge haben etwa 135 Sitzplätze und waren bei der Landung ähnlich beladen.

Für den Emissionsversuch (vgl. [4]) wurde ein DAT-Band zusammengestellt, das acht verschiedene Flugzeuggeräusche je viermal in zufälliger Reihenfolge enthält. Nach jedem Schall stehen sechs Sekunden Pause zur Beurteilung zur Verfügung.

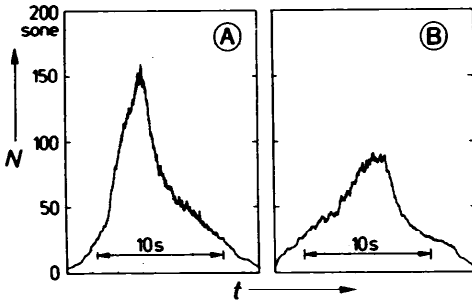


Fig. 1: Lautheits-Zeit-Diagramme der Flugzeuggeräusche A ($L_{APmax} = 97,7$ dB) und B ($L_{APmax} = 87,4$ dB).

Für die Immissionsversuche wurden 15-minütige DAT-Bänder gefertigt, wobei dem Fluglärm leiser Straßenverkehrslärm überlagert wurde (vgl. [2]).

Fig. 2 zeigt die Lautheits-Zeit-Diagramme von zwei Versuchsbändern, gemessen mit einem Lautheitsanalysator nach Zwicker [7].

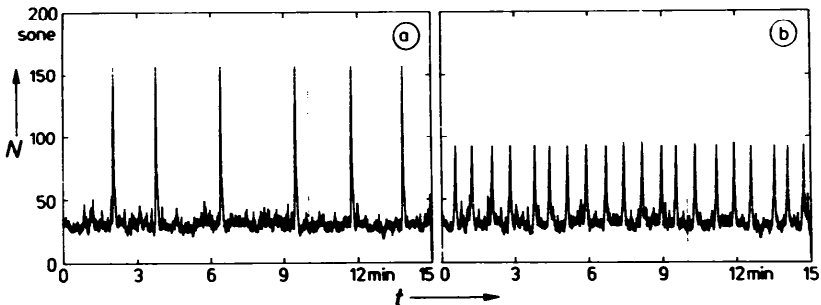


Fig. 2: Lautheits-Zeit-Diagramme der Schalle mit gleichem FB1 bei sehr lautem Straßenverkehrslärm ($L_{AFeq} = 69$ dB).

Versuche

An den Hörversuchen nahmen sechs normalhörende, geübte Versuchspersonen im Alter von 24 bis 43 Jahren teil. Die Schalle wurden diotisch über freifeldentzernte, elektrodynamische Kopfhörer (Beyer DT48) [8] in einer schallisolierten Meßzelle dargeboten. Beim Emissionsversuch bewerteten die Versuchspersonen die Lautheit der einzelnen Geräusche mittels absoluter Größenschätzung. Für

jede Person wurde das Verhältnis der Zentralwerte aus vier Urteilen berechnet und daraus der Median und die Interquartile bestimmt.

Die Immissionsversuche fanden an mehreren Tagen statt. Jede Person nahm nur an einem Versuch pro Tag teil. Die Reihenfolge der Versuche unterschied sich von Person zu Person.

Bei den Immissionsversuchen beurteilten die Versuchspersonen während des Experiments die instantane Lautheit, indem sie die Lautheit auf eine Linienlänge abbildeten (vgl. [3]). Die Linie war auf einem PC-Monitor zu sehen und konnte mittels 'Maus'-Bewegungen in der Länge verändert werden.

Nach dem Experiment füllten die Personen einen Fragebogen aus. Auf einem Balken markierten sie die Stelle, die der wahrgenommenen Dauerlautheit zwischen "sehr leise" und "sehr laut" entsprach [2,3,4,6]. Die Verhältnisse der wahrgenommenen Dauerlautheit wurden für jede Versuchsperson getrennt berechnet. Daraus wurden der Median und die Interquartile bestimmt.

Ergebnisse

Das Emissionsexperiment zeigte, daß das ältere Flugzeug bei der Landung durchschnittlich 1.3-mal lauter ist als das modernere Flugzeug (Fig. 3). Beim L_{eq} ergibt sich ein Intensitätsverhältnis von 5, d.h. der äquivalente Dauerschallpegel überschätzt die Lautheitsverhältnisse erheblich.

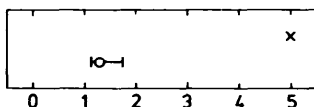


Fig. 3: Intensitäts- und Lautheitsverhältnis von Geräusch A/Geräusch B. Kreuz: Intensitätsverhältnis; Kreis: Lautheitsverhältnis (Median mit Interquartilen).

Die Immissionsexperimente mit gleichem L_{eq} ergaben, daß die äquivalente Dauerlautheit der vielen, leiseren Flugzeuge um ca. 20% höher lag als die der wenigen, lauten Flugzeuge (Fig. 4a). Die Versuche mit gleichem FB1 (Fig. 4b) erbrachten die gleiche Tendenz, wenn auch mit etwa 10% erwartungsgemäß weniger stark. Erhöht man die Anzahl der Fluglärmereignisse, so steigt in diesem Fall die äquivalente Dauerlautheit geringer, als L_{eq} und FB1 vorher-sagen (Fig. 4c), wobei der sehr laute Straßenverkehrslärm die Lärmsituationen stark beeinflusst.

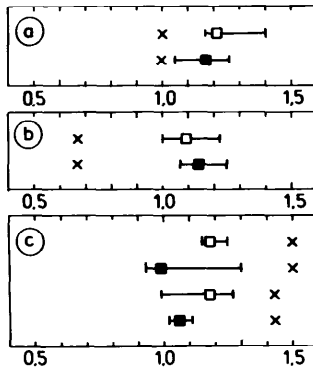


Fig. 4: Beurteilung von Lärmimmissionen

(a) L_{eq} gleich: 4 x A / 20 x B,

(b) FBI gleich: 6 x A / 20 x B,

(c) größere Anzahl: oben 6 x A / 4 x A;

unten 20 x B / 14 x B.

Kreuze: Intensitätsverhältnisse, Quadrate: Lautheitsverhältnisse bei lautem ($L_{A_{F_{eq}}}=45$ dB, leer) bzw. sehr lautem ($L_{A_{F_{eq}}}=69$ dB, ausgefüllt) Straßenverkehrslärm.

Die Maße L_{eq} und FBI eignen sich offensichtlich nicht für Prognosen, die auf die gehörgerechte Beurteilung von Fluglärm abzielen.

Diese Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des SFB 204 "Gehör" München gefördert.

Literatur

- [1] Beckers, J.H.: Führen weniger laute Flugzeuge zu einem Rückgang der Fluglärmprobleme?. Z. f. Lärmbek., 38, 1991, 109-113.
- [2] Fastl, H.: Trading number of operations versus loudness of aircraft. In: Proc. inter-noise '90, Vol. II, 1133-1136.
- [3] Fastl, H.: Beurteilung und Messung der wahrgenommenen äquivalenten Dauerlautheit. Z. f. Lärmbek., 38, 1991, 98-103.
- [4] Fastl, H.: Loudness versus level of aircraft noise. In: Proc. inter-noise '91.
- [5] Finke, H.O.: Akustische Kennwerte für die Messung und Beurteilung von Geräuschimmissionen und deren Zusammenhang mit der subjektiven Gestörtheit. Diss. TU Braunschweig, 1980.
- [6] Kuwano, S., Namba, S.: Continuous judgment of level-fluctuating sounds and the relationship between overall loudness and instantaneous loudness. Psychol. Res., 47, 1985, 27-37.
- [7] Zwicker, E., Deuter, K., Peisl, W.: Loudness meters based on ISO 532B with large dynamic range. Proc. inter-noise '85, Vol. II, 1119-1122.
- [8] Zwicker, E., Fastl, H.: Psychoacoustics - Facts and Models. Springer Heidelberg, 1990.