

Temporäre Hörschwellenverschiebung durch das Innengeräusch in einer Flugzeugkabine?

Ingo Baumann, Berit Jütz, Nils Freese, Ping Rong

Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg, Fak.5, Inst. für Physik, 26129 Oldenburg, Deutschland,

Email: [ingo, berit, nils_f, ping]@aku.physik.uni-oldenburg.de

Zusammenfassung

Ist während eines 7-Stunden Fluges bei einer Dauergeräuschbelastung von etwa 74 dB(A) mit einer temporären Hörschwellenverschiebung zu rechnen?

Diese Frage wurde in einer Teiluntersuchung während eines umfassenden Komfort- und Gesundheitstests in einem Flugsimulator im Rahmen des EU-Projekts ICE [1] untersucht. Dazu wurden bei ca. 100 Passagieren die individuellen Hörschwellen jeweils vor und nach einem simulierten „7-Stunden Flug“ gemessen.

Während des „Fluges“ waren die Passagiere einer flugzeugtypischen Lärmbelastung von im Mittel 74 dB(A) ausgesetzt (ca. 80 Personen). Eine Kontrollgruppe (12 Personen) erfuhr während einer gleichen Flugdauer eine reduzierte Lärmbelastung von 64 dB(A). Die Messung der Hörschwellen wurde mit einem modifizierten Békésy-Verfahren auf handelsüblichen Notebooks (mit externer Soundkarte sowie geschlossenem Kopfhörer) in einem separaten ruhigen Raum (ca. 40 dB(A) Hintergrundpegel) durchgeführt. Das verwendete Verfahren zeichnet sich durch eine höhere Messgenauigkeit im Vergleich zu den Messungen mit handelsüblichen Audiometriegeräten aus. Es konnte in der Untersuchung keine signifikante Hörschwellenverschiebung nachgewiesen werden.

Vorüberlegungen

Zunächst wurde ein Messverfahren entwickelt, womit es in kurzer Zeit (< 15 min) möglich ist, die individuelle Hörschwelle mit höherer Genauigkeit zu bestimmen als mit dem Standard-Audiometrieverfahren (5 dB). Zum Einsatz kamen dabei handelsübliche Notebooks in Verbindung mit einer externen M-Audio Soundkarte und angeschlossenen Sennheiser HDA-200. Das in Matlab realisierte und eingesetzte modifizierte Békésy-Verfahren (bestehend aus 8 Umkehrpunkten, Schrittweiten von 8, 4, 2 und 1 dB/s und Mittelung über die letzten 4 Umkehrpunkte) konnte in Vortests – selbst bei ungeübten Probanden – eine Genauigkeit von ca. 2 dB erreichen. Zur Bestimmung der Hörschwellendifferenz wurde sowohl morgens als auch abends die individuelle Hörschwelle bei 6 Frequenzen (250, 500, 1000, 2000, 4000 und 6300 Hz) insgesamt 3x pro Messtermin unter Verwendung von „Wobbeltönen“ (Modulationsfrequenz: 15 Hz, Breite: 1/10 Oktave) bestimmt (zzgl. 2 „Lernfrequenzen“ (250 und 500 Hz) zu Beginn der Messung).

Vorversuch

Im Rahmen eines Vorversuchs nahmen 8 Personen an einer Hörschwellendifferenzmessung (Zeit zwischen den Messungen: 6.5 h \pm 1.5 h bei einer Dauerschallbelastung von ca. 50 dB(A)) teil. Das Ergebnis in Form eines Box-Plots ist in der nächsten Abbildung dargestellt.

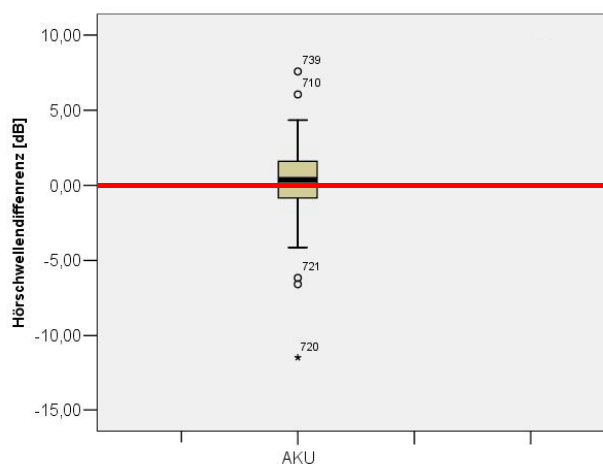


Abbildung 1: Ergebnis des Vortests zur Hörschwellendifferenzmessung nach 6.5 h bei 50 dB(A) für 8 Probanden. Der Median liegt geringfügig über der Nulllinie.

ICE-Projekt / Versuchsablauf

Das entwickelte Messverfahren konnte nun in die Versuche des EU-Projekts „Ideal Cabin Environment“ (ICE, [1]) eingebettet werden. Es handelt sich dabei um ein mehrjähriges Forschungsprojekt zur Untersuchung der Einflüsse von Umweltparametern (Luftqualität, Kabineninnendruck, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Schall u.a.) auf den Passagierkomfort in Flugzeugkabinen. Im Rahmen des Projekts fanden im Niederdruckfluglabor FTF des Instituts für Bauphysik (IBP) in Holzkirchen [2] 29 simulierte 8-Stunden Flüge statt, in denen die Passagiere an Bord einer realistischen Schallsimulation (Terzpegelspektrum siehe folgende Abbildung) ausgesetzt waren.

Hörschwellendifferenzmessungen konnten dabei an 18 Tagen mit insgesamt 103 „Passagieren“ durchgeführt werden. Projektbedingt ergab sich dabei folgender Ablauf: 1. Hörtestmessung (15 min) in einem separaten Gebäude (40 dB(A) Hintergrundpegel), Boarding, 8 h Aufenthalt an Bord, davon 7 h Beschallung (mit 30 min Pre-Phase und 30 min Post-Phase), Deboarding, 2. Hörtestmessung.

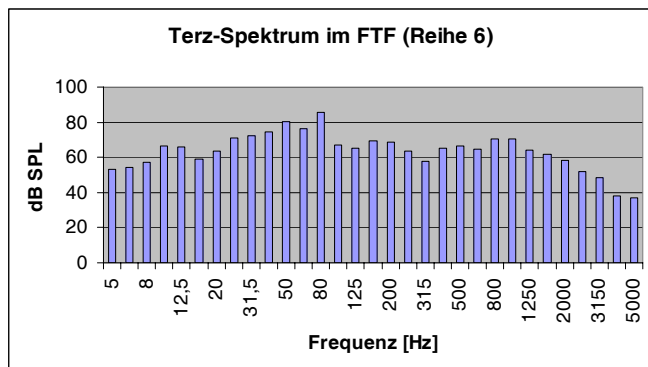


Abbildung 2: Eingezeichnetes Terzpegelspektrum (basierend auf realen Flugmessungen) an Bord des Flight Test Facility (FTF) Flugsimulators am Institut für Bauphysik in Holzkirchen während der 74 dB(A) Flugkondition, exemplarisch für Sitzplatzreihe 6.

Dadurch wurde die sog. TTS_{30} ermittelt (Messung der Hörschwelle ca. 30 min nach Beendigung der Dauerschallkondition). Während der Versuche wurden 3 verschiedene Schallkonditionen bei prinzipiell 2 verschiedenen Luftdruckkonditionen (0 ft. bzw. 8000 ft. (druck-) äquivalente Kabinenhöhe) untersucht:

- „Kontrollkondition“ (64 dB(A), 12 Probanden),
- „Testkondition“ (69 dB(A), 6 Probanden) und
- „Lärmkondition“ (74 dB(A), 79 Probanden).

Ergebnisse

Die folgende Grafik zeigt die bei den 6 Frequenzen gemessenen Hörschwellendifferenzen für alle Probanden an, aufgetragen über den jeweiligen Pegel am Sitzplatz.

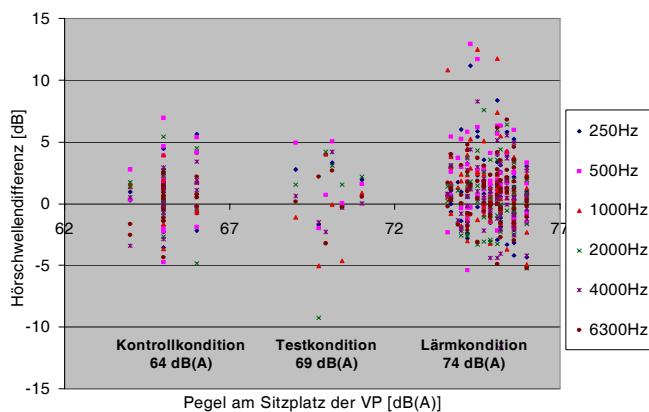


Abbildung 3: Im Simulator gemessene Hörschwellendifferenzen für alle Probanden, aufgetragen über den jeweiligen Pegel am Sitzplatz.

Die nachfolgende Grafik zeigt die statistische Auswertung der Ergebnisse in Form eines Box-Plots. Neben den Ergebnissen der Untersuchung im FTF-Simulator sind auch die Ergebnisse der Voruntersuchung eingetragen (links, „AKU“). Es zeigt sich, dass die Ergebnisse unter „Laborbedingungen“ (50 dB(A)) im gleichen Bereich liegen wie die

Ergebnisse aus dem Simulator unter den verschiedenen Schallkonditionen.

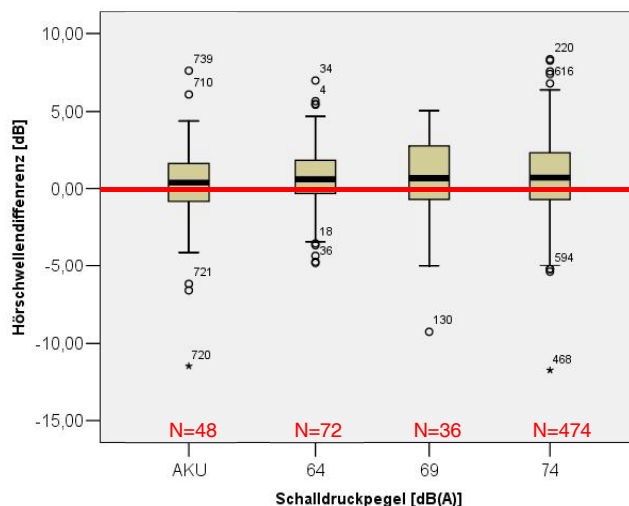


Abbildung 4: Darstellung der Ergebnisse als Box-Plot (alle 6 Frequenzen). Zum Vergleich zu den Ergebnissen aus dem Simulator sind auch die Ergebnisse aus dem Vortest (links, „AKU“) dargestellt.

Des weiteren zeigt sich, dass es keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Ausbildung einer Hörschwellendifferenz (gemessen 30 min. nach Ende der Beschallung, TTS_{30}) und dem Schalldruckpegel (zwischen 50 und 74 dB(A)) gibt, auch wenn die statistische Analyse differenziert nach Messfrequenz durchgeführt wird. Ebenso konnte keine signifikante Hörschwellenverschiebung aufgrund der (druck-) äquivalenten Kabinenhöhe festgestellt werden.

Das Ergebnis steht in Einklang mit in der Literatur berichteten Messung von Hörschwellenverschiebungen bei Beschallung mit Oktav-Rauschen (Mills et al. [3]): Nach 7 h Dauerbeschallung mit 75 dB(A) Oktav-Rauschen (Mittenfrequenz 4 kHz) wurde 4 min nach Ende der Beschallung (TTS_4) eine nur sehr geringe Hörschwellenverschiebung von ca. 2 dB gemessen.

Literatur

- [1] ICE Projekt-Homepage, URL: <http://www.ice-project.eu>
- [2] Institut für Bauphysik, IBP Holzkirchen, mit “Flight Test Facility” FTF (Niederdruck-Flugsimulator), URL: <http://www.bauphysik.de/FTF>
- [3] Mills et al.: Temporary threshold shifts in humans exposed to octave bands of noise for 16 to 24 hours. J. Acoust. Soc. Am. 65(5), May 1979, 1238-1248