

Reaktionen auf Geräusche und Vibrationen

Eine vergleichende Studie in Helikoptern und Mock-ups

U. Reichart, Institut für Technische Akustik, Technische Universität Berlin,

B. Schulte-Fortkamp, Institut für Technische Akustik, Technische Universität Berlin/Akustik-Gruppe, Universität Oldenburg (IDEA PACI BE-97-4056)

Einleitung

In dem Brite-Euram Projekt IDEA-PACI BE-97-4056 wurden Reaktionen auf Geräusche und Vibrationen in Flugzeuginnerräumen (Jet- und Propellerflugzeuge sowie Helikopter) untersucht. Ziel war die Erstellung eines Passagier Komfort Indices. (Quehl et al, 1999, 2000, 2001)

In diesem Zusammenhang wurden auch die Flugsituationen im Helikopter und ihre Simulation im Mock-up durch Versuchspersonen (Vpn) u.a. mit Semantischen Differentialen (SD) und Mood-Scales beurteilt. Die Untersuchungen wurden bei dem Partner AGUSTA, Italien, durchgeführt.

Als Flugsituationen wurden Schweben, 60, 100, 120 und 140 Knoten Fluggeschwindigkeit definiert. Diese Flugzustände wurden in zwei Blöcken mit den jeweils fünf Geschwindigkeiten in randomisierter Reihenfolge präsentiert.

Für die Auswertung wurde mit drei Gruppen von Versuchspersonen (Vpn) gearbeitet:

Real Flight: 25 Vpn (13 wbl./12 ml.) – Bewertung des Helikopterfluges

Mockup(25): identisch mit Real Flight-Gruppe – jedoch Bewertung des Mock-ups

Mockup(30): 30 Vpn ohne ‚Helikoptererfahrung‘ – Bewertung des Mock-ups

Die Vpn hatten neben der Bewertung der Flugsituationen vor während und nach dem Flug einen Befindlichkeitstest auszufüllen und nach Ende des Fluges die Möglichkeit, Anmerkungen zum Versuch abzugeben. (Schulte-Fortkamp et al, 2000, Reichart et al, 2001)

Im folgenden wird bezogen auf die unterschiedlichen Bewertungen von zwei Flugsituationen in einer Sekundäranalyse nach Erklärungen gesucht.

Bewertungen der Versuchspersonen

Die Bewertungen der Flugsituationen sind in Abb. 1 und 2 als Polaritätsprofile dargestellt. Auffällig hierbei sind die Unterschiede in den Profilen zwischen Real Flight- und Mock-up-Gruppen.

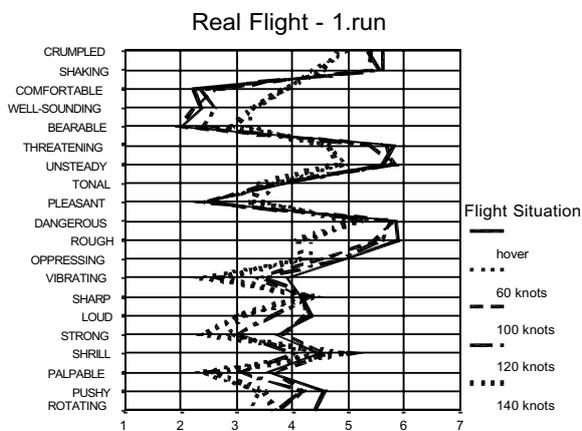


Abbildung 1: Bewertung der Flugsituationen im Helikopter

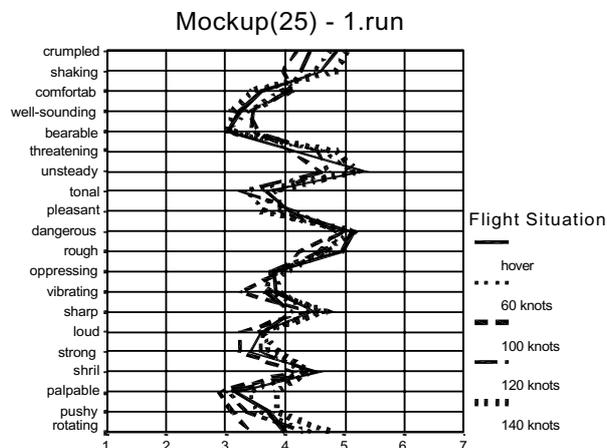


Abbildung 2: Bewertung der Flugsituationen im Mock-up (IDEA PACI BE-97-4056)

Sekundäranalyse und Hypothesen

Aus den zuvor beschriebenen Ergebnissen ergeben sich folgende Hypothesen:

1. es existieren signifikante Unterschiede zwischen den Urteilen der Real Flight und den Mock-up-Gruppen.
2. als mögliche Moderatoren kommen in Betracht:

Temperatur und Luftfeuchte im Innenraum, Befindlichkeit der Vpn, visuelle Eindrücke, Unterschiede in Geräusch- und Vibrationsparametern zwischen Helikopter und Mockup.

Statistische Verfahren in der Sekundäranalyse

Geprüft wurden die Hypothesen mit dem Kolmogoroff-Smirnoff-Test bzw. dem Wilcoxon-Test (Komfort-Urteile und Befindlichkeit) bzw. dem Kruskal-Wallis-Test (Vergleich mehrerer Gruppenmittelwerte bei Temperatur und Luftfeuchte.) Es wurde auf ungerichtete Unterschiede geprüft. Als Signifikanzniveau wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit $p=5\%$ festgelegt

Ergebnisse

a) Der Vergleich der Urteile ergibt, dass bei den Fluggeschwindigkeiten Hover, 100 und 120 Knoten der Helikopterflug gegenüber den entsprechenden Flugsituationen im Mockup u.a. als (signifikant) komfortabler, angenehmer, wohlklingender, erträglicher aber auch als weniger gefährlich, bedrohlich, schüttelend, rau und - je nach Geschwindigkeit - z.T. auch als weniger laut und vibrierend beurteilt wird. Bei den Fluggeschwindigkeiten 60 und 140 Knoten werden die Vibrationen im Helikopter gegenüber dem Mockup als stärker beurteilt. Beide Flugsituationen werden in Bezug auf den Komfort (comfortable, bearable) ähnlich dem Mockup beurteilt.

b) Die Auswertung der physikalischen Daten, die durch das Institut für Technische und Angewandte Physik GmbH (ITAP) sowie die Physiker der Akustik-Gruppe an der Universität

Oldenburg erhoben wurden, bezogen auf die Urteile der Vpn zeigt, dass die Vibrationspegel in x- und y-Richtung im Helikopter bei allen Fluggeschwindigkeiten über denen des Mockups liegen. Auffällig sind die Differenzen der Vibrationen in x-Richtung bei 60 Knoten (Flugsituation 2 in Abbildung 3) und in y-Richtung bei 140 Knoten (nicht dargestellt). Dargestellt werden die Differenzen der Vibrationspegel; verglichen wurden die Messwerte eines definierten Sitzes im Helikopter und im Mockup, da die Urteile der Vpn sich nicht in Abhängigkeit vom Sitzplatz unterscheiden.

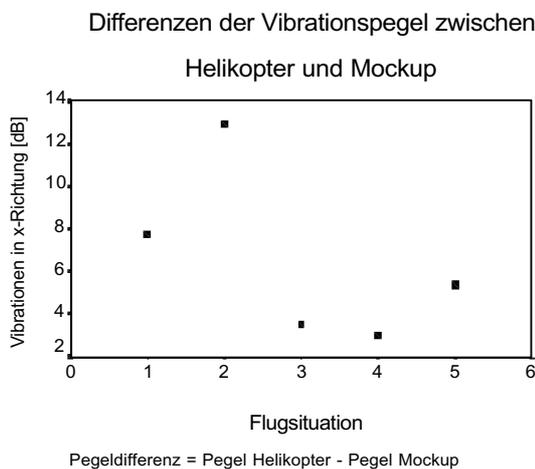


Abbildung 3: Differenzen der Vibrationspegel; Quelle: IDEA PACI BE-97-4056: AGUSTA, ITAP GmbH, Akustik Gruppe, Universität Oldenburg

c) **Befindlichkeit der Vpn** : Das Befinden der Real Flight-Gruppe unterscheidet sich in einigen Punkten signifikant von dem der Mockup-Gruppe: Die Vpn fühlten sich vor dem Flug u.a. angeregter, nervöser, ängstlicher, besorgter und unruhiger als die Vpn im Mockup. Das Befinden der Vpn ändert sich im Laufe des Fluges. Nach Ende des Fluges unterscheidet sich die Real Flight-Gruppe von den Mockup-Gruppen deutlich: Die Real Flight Gruppe fühlt sich angeregter, glücklicher, sorgloser, zufriedener und furchtloser als die Mockup-Gruppen. Die beiden Mockup-Gruppen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Befindlichkeit kaum.

d) Um den Einfluss von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit (rel.LF) auf die Urteile der Vpn zu ermitteln werden die Urteile der Versuchspersonen, die (abhängig von der Tageszeit des Tests) unterschiedlichen ‚raumklimatischen‘ Bedingungen ausgesetzt waren, miteinander verglichen. Gefunden wird, dass trotz großer Unterschiede bei Temperatur (10°C Differenz) und rel. Luftfeuchte (25% rel. LF Differenz) die Vpn keine signifikant unterschiedlichen Urteile abgaben. Es ergibt sich aus diesen Daten somit kein Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte. Die Temperaturdaten waren im Kontext der Fragebogenerhebung ermittelt worden. (AGUSTA)

e) Visuelle Eindrücke und Anmerkungen der Vpn: Um den Einfluss der visuellen Eindrücke zumindest qualitativ zu beschreiben werden die Flugbedingungen (Wetter und Sicht) abgeschätzt und die Anmerkungen der Vpn im abschließenden Fragebogen ausgewertet. Es herrschten optimale Flugbedingungen während des Tests: Klare Sicht bei wolkenlosem Himmel, 21-24°C und schwachem Wind (5 km/h). Der Flug fand im Spätsommer über einer Vorgebirgsregion statt. Diese Eindrücke

beschreiben die Vpn auch in ihren Anmerkungen: Der Helikopterflug wird als faszinierend, beeindruckend und als befriedigendes Erlebnis bezeichnet; die Umgebung als „beeindruckend“ beschrieben. Im Gegensatz dazu wird am Mockup der Mangel an optischen Eindrücken moniert, bzw. die Idee eines „Nacht-Szenarios“ als gut bezeichnet.

Zusammenfassung

Der Helikopter wird in den Flugsituationen Schweben, 100 und 120 Knoten trotz höherer Pegel von den Vpn als komfortabler beurteilt als der Mock-up. Bei 60 und 140 Knoten Fluggeschwindigkeit ändern sich nicht nur die subjektiven Urteile über Vibrationen und Komfort sondern z.T. auch die über Lautstärke und Rauigkeit, ohne dass dies in den entsprechenden physikalischen Daten zu finden wäre.

Die ‚raumklimatischen‘ Bedingungen haben nach diesen Daten keinen Einfluss auf die Urteile.

Das Befinden der Versuchspersonen ändert sich im Laufe des Helikopterfluges.

Die visuellen Eindrücke moderieren stark die Komforturteile, die qualitative Auswertung der Anmerkungen der Versuchspersonen stützt diese These.

Visuelle Eindrücke beeinflussen die Komfortbewertung von Sound und Vibration im Helikopter. Es scheint erforderlich, bei Komfort-Untersuchungen in realen und virtuellen Umgebungen verstärkt zu prüfen, inwieweit die Umgebungsparameter kompatibel sein sollten.

Danksagung:

Brite-Euram project "IDEA PACI"/ be97- 4056, im speziellen: Fausto Cenedese, AGUSTA, Italien; Fachbereich Physik: Akustik Gruppe, Universität Oldenburg, ITAP (Institut für Technische und Angewandte Physik GmbH, Oldenburg)

Referenzen

- Quehl, J., Schick, A., Mellert, V., Schulte-Fortkamp, B., Remmers, H. (1999), "Effects of helicopter and aircraft interior noise and vibration on passengers' comfort sensation and subjective well-being", J. Acoust. Soc. Am., 105 (2), 1084, and ACUSTICA/acta acustica, 85, p. 158.
- Quehl, J., Schick, A., Mellert, V., Schulte-Fortkamp, B., Remmers, H. (2000) Evaluation of combined aircraft interior sound and vibration effects on passengers' well-being and comfort sensation: the elaboration of a concept-specific methodological instrument", in Results of the 8th Oldenburg symposium on psychological acoustics edited by Meis, M. & Reckhardt, C. (bis, Oldenburg, 2000) 201-208.
- Quehl, J., Schick, A., Mellert, V., & Remmers, H., Interaction of sound and vibration on comfort evaluation of aircraft flight situations, in Fortschritte der Akustik, CD,DAGA 2001, Hamburg DEGA e.V. 2001.
- Reichart, U., Schulte-Fortkamp, B. (2001) Evaluation von Reaktionen auf Sound und Vibration-eine Untersuchung bezogen auf Komfort in Helikoptern, in Fortschritte der Akustik, CD, DAGA 2001, Hamburg DEGA e.V. 2001.
- Schulte-Fortkamp, B. Quehl, J., "Evaluation of reaction to noise and vibration in airplanes. An interdisciplinary approach on annoyance measurement", Proceedings (CD) Internoise 2000,Nice(France)