

HEACE: Versuchsdesign zur Erfassung der Belastung, der Beanspruchung und des Komforts von Flight- und Cabin-Crew in einem Kabinensimulator

I. Baumann³, M. Bellmann², S. Buss³, N. Freese³, E. Groll-Knapp⁴, S. Hallmann³, Ch. König³, R. Kruse³, T. Leitmann¹, V. Mellert³, H. Remmers², B. Schulte-Fortkamp¹, M. Trimmel⁴, R. Weber³

¹TU Berlin ²itap GmbH, ³Universität Oldenburg, ⁴Universität Wien

Einleitung

Ziel des EU-Projekts "HEACE – Health Effects in Aircraft Cabin Environments" ist ein besseres Verständnis des Einflusses der bestimmenden Umgebungsparameter der Arbeitsumgebung auf Gesundheit und Komfort von Piloten und Kabinencrew im zivilen Flugverkehr.

Piloten und Kabinencrew berichten häufig von zusätzlichen Belastungen infolge der ungesunden Arbeitsumgebung. Verfügbare Informationen zeigen, dass die Arbeitsbedingungen in Flugzeugen, bezogen auf verschiedene Umweltparameter, deutlich von optimalen Bedingungen abweichen. Geht man davon aus, dass Piloten und Kabinencrew verantwortungsvolle Aufgaben mit hohen Anforderungen zu bewältigen haben, ist zu bedenken, dass eine zusätzliche Belastung nicht nur eine Frage von Gesundheit und Wohlbefinden, sondern auch eine Frage der Flugsicherheit sein kann. Es ist daher notwendig die möglichen Risiken zu untersuchen und, soweit möglich, eine Gewichtung der verschiedenen Parameter oder Parameterintensitäten, hinsichtlich ihres potentiellen Einflusses auf die Gesundheit haben, vorzunehmen.

Derzeit existiert kein Standardverfahren für die experimentelle Untersuchung dieses Problems. Daher wurde ein Testverfahren entwickelt, welches die Bewertung der Effekte von einzelnen Umweltparametern, als auch von Parameterkombinationen erlaubt. Um der Komplexität des menschlichen Regulationssystems gerecht zu werden und um eine Bewertung auf allen Haupteffektebenen garantieren zu können, wurde ein multidimensionaler Ansatz verwendet, bei dem physiologische, psychologische und medizinische Daten, sowie Leistungsdaten gleichzeitig untersucht wurden. In einer Reihe von Pre-Tests wurden Piloten und FlugbegleiterInnen in einem Kabinensimulator untersucht. Dabei wurde lediglich eine Auswahl der Umweltparameter systematisch variiert, jedoch ein Maximum der möglicherweise beeinflussten Dimensionen von Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit untersucht.

Testdesign

Für die Untersuchung wurde ein mehrfaktorielles Untersuchungsdesign gewählt, wobei die Faktoren Temperatur, Noise und „Aktivität“ aufgenommen wurden (3x4x2). Drei Temperaturbedingungen und vier kombinierte Geräusch-/Vibrationsbedingungen wurden dabei implementiert (s. Abb. 1). Im Faktor „Aktivität“ wurde zwischen einer Bedingung mit normaler beruflicher Aktivität (aktiv) und einer Bedingung in Ruheposition (passiv) unterschieden.

Temperatur 1				Temperatur 2				Temperatur 3			
aktiv		passiv		aktiv		passiv		aktiv		passiv	
Geräusch 1	Geräusch 2	Geräusch 3	Geräusch 4	Geräusch 1	Geräusch 2	Geräusch 3	Geräusch 4	Geräusch 1	Geräusch 2	Geräusch 3	Geräusch 4
Geräusch 1	Geräusch 2	Geräusch 3	Geräusch 4	Geräusch 1	Geräusch 2	Geräusch 3	Geräusch 4	Geräusch 1	Geräusch 2	Geräusch 3	Geräusch 4

Abbildung 1: Testdesign

Die Temperatur wurde zwischen den Testdurchgängen variiert, die beiden Aktivitätsbedingungen innerhalb jedes Testdurchganges und

die vier Geräusch-/Vibrationsbedingungen wurden jeweils innerhalb jeder Aktivitätsbedingung dargeboten.

Versuchsablauf eines simulierten Fluges

Während eines Versuchsdurchgangs werden nach einer Startsequenz zwei mal alle vier Geräusch-/Vibrationsbedingungen wiederholt, während die Temperaturbedingung beibehalten wird. Jede dieser Bedingung wird für einen Zeitraum von 20 Minuten dargeboten (s. Abb. 2).

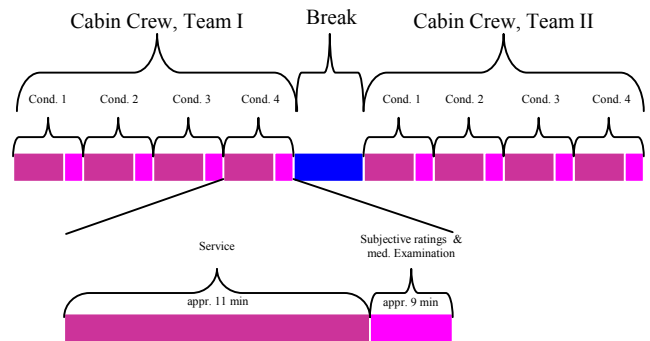


Abbildung 2: Zeitlicher Ablauf eines Testdurchgangs

Elemente der Flugzeugumgebung

Eine wesentliche Bestrebung bei der Durchführung der Versuche war es, die Flugzeugumgebung und den Ablauf des Experiments sehr realitätsnahe zu gestalten. Um eine Messung von Artefakten zu vermeiden ist es notwendig, dass die Flugbegleiter ihre gewohnten Arbeitsabläufe in einer realitätsnahen Umgebung ausüben können. Weicht die Arbeitsumgebung stark von der gewohnten Umgebung ab, so kann dies abweichende Gefühle und Wahrnehmungen hervorrufen. Dies wird zu Unterschieden in der Bewertung der Umweltbedingungen führen [1]. Simuliert wurde ein Flug von Wien nach Alicante mit einer Flugdauer von insgesamt etwa 3 ½ Stunden. Da sich physiologische Reaktionen auf kurzzeitige und längerfristige Expositionen unterscheiden können und nicht linear sind, ist es nicht möglich, von den bei kurzzeitiger Exposition gefundenen Reaktionen auf die Veränderungen bei längerfristiger Exposition zu schließen. Für Stimuli mit kurzer Antwort- und Reaktionszeit, z.B. Geräusche und Vibrationen, scheint eine kurze Darbietung von 20 Minuten ausreichend. Für Parameter mit einer längeren Latenzzeit, z.B. Temperatur, scheint eine Darbietung von mindestens 90 Minuten ratsam. Die maximale Aufenthaltsdauer in einem bewegten Simulator wird von Experten mit ca. 4 Stunden angegeben. Ein längerer Aufenthalt führt zu einer Häufung von Schwindelanfällen und Übelkeit (simulator sickness) [2], wodurch

¹ S. McAdams, "Recognition of sound sources and events," Thinking in Sound. The Cognitive Psychology of Human Audition, McAdams, S. & Bigand, E. (Ed) Oxford: Clarendon Press, 1993, pp 146-198

² Bittner, A.C., Jr., Gore, B.F., et al. (1997). Meaningful assessments of simulator performance and sickness: Can't have one without the other? Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 41st Annual Meeting, 1089-93

die beobachteten Effekte nicht mehr auf die gemessenen Umweltfaktoren zurückgeführt werden können.

Testpersonen

Die teilnehmenden Crew-Mitglieder werden aus aktiven Piloten (n=4) und FlugbegleiterInnen (n=16) rekrutiert. Jede Person nahm an jeder Versuchsbedingungen teil. Durch die Verwendung von aktiven Crewmitgliedern wird das Risiko der Messung von Artefakten reduziert, die entstehen würden, wenn Testpersonen die ihnen ungewohnten Arbeitsaufgaben durchführen müssen. An jedem Testdurchgang nahmen ein Pilot und vier Mitglieder der Kabinencrew teil. Die Kabinencrew arbeitete in zwei Teams, von denen eine im ersten Teil des simulierten Fluges aktiv war, die zweite im zweiten Teil des simulierten Fluges (siehe auch Abb.2).

Die Zusammensetzung der „Passagiere“, die für die Untersuchung angeworben wurden, entspricht der typischen Zusammensetzung auf einem Charterflug auf dieser Flugroute. Während jedes Testdurchgangs befinden sich 15 Passagiere an Bord des Kabinensimulators. Die Passagiere fungierten als Testpersonen für das verwandte EU-Projekt FACE (Contract n° G4RD-CT 2002-00764), in dem der Komfort für die Passagiere untersucht wird.

Kabinensimulator

Der Kabinensimulator bietet im Innenraum Platz für etwa 30 Personen. Die originalgetreue Innenausstattung entspricht einem Airbus A320. Der Simulator ist mit originale, funktionstüchtigen Equipment, z.B. Trolleys, Sicherheitseinrichtungen, Bordtelefon, etc., ausgestattet.

Umgebungsvariablen

Die verwendeten Geräuscharten und -intensitäten entsprachen den in kommerziellen Flugzeugen gefundenen Werten. Die Geräusch-/Vibrationsbedingungen wurden in vier verschiedenen Intensitäten dargeboten (70, 74, 78 und 81 dB(A)). Der Geräuschpegel wurde während der Untersuchung kontinuierlich aufgezeichnet.

Die Temperaturbedingung an Bord des Simulators wurde über Temperatur und Menge der zugeführte Frischluft geregelt. Es sollten drei verschiedene Temperaturbedingungen mit Temperaturen zwischen 22°C und 29°C realisiert werden.

Der verwendete Kabinensimulator ermöglicht auch die Simulation der Flugzeugbewegungen (Motion). Sie wurde hauptsächlich während der Start- und Landephase eingesetzt, um den Testpersonen eine möglichst realistische Empfindung der Flugsituation zu vermitteln. Während der Testphasen wird jeweils eine identische, kurze Bewegungssimulation eingespielt.

Arbeitsabläufe

Die simulierten Arbeitsabläufe wurden in Kooperation mit FlugbegleiterInnen und Piloten entwickelt. Sie enthielten alle wesentlichen Elemente des tatsächlichen Arbeitsalltags einer Flugzeugcrew. Während der Testphasen, wurden die Umgebungsparameter systematisch variiert. Innerhalb dieser Testphasen wurden die Passagiere im Rahmen des gewohnten Service verköstigt. Der Service wurde hierfür in vier Sequenzen von gleicher Dauer und gleichem Arbeitsaufwand unterteilt, die von beiden Teams der Kabinencrew durchgeführt wurden. Der Pilot „flog“ das Flugzeug während des gesamten Testdurchgangs an einem Flugsimulator von Wien nach Alicante. Zeitgleich erledigte er den von einem professionellen Air Controller simulierten Funkverkehr.

Messinstrumentarien

Fragebögen

Anhand eines Fragebogens wurde am Ende jeder Testphase die Bewertung der Umweltparameter, die psychologische und soziologische Befindlichkeit, der subjektive Gesundheitszustand und der physiologische Komfort erhoben. Ein leicht abgewandelter Fragebogen zur Erfassung der Ausgangsbefindlichkeit sollte vor Beginn des Versuchs ausgefüllt werden. Bei der Entwicklung der Fragebögen wurde Wert darauf gelegt, durch die Verwendung von Fragenkomplexen und Skalen aus validierten Fragebögen, die Vergleichbarkeit mit früheren Untersuchungen zu gewährleisten. So erfolgte beispielsweise die Bewertung der Temperatur nach ISO 7730 [³], die Bewertung der Sprachverständlichkeit nach ITU-T G. 109 [⁴] und ITU-T G. 111 [⁵], sowie die Erhebung der allgemeinen mentalen und physischen Befindlichkeit anhand des SF-36 Health Surveys [⁶].

Medizinische Tests

Während des Experiments wurden kontinuierlich Herzfrequenz, Herzfrequenzvariabilität, Hauttemperatur, Hautwiderstand und Körperbewegungen der Crew Mitglieder aufgezeichnet. Beim Piloten wurden zusätzlich kontinuierlich das EEG und die Augenbewegungen aufgezeichnet. Am Ende jeder Testphase, sowie vor Beginn und nach Beendigung des Testdurchgangs, wird parallel zur Beantwortung der Fragebögen der Speichelkortisolwert gemessen und mit einem Blutdruckmessgerät der diastolische und der systolische Blutdruck, erhoben. Zudem wurden mit Hilfe von Laptops Aufmerksamkeits- und Leistungstests durchgeführt. Ein Test zur Quantitätsmessung der Tränenflüssigkeit (Schirmer-Test) wurde lediglich vor Beginn und nach Beendigung des Experiments durchgeführt.

Folgerungen

Der multidisziplinäre Ansatz und die Tatsache, dass während des Experiments zeitgleich Passagiere im Rahmen des EU-Projekts FACE untersucht wurden, trugen zu der hohen Komplexität der Experimente bei und führten zu hohen Anforderungen an die Versuchspersonen.

Die gewonnenen Daten befinden sich derzeit noch in der Auswertung. Die Ergebnisse werden zeigen, wo Stärken und Schwächen des gewählten Testdesigns liegen, und an welchen Stellen gegebenenfalls Modifikationen notwendig sind, besonders bezogen auf die dargebotenen Umweltparameter und die Belastung der Versuchspersonen durch die Anforderungen des Experiments. In diesem Kontext wird die Realitätsnähe des Testszenarios eine zentrale Rolle spielen.

HEACE - Health Effects in Aircraft Cabin Environment

EU-Program GROWTH

Contract n° G4RD-CT-YYYY-00NNN

Project n° GRD1-2001-40118

Project Co-Ordinator [Carl von Ossietzky Universität Oldenburg](#)

³ ISO 7730. (1995). International Organisation for Standardisation – Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort

⁴ ITU-T G. 109. (1999). Definition of categories of speech transmission quality, International Telecommunication Union

⁵ ITU-T G. 111. (1993). Loudness ratings (LRs) in an international connection, International Telecommunication Union

⁶ Bullinger, M & Kirchberger, I (1998). SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand. Göttingen [u.a.]: Hogrefe, Verl. für Psychologie