

BIA-Report 5/2004

Untersuchung der Belastung von Flugbegleiterinnen und Flugbegleitern beim Schieben und Ziehen von Trolleys in Flugzeugen



BGF

Berufsgenossenschaft
für
Fahrzeughaltungen



HVBG

Hauptverband der
gewerblichen
Berufsgenossenschaften

Verfasser: Ulrich Glitsch, Hans-Jürgen Ottersbach, Rolf Ellegast,
Ingo Hermanns, Wolfgang Feldges
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA
Sankt Augustin

Karlheinz Schaub, Knut Berg, Gabriele Winter
Institut für Arbeitswissenschaft – IAD,
Technische Universität Darmstadt

Kirsten Sawatzki, Jürgen Voß, Rainer Göllner, Matthias Jäger
Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität
Dortmund – IfADo

Gerhard Franz
Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen, Hamburg

Herausgeber: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG)
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA
Alte Heerstr. 111, D-53754 Sankt Augustin
Telefon: +49 / 02241 / 231 – 01
Telefax: +49 / 02241 / 231 – 1333
Internet: www.hvbg.de
– Juli 2004 –
Redaktionsschluss: März 2004

ISBN: 3-88383-670-2

ISSN: 0173-0387

Untersuchung der Belastung von Flugbegleiterinnen und Flugbegleitern beim Schieben und Ziehen von Trolleys in Flugzeugen

Kurzfassung

Insbesondere bei Kurzstreckenflügen beginnt und endet der Service in der Kabine im Steig- bzw. Sinkflug. In diesem Zusammenhang sind Flugbegleiter/-innen beim Bewegen der Servierwagen (Trolleys) aufgrund des geneigten Kabinenbodens erhöhten Muskel-Skelett-Belastungen ausgesetzt. Bisher wurden diese Belastungen meist über physikalisch-theoretische Modelle abgeschätzt, in denen die reale Handhabung des Trolleys und die physischen Voraussetzungen der Berufsgruppe nur ansatzweise berücksichtigt werden können. In dieser Studie wurden die Statur und die körperliche Leistungsfähigkeit in Form von Maximalkraftmessungen von rund 500 Flugbegleiter/-innen erhoben sowie die Haltungen und äußeren Muskel-Skelett-Belastungen beim Schieben und Ziehen von Trolleys im Labor unter nachgestellten Kabinenbedingungen gemessen. Aus den Messdaten wurden auf der Grundlage biomechanischer Modellrechnungen die aufgetretenen Lendenwirbelsäulenbelastungen über das Sagittalmoment und die Kompressionskraft an L5-S1 bestimmt. Unter Anwendung einschlägiger Richtwerte und internationaler Normen wurden die Ergebnisse bewertet und Empfehlungen zur Handhabung von Trolleys erstellt, um das Risiko der Entwicklung berufsbedingter Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems zu verringern.

Study on the strain on flight attendants from the pushing and pulling of trolleys aboard aircraft

Abstract

In particular on short flights, cabin service begins and ends during the ascent and descent phases. Consequently, due to the pitch of the cabin floor, flight attendants are exposed to elevated musculo-skeletal loads while pushing or pulling trolleys. Usually these load situations have been estimated with theoretical physical models until now. In these models the real trolley handling situation and other physical prerequisites of the professional group could be approximated only. In this study stature and physical strength capabilities (static MVC) of almost 500 flight attendants were measured. Posture and action forces during the pushing and pulling operations were simulated in the laboratory under cabin conditions. A biomechanical model ("The Dortmunder") was applied to quantify several indicators of lumbar-spine load, in particular, the sagittal moment at and compression force on the lumbosacral disc using anthropometric, posture and action-force data recorded in the laboratory experiments. Relevant key values and guidelines (e. g. international standards) were used to evaluate the results gained and to derive recommendations for an improved handling of trolleys in order to reduce the risk of work-related diseases of the musculo-skeletal system.

Étude des contraintes subies par le personnel de cabine en poussant et en tirant les chariots dans les avions

Résumé

Particulièrement sur les vols court courrier, le service du personnel de cabine commence et se termine lors de la montée et de la descente de l'avion. Dans ces conditions, les hôtesses et stewards sont soumis à des contraintes accrues du système musculo-squelettique quand ils manœuvrent les chariots de service, en raison de l'inclinaison du sol de la cabine. Jusqu'à présent, ces contraintes ont fait le plus souvent l'objet d'estimations, à partir de modèles de physique théorique dans lesquels les manœuvres effectuées réellement avec les chariots, ainsi que les conditions physiques de ce groupe professionnel, ne pouvaient être pris en compte que de manière rudimentaire. Dans cette étude, la stature et la force physique (déterminée sous forme de mesure de la force maximale) d'environ 500 hôtesses et stewards ont été relevées, de même que leur attitude et les contraintes externes s'exerçant sur leur système musculo-squelettique quand ils poussent et tirent des chariots. Ces mesures ont été effectuées en laboratoire, dans des conditions reproduisant celles rencontrées en cabine. À partir des mesures ainsi obtenues, et sur la base de modèles de calcul biomécaniques, les contraintes subies par la colonne vertébrale lombaire ont été déterminées à l'aide du couple sagittal et la force de compression s'exerçant sur les vertébrales L5-S1. Les résultats ont été analysés, en recourant à des valeurs indicatives pertinentes et à des normes internationales. Des recommandations portant sur la manipulation des chariots ont été formulées, afin de réduire les risques d'apparition de troubles du système musculo-squelettique d'origine professionnelle.

Estudio de las cargas físicas de los tripulantes de cabina de pasajeros al empujar y tirar de los carritos de servicio a bordo de aviones

Resumen

Especialmente durante los vuelos cortos, el servicio de cabina suele empezar y acabar en vuelo ascendente y descendente respectivamente. En consecuencia, los tripulantes de cabina de pasajeros están expuestos a elevadas cargas musculoesqueléticas al mover los carritos de servicio debido a la posición inclinada del suelo de la cabina. Hasta ahora, este tipo de cargas se han determinado mediante modelos físico-teóricos en los que la manipulación real del carrito y las condiciones físicas de este grupo profesional son sólo aproximadas. En el presente estudio se han recopilado los datos de estatura y capacidad física, en forma de pruebas de fuerza máxima, de unos 500 tripulantes de cabina de pasajeros; asimismo, se han medido las posturas y cargas musculoesqueléticas externas al empujar y tirar de los carritos de servicio en el laboratorio, en condiciones que simulan las situaciones reales de una cabina. A partir de los datos de medición y basándose en cálculos de modelos biomecánicos, se determinaron las cargas sobre la columna vertebral a través del momento de fuerza en el plano sagital y la fuerza de compresión en L5-S1. Aplicando los valores de referencia pertinentes y las normas internacionales, se analizaron los resultados y se elaboraron recomendaciones para la manipulación de los carritos a fin de reducir el riesgo de desarrollar enfermedades profesionales relacionadas con el sistema musculoesquelético.

Danksagung

Wir möchten uns bei allen bedanken, die zum Gelingen des Projektes und des vorliegenden Reports beigetragen haben. Insbesondere gilt unser Dank den fünf Fluggesellschaften Lufthansa CityLine, Lufttransport-Unternehmen (LTU), Eurowings Luftverkehr, Hapag Lloyd Flug und Deutsche Lufthansa, die überaus kooperativ ihr Personal und Mitflugkapazitäten für die Untersuchungen bereitstellten. Ferner gilt unser Dank der Initiative der Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen, die den Anstoß und fortwährende Unterstützung für das Projekt gegeben hat.

Nicht vergessen werden soll der Dank an die zahlreichen Mitarbeiter der am Projekt beteiligten Institute der Technischen Universität Darmstadt und der Universität Dortmund sowie des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitsschutz – BIA, deren namentliche Nennung hier den Rahmen sprengen würde – ohne die das Projekt aber nicht hätte durchgeführt werden können. Unser ganz persönlicher Dank gilt Frau *Brigitte Meik*, die mit großem Einsatz die einzelnen Textbeiträge zusammengefügt und die Formatierung dieses Reports vorgenommen hat.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	13
2	Aufgabenstellung	19
3	Belastung beim Ziehen und Schieben von Trolleys	23
3.1	Mitflugbeobachtungen	23
3.2	Befragung zur Einschätzung der Belastung beim Ziehen und Schieben von Trolleys	29
3.3	Lokalisation hoher Belastungsempfindung beim Ziehen und Schieben von Trolleys	32
3.4	Literatur	34
4	Population und körperliche Leistungsfähigkeit von Flugbegleiterinnen und Flugbegleitern in Deutschland	35
4.1	Rechtliche Grundlagen zu Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz	35
4.1.1	Das Konzept dualer Arbeitssicherheit in der EU	35
4.1.2	EU-Rahmenrichtlinie nebst relevanten Einzelrichtlinien	38
4.1.3	Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz im Rahmen des europäischen Binnenmarktes	43
4.1.4	Stand der Wissenschaft	48
4.2	Arbeitswissenschaftliche Grundlagen zum manuellen Ziehen und Schieben von Lasten	50
4.3	Probandenkollektive	55
4.3.1	BIA-Probanden	55
4.3.2	LH-Probanden	58
4.3.3	LH-Grundgesamtheit	64
4.3.4	LTU-Grundgesamtheit	66
4.4	Datenerhebung	69
4.4.1	Subjektives Beschwerdeempfinden	70
4.4.2	Kraftwerte	72
4.5	Ergebnisse	75
4.5.1	Maximalkräfte der LH-Probanden	75
4.5.2	Korrelation von Kräften und biometrischen Daten	78
4.5.3	Synthetische LH- und LTU-Verteilungen	81

4.5.4	Einordnung der synthetischen Verteilungen in die Grundgesamtheit der Erwerbstätigen	87
4.6	Bewertungsverfahren	90
4.6.1	Verfahren nach <i>Davis</i> und <i>Stubbs</i>	90
4.6.2	Verfahren nach <i>Mital</i> , <i>Nicholson</i> und <i>Ayoub</i>	94
4.6.3	Verfahren nach Siemens und Derivaten	96
4.6.4	Verfahren nach „Leitmerkmalmethode Ziehen und Schieben“ (LMM-ZS)	107
4.6.5	Verfahren nach DIN EN 1005-3	109
4.6.6	Verfahren nach Arbeitspapier ISO/WD 11228-2	115
4.6.7	Verfahren nach ISO/CD 11228-2	117
4.7	Modellrechnung	118
4.7.1	Modellrechnungen nach <i>Davis</i> und <i>Stubbs</i>	119
4.7.2	Modellrechnungen nach <i>Mital</i> , <i>Nicholson</i> und <i>Ayoub</i>	122
4.7.3	Modellrechnungen nach Siemens und Derivaten	124
4.7.4	Modellrechnungen nach „Leitmerkmalmethode Ziehen und Schieben“ (LMM-ZS)	140
4.7.5	Modellrechnungen nach DIN EN 1005-3	141
4.7.6	Modellrechnungen nach Arbeitspapier ISO/WD 11228-2	147
4.7.7	Modellrechnungen nach ISO/CD 11228-2	150
4.8	Bewertung der Modellrechnungen	152
4.8.1	Verfahren nach <i>Davis</i> und <i>Stubbs</i>	152
4.8.2	Verfahren nach <i>Mital</i> , <i>Nicholson</i> und <i>Ayoub</i>	152
4.8.3	Verfahren nach Siemens und Derivaten	155
4.8.4	Verfahren nach „Leitmerkmalmethode Ziehen und Schieben“ (LMM-ZS)	159
4.8.5	Verfahren nach DIN EN 1005-3	160
4.8.6	Verfahren nach dem Arbeitspapier ISO/WD 11228-2	161
4.8.7	Verfahren nach ISO/CD 11228-2	162
4.9	Empfohlene maximale Aktionskräfte für das Ziehen und Schieben von Trolleys	162
4.9.1	Vergleichende Bewertung der durchgeführten Modellrechnungen	163
4.9.2	Empfehlungen für maximal an Trolleys auszuübende Aktionskräfte	164
4.10	Literatur	168
5	Untersuchung der Handhabung und der Muskel-Skelett-Belastungen beim Ziehen und Schieben von Trolleys	175

5.1	Design der Laboruntersuchung	175
5.2	Aufbau und Durchführung der Laboruntersuchung	177
5.2.1	Aufbau und Einrichtung einer Flugzeugbodennachbildung	178
5.2.2	Eigenschaften und Ausrüstung der Trolleys	182
5.2.3	Dynamische Messung der Handkräfte am Trolley	185
5.2.4	Dynamische Messung der Bodenreaktionskraft beim Start eines Zieh- oder Schiebevorganges.....	189
5.2.5	Beschleunigungsmessungen am Trolley beim Ziehen und Schieben	190
5.2.6	Maximalkraftmessungen	191
5.2.7	CUELA-Messsystem	194
5.2.8	Messdatenerfassung und Auswertung	198
5.2.9	Versuchsdurchführung	201
5.3	Ergebnisse der Laboruntersuchung	203
5.3.1	Aktionskräfte am Trolley beim Ziehen und Schieben	203
5.3.2	Bodenreaktionskräfte zu Beginn von Zieh- und Schiebevorgängen	238
5.3.3	Auswertung der Beschleunigungssignale	241
5.3.4	Maximalkraftmessungen des BIA-Probandenkollektivs	245
5.3.5	Individuelle Belastung des Muskel-Skelett-Systems beim Ziehen und Schieben	248
5.3.6	Bewegungs- und Belastungsanalyse des Muskel-Skelett-Systems beim Ziehen und Schieben von Trolleys.....	250
5.3.6.1	Kinematik und äußere Belastungssituation des Muskel-Skelett-Systems beim Ziehen und Schieben	251
5.3.6.2	Vergleichende Analyse der Kinematik beim Ziehen und Schieben	255
5.3.6.3	Beispiele von unterschiedlichem Bewegungsverhalten	264
5.3.6.4	Einfluss exogener Faktoren beim Hantieren mit Trolleys	269
5.4	Literatur	272
6	Belastung der Wirbelsäule beim Ziehen und Schieben von Trolleys	273
6.1	Methodik	274
6.1.1	Kenngrößen der Belastung der Lendenwirbelsäule	274
6.1.2	Biomechanische Modellierung zur Ermittlung der Wirbelsäulenbelastung	276
6.2	Erläuterungen zur Erhebung der Daten und zum Datentransfer	279
6.2.1	Lumbal-biomechanische Analyse auf der Basis externer Belastungsdaten	279
6.2.2	Transfer der externen Belastungsdaten	281

6.2.2.1	Prinzipieller Aufbau einer tätigkeitsbeschreibenden Datei	282
6.2.2.2	Anpassung der Datensätze	282
6.3	Analyse einzelner typischer Bewegungsabläufe	287
6.3.1	Abtastrate	288
6.3.2	Zeitliche Segmentierung von Schiebe- oder Ziehvorgängen	290
6.3.3	Exemplarische Darstellung von Körperhaltungssequenzen	291
6.3.3.1	Zeitverlauf eines Schiebevorganges	292
6.3.3.2	Zeitverlauf eines Ziehvorganges	298
6.3.4	Belastungskenngrößen an der Lendenwirbelsäule	301
6.3.4.1	Zeitverlauf eines Schiebevorganges	301
6.3.4.2	Zeitverlauf eines Ziehvorganges	303
6.4	Zusammenfassende Darstellung der Wirbelsäulenbelastung	305
6.4.1	Tätigkeitsbedingte Unterschiede im Zeitverlauf	305
6.4.2	Identifizierung angemessener Belastungskennwerte	310
6.4.3	Varianz der Belastungen der Lendenwirbelsäule	314
6.5	Diskussion	322
6.5.1	Personenbedingte Unterschiede im Zeitverlauf	322
6.5.2	Biomechanische Bewertung der Belastung der Wirbelsäule	326
6.5.3	Lumbal-biomechanische Beurteilung der Trolley-Bewegungen	329
6.6	Schlussfolgerungen zur biomechanischen Analyse der Lendenwirbelsäulenbelastung	336
6.7	Ausblick	337
6.8	Literatur	339
7	Zusammenfassende Betrachtung der Ergebnisse	343
7.1	Literatur	358
Anhang 1: Übersicht über die Mitflugbeobachtungen		359
Anhang 2: Fragebogen zur Trolley-Handhabung und Belastungs- einschätzung von Flugbegleiterinnen und Flugbegleitern		359
Anhang 3: Population und körperliche Leistungsfähigkeit von Flugbegleiterinnen in Deutschland		362