



## 7 Zusammenfassende Betrachtung der Ergebnisse

Die Servicetätigkeiten an Bord von Flugzeugen werden meist mithilfe von Trolleys (Servierwagen) ausgeführt, die Produkte wie Speisen und Getränke enthalten und durch die Gänge des Flugzeuges geschoben bzw. gezogen werden. Insbesondere bei Kurzstreckenflügen müssen die Servicetätigkeiten auch während der Steig- und Sinkphase des Flugzeuges durchgeführt werden. In diesem Zusammenhang klagen die Flugbegleiter und insbesondere die Flugbegleiterinnen über eine erhöhte körperliche Belastung beim Bewegen der Trolleys.

Die Beurteilung der Muskel-Skelett-Belastung beim Bewegen von Trolleys in Flugzeugen basierte bislang vornehmlich auf physikalisch-theoretischen Modellabschätzungen unter Berücksichtigung der Masse und der Beschleunigung des Containers sowie den Rollreibungsverhältnissen und der Neigung des Kabinenbodens. Da solche Abschätzungen die dynamische Handhabung des Trolleys durch einen Menschen nur unzureichend berücksichtigen, wurde im BIA bereits im Jahre 2000 eine von der BGF initiierte Pilotstudie durchgeführt, bei der die Aktionskräfte von Flugbegleiterinnen beim Schieben eines Getränke-Trolleys gemessen wurden. Um die Aussagekraft der damaligen Studie zu erhöhen, wurde die jetzt hier vorliegende Studie mit einem deutlich erhöhten Umfang und größerer Komplexität in Kooperation mit der BGF und ihren Mitgliedsbetrieben durchgeführt.

In Zusammenarbeit von zwei Universitätsinstituten (IAD und IfADo), fünf Fluggesellschaften, der BGF und dem BIA wurden verschiedene Untersuchungsansätze und Forschungsmethoden kombiniert, um eine möglichst repräsentative Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit und der Muskel-Skelett-Belastungen von Flugbegleiter/-innen in Deutschland zu erhalten. Die Untersuchungsschwerpunkte bildeten Analysen der biometrischen Daten von rund 2 300 Flugbegleitern/-innen, Maximalkraftmessungen bei rund 500 Flugbegleitern/-innen unter standardisierten Bedingungen, Flugbeobachtungen auf Kurz- und Mittelstreckenflügen, Befragungen zur subjektiven Belastungseinschätzung, ergonomisch-biomechanische Belastungsanalysen beim



Schieben und Ziehen von Trolleys unter im Labor nachgestellten Kabinenbedingungen und die Bestimmung der dabei aufgetretenen Lendenwirbelsäulenbelastung.

Im Rahmen von zehn Kurz- und Mittelstreckenflügen wurden die Serviceabläufe und die wesentlichen Flugparameter (Dauer, Fluglage, -höhe) protokolliert. Insgesamt konnten über 500 Trolley-Bewegungen von 15 Flugbegleiterinnen erfasst werden. Während der zwischen etwa 1 und 4 ¼ h dauernden Flüge waren je Flugbegleiterin zwischen 32 und 82 Trolley-Bewegungen im Gang durchzuführen. Bezogen auf die Servicezeit an Bord wurde durchschnittlich alle 40 bis 120 s ein Trolley bewegt. Auf den kürzeren Flugstrecken traten dabei naturgemäß die kürzeren Tätigkeitsintervalle auf.

Zu Beginn der Servicevorbereitung („crew signs off“) hatte der Kabinenboden einen Neigungswinkel von ca. 2° bis 6°. Zu Beginn der Servicetätigkeiten im Gang betrug der Neigungswinkel maximal 4°. Spätestens 10 Minuten nach dem „Crew-signs-off-Signal“ war die endgültige Fluglage zwischen 0° und 2° erreicht. Bei zwei der zehn Flüge dauerten die Servicetätigkeiten mit Trolleys im Gang bis in die Sinkphase hinein. Die Neigung des Kabinenbodens betrug hierbei rund -2° (der negative Wert kennzeichnet eine negative Längsneigung des Flugzeugs: „Bug nach unten“).

Bei der Befragung zur subjektiven Belastungseinschätzung wurden die Angaben von 114 Flugbegleitern/-innen (88 Frauen und 26 Männer) ausgewertet. Tendenziell stufen die Frauen die körperliche Belastung beim Umgang mit den Trolleys höher ein als die Männer. Für den Steigflug wurden die höchsten Belastungswerte angegeben – gefolgt von Sink- und Reiseflugphase. In diesem Zusammenhang bewerteten die Frauen den Getränke-Trolley während des Steigflugs als signifikant belastender im Vergleich zum Essens-Trolley. In den anderen Flugphasen und bei den Männern konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Trolley-Typen festgestellt werden.

Als Belastungsschwerpunkt beim Hantieren mit Trolleys wurde von Frauen und Männern der Rücken am häufigsten genannt. Die unteren und oberen Extremitäten wurden dagegen wesentlich seltener genannt.



Um für das Kollektiv des Flugbegleitpersonals spezifische empfohlene Belastungsgrenzen ableiten zu können, wurde es hinsichtlich seiner Charakteristika näher analysiert. Bei der Frage nach dem subjektiven Beschwerdeempfinden berichteten ca. 30 % der Befragten über Beschwerden im Rücken sowie 33 % über Beschwerden im Nacken-Schulter-Bereich.

Aus den oben erwähnten biometrischen Daten der Flugbegleiter/-innen wird ersichtlich, dass die Altersgruppe der 25- bis 40-jährigen den weitaus größten Anteil am Gesamtkollektiv stellt. Rund 80 % des Kollektivs sind weiblichen, nur rund 20 % männlichen Geschlechts. Körperhöhe und Körpergewicht sind linkssteil verteilt. Vermutlich wegen des geringen Anteils der Über-40-jährigen und des männlichen Anteils liegt die mittlere Körperhöhe mit ca. 170 cm deutlich über den Durchschnittswerten nach DIN 33402 für Frauen (1 619 mm) und nur leicht unter denen der Männer (1 733 mm). Nach DIN EN ISO 7250 und BAuA [1] entspricht sie nahezu dem geschlechtsneutralen europäischen 50. Körperhöhenperzentil (1719 mm).

Zur Bestimmung der körperlichen Leistungsfähigkeit wurden an ca. 510 Probanden (ca. 420 Frauen und ca. 90 Männer) Maximalkraftmessungen durchgeführt. Maximale Druckkräfte auf Trolley-Griffhöhe (103 cm) und 78 % Körperhöhe aufrecht (bzw. ca. 80 % Schulterhöhe mit Körpervorneigung) waren ebenso wie die gemessenen Armkräfte stets linkssteil verteilt, was auf Trainingseffekte schließen lässt. Die Auftretenshäufigkeit des Beinkraftniveaus ähnelte eher einer Normalverteilung.

Da das Probandenkollektiv hinsichtlich der Verteilung von Alter und Geschlecht von den bei zwei Airlines erhobenen biometrischen Datenverteilungen ( $n \approx 2\,300$ ) abwich, wurden für die gemessenen vier Maximalkraftfälle für beide Airlines synthetische Kraftverläufe ermittelt, die sich als nahezu identisch darstellten und nur im Bereich höherer Kraftperzentile leichte Unterschiede aufwiesen.

Ein Vergleich der Druckkräfte auf 78 % Körperhöhe mit korrespondierenden Normwerten (DIN 33411-5, Tabelle 9) zeigt, dass das Kollektiv „Flugbegleitpersonal“ zwar deutlich geringere Leistungsfähigkeit aufweist als Kollektive von rein männlichen Frachtarbeitern oder rein männlichen gewerblich Beschäftigten, im Vergleich zu den



weiblichen gewerblich Beschäftigten ergibt sich jedoch – vermutlich auch bedingt durch den 20-prozentigen Männeranteil – eine erhöhte körperliche Leistungsfähigkeit.

Empfohlene Belastungsgrenzen für das Ziehen und Schieben von Trolleys werden auf der Basis klassischer deutscher Grenzkraftverfahren (Siemens und abgeleitete Derivate), anerkannter internationaler Verfahren und Datenquellen sowie ergonomischer Risikoanalysen zur Bewertung körperlicher Arbeit im Rückgriff auf einschlägige CEN- und ISO-Normen ermittelt. Letztere bauen in ihrem Berechnungsgang auf dem 15. Kraftperzentil der zu analysierenden Grundgesamtheit auf. Aus den an den Probanden ermittelten Druckkräften auf Trolley-Griffhöhe wurden 215 N als das 15. Kraftperzentil der Grundgesamtheit „Flugbegleitpersonal“ berechnet. Für das Ziehen von Trolleys wurde die maximale Zugkraft nach DIN 33411-5 Tabelle 9 (10. und 15. Kraftperzentil) mit 85 % der maximalen Schubkraft (185 N) abgeschätzt. Modellrechnungen nach DIN EN 1005-3 empfehlen – abhängig von der Betätigungshäufigkeit – Belastungsgrenzen für das Ziehen von Trolleys zwischen 80 und 110 N bzw. 90 und 130 N für das Schieben.

Diese Annahmen sind sehr konservativ, da sie 85 % der Grundgesamtheit des Flugbegleitpersonals schützen und für die Trolley-Handhabungen einen statischen Krafftall unterstellen. In der Realität ist die Kraftausübung stets dynamisch und wird zusätzlich von körperrbewegungsinduzierten Massenkräften unterstützt. Deshalb werden für die nachfolgende Übersicht nur die oberen Werte der empfohlenen Belastungsgrenzen herangezogen.

Zusätzlich sind auch die bei den durchgeführten Modellrechnungen nach DIN EN 1005-3 gewählten Randbedingungen sehr restriktiv:

- Das Gewicht der Trolley-Zuladung verringert sich mit fortschreitendem Service nicht.
- Der Neigungswinkel bleibt – insbesondere während der höher belastenden Servicephase zu Flugbeginn – konstant und verringert sich nicht.



- ❑ Der komplette Service findet während einer zusammenhängenden zweistündigen Phase statt (und nicht in vier Phasen über eine Schicht verteilt).
- ❑ Die Anzahl der Zieh- und Schiebevorgänge beträgt max. 320 Kraftausübungen pro Schicht.

Im Rahmen der biomechanischen Laborstudie wurden 25 Flugbegleiter/-innen (22 Frauen und 3 Männer) beim Ziehen und Schieben eines Fullsize- und eines Halfsize-Trolleys unter 48 verschiedenen Belastungssituationen untersucht. Bei allen Versuchspersonen wurden ebenfalls die zuvor beschriebenen anthropometrischen Daten erhoben und Maximalkraftmessungen durchgeführt. Die Aktionskräfte der Hände beim Ziehen und Schieben wurden am Trolley mit piezoelektrischen Kraftaufnehmern dreidimensional gemessen. Synchron dazu wurden die Haltungen und Bewegungen des Muskel-Skelett-Systems dreidimensional mit dem CUELA-System aufgezeichnet.

Die maximalen Aktionskräfte beim Schieben oder Ziehen des Fullsize-Trolleys bei 0° Steigung reichten beladungsabhängig von 70 bis 150 N. Bei 8° Steigung wurden Handhabungskräfte zwischen 130 und 270 N registriert, was mit dem vollbeladenen Trolley in mehreren Fällen eine Überforderung für die Frauen darstellte. Mit dem Halfsize-Trolley traten beim Schieben in der Ebene beladungsabhängig maximale Aktionskräfte zwischen 75 und 115 N auf. Bei 8° Steigung führte der Halfsize-Trolley beladungsabhängig zu Schiebekräften im Maximum zwischen 110 und 170 N.

Die Ziehkräfte beim Halfsize-Trolley unterlagen großen Schwankungen in Abhängigkeit von der Greifhöhe und der Bewegungstechnik. Im Mittel betrug die maximale Ziehkraft in der Ebene beladungsabhängig zwischen 110 und 160 N. In Einzelfällen wurden aber auch Spitzenwerte von bis zu 250 N erreicht. Bei 8° Steigung gestaltete sich das Ziehen des Halfsize-Trolleys aufgrund seiner geringen Kippstabilität als besonders schwierig. Fünf der untersuchten Flugbegleiterinnen konnten in einigen Fällen die erforderlichen Kräfte zum zweckdienlichen Bewegen des Trolleys nicht aufbringen. Hierbei ist zu beachten, dass der Betrag der Ziehkraft alleine nicht ausschlaggebend ist, sondern ein sehr gut koordinierter Krafteinsatz in eine bestimmte Richtung er-



forderlich ist, damit der Trolley anrollt und nicht kippt. Die Kräfte variierten im Mittel zwischen 145 und 250 N.

Beim Schieben des Fullsize-Trolleys wirkten die Aktionskräfte weitgehend in Schieberichtung ( $\pm 20^\circ$  Abweichung). Dagegen war beim Schieben des Halfsize-Trolleys ein deutliches Aufstützen der Hände – offensichtlich zur Vermeidung des Kippens – feststellbar, indem die Aktionskräfte mit einem Winkel von bis zu  $50^\circ$  zur Horizontalen nach unten gerichtet waren. Beim Ziehen des Halfsize-Trolleys war dagegen ein ausgeprägtes „Anheben“ zu beobachten. Beim leeren Trolley war die Ziehkraft durchschnittlich etwa  $70^\circ$  zur Horizontalen nach oben gerichtet, d. h. es wurden nur rund 30 % des gesamten Krafteinsatzes für den Vortrieb des Trolleys genutzt. Bei den Frauen wurden insbesondere beim Ziehen des Halfsize-Trolleys relativ hohe Handhabungskräfte ermittelt, die zwischen 70 % und 100 % der unter statischen Bedingungen gemessenen Maximalkräfte entsprachen.

Die Bewegungsanalyse mit dem CUELA-System ergab für die Körperhaltungen ein belastungs- und tätigkeitsabhängiges Verhalten. Beim Schieben konnte tendenziell mit zunehmender Schwere der Arbeitsaufgabe eine verstärkte Vorlage des Körpers festgestellt werden. Die Rumpfvorneigung im Bereich der Lendenwirbelsäule erreichte hierbei gelegentlich Werte von über  $30^\circ$ . Im Bereich der Brustwirbelsäule wurde eine entsprechende Tendenz beobachtet, sodass die Rückenkrümmung beim Schieben meist unter  $20^\circ$  blieb. Beim Ziehen ergab sich tendenziell eine verstärkte Körperrückneigung entsprechend der Bodenneigung bzw. der Schwere der Arbeitsbedingungen. Daraus ergab sich insbesondere für die Frauen beim Ziehen des Halfsize-Trolleys eine verstärkte Rückenkrümmung von über  $30^\circ$  nach vorne für das 75. Perzentil der Winkelverteilung ab  $2^\circ$  Steigung, die aus ergonomischer und biomechanischer Sicht kritisch zu bewerten ist. Die unteren und oberen Extremitäten zeigten ebenfalls ein belastungsabhängiges Bewegungsverhalten, das allerdings weitgehend als unkritisch einzustufen ist. Nur am Ellbogengelenk konnte bei den Frauen unter schweren Bedingungen (ab  $5^\circ$  Steigung mit mittlerer Beladung) beim Schieben ein extremes Beugen über  $120^\circ$  Gelenkbeugung bzw. beim Ziehen ein extremes Strecken festgestellt werden, was jeweils auf eine nicht mehr akzeptable Belastungssituation hindeutet.



Das Schuhwerk der Flugbegleiter/-innen wurde als wesentlicher exogener Einflussfaktor beim Hantieren mit den Trolleys identifiziert. Bei fünf der untersuchten Flugbegleiterinnen waren die Schuhe offensichtlich leistungslimitierend. Die Personen, die Schuhe mit glatten Sohlen trugen, erreichten maximale Aktionskräfte, die gegenüber dem Gruppenmittelwert um bis zu 50 % reduziert waren, was regelmäßig zum Misslingen des Versuchs führte. Auch erwiesen sich höhere Absätze (ab ca. 4 cm) insbesondere beim Ziehen aus ergonomischer Sicht als ungünstig. Hier sollten gezielte Vereinbarungen mit den Flugbegleitern/-innen getroffen werden, um die Schuhwerk-Problematisierung zu beseitigen.

Ein einfacher Zusammenhang zwischen Körperhaltung und aufgetretener Belastung am Muskel-Skelett-System konnte beim Bewegen von Trolleys mit statistischen Verfahren nicht gefunden werden. Die äußeren physikalischen Randbedingungen der Versuchsumgebung dominierten den Einfluss auf die Belastung. Dennoch können aus den Ergebnissen Empfehlungen für das ergonomische Hantieren mit Trolleys abgeleitet werden. Beim Schieben sollte ein dosiertes Lehnen des gesamten Körpers gegen den Trolley ausreichen, um ihn in Bewegung zu setzen. Die Arme sollten hierbei gebeugt – nicht über  $120^\circ$  – werden, damit der Trolley nahe am Körper geführt werden kann. Der Rücken sollte möglichst gerade gehalten werden. Ein Ziehen kann aus ergonomischer Sicht nur insoweit empfohlen werden, dass sich der Trolley mit fast aufrechter Körperhaltung und geradem Rücken bewegen lassen muss. Hierbei sollte die Kraftwirkung in Bewegungsrichtung klar überwiegen und Kräfte in vertikaler Richtung („Anheben des Trolleys“) eher vermieden werden.

Für die quantitative Beschreibung der Belastung der Lendenwirbelsäule beim Ziehen und Schieben von Trolleys wurden biomechanische Modellrechnungen mithilfe des Werkzeugs „Der Dortmund“ durchgeführt. Auf Grundlage der im BIA erfolgten Messungen zu Körperhaltungen und Aktionskräften wurden mit diesen Modellrechnungen, bei denen die Regeln und Gesetze der Mechanik auf das Skelett- und Bewegungssystem des menschlichen Körpers angewendet werden, mehrere Kenngrößen der mechanischen Belastung der Lendenwirbelsäule – Kräfte, Momente und



deren Komponenten an der untersten Bandscheibe (L5-S1) – für das Bewegen von Trolleys unter den verschiedenen Laborbedingungen bestimmt.

Dieser erstmals für routinemäßige Untersuchungen gewählte Ansatz erforderte eine Reihe von technischen Abstimmungen, Interaktionen und Softwareentwicklungen, da die im BIA erhobenen Daten zur Körperhaltung und zu Aktionskräften sowohl bezüglich der Modellstrukturierung und erfassten Kenngrößen als auch hinsichtlich der Koordinatendefinitionen und Formatierung für die angestrebte Nutzung als Eingabedaten für die im IfADo durchgeführten lumbal-biomechanischen Analysen anzupassen waren. Nach Auswertung ausgewählter vollständiger Bewegungsvorgänge zur Identifizierung wesentlicher Merkmale in den Zeitverläufen wurde für jeweils eine typische Belastungssituation während der Schiebe- oder Ziehphase für annähernd 500 der 1 200 Konstellationen (25 Flugbegleiter/-innen, zwei Handhabungsarten, zwei Trolley-Typen, drei Beladungsgewichte, vier Neigungswinkel) die Kräfte und Momente an L5-S1 berechnet.

Die Auswertung der Druckkraft und des Sagittalmomentes an L5-S1 beim Schieben zeigt, dass die Belastung der Lendenwirbelsäule mit Zunahme des Trolley-Gewichtes und Zunahme der Bodenneigung steigt. Dabei ist der Einfluss des Trolley-Gewichtes mit zunehmender Bodenneigung deutlicher ausgeprägt. Zwischen Fullsize- und Halfsize-Trolley wird ein deutlicher Unterschied dahingehend erkennbar, dass die Werte bezüglich des Fullsize- höher sind als die ähnlich schwerer Halfsize-Trolleys. Bezüglich der lumbo-sakralen Druckkraft und des Sagittalmomentes beim Ziehen von Trolleys lassen sich folgende Ergebnisse ableiten: Sowohl beim Fullsize- als auch beim Halfsize-Trolley lässt sich ein eindeutiger allgemein gültiger Einfluss der Bodenneigung nicht nachweisen. Im Gegensatz zum Schieben liegen die Werte für den Halfsize- beim Ziehen deutlich über denen des Fullsize-Trolleys. Begründet ist dieses letztlich durch die mangelnde Kippstabilität der kleinen Trolleys, die aufgrund der kleinen Grundfläche und dem hohen Schwerpunkt zum Kippen neigen und daher von den Flugbegleitern/-innen zusätzliche Kräfte nach oben – eine Art „partielles Heben des Trolleys“ – aufgebracht werden (müssen).





Auf Grundlage der in Abschnitt 4.9.2 angeführten Empfehlungen für maximal an Trolleys auszuübende Aktionskräfte sind häufigkeitsabhängige und häufigkeitsunabhängige Kraftausübungsfälle zu unterscheiden.

Überschreitet die für das Ziehen oder Schieben von Trolleys erforderliche Aktionskraft den Maximalkraftwert des 15. Perzentils des Flugbegleitpersonals (215 N für Schieben; 185 N für Ziehen), so ist dies in jedem Fall – unabhängig von der Betätigungshäufigkeit – als kritisch (dunkelgrau) anzusehen, sodass Maßnahmen dringend empfohlen werden.

In Abhängigkeit von der Häufigkeit der Kraftausübungen reduziert sich die als maximal zu akzeptierende Aktionskraft. Die Ableitung von häufigkeitsabhängigen fallweise kritischen (hellgrau) und akzeptablen Wertebereichen (weiß) geschieht unter Berücksichtigung der in Kapitel 4 durchgeführten Modellrechnungen.

Damit ergeben sich für Lang- und Kurzstrecken die in den Abbildungen 7-1 und 7-2 zusammengestellten Empfehlungen.



Abbildung 7-1:  
Empfehlungen zur Bewertung der Trolley-Handhabung bei  
Langstreckenflügen aus Sicht der körperlichen Leistungsfähigkeit

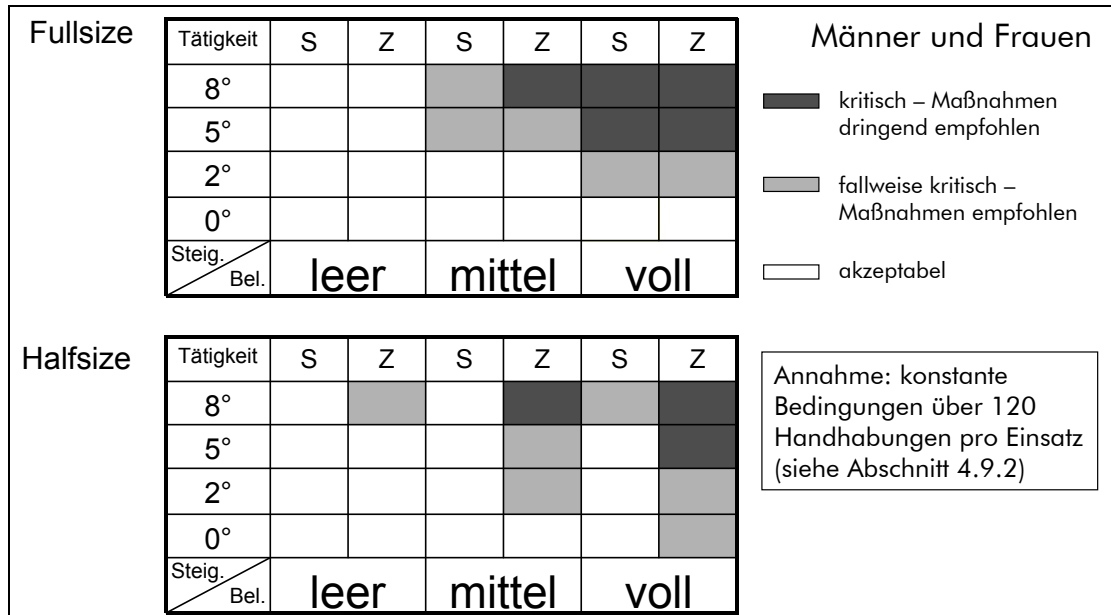
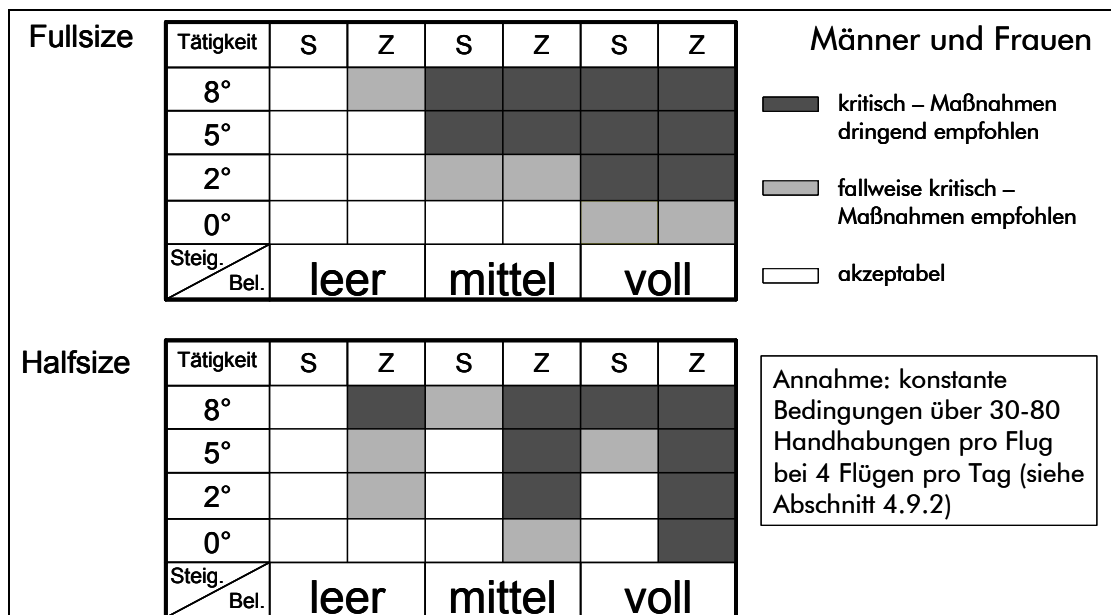


Abbildung 7-2:  
Empfehlungen zur Bewertung der Trolley-Handhabung bei  
Kurzstreckenflügen aus Sicht der körperlichen Leistungsfähigkeit





Auf Grundlage der in Abschnitt 6.5.3. erläuterten Vorgehensweise zur Zusammenfassung der lumbal-biomechanischen, auf vier Kriterien beruhenden „Einzelbeurteilungen“ der verschiedenen Trolley-Handhabungen zu einer „zusammenfassenden Beurteilung“ mithilfe von Richtwerten der Literatur wurde die Übersichtsdarstellung in Abbildung 7-3 abgeleitet. Während in Kapitel 6 die Beurteilung der Tätigkeiten hinsichtlich der resultierenden Wirbelsäulenbelastung im Vordergrund stand, werden an dieser Stelle tätigkeitsspezifische Empfehlungen dargestellt. Dementsprechend wurde die Kategorisierung wie folgt umformuliert: In Abschnitt 6.5.3. wurde einer Tätigkeit die Farbe „weiß“ zugeordnet, wenn für die Gruppe der Flugbegleiter/-innen eine Überlastung der Lendenwirbelsäule als unwahrscheinlich angesehen wurde, während jene „weiß“ eingestufte Tätigkeit hier in Kapitel 7 als „akzeptabel“ bezeichnet wird. Analog dazu wird hier eine Tätigkeit als „kritisch“ („dunkelgrau“) angesehen, bei denen Maßnahmen dringend empfohlen werden, da – wie in Abschnitt 6.5.3. beschrieben – eine lumbal-biomechanische Überlastung der Lendenwirbelsäule für die Flugbegleiter/-innen als wahrscheinlich eingestuft wurde. Die Modifikation der Bezeichnung „hellgrau“ wurde korrespondierend gewählt.

Abbildung 7-3:  
Zusammenfassende lumbal-biomechanische Beurteilung der Trolley-Zieh- und Schiebetätigkeiten (abgeleitet aus Abbildung 6-45)

Fullsize	Tätigkeit	S	Z	S	Z	S	Z	Männer und Frauen
	8°							

Halfsize	Tätigkeit	S	Z	S	Z	S	Z
	8°						
5°							
2°							
0°							
Steig. Bel.		leer		mittel		voll	



Somit ergeben sich folgende tätigkeitsspezifische Beurteilungen:

- Beim Schieben des FST mit 90 kg über eine Bodenneigung von 8° und beim Ziehen des HST mit Beladung bei allen Bodenneigungen ist mit einer Überlastung der LWS zu rechnen, sodass die entsprechenden Tätigkeiten als kritisch anzusehen sind, bei denen Maßnahmen der Gestaltung dringend empfohlen werden.
- Beim Schieben des FST mit 90 kg über eine Bodenneigung von 5° und 65 kg über eine Bodenneigung von 8° sowie beim Ziehen des unbeladenen HST ist eine Überlastung zumindest fallweise zu unterstellen und häufiger als nur in Einzelfällen anzunehmen; daher werden diese Tätigkeiten je nach individueller Ausführung und persönlichen Eigenschaften als fallweise kritisch eingestuft und ggf. Maßnahmen empfohlen.

Abgesehen von den genannten Konfigurationen (d. h. Kombinationen aus Handhabungsart, Trolley-Typ, -Gewicht und Neigungswinkel) wird das Bewegen der Trolleys im Bereich der vorliegenden Untersuchungsbedingungen (0° ... 8°, 30 kg ... 90 kg) hinsichtlich der resultierenden Belastung der Lendenwirbelsäule als nicht bedenklich, d. h. für die untersuchten Flugbegleiter/-innen als akzeptabel angesehen.

In der Zusammenfassung beider Empfehlungen – zu maximal auszuübenden Aktionskräften an Trolleys und zur maximalen Belastung der Lendenwirbelsäule – ergeben sich die in den Abbildungen 7-4 und 7-5 dargestellten Bewertungen.



Abbildung 7-4:  
Zusammenfassende Empfehlungen zur Beurteilung der Trolley-Handhabung aus Sicht der körperlichen Leistungsfähigkeit und der Lendenwirbelsäulenbelastung bei Langstreckenflügen

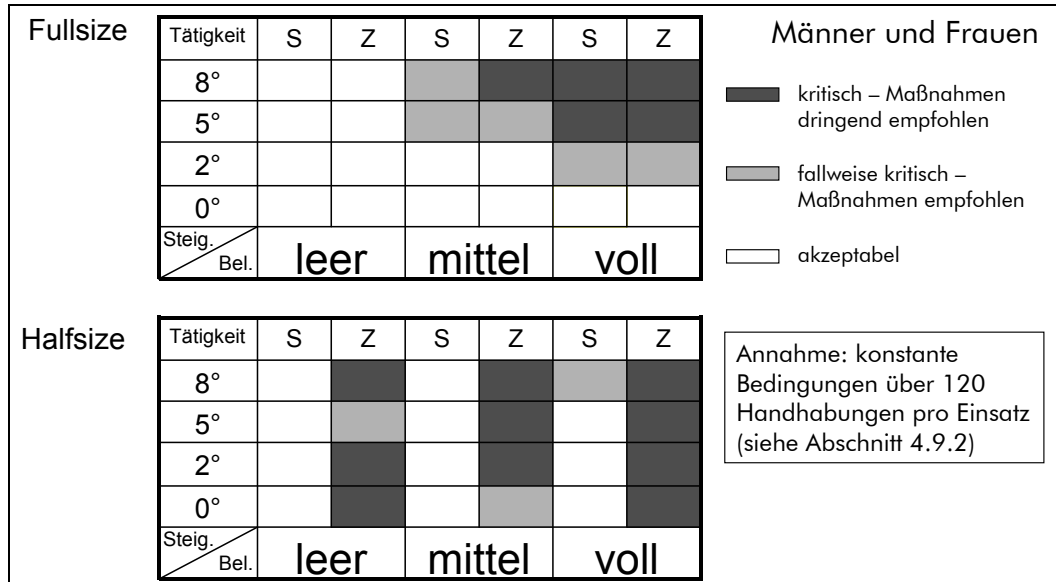
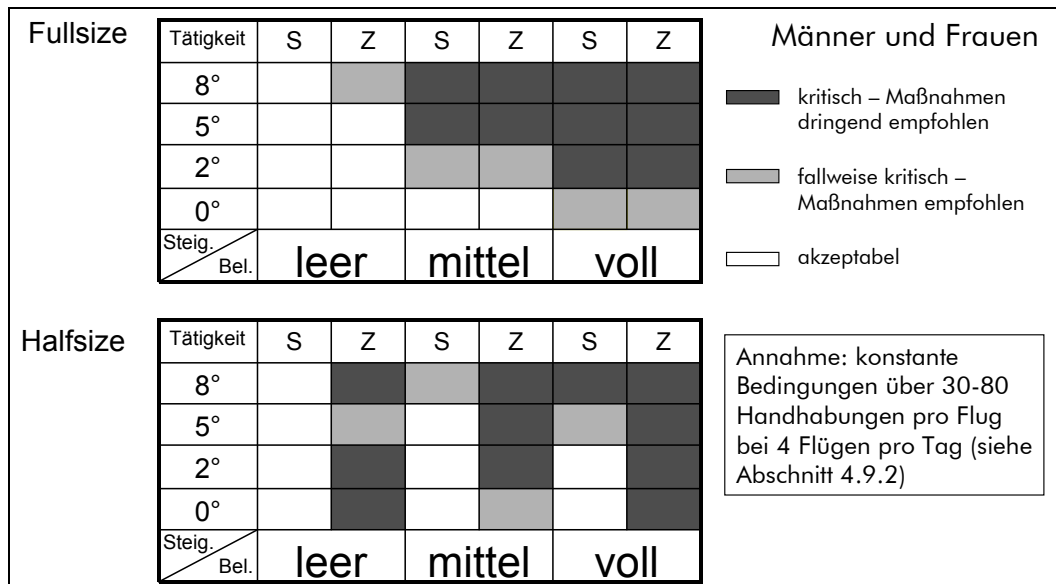


Abbildung 7-5:  
Zusammenfassende Empfehlungen zur Beurteilung der Trolley-Handhabung aus Sicht der körperlichen Leistungsfähigkeit und der Lendenwirbelsäulenbelastung bei Kurzstreckenflügen





Hinsichtlich der körperlichen Leistungsfähigkeit sind einige der untersuchten Trolley-Manipulationen als risikobehaftet einzustufen. Dies gilt insbesondere für das Handhaben des 90-kg-Fullsize-Trolleys sowie für das Ziehen der Halfsize-Trolleys. Da die zur körperlichen Leistungsfähigkeit durchgeführten Risikoanalysen nur das Ziehen und Schieben von Trolleys im Gang berücksichtigen, sollten auch die Fälle, bei denen eine körperliche Überlastung als unwahrscheinlich angesehen wurde, nicht per se als „sicher“ gelten. Auch andere Tätigkeiten, wie z. B. das Austeilen und Einsammeln der Tablett, können selbst schon grenzwertige Belastungssituationen ergeben und beanspruchen z. T. gleiche Muskelgruppen wie das Ziehen und Schieben der Trolleys [2].

Da für das Ziehen und Schieben der Trolleys sehr hohe Aktionskräfte erforderlich sind, sollte über konstruktive Maßnahmen zur Verbesserung der Rollfähigkeit der Trolleys nachgedacht werden. Unabhängig davon können organisatorische Maßnahmen gesundheitliche Gefährdungspotenziale mildern wie z. B. das Manipulieren von Trolleys durch zwei Flugbegleiter/-innen in als überlastungsrelevant gekennzeichneten Situationen.

Bedingt durch Geometrie und Massenverteilung der Halfsize-Trolleys besteht bei deren Handhabung eine hohe Kippgefahr. Deshalb wird empfohlen, auf den Einsatz dieses Trolley-Typs in dem gegenwärtigen Gestaltungszustand zu verzichten bzw. dessen Handhabung zukünftig zu verbessern.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die aus dieser Studie gewonnenen Erkenntnisse den erheblichen Aufwand hinsichtlich Umfang und Komplexität der Untersuchung rechtfertigen. Die spezifischen körperlichen Voraussetzungen des Kollektivs des Flugbegleitpersonals waren bislang nur unzureichend bekannt – bzw. basierten allenfalls auf Mutmaßungen und sind nur sehr eingeschränkt mit anderen Berufsgruppen vergleichbar. Das Bewegen von Trolleys in Flugzeugen ist sehr speziellen Randbedingungen unterworfen und führt insgesamt zu relativ hohen Muskel-Skelett-Belastungen des Flugbegleitpersonals, die bei ergonomisch günstiger Handhabung zwar begrenzt aber nicht vermieden werden können. Erst durch den Einsatz dreidimensionaler Messverfahren in der Kinemetrie und der Dynamometrie konnten die



Belastungssituationen adäquat erfasst werden. In Verbindung mit den biomechanischen Modellrechnungen lassen sich erst dann quantitative Bewertungen der Lendenwirbelsäulenbelastung durchführen.

Die Studie zeigt damit in exemplarischer Weise das Vorgehen für eine differenzierte Analyse und Bewertung der Muskel-Skelett-Belastungen unter praxisnahen Arbeitsbedingungen. Die Erkenntnisse betreffen in erster Linie das Ziehen und Schieben von Trolleys in Flugzeugen, aber auch für Zieh- und Schiebevorgänge in anderen Umfeldern können Parallelen gezogen werden. Der vorhandene Datenbestand lässt darüber hinaus eine Vielzahl weiterführender Recherchen zu und kann somit als wertvolles Fundament für weitere Studien dienen. Technische und organisatorische Maßnahmen zur Verbesserung des Arbeitsplatzes in der Kabine erscheinen notwendig und können mit dieser Datengrundlage ausreichend begründet werden.

Die Studienergebnisse und daraus abgeleitete Folgerungen gelten für das Kollektiv der Flugbegleiter; die Bewertung einer individuellen Belastung ist nicht vorgesehen.

Für folgende ausgewählte Handlungsfelder werden Maßnahmen zur Verringerung der Muskel-Skelett-Belastung empfohlen:

**Arbeitsorganisation** – Berücksichtigung ergonomischer Aspekte bei den Arbeitsabläufen, wie z. B.

- Ziehen durch eine Person möglichst vermeiden,
- schwere Trolleys nach Möglichkeit zu zweit bewegen und
- die Neigung des Flugzeugs beim Bewegen des Trolleys ausnutzen;

**Flugbegleiter** – Sensibilisierung für ergonomisch vorteilhaftes Verhalten, wie z. B.

- belastungsarmes Schieben/Ziehen,
- Schulung/Training von ergonomisch vorteilhaftem Verhalten,



- Steigerung/Erhalt der körperlichen Leistungsfähigkeit (Eigenverantwortlichkeit)  
z. B. durch ein spezifisches Fitness-Training und
- zweckmäßiges Schuhwerk;

**Arbeitsmittel** – Trolley-Technologie. z. B.

- Griffgestaltung (z. B. stabile Ausziehtablets),
- Kippstabilität des Halfsize-Trolleys erhöhen,
- Reduktion des Kraftaufwandes (Rollenlager, Wartung, Rollentechnik, Trolleys mit eigenem Antrieb) und
- Verbesserung der Manövrierbarkeit.

## 7.1 Literatur

[1] *Jürgens, H.W.; Matzdorff, I.; Windberg, J.:* Internationale anthropometrische Daten als Voraussetzung für die Gestaltung von Arbeitsplätzen und Maschinen. In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse Nr. 108. Forschungsergebnisse für die Praxis. Internationale anthropometrische Daten. Dortmund 1998

[2] *Rohmert, W.; Schaub, Kh.; Wakula, J.:* Belastung und Beanspruchung von Serviertätigkeiten bei Flugbegleitern. Interner Abschlussbericht für die Deutsche Luft-hansa. Darmstadt 1995