

Analyse der spezifischen Bewegung von normal- und übergewichtigen Personen bei der (Be)Nutzung von Sitzmöbeln

Max BERNHAGEN¹, Maja NEUBERT¹, Norman HOFMANN², Frank DITTRICH¹,
Linda GEISLER³, Angelika C. BULLINGER¹

¹ *Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement
Technische Universität Chemnitz*

Erfenschlager Straße 73, 09125 Chemnitz

² *Institut für Mechatronik, Reichenhainer Str. 88, 09126 Chemnitz*

³ *Institut für Holztechnologie Dresden, Zellescher Weg 24, 01217 Dresden*

Kurzfassung: Aktuelle Prüf- und Bewertungsverfahren für Sitzmöbel orientieren sich an der Nutzung durch Personen mit einem Körpergewicht von bis zu 110 kg. Gesicherte Erkenntnisse über die Nutzung von Sitzmöbeln durch schwergewichtige Personen (110 bis 250 kg) existieren nicht. Aus diesem Grund wurde zur methodischen Vorbereitung einer Normierung eine Laborstudie zum Bewegungsverhalten von schwergewichtigen Probanden durchgeführt. Das Bewegungsverhalten wurde mittels eines Motion Capture-Systems erfasst und durch die Übertragung auf ein digitales Menschmodell ausgewertet. Zusätzlich wurden die Körpermaße der Probanden durch einen 3D-Scan und einer Bioelektrischen Impedanzanalyse gemessen und die Sitzgewohnheiten mittels Fragebogen ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich insbesondere der Einsatz der Armlehnen beim Hinsetzen und Aufstehen zwischen normal- und übergewichtigen Personen unterscheidet. Zudem werden bei der Benutzung der Rückenlehne und dem Schwungholen vor dem Aufstehen Unterschiede zwischen beiden Gruppen deutlich. Dies wird durch die Ergebnisse des Fragebogens widerspiegelt.

Schlüsselwörter: Bewegungsanalyse, Motion Capture, Ergonomie, Sitzverhalten

1. Einleitung

Menschen, die ein Körpergewicht von über 110 kg aufweisen, können aktuell keine Sitzmöbel kaufen, bei denen eine sichere Benutzung gewährleistet ist. Es gibt kein validiertes Prüfverfahren sowie keine Anforderungswerte und somit keine Richtlinien für die Konstruktion und sicherheitstechnische Bewertung von entsprechenden Produkten. Die Bewertung der Sicherheit von Sitzmöbeln nach den Anforderungen des Produktsicherheitsgesetzes beruht auf der Anwendung europäischer bzw. nationaler Normen. Diese Dokumente legen Prüf- und Bewertungsverfahren fest, die sich an der Nutzung von Sitzmöbeln durch Personen bis 110 kg Körpergewicht orientieren. Sichere Erkenntnisse über den Gebrauch von Sitzmöbeln durch schwergewichtige Personen (110 bis 250 kg) existieren nicht.

Übergewicht ist in Deutschland stark verbreitet (Mensink et al., 2013). 53 Prozent der weiblichen sowie 67 Prozent der männlichen Bevölkerung sind übergewichtig

(Body-Mass-Index (BMI) ≥ 25 kg/m²). Dabei sind 24 Prozent der Frauen und 23 Prozent der Männer als adipös einzustufen (BMI ≥ 30 kg/m²). Die veränderte Körperform der Schwergewichtigen und das ungünstige Verhältnis von Körperkraft zu -masse bedingen eine Anpassung des Bewegungsverhaltens schwergewichtiger Menschen im Vergleich zu Normalgewichtigen (Del Porto et al., 2012). Zu den hauptsächlichen Bewegungsarten einer Person bei der Benutzung eines Sitzmöbels zählen das Hinsetzen, Aufstehen, Positionieren mit und Positionieren auf dem Möbel. Es ist jedoch bislang nicht hinreichend untersucht, wie die Grundbewegungen bei der Benutzung von Sitzmöbeln von den Parametern Körperform, -masse und -kraft abhängen und welchen Einfluss dies auf die mechanische Belastung am Möbel hat. In einem Versuch soll daher ermittelt werden, wie sich das Bewegungsverhalten der Schwergewichtigen im Vergleich zu Normalgewichtigen und in Bezug auf ihre Körperdimensionen bei der Benutzung eines Sitzmöbels verändert. Die Werte der Probanden mit einem BMI unter 30 kg/m² sollen den Daten der Gruppe mit einem höheren BMI gegenübergestellt werden.

2. Methode

Zur Untersuchung möglicher Veränderungen des Sitzverhaltens adipöser Personen wurde ein Between Subject-Versuchsdesign gewählt. Dabei wurden Probanden in die Kategorien Kontrollgruppe (normalgewichtig) sowie Adipöse eingeteilt, wobei ab dem internationalen Richtwert des BMI von 30 kg/m² Probanden der Gruppe Adipöse zugeteilt wurden (World Health Organization, 2000). Um möglichst reichhaltige Informationen zu erlangen, wurden durch ein Mixed Method-Design qualitative und quantitative Daten erhoben.

2.1 Versuchsaufbau

Im Versuch wurden die drei Schwerpunkte Körperdaten-, Bewegungsanalyse und subjektive Bewertung von Sitzmöbeln untersucht. Zur Aufnahme der Körperdaten wurde jeder Proband mittels Bioelektrischer Impedanzanalyse (InBody 770) vermessen und mit dem Microsoft Kinect-Sensor eingescannt, um die 3D-Abmaße zu erhalten. Zusätzlich wurde die Körpergröße händisch ermittelt.

Alle Bewegungen wurden mit einem Motion Capture-System der Firma ART aufgezeichnet. Dazu wurden an den Probanden reflektierende Marker appliziert. Das Spezielle an dem Motion Capture-System ist, dass es keine Einzelmarker verwendet, sondern Targets bzw. Markercluster. Dadurch ergab sich der Vorteil, dass die Probanden die Marker nicht direkt auf der Haut und an speziellen anatomischen Punkten tragen mussten, sondern dass die Targets über der Kleidung getragen werden konnten. Die aufgezeichneten Bewegungen der Marker wurden im Anschluss auf das Menschmodell Dynamicus übertragen. Dabei wurde eine Bewegungsrekonstruktion berechnet, d.h. das Menschmodell wurde zu jedem Zeitpunkt bestmöglich in die Markerwolke eingepasst. Die danach vorliegende digitalisierte Bewegung konnte anhand ergonomischer bzw. biomechanischer Fragesellungen analysiert werden. Für die biomechanische Analyse wurden die Kenngrößen zeitlich normiert, um die differierenden individuellen Techniken der Probanden bei Hinsetz- und Aufstehbewegungen vergleichen zu können. Folgende Kenngrößen flossen unter anderem in die Auswertung ein: die Gelenkwinkel und Gelenkwinkelgeschwindigkeiten der unteren

Extremitäten sowie die Positionen und Geschwindigkeiten der einzelnen Segment-schwerpunkte.

Begleitend zu der Bewegungsanalyse wurde ein Fragebogen eingesetzt. Dieser enthielt Fragen zu folgenden Kategorien:

- Hinsetz-, Aufsteh-, und Sitzverhalten,
- proaktives Einschätzen der Stabilität und Robustheit von neuartigen Sitzmöbeln und
- Bedeutungszuweisung von Stuhlelementen für die subjektive Bewertung der Stabilität.

Zudem schlossen sich offene Fragen bezüglich der idealtypischen Gestaltung von guten Sitzmöbeln an.

2.2 Versuchsdurchführung

Aufgrund möglicher körperlicher Einschränkungen adipöser Menschen sollte der Ablauf so gestaltet sein, dass die körperliche Beanspruchung möglichst gering ist. Im ersten Schritt erfolgte die Aufnahme der Körperdaten. Es schlossen sich das Anziehen der Targets sowie die Kalibrierung des Motion Capture-Systems an. Der erste Versuchsabschnitt bestand aus den Bewegungsabläufen Aufstehen, Hinsetzen sowie mit dem Stuhl nach hinten und nach vorn Verrutschen. Um einen Gewöhnungseffekt (Galli et al., 2000) als Einflusskriterium aufzunehmen, musste der gesamte Bewegungsablauf fünf Mal durchlaufen werden. Zwischen den jeweiligen Versuchen wurde eine Pause von einer Minute eingelegt. Es schloss sich der zweite Versuchsabschnitt an, in welchem die Probanden fünf Mal hintereinander *unter* der Zuhilfenahme der Armlehnen sich hinsetzen und aufstehen mussten. Nach einer erneuten Pause wurden die Personen abschließend gebeten fünf Mal hintereinander *ohne* die Zuhilfenahme der Armlehnen sich hinzusetzen und aufzustehen. In den Pausen und nach dem Versuch konnten die Probanden jeweils den Fragebogen beantworten. Die Abbildung 1 zeigt den Versuchsraum mit dem Motion Capture-System sowie einen Probanden mit angelegten Targets und ein beispielhaftes Abbild des Menschenmodell Dynamicus.

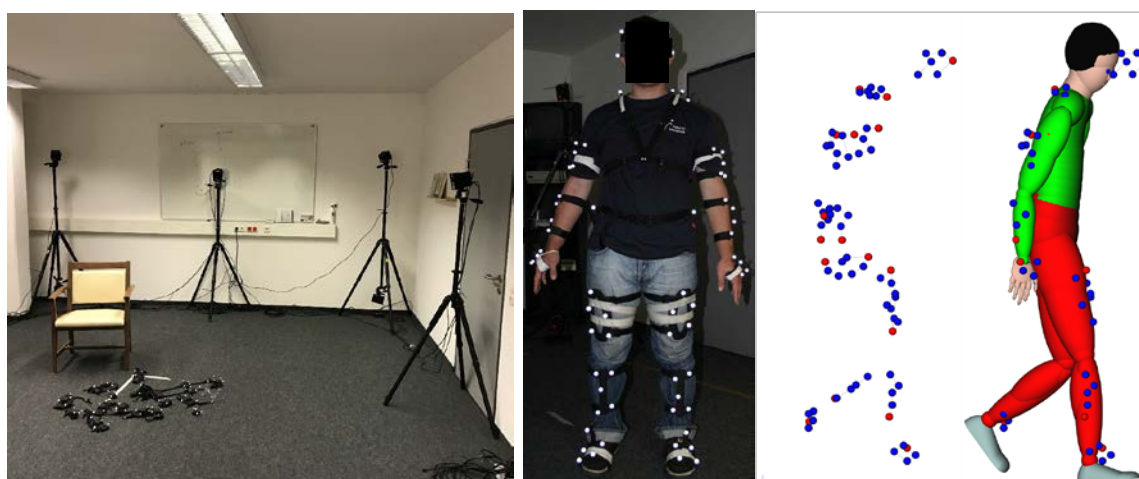


Abbildung 1: li.: Versuchsraum; mi.: Proband mit Markern; re.: eingepasstes Menschenmodell

Als Einflussvariablen der Studie wurden psychische Einflüsse angenommen, welche durch eine angepasste Gestaltung der Versuchsdurchführung berücksichtigt wurden. Insbesondere sollte vermieden werden, dass eine Beobachtungssituation

entsteht, wodurch der Proband in seiner natürlichen Nutzungsweise beeinflusst wird. Daher wurden Versuchsleitereffekte (Kubbe, 2016) reduziert, indem eine umfassende Aufklärung über das Experiment erfolgte. Zudem wurde zur Optimierung der Interaktion von Versuchsleiter und Versuchspersonen eine gründliche Aufklärung über Absichten und Ablauf der Untersuchung gegeben.

Die Probandenakquise erfolgte mittels Probandenaufwurf in der Presse und den Onlinemedien. Als Ausschlusskriterien galten Verletzungen oder Erkrankungen im Bereich der unteren Extremitäten, die das Gangbild beeinträchtigen, häufiger Schwindel, Übelkeit, Unwohlsein sowie Minderjährigkeit.

3. Ergebnisse

Die Versuche wurden im Zeitraum Februar 2017 bis April 2017 jeweils in einem Labor am Institut für Mechatronik in Chemnitz sowie am Institut für Holztechnologie Dresden durchgeführt. Insgesamt nahmen 64 Probanden an den Versuchen teil, wovon neun Personen wegen technischer Probleme oder dem Nichterfüllen der Ausschlusskriterien nicht in die Ergebnisdarstellung eingehen. Von den resultierenden 55 Probanden gaben 18 Personen an, dass sie weiblichen Geschlechts sind und 37 männlichen Geschlechts. Alle weiteren Daten zur Charakterisierung der jeweiligen Probandengruppen (Kontrollgruppe und Adipöse) sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Zudem konnten Ergebnisse durch eine Videografie des ersten Versuchsabschnitts bezüglich des Einsatzes der Armlehnen beim Aufstehen und Hinsetzen sowie der Verwendung der Rückenlehne ermittelt werden.

Tabelle 1: Charakterisierung der Stichprobe sowie Ergebnisse der Videografie (Werte in Prozent)

		BMI [kg/m ²]	Alter [a]	Einsatz Armlehne Aufstehen	Einsatz Armlehne Hinsetzen	Verwendung Rückenlehne
Adipöse (N=30)	M	41,73	49,27	86,00	89,33	72,43
	SD	7,15	14,254	28,36	22,73	42,76
Kontrollgruppe (N=25)	M	24,27	33,24	74,40	68,00	81,16
	SD	2,42	8,46	39,80	40,82	36,83

Beide Gruppen weisen ein unterschiedliches mittleres Alter auf, wobei die Kontrollgruppe wesentlich jünger ist. Der BMI liegt bei der Kontrollgruppe im normalgewichtigen Bereich. Im Gegensatz dazu erreicht der durchschnittliche BMI der Gruppe Adipöse den Wert 41,73 kg/m², welcher der Einstufung als Adipositas Grad III entspricht (World Health Organisation, 2000). Für den Einsatz der Armlehnen zeigt die Gruppe der Adipösen erhöhte Werte im Gegensatz zur Kontrollgruppe. Die Rückenlehne wird dabei seltener genutzt.

Im Rahmen der Auswertung der Motion Capturing-Daten wurde zudem die Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes (COM = Center of Mass) über das Aufstehen und Hinsetzen hinweg sowie die dafür benötigte Zeitdauer berechnet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt.

Die Ergebnisse des Geschwindigkeitsvergleiches des Körperschwerpunktes zeigen, dass über den gesamten Zeitraum des Hinsetzens die Gruppe der Adipösen

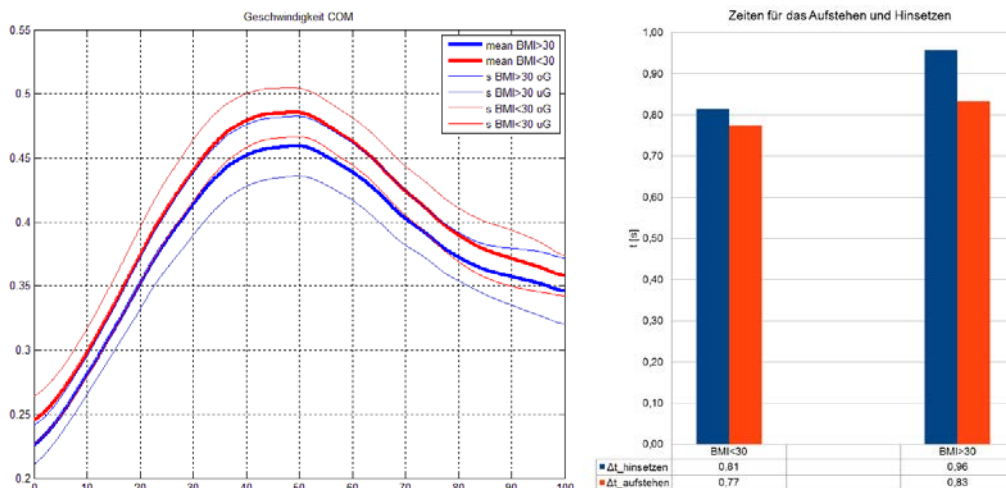


Abbildung 2: li: Gemittelter COM-Geschwindigkeitsverlauf beider Gruppen (in m/s); re: Vergleich der mittleren Zeiten beider Gruppen für die Aufsteh- und Hinsetzbewegung (in s)

(BMI > 30 kg/m²) im Mittel eine geringere Geschwindigkeit hat als die Kontrollgruppe. Entsprechend ist auch in der gesamten Zeitdauer der Hinsetz- sowie Aufsteh-bewegungen abzulesen, dass diese länger ausfällt. Die Resultate der Befragung bezüglich des Hinsetz- und Aufstehvorgangs sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Ergebnisse des Fragebogens zum Sitzverhalten (Werte in Prozent)

	Adipöse			Kontrollgruppe		
	Eins. Armlehne Aufst.	Eins. Armlehne Hins.	Fallen lassen	Eins. Armlehne Aufst.	Eins. Armlehne Hins.	Fallen lassen
M	100,00	100,00	35,10	74,10	81,50	22,22
SD	0,00	0,00	48,40	44,67	39,58	42,37

Im Vergleich zu den Werten der Videografie zeigen sich geringe Unterschiede beim Einsatz der Armlehnen. Es bleibt jedoch ein Unterschied zwischen den Gruppen bestehen, wobei die adipösen Probanden öfter die Armlehne nutzen. Des Weiteren bejahen diese Probanden häufiger ein „Fallen lassen“ in den Stuhl als die Kontrollgruppe. Schließlich werden in Abbildung 3 die Ergebnisse bezüglich des proaktiven Einschätzens der Sitzmöbel dargestellt.

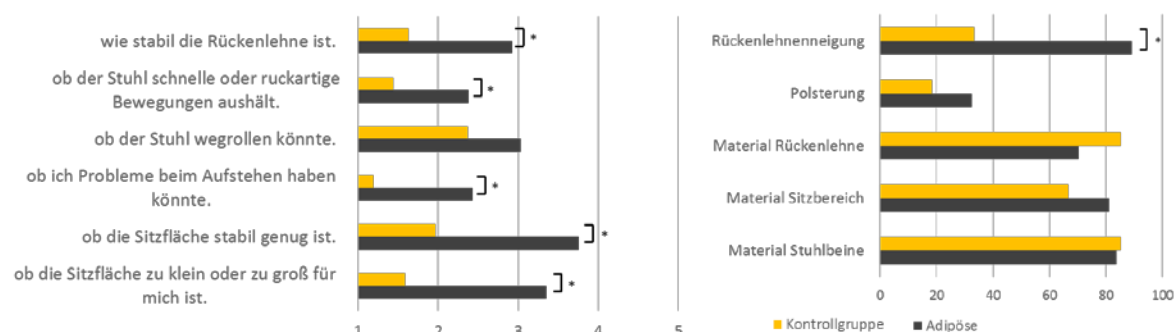


Abbildung 3: li: Subjektive Einschätzung der Sitzmöbel (Ich schätze ab, ... [1=nie, 2=selten, 3=öfter, 4=häufig, 5=immer]); re: Abfrage, ob jeweiliges Stuhlelement für Einschätzung der Robustheit einbezogen wird (Mittelwert in Prozent).

Es zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen über alle Items, außer bei Betrachtung des Kriteriums „Wegrollen“. Somit geben adipöse Probanden an, dass sie wesentlich öfter Bestandteile von Möbeln bewerten. Welche Elemente bewertet werden, unterscheidet sich nur für die Rückenlehne zwischen beiden Gruppen. Diese wird von adipösen Teilnehmern häufiger als Kriterium herangezogen.

4. Diskussion

Die Ergebnisse der Bewegungsstudie zeigen, dass die adipösen Probanden ein verändertes Sitzverhalten im Vergleich zu Normalgewichtigen haben. Insbesondere betrifft dies den Einsatz der Armlehnen sowie die Geschwindigkeit des Hinsetzens und Aufstehens. Beide Faktoren lassen eine gezieltere und bewusstere Bewegung der übergewichtigen Personengruppe vermuten. Unterlegt wird dies durch die Daten des Fragebogens, welche zeigen, dass die adipösen Probanden wesentlich intensiver auf die Eigenschaften der Sitzmöbel achten. Für das Element der Rückenlehne ist darauf zu achten, dass diese keine negativen Neigungswinkel annimmt. In diesem Fall haben adipöse Probanden Schwierigkeiten sich in eine aufrechte Position zu begeben, weshalb sie ein Anlehnen vermeiden.

Die ermittelten Daten fließen in die Entwicklung eines Messstuhls ein, welcher die Krafteinwirkungen in verschiedene Bestandteile des Stuhls detektieren soll. Die Ergebnisse einer darauf aufbauenden Probandenstudie sollen darstellen, inwiefern und an welchen Stellen sich Krafteinwirkungen im Vergleich zu normalgewichtigen Probanden ändern, um daraus konstruktive Angaben zu schlussfolgern. Diese bilden eine bedeutende Grundlage zur Ableitung konstruktiver, ergonomischer sowie sicherheitstechnischer Anforderungen zur Schaffung einer neuen Prüfnorm für Sitzmöbel für Schwergewichtige.

5. Literatur

- Del Porto, H., Pechak, C., Smith, D., & Reed-Jones, R. (2012). Biomechanical effects of obesity on balance. *International Journal of Exercise Science*, 5(4), 1.
- Galli, M., Crivellini, M., Sibella, F., Montesano, A., Bertocco, P., & Parisio, C. (2000). Sit-to-stand movement analysis in obese subjects. *International journal of obesity*, 24(11), 1488.
- Kubbe, I. (2016). Herausforderungen experimenteller Forschung. In *Experimente in der Politikwissenschaft* (pp. 103-131). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Mensink, G., Schienkiewitz, A., Haftenberger, M., Lampert, T., Ziese, T., & Scheidt-Nave, C. (2013). Übergewicht und Adipositas in Deutschland.
- World Health Organization. (2000). *Obesity: preventing and managing the global epidemic* (No. 894). World Health Organization.

Danksagung: Das IGF-Vorhaben 18636 BR I 1 der Forschungsvereinigung Trägerverein Institut für Holztechnologie Dresden e.V. - TIHD, Zellescher Weg 24, 01217 Dresden wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(F)T
Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung

64. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FOM Hochschule für
Oekonomie & Management gGmbH

21. – 23. Februar 2018

GfA Press

Bericht zum 64. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 21. – 23. Februar 2018

FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2018

ISBN 978-3-936804-24-9

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

Schriftleitung: Matthias Jäger

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet, den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

USB-Print:

Prof. Dr. Thomas Heupel, FOM Prorektor Forschung, thomas.heupel@fom.de

Screen design und Umsetzung

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de