

# Entwicklung einer Methode zur Analyse der Nutzung von Möbeln durch Schwergewichte

## Development of a Method to Analyse the Use of Furniture by Heavyweight Persons

### Projektleiterin

#### Project leader:

Linda Geißler

### Projektbearbeiter

#### Person in-charge:

Linda Geißler

### Fördermittelgeber

#### Co-funded by:

BMW i (IGF)

### Projektpartner

#### Project partner:

TU Chemnitz, Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement; Institut für Mechatronik e. V. Chemnitz

### EINLEITUNG UND ZIELSTELLUNG

Zum Beginn dieses Forschungsprojektes gab es keine Prüfverfahren und Anforderungswerte und somit keine Richtlinien für die Konstruktion und sicherheitstechnische Bewertung von Sitzmöbeln für schwergewichtige Menschen. Personen, die ein Körpergewicht von über 110 kg aufweisen, konnten keine Sitzmöbel kaufen, bei denen eine sichere Benutzung gewährleistet war. Laut der Weltgesundheitsorganisation (WHO) sind in Europa zwischen 30 % und 80 % der erwachsenen Bevölkerung und bis zu 30 % der Kinder mit steigender Tendenz von Übergewicht betroffen. Das zeigt den Handlungsbedarf bei der Optimierung ergonomischer und lastabhängiger Faktoren auf den Sitzprozess. Das zentrale Problem bei der Benutzung von Sitzmöbeln durch Schwergewichtige ist nicht allein die hohe Masse, sondern vielmehr die Bewegung dieser Masse. Aus diesem Grund ist eine Analyse der Dynamik von Schwergewichtigen bei der Benutzung von Sitzmöbeln von besonderer Bedeutung für die Ableitung der sicherheitstechnischen, konstruktiven und ergonomischen Anforderungen an Schwerlastmöbel.

Im Rahmen von Probandenversuchen sollten die Abweichungen im Bewegungsverhalten von schwergewichtigen im Vergleich zu normalgewichtigen Personen nachgewiesen und die Auswirkungen auf die Richtungen und Beträge der in das Sitzmöbel wirkenden Belastungen sowie die Kraftangriffspunkte ermittelt werden. Dazu war im Rahmen des Projektes ein Messsystem zur Simulation von unterschiedlichen Sitzmöbeln zu entwi-

### INTRODUCTION AND OBJECTIVE

At the outset of this research project, there were no test procedures and requirement values and thus no guidelines for the design and safety assessment of seating furniture for heavyweight people. Persons of a body weight of over 110 kg could not buy seating furniture where safe use was guaranteed. According to the World Health Organization (WHO), between 30 % and 80 % of the adult population and up to 30 % of children in Europe are affected by overweight, and the trend is increasing. This shows the need for action to optimise ergonomic and load-dependent factors on the seating process. The central problem in the use of seating furniture by heavyweights is not only the high mass, but rather the movement of this mass. For this reason, an analysis of the dynamics of heavyweights when using seating furniture is of particular importance for the derivation of the safety, constructional and ergonomic requirements for heavyweight-bearing furniture.

In the context of test person trials, the deviations in the movement behaviour of heavyweight persons were to be demonstrated, and the effects on the directions and amounts of the loads acting on the seating furniture as well as the points of force application were to be determined. For this purpose, a measuring system for the simulation of different types of seating furniture was to be developed within the framework of the project. This was done by using a motion capture system for recording movements and simulations using a digital human model.



Abb. 1: Proband beim Versuchsdurchlauf mit dem Messstuhl in Kombination mit dem Motion Capture System

Fig. 1: Test person during the test run with the measuring chair in combination with the Motion Capture System

ckeln. Dies erfolgte unter Verwendung eines Motion Capture Systems zur Erfassung von Bewegungen und Simulationen mit einem digitalen Menschmodell.

#### VORGEHENSWEISE

In einem ersten Probandenversuch wurden die Körperdaten der Probanden gemessen und die Bewegungen von normalgewichtigen und schwergewichtigen Probanden mit Hilfe eines Motion Capture Systems erfasst. Die spezifischen Proportionen von adipösen Probanden erfordern für die digitale Simulation entsprechende Anpassungen des in die-

#### APPROACH

In a first trial, the body data of the test persons were measured, and the movements of normal-weight and heavyweight test persons were recorded with the help of a motion capture system. The specific proportions of obese test persons require corresponding adjustments to the human model Dynamicus used in this project for the digital simulation. The test persons were asked to sit on a chair, position themselves, move forward with the chair and stand up again. Based on these measurements, first insights into different movement patterns of the two groups of test persons could be gained.

sem Projekt angewendeten Menschmodells Dynamicus. Die Probanden wurden gebeten, sich auf einen Stuhl zu setzen, sich zu positionieren, mit dem Stuhl nach vorn zu rücken und wieder aufzustehen. Basierend auf diesen Messungen konnten erste Erkenntnisse zu unterschiedlichen Bewegungsmustern der zwei Probandengruppen gewonnen werden. In einer zweiten Versuchsreihe mit Probanden sollten die in verschiedene Sitzmöbel eingebrachten Lasten bei der Benutzung gemessen werden. Basierend auf den Erkenntnissen aus der ersten Versuchsreihe und der Analyse der Benutzergruppen sowie der Kategorisierung von Sitzmöbeln hinsichtlich ihrer Eigenschaften und Funktionen wurde ein Messstuhl entwickelt. Dieser sollte über viele Verstellmöglichkeiten zur Simulation unterschiedlicher Sitzmöbel verfügen. An ausgewählten, bei der Benutzung belasteten Komponenten des Messstuhls wurden Sensoren zur Aufnahme der einwirkenden Kräfte angebracht. Die Befunde der Bewegungserfassung und die gemessenen Reaktionskräfte wurden zur Digitalisierung der menschlichen Bewegung sowie der dazugehörigen Interaktionskräfte genutzt.

## ERGEBNISSE

Im Ergebnis experimenteller Untersuchungen wurde der Zusammenhang zwischen Körpergewicht, Bewegungsverhalten, Art des benutzten Sitzmöbels (Maße, Komponenten und Polsterung) und Belastung ermittelt. Das Bewegungsverhalten normalgewichtiger und schwergewichtiger Probanden unterschied sich dabei insbesondere in der Geschwindigkeit der Bewegungen, in der Körperhaltung und in der Nutzungsweise.

In a second series of trials with test persons, the loads introduced into various seating furniture were to be measured during use. Based on the findings of the first test series and the analysis of the user groups as well as the categorisation of seating furniture with regard to its characteristics and functions, a measuring chair was developed. This chair was expected to have many adjustment possibilities to simulate different types of seating furniture. Sensors were attached to selected components of the measuring chair, which were loaded during use, to absorb the forces acting on them. The findings of the motion detection and the measured reaction forces were used to digitise human motion and the associated interaction forces.

## RESULTS

As a result of experimental investigations, the correlation between body weight, movement behaviour, type of seating furniture used (dimensions, components and upholstery) and load was determined. The movement behaviour of normal-weight and heavy-weight test persons differed in particular in the speed of the movements, posture and the way of use.

Further investigations showed that by adapting the design of the seating furniture, overloading by heavyweight users can be prevented. For example, an appropriately high seating surface reduced the possible height of fall and thus minimised load peaks. The psychological effect of an upholstered seat, on the other hand, led to an increase in the maximum loads applied in both groups of test persons. This is because the impact of the body on the seat surface is cushioned

In weiteren Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass durch angepasste Gestaltung des Sitzmöbels eine Überlastung durch schwergewichtige Benutzer verhindert werden kann. Eine angemessen hohe Sitzfläche verringerte beispielsweise die mögliche Fallhöhe und minimierte damit Lastspitzen. Der psychologische Effekt einer gepolsterten Sitzfläche führte hingegen zu einer Erhöhung der eingebrachten Maximallasten bei beiden Probandengruppen. Denn das Auftreffen des Körpers auf der Sitzfläche wird gedämpft und es muss somit weniger Kraft in das kontrollierte Absetzen aufgewendet werden.

Generell zeigte sich ein langsames Hinsetzen und Aufstehen der adipösen Probanden im Gegensatz zu den normalgewichtigen Probanden. Bei beiden Vergleichsgruppen gab es jedoch Probanden, die sich stärker fallen ließen und damit höhere dynamischen Lasteinträge erzeugten, und andere, die sich nahezu statisch absetzten. Daraus ist zu schließen, dass die derzeit in europäischen Normen beschriebenen Stoßprüfungen die möglichen Belastungssituationen auch für normalgewichtige Benutzer nur unzureichend simulieren. Die Ergebnisse des Forschungsprojektes bestätigen, dass die im Normentwurf DIN 4573 „Sitzmöbel für Personen mit höherem Nutzergewicht – Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfverfahren“ umgesetzten Anpassungen und Ergänzungen zu den vorhandenen Basisnormen den Belastungen der schwergewichtigen Benutzer entsprechen. Der Normentwurf wurde im September 2018 vom DIN-Normenausschuss Holzwirtschaft und Möbel unter Mitwirkung des IHD veröffentlicht und eine Aktualisierung des ersten Entwurfes ist bereits in Bearbeitung.

and therefore less force must be applied to the controlled sitting-down.

In general, the obese persons sat down and stood up more slowly than the normal-weight subjects. In both comparison groups, however, there were test persons who dropped more strongly, thus exerting higher dynamic load, and others who sat down almost statically. From this it can be concluded that the impact tests currently described in European standards do not adequately simulate the possible load situations even for normal-weight users. The results of the research project confirm that the adaptations and additions to the existing basic standards implemented in draft standard DIN 4573 “Seatings for persons with a higher user weight – Safety requirements and test methods” correspond to the loads of heavyweight users. The draft standard was published in September 2018 by the DIN Standards Committee for the Wood Industry and Furniture with the participation of the IHD and an update of the first draft is already in progress.