

Untersuchung zu den Auswirkungen von Bürostuhlmechaniken auf die physische und psychische Gesundheit unter Betrachtung einzelner Freiheitsgrade der Sitzfläche

Mark BÜHRER

*Professur für Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme, Fakultät Maschinenwesen, Technische Universität Dresden
Marschnerstraße 39, D-01307 Dresden*

Kurzfassung: Statisches Sitzen über viele Stunden ist nach wie vor ein häufig anzutreffender Vorgang innerhalb der betrieblichen Praxis bei Bürotätigkeit. Daraus können Muskel-Skelett Erkrankungen und psychische Erkrankungen entstehen, die als Hauptverursacher für Arbeitsunfähigkeit verantwortlich sind (Stand 2019). Zur Prävention wird oft mehr Bewegung von sitzenden Personen in Form von Gehen, Haltungs- und Belastungswechseln gefordert. Dynamische Bürostühle erzeugen je nach Mechanik einen unterschiedlichen Drehpunkt und damit eine andere Art der Bewegung beim Benutzer. Aus diesem Grund sollte untersucht werden, welche Mechanik eine natürliche Bewegung des Beckens nachbildet, wie viel Neigung der Sitzfläche förderlich ist und in welcher Frequenz sich bewegt werden sollte im Sitzen.

Schlüsselwörter: Sitzen, dynamisch, Belastungswechsel, Neigung, Frequenz, Stress

1. Einleitung

Häufiges, statisches Sitzen kann zu Rückenschmerzen (Lis et al. 2007; Pope et al. 2002) und damit verbundenen muskuloskelettalen Erkrankungen führen (Hamilton et al. 2007). Diese Erkenntnisse sind bereits seit Jahren bekannt. Dennoch stellt die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) einen vermehrten Bewegungsmangel innerhalb der deutschen Bevölkerung fest (Latz et al. 2020). Die World Health Organisation (WHO) empfiehlt bereits eine gezielte Limitierung der täglichen Sitzzeit (WHO 2020). Damit einhergehend besteht ebenfalls ein erhöhtes Risiko von psychischen Belastungen (Kilpatrick et al. 2013), Depressionen (van Uffelen et al. 2013) und einem verminderten Wohlbefinden (Atkin et al. 2012) bei einer vermehrten Sitzzeit. Diese Krankheitsbilder sind für das Jahr 2019 den Diagnosegruppen der Krankheiten des Muskel-Skelett Systems mit 23,9% und den psychischen Verhaltensstörungen mit 13,6% direkt zuordenbar und damit mitverantwortlich für Arbeitsunfähigkeitstage (AU-Tage) in Deutschland (BMAS 2019). Die BAuA sieht für Muskel-Skelett Erkrankungen das größte Präventionspotential (BAuA 2021).

Bürobeschäftigte sitzen täglich viele Stunden und sind deshalb besonders gefährdet (Hadgraft et al. 2016). Bei Schreibtischarbeiten wird überwiegend auf Bürostühlen gesessen, die den Anforderungen aus der DIN 1335 entsprechen. Diese meist konventionellen Bürostühle verfügen häufig über eine Synchronmechanik, bei der Rückenlehne und Sitzfläche gekoppelt sind. Ebenso gibt es Bürostühle die durch

Permanentkontaktmechanik lediglich eine Neigung der Rückenlehne ermöglichen. Konzepte mit mehreren Freiheitsgraden wie z. B. Sitzbälle sind auf Grund einer mangelnden Sicherheit gegen Sturz nicht in die betriebliche Praxis integrierbar (Beers et al. 2008; Lowe et al. 2015). Des Weiteren sollte eine stabile Position von Brustkorb und Kopf im Sitzen während der Büroarbeit sichergestellt sein. Hierdurch soll die Sicht auf die Arbeitsaufgabe ungestört ermöglicht werden und die Verwendung von Maus und Tastatur erleichtert sein (Bush & Hubbard 2008). Basierend auf den zuvor genannten Erkenntnissen der Wissenschaft wurde der nachfolgende Forschungsansatz entwickelt.

2. Forschungsansatz

Bisherige Studien (Kuster 2018, Hamilton 2008) bestätigen, dass statisches Sitzen ungünstig für Muskeln, Gelenke und die Wirbelsäule ist. Der bisherige Forschungsansatz bei analogen wissenschaftlichen Arbeiten bezieht sich meist auf die physiologische Auswirkung bei unterschiedlichen Arbeitsaufgaben. Das heißt, es wurde die Arbeitsaufgabe (Papier abheften, Akten sortieren, Bildschirmarbeit) mit Hilfe unterschiedlicher Bürostühle, Laufband und Fahrradergometer auf die muskuläre Aktivität und Bewegung beim Probanden untersucht (Ellegast 2012 & 2014). Es wurde nach derzeitigem Kenntnisstand nicht betrachtet, welchen Einfluss der Neigungswinkel der Sitzfläche und die Frequenz von Bewegungen des Rumpfes im Sitzen auf die Physiologie des Sitzenden und auf ausgewählte psychische Komponenten hat. Durch die inzwischen erhältlichen dynamischen Sitzkonzepte und deren möglichen Freiheitsgrade entstehen unterschiedliche Bewegungsmöglichkeiten für den Sitzenden. Die Position des Drehpunktes um den sich die Sitzfläche neigt oder schwingt stellt dabei einen Hauptbestandteil dar. Zurückzuführen ist dies auf eine Rotationsbewegung oder bei einer Bewegung in der Ebene, durch eine Translationsbewegung.

Im Rahmen der Dissertation an der Professur für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Dresden wird sich deshalb mit den folgenden Forschungsfragen (FF) befassen:

FF1: Welche physischen und psychischen Auswirkungen stehen in Relation zu einer zunehmenden Anzahl von Belastungswechseln im Sitzen, damit die negativen Folgen von 8 Stunden sitzender Tätigkeit ausgeglichen werden?

FF2: Entsteht durch Bewegung im Sitzen eine verminderte Stressreaktion?

FF3: Welche Freiheitsgrade von dynamischen-/ 3D Bürostühlen entsprechen durch deren Mechanik einer natürlichen Bewegung des Menschen im Sitzen?

FF4: Bei wie viel Grad-Neigung der Sitzfläche des jeweiligen Freiheitsgrades befindet sich der Extrempunkt, an dem ein gegenteiliger physischer und psychischer Effekt eintritt?

Ziel der Dissertation ist die Findung von physisch- und psychisch positiv beeinflussenden Parametern für Sitzende bei Büroarbeit, verursacht durch die Neigung der Sitzfläche und die Anzahl und Frequenz von Belastungswechseln im Sitzen, um präventive Empfehlungen zu entwickeln.

3. Untersuchungsmethodik

Zur Beantwortung der Forschungsfragen FF1 bis FF4 wurden fünf Versuche konzeptioniert. Im ersten Versuch „Ermittlung des Drehpunkts für das Becken bei einer gehenden Bewegung“ soll die Forschungsfrage FF3 beantwortet werden. Hierbei werden Inertialsensoren an die Hüfte der Proband/-innen geklebt. Daraufhin kann durch eine geradlinige gehende Bewegung die Bewegung des Beckens erfasst werden. Aus den Messdaten kann über die Tangentialbeschleunigung und die Winkelbeschleunigung der Abstand zum Drehzentrum berechnet werden. Dieser Versuch soll zunächst eruieren, wo sich der Drehpunkt des Beckens im Gehen befindet. Dementsprechend sollte auch der Drehpunkt eines dynamischen-/ 3D Bürostuhls ausgelegt sein, um eine natürliche Bewegung am Beispiel des Gehens zu fördern. Orientierung für das Versuchsdesign lieferte der Versuch von Kuster et al. 2016, in welchem der Drehpunkt mittels eines optischen Motion Capturing Systems überprüft werden konnte. Der daraus resultierende ermittelte Drehpunkt ist individuell personenabhängig und soll in den darauffolgenden Versuchen Anwendung finden. Da nur durch korrekte Einstellung des Drehpunkts im Sitzen eine natürliche Bewegung des Beckens wie bei einer gehenden Bewegung erreicht wird, muss dieser Drehpunkt auf dem dynamischen-/ 3D Bürostuhl eingestellt werden können. Ein Konzept für einen Untersuchungsstuhl mit verschiedenen Drehpunkten wird in Kapitel 5 erwähnt.

Der zuvor ermittelte individuelle Drehpunkt wird an dem Untersuchungsstuhl eingestellt. Daraufhin erfolgt der Versuch „Findung des Extrempunkts für die Neigung der Sitzfläche“ zur Beantwortung der Forschungsfrage FF4. Da der Versuch „Findung des Extrempunkts für die Anzahl und Frequenz von Belastungswechseln“ zur Beantwortung der Forschungsfrage FF1 erst zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt wird, kann die Anzahl und Frequenz der Belastungswechsel zunächst vorgegeben werden, errechnet aus den zuvor ermittelten Werten für das Becken bei einer gehenden Bewegung der jeweiligen Proband/-innen. Hauptinhalt des Versuchs „Findung des Extrempunkts für die Neigung der Sitzfläche“ ist eine randomisierte Variierung des Neigungswinkels der Sitzfläche. Dabei wird der jeweils mögliche Freiheitsgrad bis zu einer bestimmten Sitzflächenneigung variiert. Über eine Kontrollfrage und durch subjektive Bewertung können die Proband/-innen eine subjektive Grenze festlegen. Bis zu dieser Grenze ist ein subjektiv empfundenes konzentriertes Arbeiten möglich. Des Weiteren kann über die muskuläre Aktivität ein physiologischer Grenzwert abgeleitet werden, welcher dem Punkt an dem der Muskel ermüdet entspricht. Durch die statistische Auswertung kann ein möglicher Zusammenhang zwischen dem Neigungswinkel der Sitzfläche und den subjektiven- und objektiven Messwerten überprüft werden, um daraus Grenzwerte abzuleiten.

Nachdem etwaige Grenzwerte für den Neigungswinkel der Sitzfläche durch Beantwortung der Forschungsfrage FF4 erfasst wurden, folgt der Versuch „Findung des Extrempunkts für die Anzahl und Frequenz von Belastungswechseln“ zur Erforschung der Forschungsfrage FF1. In diesem Versuch finden die Grenzwerte für den Neigungswinkel der Sitzfläche Anwendung. Der jeweilige Freiheitsgrad und die Sitzflächenneigung werden durch einen mechanischen Anschlag am Untersuchungsstuhl begrenzt. Anhand einer variierenden Anzahl und Frequenz von Belastungswechseln kann dabei wie auch im vorhergehenden Versuch ein subjektiv empfundener Extrempunkt und ein objektiv physiologischer Extrempunkt ermittelt werden. Nach Anwendung statistischer Verfahren kann ein Grenzwert abgeleitet werden, bis zu dem ein subjektiv konzentriertes Arbeiten und eine physische muskuläre Aktivität möglichst hoch ist.

Abschließend soll die Wirkung der zuvor ermittelten Grenzwerte durch eine zweite Probandengruppe bestätigt werden. Teilnehmer/-innen der Studie werden in randomisierter Reihenfolge den jeweiligen Versuchen zugeordnet. Der Versuch „Auswirkungen des statischen Sitzens“ dient zur Beantwortung der Forschungsfrage FF3 und der Bildung von Referenzwerten, welche die Wirksamkeit der zuvor ermittelten Grenzwerte bestätigen soll. In diesem Versuch sitzen die Proband/-innen auf einem herkömmlichen Bürostuhl. Belastungswechsel können nach Belieben der Proband/-innen durchgeführt werden. Währenddessen werden physische und psychische Messgrößen erfasst. In einem weiteren Versuch „Auswirkungen von Bewegungen im Sitzen“ finden unter identischen Rahmenbedingungen die zuvor gebildeten Grenzwerte für den Neigungswinkel der Sitzfläche und die Anzahl und Frequenz von Bewegungen im Sitzen Anwendung. Nach Beendigung beider Versuche wird evaluiert, ob die Bewegung und die damit ermittelten Grenzwerte im Gegensatz zu herkömmlicher sitzender Bürotätigkeit eine positive Wirkung aufzeigen.

4. Messmethoden

In der nachfolgenden Tabelle 1 wird die eingesetzte Messtechnik für die Erfassung der physischen und psychischen Auswirkungen im Sitzen aufgeführt. Da eine direkte Zuordnung meist nicht möglich ist, sind den Messmethoden sogenannte Surrogatparameter (nach Kamusella & Schmauder 2018) zugeordnet.

Tabelle 1: Erfassung der physischen und psychischen Auswirkungen im Sitzen

	Surrogatparameter	objektive Messtechnik	Messgröße	Einheit
Erfassung der physischen Auswirkungen definierter Bewegungen im Sitzen	Muskuläre Aktivität und Ermüdung (für FF1 und FF4)	Oberflächenelektromyographie (OEMG)	Elektrische Aktivität (eA)	µV
	Positionsdaten, Gelenkwinkel, Neigung der Sitzfläche (für FF1, FF3 und FF4)	XSens Motion Capturing mittels Inertialsensoren	Neigungswinkel Tangentialbeschleunigung, Winkelbeschleunigung	° m/s² rad/s²
Erfassung der psychischen Auswirkungen definierter Bewegungen im Sitzen	Objektiver Stress (für FF2)	Cortisolspiegelanalyse	Konzentration des Cortisolhormons im Speichel	µg/l
	Subjektiver Stress (unterstützend für FF2)	Beanspruchungs-Messskalen (BMS)	Psychische Ermüdung, Monotonie, Stress nach DIN 10075	%
	Aktuelle psychische Befindlichkeit (unterstützend für FF2)	Mehrdimensionaler Befindlichkeits-Fragebogen (MDBF)	Mittelwert, Standardabweichung	%
Erfassung der psychischen Auswirkungen definierter Bewegungen im Sitzen	Kognitive Leistungsfähigkeit	Arbeitseffizienztest (AET)	Effizienz, Fehlerfreiheit und Schnelligkeit bei Bürotätigkeit	%
	Konzentrationsfähigkeit, Schnelligkeit, Genauigkeit	d2-R Test	Anzahl bearbeiteter Zielobjektive, Fehlerrate	%
	Grad der Beanspruchung und Akzeptanz (für FF1 und FF4)	BORG-Skala, 10 Stufen	Erschöpfung Akzeptanz	%

5. Stand der Technik – Entwicklung eines Untersuchungsbürostuhls

Im Rahmen der Dissertation wurde eine Web- und Patentrecherche zur Findung potenziell geeigneter dynamischer-/ 3D Bürostühle durchgeführt. Daraufhin konnte eine Auswahl von 15 verschiedenen Bürostühlen zu ersten Untersuchungszwecken verschiedener Hersteller bezogen werden. Basierend auf deren Mechaniken und den dadurch entstehenden Freiheitsgraden konnten diese in drei mögliche Gruppen sortiert werden.

Nachfolgende Bürostuhlgruppierungen wurden definiert:

Gruppe DO: Drehpunkt oberhalb der Sitzfläche, Rotationsbewegung

Gruppe DU: Drehpunkt unterhalb der Sitzfläche, Rotationsbewegung

Gruppe KD: Kein Drehpunkt, Translationsbewegung in der Ebene

Auf Grund der Anforderungen aus den zuvor genannten Gruppen konnte ein Untersuchungsstuhl entwickelt werden. Dieser ist nachfolgend dargestellt und beschrieben (siehe Abb. 1.).

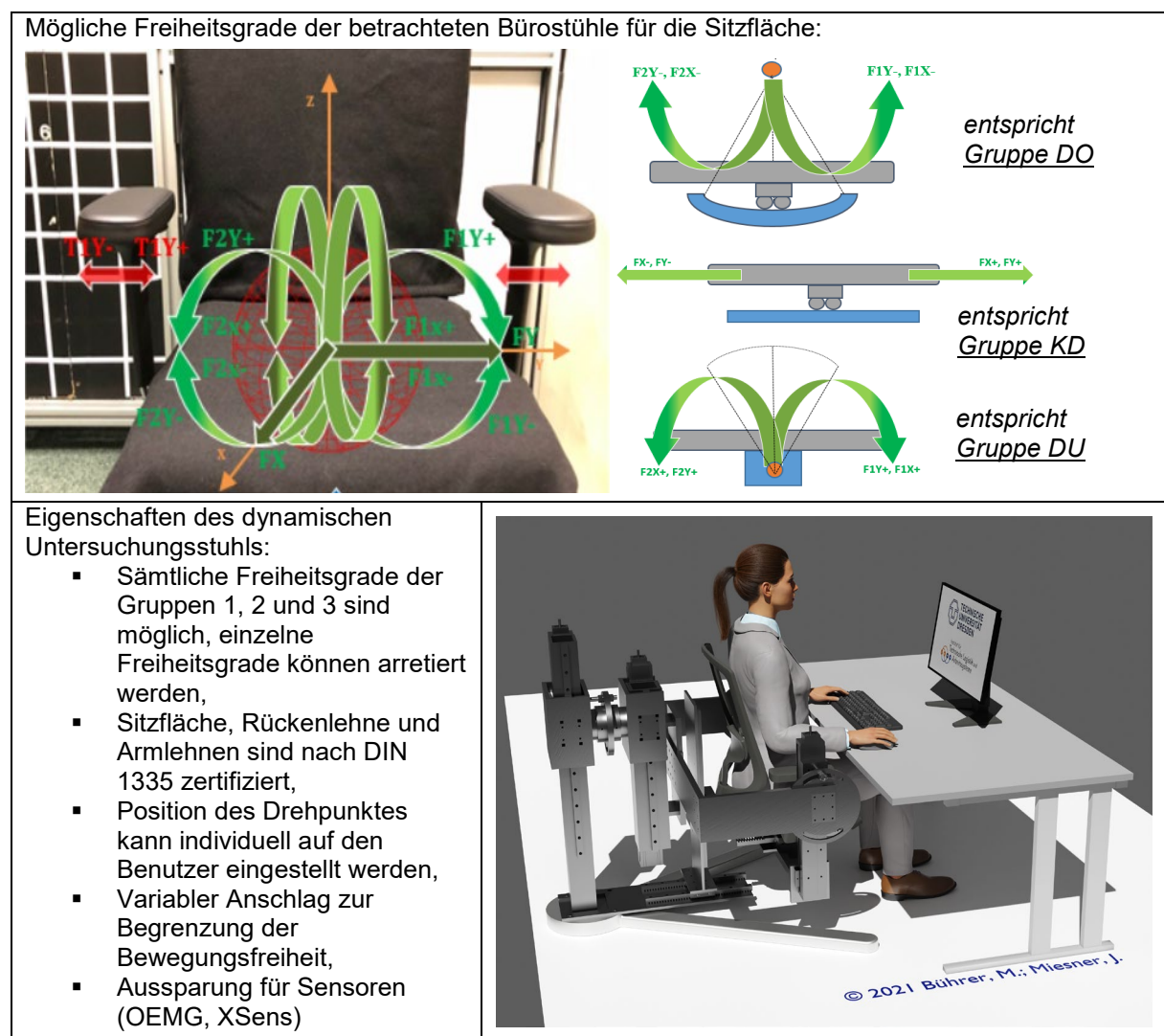


Abbildung 1: Freiheitsgrade der einzelnen Gruppen und Eigenschaften des Untersuchungsstuhls

6. Literatur

- Atkin A, Gorely T, Clemes S, Yates T, Edwardson C, Brage S, Salmon J, Marshall S, Biddle S (2012) Methods of Measurement in epidemiology: Sedentary Behaviour, *International Journal of Epidemiology*, Volume 41, Issue 5, October 2012, Pages 1460–1471, <https://doi.org/10.1093/ije/dys118>.
- BAuA-Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2021) *Arbeitswelt im Wandel – Zahlen Daten Fakten*. 1. Auflage, Mai 2021, ISBN 978-3-88261-737-5 (Print) doi:10.21934/baua:praxis20210304.
- Beers E, Roemmich J, Epstein L, Horvath P (2008) Increasing passive energy expenditure during clerical work. *Eur J Appl Physiol* 2008;103:353-360.
- BMAS-Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2019) *Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit – Berichtsjahr 2019 Unfallverhütungsbericht Arbeit* 1. Auflage Dortmund/Berlin/Dresden 2020.
- Botter J, Burford E-M, Commissaris D, Könemann R, Hiemstra-van Mastrigt S, Douwer M, Weber B, Ellegast RP (2014) Untersuchung von dynamischen Büroarbeitsplätzen. DGUV IFA Report 4/2014.
- Bush T, Hubbard R (2008) A Comparison of Four Office Chairs Using Biomechanical Measures. doi.org/10.1518/001872008X288321.
- Crosbie J, Vachalathiti R, Smith R (1997) Patterns of Spinal Motion During Walking. *Gait Posture* 5 (1997) 6-12.
- Ellegast RP, Kraft K, Groenesteijn L, Krause F, Berger H, Vink P (2012) Comparison of four specific dynamic office chairs with a conventional office chair: Impact upon muscle activation, physical activity and posture. *Applied Ergonomics* 43 (2012) 296-307.
- Hadgraft N, Healy G, Owen N, Winkler E, Lynch B, Sethi P, Eakin E, Moodie M, LaMontagne A, Wiesner G, Willenberg L, Dunstan D (2016) Office workers' objectively assessed total and prolonged sitting time: Individual-level correlates and worksite variations. *Preventive Medicine Reports* Vol. 4.
- Hamilton M, Hamilton D, Zderic T (2007) Role of Low Energy Expenditure and Sitting in Obesity, Metabolic Syndrome, Type 2 Diabetes, and Cardiovascular Disease. *DIABETES*, Vol. 56.
- Hamilton M, Healy G, Dunstan D, Zderic T, Owen N (2008) Too Little Exercise and Too Much Sitting: Inactivity Physiology and the Need for New Recommendations on Sedentary Behavior. *Curr Cardiovasc Risk Rep*. 2008 July ; 2(4): 292–298. doi:10.1007/s12170-008-0054-8.
- Kamusella C, Schmauder M (2018) Steharbeitsplätze mit Lastenhandhabung: Einfluss des Belastungswechsels auf Muskelbeanspruchung und Beschwerdeempfinden. GfA Frühjahrskongress 2018, Frankfurt am Main.
- Kilpatrick M, Sanderson K, Blizzard L, Teale B, Venn, A (2013) Cross-sectional associations between sitting at work and psychological distress: Reducing sitting time may benefit mental health, *Mental Health and Physical Activity* Volume 6, Issue 2, 2013, Pages 103-109, ISSN 1755-2966, doi.org/10.1016/j.mhpa.2013.06.004.
- Kuster RP, Huber M, Hirschi S, Siegl W, Baumgartner D, Hagströmer M, Grooten W (2018) Measuring Sedentary Behavior by Means of Muscular Activity and Accelerometry. *Sensors* 2018, 18(11), 4010.
- Kuster RP, Bauer CM, Oetiker S (2016) Physiological Motion Axis for the Seat of a Dynamic Office Chair ZHAW, Human Factors, April 2016, DOI: 10.1177/0018720816646508.
- Lis AM, Black K, Korn H, Nordin M (2007) Association between sitting and occupational LBP. *Eur Spine J* 2007 Feb;16(2):283-98.
- Lowe B, Swanson N, Hudock S, Lotz W (2015) Unstable Sitting in the Workplace – Are There Physical Activity Benefits?. *Amercian Journal of Health Promotion*, Vol. 29, No.4.
- Pope M, Goh KL, Magnusson M (2002) Spine Ergonomics, Annual Review of Biomedical Engineering. *Annu. Rev. Biomed. Eng.* 2002. 4:49–68, doi: 10.1146/annurev.bioeng.4.092101.122107.
- U. Latza, J. Bucksch, B. Wallmann-Sperlich (2020) Workshop Gesundheitsgefährdung durch langes Sitzen am Arbeitsplatz - Teil I wissenschaftliche Perspektiven in: *Das Gesundheitswesen*, Volume 82, Ausgabe 7 2020. Seiten 623-631, Projektnummer: F 2399, DOI: 10.1055/a-1173-9001.
- Uffelen, J, Gellecum Y, Burton N, Peeters, G, Heesch, K, Brown, W (2013) Sitting-Time, Physical Activity, and Depressive Symptoms in Mid-Aged Women. *American journal of preventive medicine*. 45. 276-81. 10.1016/j.amepre.2013.04.009.
- WHO, World Health Organisation (2020) guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Geneva: World Health Organization; 2020.Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Technologie und Bildung in hybriden Arbeitswelten

68. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und
Fabrikautomatisierung IFF, Magdeburg

02. – 04. März 2022

GfA-Press

Bericht zum 68. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 02. – 04. März 2022

**Otto-von Guericke-Universität Magdeburg;
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Sankt Augustin: GfA-Press, 2022
ISBN 978-3-936804-31-7

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Sankt Augustin**

Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast

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,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

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

Geschäftsstelle der GfA

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003

Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de · www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de

Screen design und Umsetzung

© 2022 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de