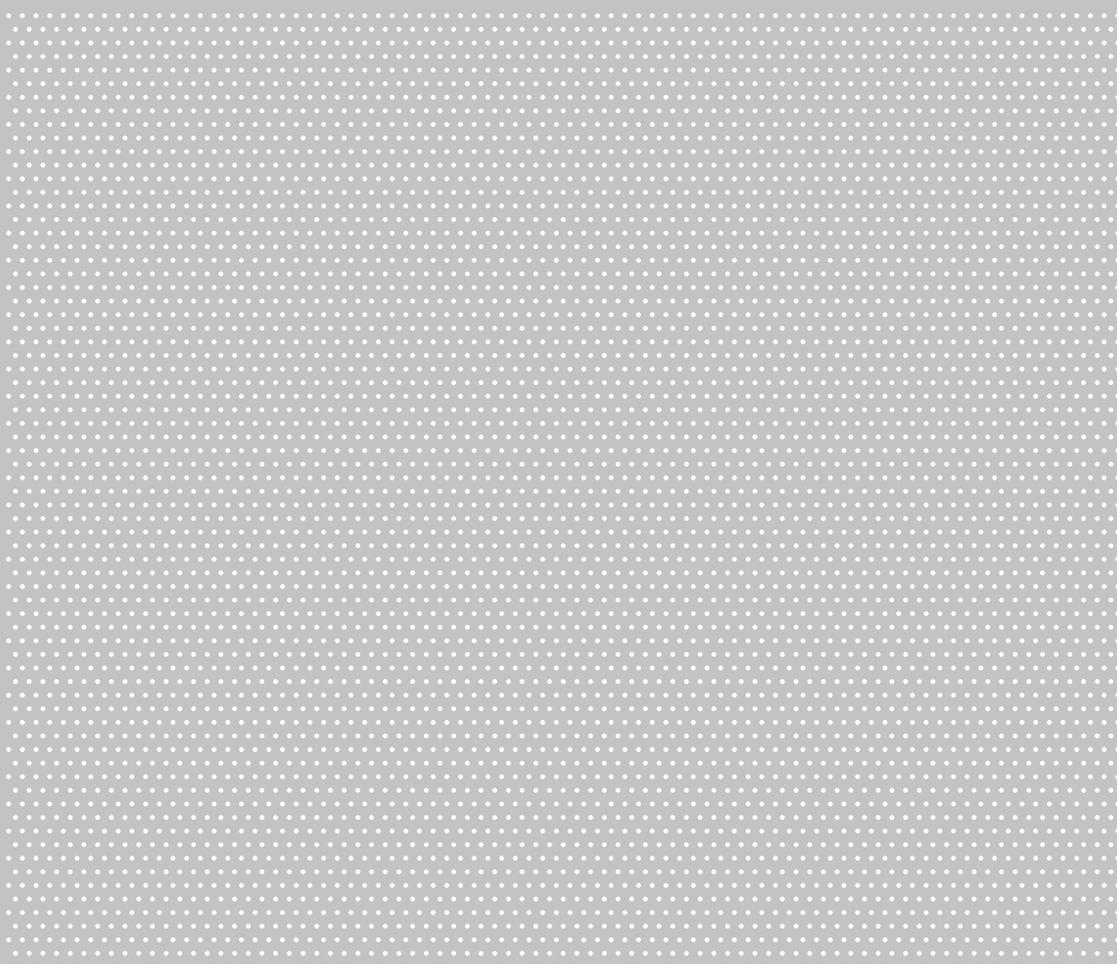


7/2020

IFA Report



Auswirkungen auf Muskel-Skelett- Belastungen beim Bodenwischen mit unterschiedlichen Stieltypen



Verfasst von: Mark Brütting, Benjamin Ernst,
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA),
Sankt Augustin

Herausgeber: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV)
Glinkastr. 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0
Telefax: 030 13001-9876
Internet: www.dguv.de
E-Mail: info@dguv.de

– Oktober 2020 –

Publikationsdatenbank: www.dguv.de/publikationen

ISBN (online): 978-3-948657-14-7
ISSN: 2190-7994

Kurzfassung

Auswirkungen auf Muskel-Skelett-Belastungen beim Bodenwischen mit unterschiedlichen Stieltypen

Gebäudereinigerinnen und Gebäudereiniger bilden eine der größten Versichertengruppen in der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU). Muskel-Skelett-Beschwerden und -Erkrankungen sind in diesem Berufsfeld weit verbreitet. Körperliche Belastungen bei Reinigungsarbeiten kann man jedoch unter anderem durch ergonomisch optimierte Reinigungsgeräte verringern. Im Auftrag der BG BAU sollte das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) daher verschiedene Wischerstiele für Bodenreinigungsarbeiten untersuchen. Ziel war es, diese hinsichtlich ihrer Auswirkung auf Körperhaltungen und -bewegungen zu vergleichen. Die Ergebnisse sollten der BG BAU nicht nur Informationen für die Beurteilung gelenkbelastender Tätigkeiten und geeigneter Präventionsmaßnahmen liefern, sondern auch Entscheidungsgrundlagen für die Empfehlung von Reinigungsgeräten und ggf. Hinweise zur Weiterentwicklung.

Nach Sichtung und Auswertung der internationalen Literatur zum Thema „Muskel-Skelett-Belastungen bei Bodenreinigungsarbeiten“ erfolgte die Planung der Laboruntersuchungen. Drei längenverstellbare Bodenwischerstiele wurden für die Durchführung einer standardisierten Reinigungstätigkeit – feuchtes Wischen einer Bodenfläche von 3 × 4 m im IFA Labor – festgelegt:

- längenverstellbarer Wischerstiel „Standard“ (gerade),
- gerader Stiel mit rotierendem Knauf,
- gebogener Stiel mit rotierenden Griffstücken und rotierendem Knauf.

Zur qualitativen und quantitativen Ermittlung physiologischer Parameter wurden relevante Körperhaltungen, -bewegungen und Gelenkwinkel (Hand-, Ellenbogen, Schultergelenke, Rücken) mit dem VICON®-Messsystem

erfasst. Parallel hat das IFA die subjektive Meinung der Versuchspersonen mithilfe von Fragebögen und Rating-skalen eingeholt. Eine Abschätzung der unterschiedlichen Kraftaufwendungen im Arm- und Schulterbereich erfolgte im Vorfeld exemplarisch durch Oberflächen-Elektromyographie (Messung der elektrischen Muskelaktivität). An der vergleichenden Querschnittstudie im Labor nahmen im Anschluss zehn Fachkräfte eines Reinigungsunternehmens teil. Sie reinigten eine definierte Bodenfläche mit jedem der drei Wischerstiele in zufälliger Reihenfolge mit je drei Wiederholungen. Die Vorgehensweise war dabei in Anlehnung an die übliche Empfehlung – rückwärtsgehend und in „Achten“ wischen – vorgegeben. Auch die Handhaltung der Bodenwischergeräte war durch die spezielle Geometrie der Wischerstiele bzw. -knäufe weitestgehend vorgegeben, um unterschiedliche Handhabungen zu vermeiden und vergleichbare Ergebnisse zu erzielen. In einem nachfolgenden zweiten Versuchsteil wurde die Handhabung dagegen sieben weiteren Reinigungsfachkräften freigestellt. Teilnahmevoraussetzung war jeweils Beschwerdefreiheit.

Die Ergebnisse der messtechnischen Untersuchung zeigen, dass unterschiedliche Verstell- und Bedienmöglichkeiten bzw. die Formgebung der Bodenwischerstiele eine Reduktion der Gelenkwinkelbelastungen – insbesondere bei den Handgelenken – bewirken können. Grundsätzlich wurde die in der Literatur bereits beschriebene hohe muskuläre Belastung bei längerer andauernder Durchführung dieser Tätigkeit aber bestätigt. Im Gegensatz zu den objektiven Ergebnissen ergab die Abfrage der subjektiven Einschätzung allerdings teilweise ein konträres Bild. Scheinbar erfordert die Nutzung alternativer und neuer Stielformen ggf. eine angemessene/längere Einarbeitungs- oder Gewöhnungszeit als für herkömmliche Stieltypen, da durch falsche Handhabung auch ergonomisch ungünstige Effekte auftreten können.

Abstract

Effects of different types of mop handle upon musculoskeletal loads

Building cleaners constitute one of the largest groups of persons insured by the German Social Accident Insurance Institution for the building trade (BG BAU). Musculoskeletal complaints and disorders are common in this occupation. One means of reducing the physical workloads associated with cleaning work is the use of cleaning equipment of improved ergonomic design. The Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance (IFA) was therefore tasked by the German Social Accident Insurance Institution for the building trade (BG BAU) with examining various floor mop handles. The objective was to compare these handles with regard to their effect upon body postures and movements. The results were intended to provide the BG BAU with information to assist it in assessing tasks placing stress upon the joints and also assessing suitable prevention measures. They were further to serve as a basis for recommendations for cleaning equipment, and if appropriate the provision of guidance on further development of such equipment.

Following inspection and evaluation of the international literature on the subject of musculoskeletal workloads associated with floor cleaning work, laboratory studies were planned. Three items of floor cleaning equipment were specified for performance of a standardized cleaning task, comprising damp mopping of a floor area of 3 × 4 m in the IFA laboratory:

- "Standard" (straight) length-adjustable mop handle
- Straight handle with rotating end grip
- Curved handle with rotating lower grips and rotating end grip.

In order for the physiological parameters to be determined qualitatively and quantitatively, relevant body postures and movements and joint angles (wrist, elbow, shoulder joints, back) were recorded by means

of the VICON® measurement system. Parallel to these measurements, questionnaires and rating scales were used by the IFA to record the test subjects' subjective opinion. Prior to the measurements proper, sample estimations of the respective force expenditure in the arm and shoulder region were produced by means of surface electromyography (measurement of electrical muscle activity). Ten cleaning operatives employed by a cleaning company took part in the subsequent cross-sectional comparison study in the laboratory. They mopped a defined floor area using each of the three mop handles in random order. Mopping was performed three times with each mop handle. The specified procedure was based upon the usual recommendations (walking backwards and wiping in figures of eight). The hand posture for gripping the mops was dictated by the particular geometry of the mop handles/grips. Differences in hand posture were thus to be avoided as far as possible in the interests of comparable results. In the second part of the experiment phase, a further seven cleaners were tasked with mopping. In this case, they were free to hold the mop handle as they wished. In both parts of the experiment, only test subjects without disorders were allowed to take part.

The results returned by the instruments show that differences between the geometries of different floor mop handles or between their facilities for adjustment and use may reduce the joint angle loads, particularly on the wrists. The high muscular workload arising during prolonged performance of this task, as already described in the literature, was however confirmed by the measurements. In contrast to the objective results, the results of the survey of the cleaners' subjective assessment were not entirely consistent. It appears that alternative or new mop handle geometries require a suitable or longer period of practice or familiarization than conventional handle types, since incorrect use of the handles may also have undesirable effects.

Résumé

Les effets de différents types de manche de balais sur les contraintes sur le système musculo-squelettique lors du nettoyage du sol

Les agents d'entretien constituent l'un des plus grands groupes d'assurés au sein de l'organisme d'assurance sociale allemande des accidents du travail et des maladies professionnelles des secteurs du bâtiment et de la construction (BG BAU). Dans ce secteur d'activité, les troubles et maladies musculo-squelettiques sont très répandus. Il est toutefois possible de réduire la charge physique provoquée par les travaux de nettoyage, notamment en utilisant du matériel de nettoyage optimisé du point de vue ergonomique. Partant de ce principe, le BG BAU a chargé l'Institut pour la sécurité et la santé au travail de l'Assurance sociale allemande des accidents du travail et maladies professionnelles (IFA) d'examiner différents manches de balais utilisés pour le nettoyage des sols. L'objet de cette étude était de les comparer pour ce qui est de leurs effets sur la posture et les mouvements corporels. Les informations ainsi obtenues devaient non seulement permettre au BG BAU d'évaluer les activités provoquant des contraintes sur les articulations, ainsi que les mesures de prévention appropriées, mais aussi de fournir les éléments permettant de recommander tel ou tel matériel de nettoyage et d'indiquer éventuellement des possibilités de perfectionner le matériel existant.

Après consultation et analyse de la littérature internationale consacrée aux contraintes sur le système musculo-squelettique lors de travaux de nettoyage des sols, on a procédé à la planification des tests en laboratoire. Trois outils destinés au nettoyage du sol ont été choisis pour effectuer dans le laboratoire de l'IFA une activité de nettoyage standardisée – le nettoyage humide d'un sol de 3 x 4 m :

- balai à manche télescopique 'standard' (droit)
- balai à manche droit avec poignée rotative
- balai à manche courbe avec poignée rotative et éléments de préhension rotatifs.

Pour la détermination qualitative et quantitative des paramètres physiologiques, les postures, mouvements

du corps et angles articulaires pertinents (poignet, coude, épaules, dos) ont été enregistrés à l'aide du système de mesure VICON®. Parallèlement, l'IFA a recueilli l'avis subjectif des sujets à l'aide de questionnaires et d'échelles de notation. Une estimation d'exemples de différents efforts exercés dans la zone du bras et de l'épaule a été réalisée en amont par électromyographie de surface (mesure de l'activité musculaire). Dix volontaires (employés d'une entreprise de nettoyage) ont ensuite participé à l'étude transversale comparative, qui s'est déroulée en laboratoire. Ils ont nettoyé une surface donnée en utilisant chacun des trois manches de balai, dans une séquence aléatoire et en répétant trois fois chaque opération. La manière de procéder était définie et se basait sur les recommandations d'usage : nettoyer en marchant à reculons et en effectuant des mouvements en forme de huit. La manière de tenir les balais était, elle aussi, définie par la géométrie particulière des manches et des poignées, afin d'éviter autant que possible des manières de procéder différentes, et d'obtenir ainsi des résultats comparables. Dans un deuxième volet de l'essai, sept autres agents d'entretien étaient, en revanche, libres de manipuler les balais comme ils le souhaitaient. Seules, les personnes ne présentant aucun trouble étaient autorisées à participer à l'essai.

Il ressort des résultats de l'essai métrologique que les différentes possibilités de régler et manipuler les manches des balais, tout comme la forme de ces manches, peuvent réduire les contraintes sur les angles articulaires – en particulier sur les poignets. En même temps, l'essai a confirmé la forte contrainte musculaire, déjà décrite dans la littérature, survenant lorsque cette activité est exercée sur une longue période. Contrairement aux résultats objectifs, l'évaluation subjective fournies par les sujets interrogés a révélé une image en partie contraire. Apparemment, le fait d'utiliser des formes inhabituelles et nouvelles de manches de balais peut éventuellement nécessiter un temps de formation ou d'adaptation approprié, voire plus long que pour les formes usuelles de manches, une mauvaise manipulation pouvant en effet aussi entraîner des effets indésirables.

Resumen

Repercusiones de la carga sufrida por el aparato músculo-esquelético al fregar el suelo con diferentes tipos de palo

Los limpiadores y las limpiadoras de edificios constituyen uno de los mayores grupos de asegurados dentro de la asociación profesional de la construcción (BG BAU). Las molestias y enfermedades músculo-esqueléticas son muy frecuentes en este ámbito profesional. No obstante, la carga física durante los trabajos de limpieza se puede reducir utilizando, entre otras cosas, instrumentos de limpieza optimizados ergonómicamente. Por encargo de la BG BAU, el Instituto de Seguridad en el Trabajo del Seguro Social Alemán de Accidentes de Trabajo (IFA) estudió por tanto diferentes palos de mopa para tareas de limpieza del suelo. El objetivo de este estudio era comparar sus efectos sobre la postura corporal y los movimientos. Los resultados deberán facilitar a la BG BAU informaciones que les permitan no solo evaluar las actividades que más cargan las articulaciones y proporcionar medidas de prevención adecuadas, sino también sentar unas bases para la toma de decisión y la emisión de recomendaciones sobre aparatos de limpieza, así como tal vez incluso indicaciones para el futuro desarrollo de los mismos.

Una vez consultada y evaluada la bibliografía internacional sobre el tema „cargas músculo-esqueléticas a consecuencia de las tareas de limpieza del suelo“, se llevó a cabo la planificación de los estudios de laboratorio. Se determinó que se estudiarían tres instrumentos de limpieza del suelo en la realización de una tarea de limpieza estandarizada (fregado de una superficie del suelo de 3 × 4 m en el laboratorio IFA):

- Palos de mopa de longitud regulable „estándar“ (rectos)
- Palos rectos con un pomo rotatorio
- Palos curvados con mango y pomo rotatorios.

Para establecer un cálculo cualitativo y cuantitativo de parámetros fisiológicos, se registraron con el sistema de medición VICON® las posturas corporales y los movimientos así como los ángulos de articulación

relevantes (de las articulaciones de la muñeca, el codo, el hombro y de la espalda). Paralelamente, el IFA recogió la opinión subjetiva de los participantes del estudio mediante un cuestionario y escalas de puntaje. Previamente se había realizado una estimación de las diversas aplicaciones de fuerza en el brazo y la zona del hombro de manera ejemplar mediante una electromiografía de superficie (medición de la actividad muscular eléctrica). En el estudio transversal comparativo efectuado en el laboratorio, participaron después diez profesionales de limpieza de una empresa de esta actividad. Estas personas limpiaron una superficie del suelo definida con cada uno de los tres palos de mopa en orden aleatorio y efectuaron tres repeticiones de cada tipo. Al respecto se les indicó que tenían que limpiar siguiendo el patrón habitual: caminar hacia atrás y fregar en “ochos”. También se determinó la manera de sujetar los instrumentos de limpieza del suelo en función de la geometría especial de los palos o pomos de las mopas, para evitar en la medida de lo posible diferentes técnicas de manejo y así poder obtener resultados comparables. En la segunda parte del experimento, se dejó la técnica de limpieza al libre albedrío de los siete sujetos del experimento. El requisito necesario para participar en el estudio era que los profesionales de limpieza no sufrieran ningún tipo de molestia previa.

Este estudio técnico de medición muestra que las diversas posibilidades de ajuste y de manejo así como la forma de los palos de las mopas pueden reducir la carga sobre las articulaciones (especialmente, de la muñeca). No obstante, en este estudio quedó demostrada en principio, como se afirma ya en la bibliografía, la existencia de una fuerte carga muscular cuando se realizan estas tareas de manera permanente y durante mucho tiempo. A diferencia de los resultados objetivos obtenidos, la consulta de la estimación subjetiva ofreció en cambio la imagen contraria. Al parecer, el uso de formas de palo alternativas o nuevas requiere un periodo de aprendizaje y adaptación adecuado o más largo que para los tipos de palo habituales, ya que si se emplean de manera errónea, pueden surgir también efectos no deseados.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	8
2	Material und Methoden	9
2.1	Literaturrecherche	9
2.2	Bodenwischerstiele	10
2.3	Untersuchungsparameter	11
2.4	Laborumgebung und Messsysteme	12
2.4.1	VICON®-Messsystem	12
2.4.2	Oberflächen-Elektromyografie	13
2.4.3	Fragebögen und subjektive Bewertung	13
2.5	Standardisierte Bearbeitungsaufgaben und Versuchsablauf	13
2.6	Versuchspersonen	16
2.7	Datenverarbeitung und statistische Analyse	16
3	Ergebnisse	17
3.1	Körperhaltungs- und Bewegungsdaten	17
3.2	Oberflächen-Elektromyografie	20
3.3	Fragebögen und subjektive Bewertung	22
4	Diskussion	25
4.1	Auswahl des Versuchsdesigns	25
4.2	Stärken und Schwächen der Methodik	25
4.3	Teilnehmende	26
4.4	Körperhaltung und Gelenkwinkel	26
4.4.1	Rumpfneigung	26
4.4.2	Handgelenkwinkel	26
4.4.3	Schulterwinkel	27
4.4.4	Elektromyografie	27
4.4.5	Fragebögen	28
5	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	29
6	Zusammenfassung	30
7	Abbildungsverzeichnis	31
8	Tabellenverzeichnis	31
9	Literatur	32
10	Anhang	33

1 Einleitung

Belastungen des Muskel-Skelett-Systems sind seit Jahren die Diagnosehauptgruppe mit den meisten Arbeitsunfähigkeitstagen (AU-Tagen) in Deutschland [1 bis 3]. Über 20 % der Fehltage sind auf Muskel-Skelett-Erkrankungen zurückzuführen. Zudem verursachen sie mit durchschnittlich über 17 Tagen je Fall [4] bzw. 14 Tagen für die Diagnose Rückenschmerzen [1] verhältnismäßig lange Ausfallzeiten. Unter den Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems treten Rückenschmerzen, sonstige Bandscheibenschäden, Schulterläsionen und Binnenschädigung des Kniegelenks als häufigste Einzeldiagnosen auf [2].

Aufgeschlüsselt nach Berufen stellt das Reinigungspersonal – neben Verkehrs-/Logistik-, Sicherheits- und Fertigungsberufen – die Gruppe mit den meisten AU-Tagen dar: Mit 2 653 Tagen je 100 Beschäftigten übertreffen sie noch die Bau- und Ausbauberufe [1]. In einer Umfrage unter Gebäudereinigungspersonal für Innenräume berichteten 74 %, dass sie im vorangegangenen Jahr Schmerzen und Beschwerden hatten; 52 % begaben sich deshalb in ärztliche Behandlung. Hauptsächlich betroffen waren der Lendenwirbelsäulenbereich (46 %), der Nacken (33 %), die Knie (24 %), die rechte Schulter (23 %) und das rechte Handgelenk (22 %) [5]. Auch die europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (European Agency for Safety and Health at Work, EU-OSHA, <http://osha.europa.eu>) hat die Bedeutung der Problematik aufgegriffen und in „E-facts“ thematisiert [6; 7].

Reinigungsberufe zeichnen sich immer noch durch hauptsächlich manuelle Tätigkeiten (80 %) aus. 30 bis 35 % der Arbeitszeit wird mit dem Wischen von Fußböden verbracht [8 bis 10].

Im Rahmen der Prävention von Fehlbelastungen des Muskel-Skelett-Systems beauftragte die Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) – die zuständige Berufsgenossenschaft für Gebäudereinigungsunternehmen – das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) mit einer Untersuchung zur Muskel-Skelett-Belastung bei Bodenreinigungsarbeiten. Im Speziellen sollte untersucht werden, ob und wie sich die Verwendung verschieden gestalteter Geräte der Bodenreinigung auf unterschiedliche körperliche Belastungs- und Haltungsparameter auswirkt. Hierfür wurden drei Bodenwischerstiele miteinander verglichen, die in Ihrer Gestaltung und Handhabung unterschiedliche oder besondere Merkmale aufweisen. Bezüglich der Körperhaltungen und -bewegungen hat das IFA besonders Oberkörper, Arme und Hände betrachtet sowie die muskuläre Beanspruchung im Schulter- und Unterarmbereich. Mittels Fragebögen wurde zudem die subjektive Meinung der Versuchspersonen eingeholt.

Technische Neuerungen und Entwicklungen von Arbeitsgeräten mit entlastender Wirkung sind nicht zuletzt wegen des erwähnten Krankheitsgeschehens grundsätzlich zu begrüßen. Ziel war es daher, die unterschiedlichen Wischerstiele hinsichtlich ihrer Wirkung/Auswirkung auf die Körperhaltungen und -bewegungen zu vergleichen, um Entscheidungsgrundlagen für Empfehlungen von Reinigungsgeräten und ggf. Hinweise zur Weiterentwicklung solcher Geräte zu liefern. Die gewonnenen Informationen sollen bei der Beurteilung von gelenkbelastenden Tätigkeiten und als Grundlage für die Empfehlung geeigneter Präventionsmaßnahmen genutzt werden.

2 Material und Methoden

2.1 Literaturrecherche

Belastungen des Muskel-Skelett-Systems bei Bodenreinigungsarbeiten wurden bereits von einigen Arbeits- und Forschergruppen thematisiert und auf spezielle Aspekte hin untersucht. Nachfolgend ist eine Auswahl von Arbeiten aufgeführt, die mehr oder weniger eng im Zusammenhang mit dem Untersuchungsauftrag stehen und Hinweise auf bereits erfolgreich verwendete Untersuchungsmethoden und Versuchsdesigns liefern.

Hagner und Hagberg [11] untersuchten in einer Studie zwei verschiedene Methoden des Bodenwischens: Schieben des Wischmobs während des Vorwärtsgehens und Wischen in Achterform während des Rückwärtsgehens. Als Untersuchungsmethoden fanden Messungen per Elektromyografie (EMG) am M. trapezius, der Herzschlagfrequenz, eine Abschätzung der Körperhaltung (Abschätzung in 30°-Schritten) anhand von Videoaufzeichnungen und Fragebögen Anwendung. Hinsichtlich der Arbeitstechnik, Körperhaltung und Armbewegungen gab es große individuelle Unterschiede. Bei der schiebenden Methode zeigten sich eine geringer empfundene Anstrengung und niedrigere lokale Muskelbelastung als bei der rückwärtsgehenden Methode. Jedoch beinhaltete das Schieben einen hohen Anteil statischer Belastungen, die sich bei länger andauernder Tätigkeit negativ auswirken könnten. Die enge Beziehung der EMG-Signale des Trapeziusmuskels bei der Vorwärtsbewegung der Schulter und Schulterhebung – der Hauptfunktion des absteigenden Teils des M. trapezius – zeigte *Hagberg* [12] bereits in einer anderen Untersuchung.

Søgaard et al. [13] untersuchten die muskuläre Belastung der Schulter und Körperhaltung ebenfalls bei zwei verschiedenen Techniken des Bodenwischens. Sowohl beim „mopping“ („butterfly shape“, achtförmiges Wischen) als auch beim „scrubbing“, dem wiederholten Vor- und Rückwärtsbewegen des Reinigungsgeräts, verzeichneten Sie eine Oberkörperverneigung von über 20° während 65 % der Messzeit, was bereits oberhalb des empfohlenen Bereichs liegt (ISO 11226) [14]. Die Anteile an Oberkörperverneigungen von über 50° waren beim „scrubbing“ jedoch deutlich ausgeprägter als beim „mopping“. Die Ergebnisse der EMG-Messungen am Trapeziusmuskel waren zwar nicht signifikant unterschiedlich, zeigten aber die allgemein hohe Belastung der Schultermuskulatur bei beiden Tätigkeiten. Der P10-Wert der Messdaten (die unteren 10 % aller gemessenen Werte) entfiel dabei auf 10 % MVC (maximum voluntary contraction, maximale willkürliche Kontraktion eines Muskels). Der P50-Wert betrug 25 % MVC und der P90-Wert 54 % MVC. Eine solche Muskelaktivität als unterbrechungsfreie Dauerbelastung während einer vollen Acht-Stunden-Arbeitsschicht wäre

als erhebliche Belastung anzusehen, ist in der Realität aber wohl nicht anzutreffen. Dennoch belegen die Werte, dass die Tätigkeit als relevante Muskelarbeit der oberen Extremitäten einzustufen ist.

In einer anderen Studie entwickelten *Søgaard et al.* [16] ein biomechanisches Schultermodell zur Abschätzung der mechanischen Belastung im Schultergelenk beim Bodenwischen. Ein mit zwei Kraftdynamometern ausgestatteter Bodenwischerstiel wurde zur kontinuierlichen, für jede Hand separaten Messung der dreidimensionalen Kräfte während der zweihändigen asymmetrischen Wischaufgaben verwendet. Von sechs Schultermuskeln wurden EMG aufgezeichnet. Mit dem Schultermodell war es möglich, die mechanische Belastung der Ellbogen und Schultern näherungsweise zu berechnen. Trotz unterschiedlicher Bewegungsmuster der beiden Wischtechniken „Wischen“ und „Schrubben“ wurden nur geringe Unterschiede festgestellt – dies aber in Übereinstimmung mit ähnlichen Werten der Elektromyogramme. Fazit der Studie: Der alleinige Wechsel zu einer anderen Wischtechnik („Wischen“ gegenüber „Schrubben“) ist als präventive Maßnahme gegen die Belastungen in der Schultermuskulatur nicht ausreichend.

Hopsu et al. [10] fanden in einem Vergleich zwischen Wischtechniken mit unterschiedlich hohem Wasseranteil im Wischmob signifikant unterschiedliche MVC-Werte für die obere und untere Handposition. Sie zeigten damit die unterschiedlich starke Inanspruchnahme der Arme bei dieser Tätigkeit.

Wallius et al. [17] konnten in Ihrer Studie zeigen, dass die Aktivität der Schultermuskulatur gegenüber einer Wischerstiellänge auf Augenhöhe signifikant niedriger ist, wenn die Länge eines Wischerstiels auf Schulter- oder Kinnhöhe eingestellt ist. Sie nutzten in Ihrem Versuchsaufbau oberflächenmyographische Messungen am M. trapezius, M. infraspinatus und M. deltoideus. Aufgabe war auch hier das rückwärtsgehende Wischen in Achterform.

Kumar (2006) hat für seine Dissertationsschrift „Ergonomic Evaluation and Design of Tools in Cleaning Occupation“ sieben Studien evaluiert und folgendermaßen zusammengefasst: „Die allgemeine Schlussfolgerung der vorgestellten Studien ist die These, dass Reinigungstätigkeiten aus hoher kardiovaskulärer, muskulärer und Haltungsverbelastung bestehen. Durch einen partizipativen ergonomischen Ansatz und ein benutzerzentriertes Design können Reinigungsprobleme umfassend identifiziert und ergonomisch gelöst werden; Reinigungswerkzeuge können unter Berücksichtigung ergonomischer Aspekte und Einbeziehung des Endverbrauchers neu gestaltet werden. Die Strategie der partizipativen Ergonomie bei

Reinigungsaktivitäten kann Arbeitsunfälle, Fehlzeiten und Entschädigungskosten deutlich reduzieren und gleichzeitig zu einer hohen Arbeitsqualität und einer höheren Arbeitszufriedenheit führen.“

Öhrling et al. [19] kamen in Ihrer Untersuchung ebenfalls zu dem Schluss, dass beim Versuch, die Arbeitsbedingungen für Reinigungskräfte zu verbessern, grundsätzlich ein ganzheitlicherer Ansatz gewählt werden sollte. Der Fokus liege zu oft auf der Entwicklung von Werkzeugen und Techniken, die aber auch kontextualisiert werden müssten, um deren Vorteile bei der Nutzung zu optimieren. Ohne eine gute Arbeitsorganisation und ein gutes Arbeitsklima würden technische Verbesserungen alleine nicht ausreichen, um die Situation der Reinigungskräfte zum Positiveren hin zu verändern.

Die Literaturquellen und Anzahl der Studien zum Thema belegen, dass manuelles Bodenreinigen mit Wischerstielen schon vor einiger Zeit als eine nicht zu vernachlässigende Belastung für das Muskel-Skelett-System identifiziert wurde. Die dabei verwendeten Methoden, wie Körperhaltungsmessungen, EMG und subjektive Bewertungen, eignen sich zur Analyse körperlicher Belastungen und Beanspruchungen. Neben der Entwicklung unterstützender Bodenreinigungsmaschinen für größere Flächen sind daher die Bestrebungen der Hersteller zu begrüßen, eine Reduktion der Muskel-Skelett-Belastungen durch Variationen des herkömmlichen „einfachen“ Bodenwischerstiels zu erzielen. Ob dies mit den zur Verfügung gestellten Modellen gelungen ist, sollte die Untersuchung des IFA zeigen.

2.2 Bodenwischerstiele

Einige Hersteller von Bodenreinigungsgeräten versuchen, den körperlichen Belastungen mit der Entwicklung spezieller Wischerstiele entgegenzuwirken. Stufenlos längenverstellbare Wischerstiele zur individuellen Anpassung an unterschiedliche Körperhöhen werden bereits von mehreren Herstellern angeboten. Auch von der klassischen geraden Form abweichende Ausführungen des Stiels wurden bereits wissenschaftlich untersucht [20]. Ein im unteren Bereich stark nach vorne gebogener Wischerstiel ermöglichte demnach eine aufrechtere Körperhaltung beim Reinigen von Bodenflächen an schwerer zugänglichen Stellen in engen Räumlichkeiten, wie z. B. unter Tischen oder Bänken in einem Zugabteil. Neben einer von der geraden Form abweichenden Geometrie werden auch Stiele mit rotierenden Elementen im Griffbereich angeboten.

Die BG BAU stellte für diese Untersuchung drei verschiedene Wischerstiele zur Verfügung. Zur Vereinfachung werden die Stiele im Folgenden nach der jeweiligen Farbgebung bezeichnet:

1. Standard-Variante, Stiel rot (Abbildung 1 links)

- gerader Stiel
- durch Teleskopsystem längenverstellbar (107 bis 175 cm)
- Gewicht ohne Mopp: 0,95 kg

2. Knauf-Variante, Stiel gelb (Abbildung 1 Mitte, Abbildung 2 links)

- gerader Stiel
- durch Teleskopsystem längenverstellbar (119 bis 182 cm)
- rotierender, kugelförmiger Knauf am Stielende
- Gewicht ohne Mopp: 0,95 kg

3. S-Variante, Stiel grün (Abbildung 1 rechts, Abbildung 2 rechts)

- zwischen den Griffbereichen zweifach gewinkelter Stiel (S-Form)
- durch Teleskopsystem längenverstellbar (130 bis 180 cm)
- in beiden Griffbereichen sowohl rotierende als auch fixe Elemente
- rotierender, T-förmiger Knauf am Stielende
- Gewicht ohne Mopp: 1,10 kg

Während der Probandenversuche waren die Bodenwischerstiele mit reflektierenden Markern ausgestattet (Abbildung 3). Sie ermöglichen die kontinuierliche Erkennung von Position und Lage der Stiele mit dem VICON[®]-Messsystem im Versuchsbereich (Abschnitt 2.3.1).

Abbildung 1: Bodenwischerstiele rot (links), gelb (Mitte) und grün (rechts)



Abbildung 2:
Bodenwischerstiele gelb (links) und grün (rechts), jeweils mit drehbaren Griffelementen



Abbildung 3:
Reflektierende Marker an den Bodenwischerstielen



2.3 Untersuchungsparameter

Die Entscheidung für eine Laboruntersuchung und gegen Untersuchungen im „Feld“ ergab sich aus Gründen der Vielfalt der verschiedenen Tätigkeiten von Reinigungskräften. Da das Bodenwischen meist nur einen Teil der Aufgaben einer Reinigungsfachkraft darstellt, bot sich an, diese Tätigkeit separat im Labor zu untersuchen und somit Einflüsse durch andere Tätigkeiten auszuschließen.

Eine Auswirkung auf die erwünschte aufrechte Körperhaltung sollte durch die individuelle Anpassung der Stielhöhe an die Körpermaße minimiert sein. Alle Stieltypen dieser Untersuchung sind durch ein Teleskopsystem stufenlos längenverstellbar. Daher sollte der Parameter Rumpf- oder Oberkörperneigung keine signifikante Variation in Abhängigkeit vom Stieltyp aufweisen. Da das im Labor vorhandene VICON®-Messsystem zur Erfassung von Gelenkwinkeln und Bewegungen eingesetzt wurde, konnte der Parameter Rumpfeigung ebenfalls ausgewertet werden.

Auf andere Parameter sollten sich die Formgebung und technischen Besonderheiten der Bodenwischerstiele aber deutlicher auswirken. Die Gelenke der oberen Extremitäten – nämlich Handgelenke und Schultern sowie deren Muskulatur – sind die zu betrachtenden Zielorgane. Bezüglich der Messung von Körperhaltungen und Gelenkwinkeln ist es vorteilhaft, wenn das Messsystem an sich möglichst wenig Einfluss auf die Versuchspersonen ausübt. Ein berührungsfreies Kamerasystem ist daher ideal. Muskuläre Belastungen können dagegen nicht objektiv berührungsfrei gemessen werden.

Bei der Elektromyographie werden auf der Haut Elektroden angebracht und die elektrischen Ströme bei der Aktivierung von Muskelpartien gemessen. Diese Methode wurde schon häufiger bei Untersuchungen zu Bodenwischerstielen angewandt (Abschnitt 2.1). Allerdings bedeutet ihre Anwendung einen erheblichen Zeitaufwand für die Vorbereitung und Kalibration. Auf EMG-Messungen mit allen Versuchspersonen wurde daher zugunsten exemplarischer Messungen während der Vorversuche verzichtet. Um sie mit früheren EMG-Studien im Nacken-Schulterbereich zu vergleichen, wurde die Muskelaktivität der quer verlaufenden Teile der Trapeziusmuskulatur oberhalb des Schulterblatts und an den Unterarmen die Extensoren (*M. carpi radialis*) und Flexoren (*M. carpi ulnaris*) gemessen. Diese Messungen können aber aufgrund der geringen Anzahl lediglich einen Hinweis auf die Größenordnung der muskulären Belastung liefern.

Neben den genannten objektiven Methoden wurden zudem verschiedene Fragebögen eingesetzt, um die subjektiv empfundene Anstrengung und die Zufriedenheit mit der Handhabung der verschiedenen Wischerstiele zu ermitteln.

2.4 Laborumgebung und Messsysteme

2.4.1 VICON®-Messsystem

Für die Analyse der Körperhaltungen und Bewegungsabläufe wurde das kamerabasierte Messsystem VICON® verwendet. Das Messsystem nutzt die Reflektionen von Infrarotlicht an passiven, kugelförmigen Markern, um deren Position auf einem Kamerabild zu ermitteln (Abbildung 4).

Abbildung 4:
VICON®-Kamera mit kreisförmig um die Linse angeordneten Infrarot-LEDs



Durch die gleichzeitige Verwendung mehrerer Kameras lässt sich die Position der Marker im dreidimensionalen Raum berechnen [21]. Auf diese Weise können Positionen und Bewegungen im Raum erfasst sowie Geschwindigkeiten und Beschleunigungen berechnet werden. Befinden sich drei oder mehr Marker auf einem Festkörper, ist auch die Berechnung von räumlichen Winkeln, Winkelgeschwindigkeiten und Winkelbeschleunigungen möglich. Durch die hohe räumliche (1 mm) und zeitliche Auflösung (bis zu 420 Hz) können auch sehr schnelle Bewegungen millimetergenau bestimmt werden. Das Labor war mit zwölf VICON®-Kameras ausgestattet, die in gleichmäßigen Abständen rund um den Untersuchungsraum angeordnet und entsprechend kalibriert waren (Abbildung 5).

Die Marker wurden mit Klett- oder Klebeband an der Bekleidung bzw. – im Falle des Handrückens – auf der Haut und an den Bodenwischerstielen angebracht (Abbildung 3 und Abbildung 6). Entsprechend konnten Körpersegmente und Gelenkpositionen sowie Positionen und Lage der Stiele mit der Software VICON Nexus® (Version

2.8.1) berechnet und abgebildet werden. Die zeitliche Auflösung betrug 100 Hz.

Abbildung 5:
Skizze des Labors mit Kamerapositionen und digitalem Menschmodell

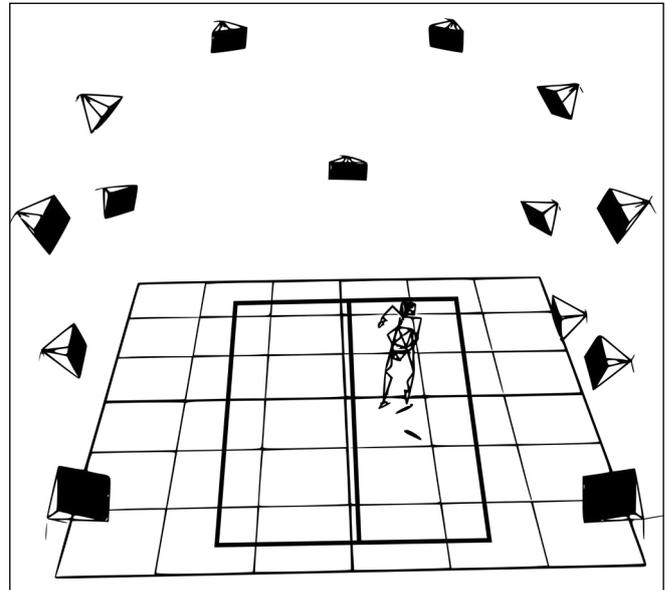


Abbildung 6:
Probandin im Laboraufbau

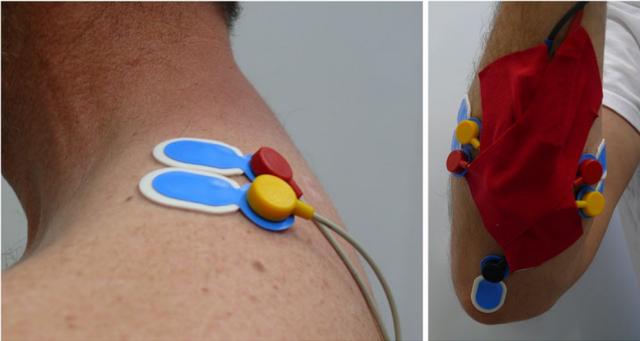


2.4.2 Oberflächen-Elektromyografie

Die elektrische Aktivität einiger beim Bodenwischen besonders beanspruchter Bereiche der Muskulatur wurden in exemplarischen Vorversuchen mittels Oberflächen-Elektromyografie (OEMG) aufgezeichnet (Abbildung 7).

Abbildung 7:

Elektroden am M. trapezius (links), M. carpi radialis und M. carpi ulnaris (jeweils rechts)



Die EMG-Module sind mit einer wählbaren 10- bzw. 24-fachen Verstärkung ausgelegt [22]. Die Elektroden auf bipolarer Basis sind mit Vorverstärkern mit 100-facher Verstärkung ausgestattet (Fa. Meditronik, Jena), wodurch eine Gesamtverstärkung des Roh-EMG von 1 000- bzw. 2 400-fach erreicht wird. Die maximale Empfindlichkeit des Moduls liegt bei $0,5 \mu\text{V}$. Der gleitende RMS-Wert (RMS: Root Mean Square) ist zwischen 0,2 und 1,0 s einstellbar, die Mittenfrequenz und zugehörige Amplitude werden mittels FFT (Fast Fourier Transformation, 512 samples/1 kHz) berechnet.

Als Referenzwert wurde das elektrische Signal bei maximaler willentlicher Kontraktion (100 % maximum voluntary contraction, MVC) des Muskels verwendet und jeweils vor den Versuchen ermittelt. Der Maximalwert aus mehreren Kontraktionen über einige Sekunden hinweg wurde dann als 100 % MVC definiert. Durch diese „Normalisierung“ der jeweiligen MVC-Werte können die RMS-Werte der dazugehörigen elektrischen Muskelaktivität im Versuchsteil in ein Verhältnis zur maximalen Kontraktion gesetzt und die Ergebnisse verschiedener Messungen als Prozentwerte miteinander verglichen werden [23]. Der RMS-Wert ist ein gemittelter Amplitudenparameter mit der Einheit Mikrovolt (mV). Er errechnet sich aus den im festgelegten Zeitfenster ermittelten Einzelwerten, indem die Summe der Quadrate dieser Werte durch die Anzahl der Werte geteilt und daraus die Quadratwurzel gezogen wird.

2.4.3 Fragebögen und subjektive Bewertung

Vor den Versuchen und im Anschluss an die einzelnen Versuchsabschnitte waren die Teilnehmenden aufgefor-

dert, verschiedene Fragen zu beantworten und Ihre Einschätzung zu den unterschiedlichen Bodenwischerstielen abzugeben. Zunächst gaben sie einige Körpermaßdaten und die Händigkeit (Rechts- oder Linkshänder) an. Zudem hat das IFA ihre Berufserfahrung und tägliche Zeit abgefragt, die sie mit der manuellen Reinigung von Fußböden verbringen. Die üblicherweise verwendete Stiellänge wurde an einem Bodenwischerstiel demonstriert und dokumentiert. Danach erhielten die Teilnehmenden eine Instruktion zur Einstellung der allgemein empfohlenen individuellen Stiellänge (oberes Stielende auf Höhe zwischen Kinn und Schulter). Nach Abschluss des letzten Versuchsteils wurde ein Fragebogen mit folgenden Items vorgelegt:

- Mit welchem Stieltyp arbeiten Sie üblicherweise?
- Ist Ihr Wischerstiel höhenverstellbar?
- Welcher Stiel hat Ihnen im Versuch am besten/wenigsten gefallen?
- Mit welchem Stiel würden Sie am liebsten arbeiten?
- Welche Stiellänge gefällt Ihnen besser: die gewohnte/selber eingestellte Stiellänge oder die vom Versuchsleiter eingestellte Stiellänge?
- Wischen Sie einen Boden wie im Versuch vorgegeben (achtförmig, rückwärtsgehend) oder haben Sie eine andere Technik/anderes Vorgehen?

Die subjektiv empfundene Anstrengung bei der Verwendung der verschiedenen Stieltypen sollte anhand einer 19-stufigen modifizierten Borg-CR10-Skala [24; 25] für beide Arme/Hände angegeben werden. Dies erfolgte jeweils nach der Nutzung der jeweiligen Wischerstiele. Die Fragebögen und Borg-Skalen (Version für die Teilnehmenden und Version mit Punktwerten) sind in den Anhängen A, B1 und B2 dargestellt.

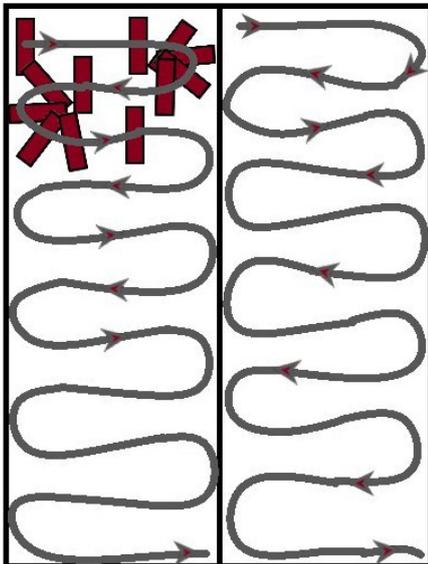
2.5 Standardisierte Bearbeitungsaufgaben und Versuchsablauf

Die standardisierte Bearbeitungsaufgabe war das Feuchtwischen einer definierten Bodenfläche. Die Verwendung des VICON®-Messsystems limitierte die Versuchsfläche dabei auf den von den Kameras abgedeckten Bereich. Der Laborboden bestand aus einer leicht strukturierten Oberfläche (handelsüblicher Vinyl-Bodenbelag). Auf dieser Fläche waren zwei „Bahnen“ von jeweils 150 cm Breite und 400 cm Länge markiert, die nacheinander jeweils oben links beginnend, zu wischen waren (Abbildung 8). Dabei war das vorgegebene „Wischmuster“ – rückwärtsgehend in Achten wischen – einzuhalten (Abbildung 9).

Abbildung 8:
Laborboden mit markierten „Bahnen“



Abbildung 9:
Wischmuster

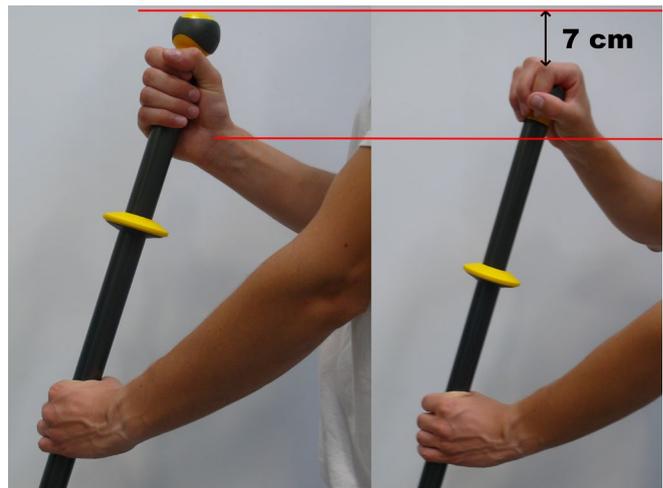


Die Arbeitsgeschwindigkeit war den Teilnehmenden selbst überlassen; sie sollten in dem ihnen gewohnten Tempo vorgehen. Sobald die komplette Fläche gewischt war, wurde der Mopp vom Versuchsleiter mit einer Mopp-Presse in einem Reinigungswagen ausgewrungen, in frisches Wasser inklusive Reinigungszusatz getaucht und auf ein standardisiertes Gewicht von 350 g ausgepresst (Abbildung 10). Die Kontrolle erfolgte per Handwaage (Genauigkeit ± 50 g). Die Bahnen waren mit jedem der drei Stiele jeweils dreimal zu wischen, wobei die Reihenfolge der Stieltypen zufällig variiert wurde. Typ und Größe des Mopps war bei allen Stielen identisch. Vor Versuchsbeginn wurden die Teilnehmenden aufgefordert, sich mit den unterschiedlichen Stieltypen vertraut zu machen und jeweils mindestens einmal die komplette Fläche zu wischen. Somit waren zu Versuchsbeginn die gleichen Bedingungen – leicht benetzter, sauberer Fußboden – gegeben.

Abbildung 10:
Mopp-Presse und Reinigungswagen (links), Handwaage (rechts)



Abbildung 11:
Unterschiedliche Stiellängen bei verschiedenen Greifvarianten



Als standardisierte Stiellänge, wurden die Empfehlungen der BG BAU und von Wallius et al. [17] verwendet. Sie lauten, das Stielende idealerweise auf eine Höhe zwischen Kinn und Schulter des Anwenders einzustellen. Dies wurde für den roten Stiel entsprechend umgesetzt. Für den gelben und grünen Stiel wurde die Einstellung modifiziert, da beide am oberen Ende einen Knauf besitzen und auch dort gegriffen werden sollten. Das Greifen des Knaufs von oben sollte einerseits für eine einheitliche Griffhaltung sorgen, andererseits einen Effekt auf den Verlauf der Handgelenkwinkel induzieren. Allerdings befindet sich die obere Hand beim Greifen von oben, in Relation zum Körper, auf einem höheren Niveau. Um den Einfluss auf andere Arm- und Schulterwinkel zu minimieren, wurden mit dieser Griffhaltung daher bei beiden Stieltypen die individuell eingestellten Stiellängen jeweils um 7 cm verkürzt (Abbildung 11).

Abbildung 12:

Griff seitlich am Knauf und Stiel (je links), Griff von oben auf den Knauf (je rechts)



Es wurde absichtlich weder eine spezielle Einweisung zu den verschiedenen Griffmöglichkeiten noch Tipps zur Benutzung des grünen Stiels gegeben. Die Versuchspersonen in den Vorversuchen zur muskulären Aktivitätsmessung erhielten ebenfalls dieselben Instruktionen.

Im Verlauf der Versuche stellte sich heraus, dass nicht alle Teilnehmenden die vorgegebene Handhaltung auch tatsächlich einnahmen oder bis zum Versuchsende beibehielten und teilweise wieder Ihre gewohnte Handhaltung einnahmen. Daraufhin wurde das ursprünglich aus zehn Versuchspersonen bestehende Kollektiv um weitere sieben Personen erweitert. In diesem zweiten Versuchsteil wurde den Teilnehmenden die Handhaltung freigestellt. Die Möglichkeit, den Knauf am oberen Griffende von oben zu greifen, wurde dann während der Instruktionen nicht thematisiert. Allerdings erhielten diese Teilnehmer im Gegensatz zur ersten Gruppe Hinweise auf die verschiedenen Greifmöglichkeiten und Tipps zur Benutzung der verschiedenen Stieltypen. Bei der Datenauswertung wurden daher – je nach Auswerteparameter – verschiedene Gruppen gebildet. Auch hinsichtlich der Fragebogenauswertung gab es Gruppen je nach erhaltener Instruktion: zehn Versuchspersonen in Gruppe A versus sieben Versuchspersonen in Gruppe B mit spezieller Instruktion zum grünen Stiel. Bezüglich der Gelenkwinkelauswertung erfolgte die Gruppenbildung hinsichtlich der Handhaltung am Knauf: Greifen des Knaufs am oberen Stielende von oben oder „klassisch“ seitlich (Abbildung 12). Als weitere Variante stellte sich heraus, dass ein Stiel auch mit nach unten gerichtetem Daumen der unteren Hand gegriffen wurde (Abbildung 13). Da es sich hierbei um einen „Einzelfall“ gehandelt hat, wurde dieser nicht separat betrachtet oder ausgewertet.

Eine besondere Geometrie weist der grüne Stiel auf. Durch die asymmetrische S-Form sind noch weitere Halte- oder Greifvarianten möglich. Der Stiel kann wahlweise so



gehalten werden, dass sich die obere Hand körperferner oder -näher als die untere Hand befindet (Abbildung 14). Die jeweils verschiedenen Hebelwirkungen verursachen ein unterschiedliches Bewegungs- und Rotationsverhalten des Stiels, besonders beim Richtungswechsel. Für die Auswertung wurden daher alle Versuchsabschnitte auf die jeweilige Greifvariante hin überprüft und ggf. separat ausgewertet oder beschrieben.

Abbildung 13:
Greifvariante der unteren Hand



Abbildung 14:
Greifvarianten mit dem grünen Stiel: obere Hand körperferner (links), obere Hand körpernäher (rechts) durch unterschiedliche Richtung der S-Form



2.6 Versuchspersonen

An der Untersuchung nahmen siebzehn Beschäftigte eines Gebäudereinigungsunternehmens in Ihrer Freizeit teil. Die sechzehn Frauen und ein Mann waren zwischen 17 und 55 Jahre alt. Körperhöhe, Gewicht, Händigkeit, Berufserfahrung und tägliche, ausschließlich für die Bodenreinigung aufgewendete Arbeitszeit sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1:
Probandendaten

	Min	MW ± SD	Max
Alter in Jahren	17	37 ± 11,4	55
Körperhöhe in cm	154	162,6 ± 6,5	173
Körpergewicht in kg	46	72,2 ± 15,6	106
Berufserfahrung in Jahren	0,25	7,2 ± 6,2	25
Tägliche Arbeitszeit für Bodenwischen in Stunden	0,25	1,6 ± 1,2	4

Nach der Händigkeit befragt, gaben sechzehn Personen Rechtshändigkeit und eine Person Linkshändigkeit an. Das Wissen um die Händigkeit erlaubt jedoch keine zuverlässige Vorhersage, welche Hand einen Bodenwischerstiel oben oder unten greift. Die Griffhaltung wurde daher separat erfasst und bei der Auswertung der Messdaten berücksichtigt: Drei Personen fassten Ihren Bodenwischerstiel mit der linken Hand am oberen Ende. Eine Person gab an, diesbezüglich keine Vorliebe zu haben und gelegentlich zu wechseln. Dreizehn Versuchspersonen hielten den Bodenwischerstiel mit der rechten Hand am oberen Ende.

Vor Versuchsbeginn wurden die Teilnehmenden aufgefordert, den einfachen roten Stiel auf die üblicherweise

genutzte Länge einzustellen. Anschließend wurde die individuelle Länge auf das empfohlene Maß – oberes Stielende auf einer Höhe zwischen Schulter und Kinn – eingestellt. Tabelle 2 zeigt die dokumentierten Unterschiede. Demnach stellte sich etwa die Hälfte der Beschäftigten den Stiel etwas länger und die andere Hälfte den Stiel etwas kürzer als empfohlen ein. Während der Versuche wurde ausschließlich die empfohlene Stiellänge verwendet.

Tabelle 2:
Unterschiede zwischen empfohlener und tatsächlich verwendeter Stiellänge nach Angabe der Teilnehmenden

	Anzahl	Abweichung von der Empfehlung			
		Min in cm	MW in cm	Max in cm	SD in cm
länger als Empfehlung	8	3	7,75	15	4,68
kürzer als Empfehlung	8	1	8	16	4,72

2.7 Datenverarbeitung und statistische Analyse

Die Verarbeitung der mit dem VICON®-Messsystem erfassten Daten erfolgte mit der zugehörigen Software VICON Nexus® (Version 2.8.1) und wurde anschließend in der vom IFA entwickelten Auswertesoftware WIDAAN (Winkel-Daten-Analyse) fortgeführt. Die statistische Analyse erfolgte teilweise auch mit der Software IBM SPSS Statistics (Version 23).

In der Datenanalyse wurde in einem ersten Schritt ein Mittelwertvergleich mit einer einfaktoriellem Varianzanalyse (ANOVA mit Messwiederholungen) durchgeführt, um grundsätzliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Wischerstielen zu testen (Signifikanzniveau $p \leq 0,05$). Anschließend erfolgte ein paarweiser Vergleich (Bonferroni-Methode) mit dem roten Stiel als Referenz. Aufgrund verschiedener Greifvarianten wurden zusätzlich jeweils zwei Untergruppen für den gelben und grünen Stiel gebildet. Diese lauteten für den gelben Stiel „oben am Knauf“ und „seitlich am Knauf“; für den grünen Stiel „oben am Knauf“ und „seitlich am Stiel“ (Abbildung 12). Da nicht jeder Proband alle Greifvarianten anwandte, wurden für diesen Vergleich t-Tests mit verbundenen Stichproben durchgeführt.

Aufgrund der kleinen Stichprobe in den Vorversuchen für die muskuläre Aktivitätsmessung per EMG musste bei dieser Auswertung auf ein statistisches Modell verzichtet werden. Boxplots liefern stattdessen ein Bild der Verteilungen.

3 Ergebnisse

3.1 Körperhaltungs- und Bewegungsdaten

Die Ergebnisse der Parameter Rumpfneigung nach vorne, Flexion/Extension der oberen und unteren Hand, Ulnardeviation und Radiusdeviation der oberen und unteren Hand sowie Abduktion des oberen und unteren Arms sind in Tabelle 3 dargestellt. Sie enthält auch die Ergebnisse der ANOVA (Innersubjektfaktor) und die paarweisen Vergleiche; Signifikanzen mit $p < 0,05$ sind mit * gekennzeichnet. Die Rumpfneigung nach vorne unterscheidet sich bei den Stielen nicht signifikant voneinander und betrug während des Wischens bei allen Stielen ca. 15°. Nur während weniger als 5 % der Messzeit (P95) wurden ungünstige Rumpfbeugehaltungen von über 20° gemessen.

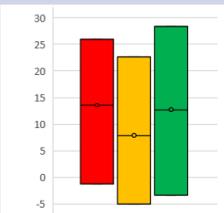
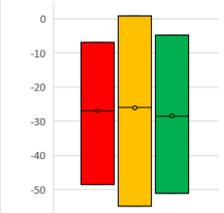
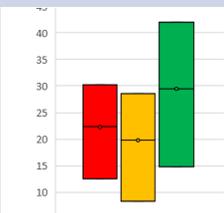
Während die Gelenkstellung der unteren Hand bei allen Stielen mit Flexionswerten um 27° im 50. Perzentil nahezu gleich war, zeigten sich deutlichere Unterschiede bei der oberen Hand. Hier wurden bei Nutzung des roten Stiels die höchsten Werte (P50: 37°) gemessen. Die Werte für den grünen und gelben Stiel lagen wie bei der unteren Hand um 27° (P50). Der Perzentilabstand zwischen dem

5. und 95. Perzentil kann als Maß der durchschnittlichen Bewegungsamplitude eines Gelenks verstanden werden. Bei der oben greifenden Hand ist dieser Wert beim gelben und grünen Stiel mit ca. 40° jeweils um ca. 20° kleiner als beim roten Stiel. Gegensätzliche Verhältnisse herrschten bei der unten greifenden Hand: Der Bewegungsumfang ist hier beim grünen und gelben Stiel um etwa 10° größer als beim roten.

Die seitlichen Handgelenkbewegungen Radialdeviation (Abknicken Richtung Daumen) und Ulnardeviation (Abknicken Richtung kleiner Finger) zeigten bei keinem der drei Stiele eine einheitliche Tendenz. Insgesamt waren die Winkel bei der unten greifenden Hand stärker in Richtung Radialdeviation ausgeprägt als bei der oben greifenden Hand. Unterschiede bei der oberen Hand sind aufgrund variabler Greifhaltungen bei der detaillierteren Analyse zu erwarten (Tabelle 4). Die Werte der Schulterabduktion – das richtungsunabhängige Heben des Arms – zeigen beim Arm der unteren Hand keine nennenswerten Unterschiede. Wie schon bei der Ulnar-/Radiusdeviation sind diese Werte abhängig von der Greifhaltung und daher nur anhand der detaillierteren Analyse bewertbar (Tabelle 4).

Tabelle 3: Mittelwerte der Körperwinkel über 17 Versuchspersonen jeweils für das 5., 50. und 95. Perzentil der Wischerstiele sowie Ergebnisse der statistischen Analyse; SD: Standardabweichung

Perzentil	Wischerstiel			Innersubjektfaktor	rot versus		Balkendiagramm der Perzentile
	rot	gelb	grün		gelb	grün	
Rumpfneigung nach vorne in °							
5. (SD)	11,8 (7,7)	11,6 (7,8)	11 (6,5)	0,594			
50. (SD)	15,3 (7,5)	15,7 (7,8)	14,7 (6,7)	0,511			
95. (SD)	19,6 (7,3)	20,4 (8,0)	19,1 (7,2)	0,359			
Flexion/Extension der oberen Hand in °							
5. (SD)	3,8 (13,1)	-3,1 (17,5)	-1,7 (16,2)	0,149			
50. (SD)	-36,8 (13,0)	-24,7 (13,6)	-26,2 (17,8)	0,003	*		
95. (SD)	-58,5 (14,9)	-42,6 (14,9)	-42,0 (18,8)	< 0,001	*	*	
Flexion/Extension der unteren Hand in °							
5. (SD)	-6,9 (13,2)	0,8 (10,0)	-4,8 (10,6)	0,005	*		
50. (SD)	-26,9 (13,7)	-26,0 (11,3)	-28,4 (12,6)	0,587			
95. (SD)	-48,4 (17,5)	-54,9 (18,3)	-51,1 (18,9)	0,238			

Perzentil	Wischerstiel			Innersubjektfaktor	rot versus		Balkendiagramm der Perzentile
	rot	gelb	grün		gelb	grün	
Ulnardeviation/Radius Deviation der oberen Hand in °							
5. (SD)	-1,3 (9,3)	-5,0 (12,9)	-3,3 (18,1)	0,402			
50. (SD)	13,6 (12,4)	7,9 (14,0)	12,7 (18,4)	0,158			
95. (SD)	26,0 (12,8)	22,6 (13,5)	28,4 (19,0)	1,171			
Ulnardeviation/Radius Deviation der unteren Hand in °							
5. (SD)	-10,6 (9,8)	-6,1 (10,1)	-3,3 (18,5)	0,174			
50. (SD)	-2,4 (9,7)	2,7 (10,5)	5,7 (19,4)	0,095			
95. (SD)	4,9 (8,8)	10,0 (10,2)	12,8 (19,2)	0,083			
Abduktion der Schulter des oberen Arms in °							
5. (SD)	12,5 (8,0)	8,3 (6,6)	14,8 (9,4)	0,004	*		
50. (SD)	22,3 (11,3)	19,8 (7,8)	29,5 (14,1)	0,001			
95. (SD)	30,3 (13,6)	28,5 (9,9)	42,0 (18,3)	0,001			
Abduktion der Schulter des unteren Arms in °							
5. (SD)	0,3 (9,1)	3,6 (10,9)	4,1 (9,5)	0,037		*	
50. (SD)	11,4 (9,6)	15,0 (10,8)	15,1 (10,3)	0,160			
95. (SD)	24,0 (11,9)	28,8 (12,0)	28,1 (13,1)	0,251			

* Signifikanzen mit $p < 0,05$

Die Ergebnisse der Körperhaltung und Gelenkwinkel sind – aufgeschlüsselt nach verschiedenen Griffvarianten – in Tabelle 4 aufgeführt. Zum Vergleich sind jeweils auch die Daten derselben Versuchsperson bei der Nutzung des roten Stiels angegeben. In der Tabelle finden sich ebenso die Ergebnisse der paarweisen Vergleiche des roten Stiels mit den Griffvariationen des gelben und grünen Stiels. Angegeben sind jeweils die Werte und Signifikanzen für das 5., 50. und 95. Perzentil.

Signifikante Effekte zeigen sich zwischen dem roten und gelben Stiel bei der Griffvariation „oben am Knauf“ für das 5., 50. und 95. Perzentil der Flexion der oberen Hand, für das 95. Perzentil der Flexion der unteren Hand, das 50. Perzentil der Ulnardeviation der oberen Hand und das 50. und 95. Perzentil der Ulnardeviation der unteren Hand.

Zwischen dem roten und dem gelben Stiel mit der Griffvariation „seitlich am Knauf“ gibt es signifikante Unterschiede für das 5., 50. und 95. Perzentil der Abduktion des oberen Arms, das 5. und 95. Perzentil der Flexion der oberen Hand und das 50. Perzentil der Ulnardeviation der unteren Hand. Die Griffvariation „oben am Knauf“ am grünen Stiel unterscheidet sich vom roten Stiel in dem 5., 50. und 95. Perzentil der Ulnardeviation der unteren Hand, dem 5. und 50. Perzentil der Flexion der oberen Hand und der Abduktion des oberen Arms und dem 50. und 95. Perzentil der Abduktion des oberen Arms. Für die Griffvariation „seitlich am Stiel“ des grünen Stiels wurden keine signifikanten Unterschiede zum roten Stiel gefunden. Für die Rumpfneigung wurde bei keiner der Griffvarianten ein signifikanter Unterschied zum roten Stiel festgestellt.

Tabelle 4:

Mittelwerte der Körperwinkel jeweils für das 5., 50. und 95. Perzentil der Griffvariationen der Wischerstiele sowie Ergebnisse der statistischen Analyse; GEO: gelber Griff oben am Knauf, GES: gelber Griff seitlich am Knauf, GRO: grüner Griff oben am Knauf, GRS: grüner Griff seitlich am Stiel, SD: Standardabweichung

Perzentil	Wischerstiel					rot versus				Balkendiagramm der Perzentile
	rot n = 16	GEO n = 10	GES n = 8	GRO n = 8	GRS n = 4	GEO	GES	GRO	GRS	
Rumpfeigung nach vorne in °										
5. (SD)	11,8 7,5	12,4 5,4	10,2 9,4	12,8 4,9	12,8					
50. (SD)	15,3 7,4	16,4 5,6	14,1 9	16,6 5,3	15,4 8,1					
95. (SD)	19,6 7,1	21,2 6	18,4 8,5	21,1 5,9	18,9 8,5					
Flexion/Extension der oberen Hand in °										
5. (SD)	-58,5 14,6	-41 5,7	-41,7 10,4	-34,3 9,6	-59,9 16,5	*	*	*		
50 (SD)	-36,8 12,5	-25,8 5,7	-23,8 8,9	-21,7 7	-42,5 11,7	*		*		
95. (SD)	3,8 12,5	-12,4 6,6	-0,4 1,7	-5,8 8,7	-9,1 9,7	*	*			
Flexion/Extension der unteren Hand in °										
5. (SD)	-48,4 16,9	-60,2 16,9	-61,7 12,6	-54,5 15,4	-37,7 9,5					
50. (SD)	-26,9 13,5	-28,9 9,4	-27,8 10,5	-28,8 11,7	-21,3 6,3					
95. (SD)	-6,9 12,9	0,6 7,9	4,4 11	-4,8 10,4	-5,4 2,2	*				
Ulnardeviation/Radiusdeviation der oberen Hand in °										
5. (SD)	-1,3 9	-6,6 13,1	-3,7 13,3	-1,6 15,4	7,8 8,8					
50. (SD)	13,6 12	6,1 13,1	7,1 13,3	14,8 15,1	17,5 11,1	*				
95. (SD)	26 12,5	22,1 9,6	19,9 11,9	30 13,7	29,1 9,1					
Ulnardeviation/Radiusdeviation der unteren Hand in °										
5. (SD)	-10,6 9,5	-2,4 7,3	-4,6 10,6	-2,3 8,3	-18,3 12,1			*		
50. (SD)	-2,4 9,4	6,4 8	5,2 10,4	7 8,7	-13 12,6	*	*	*		
95. (SD)	4,9 8,5	12,6 8,8	13,4 10,3	14,6 10,1	-7 10,5	*		*		
Abduktion der Schulter des oberen Arms in °										
5. (SD)	12,5 7,9	8,8 7,8	9,9 6	20,9 8,6	9,3 1,8		*			
50. (SD)	22,3 11,2	22,7 7,3	17,7 6,8	38 13,7	19,9 4,7		*	*		
95. (SD)	30,3 13,4	32,1 9,1	24,7 8,2	51,6 15,1	28,1 6		*	*		

Perzentil	Wischerstiel					rot versus				Balkendiagramm der Perzentile
	rot n = 16	GEO n = 10	GES n = 8	GRO n = 8	GRS n = 4	GEO	GES	GRO	GRS	
Abduktion der Schulter des unteren Arms in °										
5. (SD)	0,3 9,1	4,7 9,5	3,4 9	6,1 6,4	0,4 7,4			*		
50. (SD)	11,4 9,5	15,7 8,4	14,2 8	17,1 6,9	11,8 9			*		
95. (SD)	24 11,8	30,1 8,1	26,7 9,9	29,9 8,2	25,2 11,6					

3.2 Oberflächen-Elektromyografie

Die Ergebnisse der muskulären Aktivitätsmessung der Muskeln flexor carpi ulnaris (Handgelenkbeuger), extensor carpi radialis (Handgelenkstrecker) und trapezius (Schulterbereich, beteiligt beim Heben der Arme) sind als Boxplots dargestellt (Abbildung 15 bis 17). Unabhängig

vom Stieltyp wurden der M. flexor carpi ulnaris des unteren Arms und der M. extensor carpi radialis sowie M. trapezius des oberen Arms jeweils stärker aktiviert als der entsprechende Muskel des anderen Arms. Die höchste durchschnittliche muskuläre Aktivität (50. Perzentil) wurde bei allen Stielen am M. flexor carpi ulnaris des unteren Arms mit durchschnittlich 30 % MVC gemessen.

Abbildung 15:

Boxplot-Diagramm der Mittelwerte über zwei Versuchspersonen des 5., 25., 50. (fett gedruckt), 75. und 95. Perzentils der EMG-Werte in %; MVC des M. flexor carpi ulnaris des Arms der oberen und unteren Hand für die Wischerstiele rot (links), gelb (Mitte) und grün (rechts)

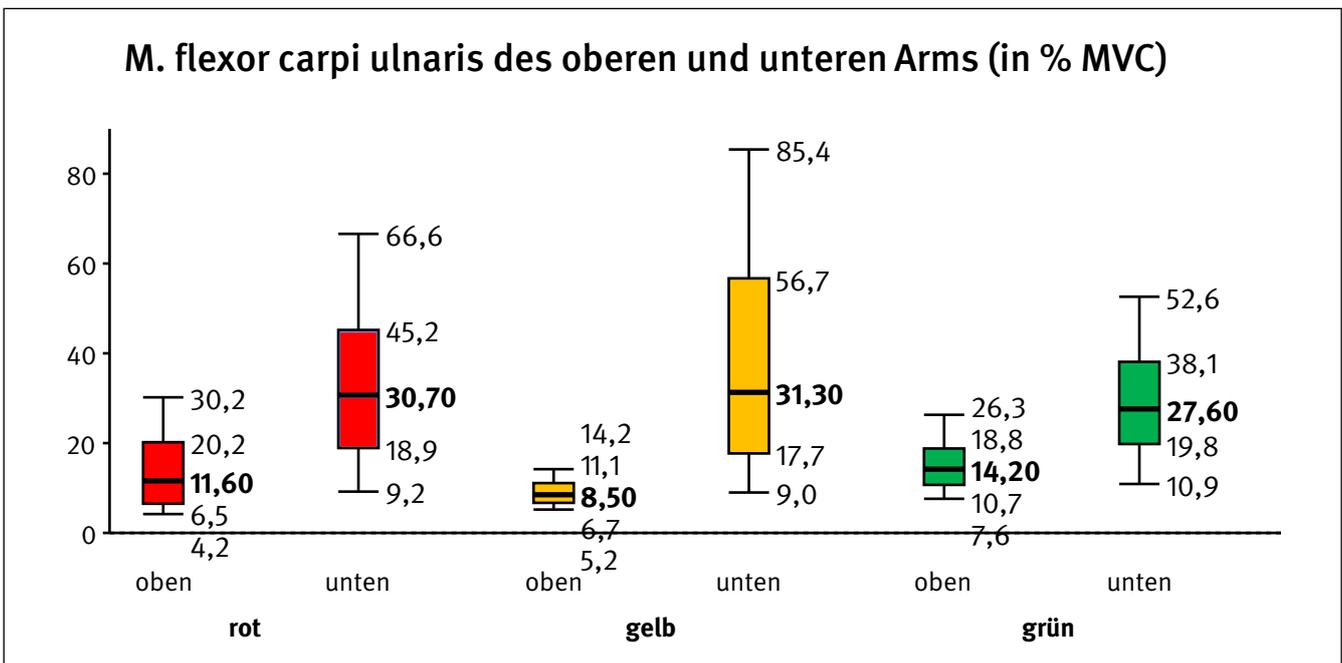


Abbildung 16:

Boxplot-Diagramm der Mittelwerte über zwei Versuchspersonen des 5., 25., 50. (fett gedruckt), 75. und 95. Perzentils der EMG-Werte in %; MVC des M. extensor carpi radialis des oberen und unteren Arms für die Wischerstiele rot (links), gelb (Mitte) und grün (rechts)

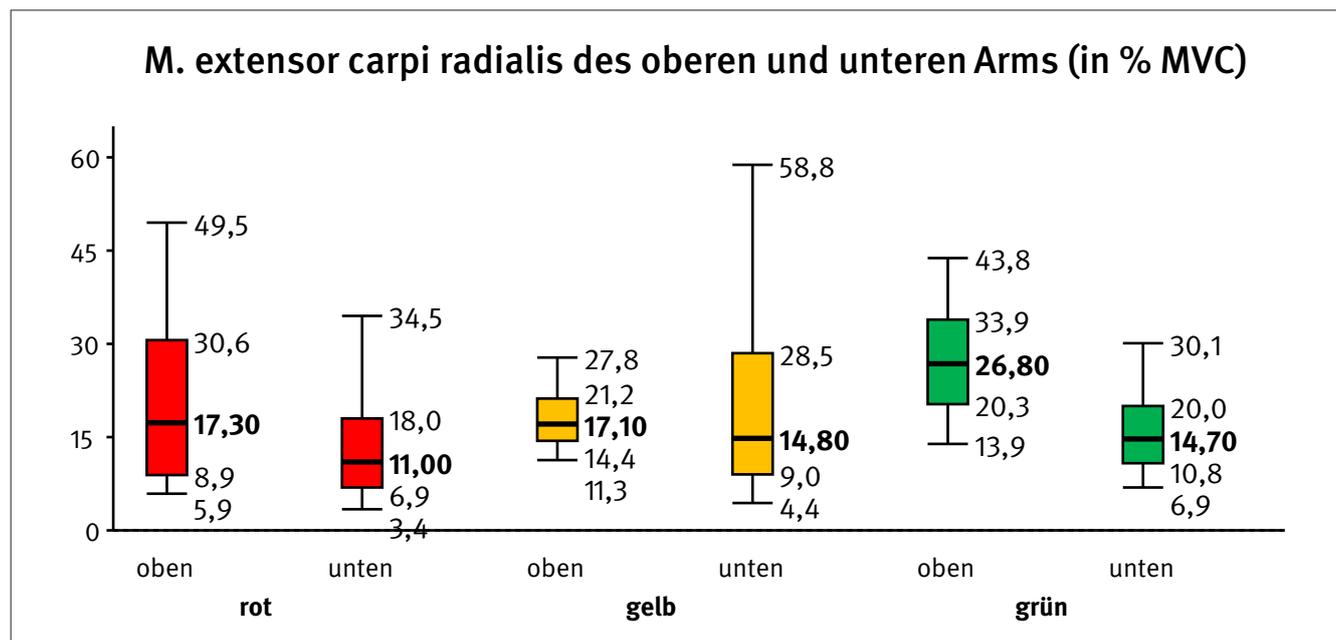
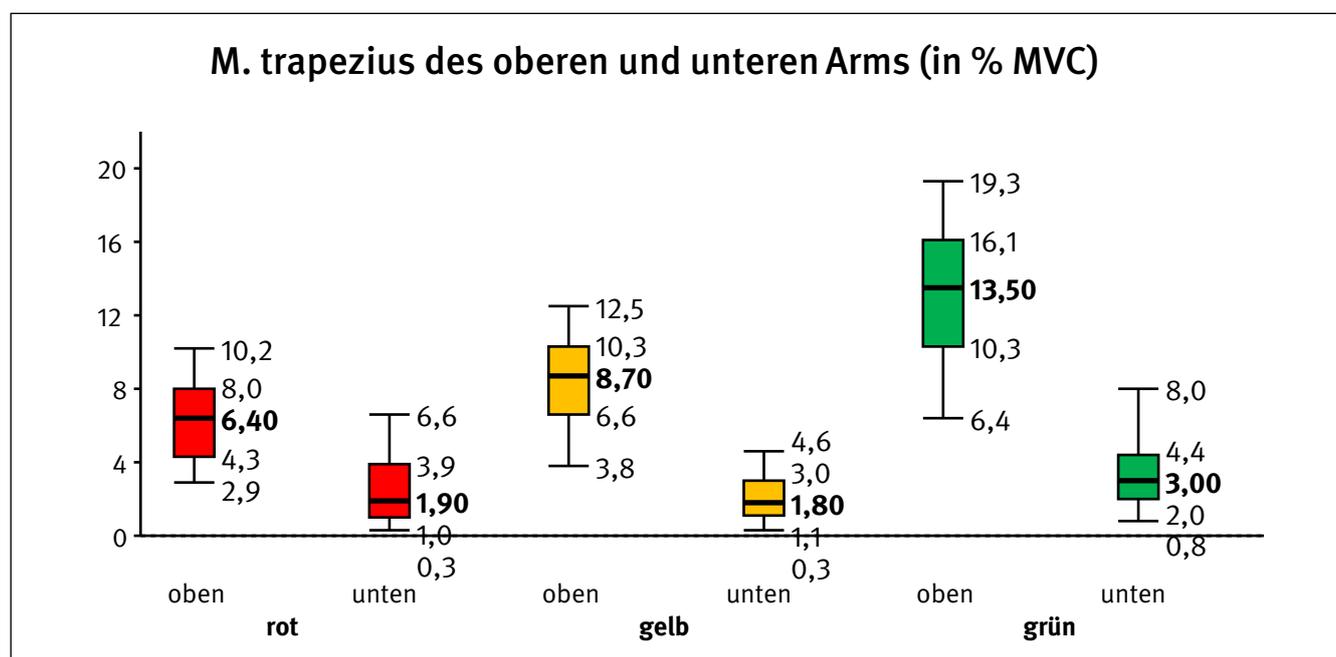


Abbildung 17:

Boxplot-Diagramm der Mittelwerte über zwei Versuchspersonen des 5., 25., 50. (fett gedruckt), 75. und 95. Perzentils der EMG-Werte in %; MVC des M. trapezius des oberen und unteren Arms für die Wischerstiele rot (links), gelb (Mitte) und grün (rechts)



3.3 Fragebögen und subjektive Bewertung

Die Befragungsergebnisse zum Anstrengungsempfinden bei der Benutzung unterschiedlicher Stieltypen und zu individuellen Vorlieben sind in Tabelle 5 dargestellt. Hier sind sowohl die Angaben aller Teilnehmenden als auch ihre Zugehörigkeit zu den Gruppen aufgeführt: in Gruppe A die ersten zehn Teilnehmenden mit vorgegebener Handhaltung der oberen Hand, in Gruppe B sieben Teilnehmende ohne Handhaltungsvorgabe mit spezieller Instruktion zum grünen Stiel. Tabelle 6 zeigt die Bewertung des subjektiven Anstrengungsempfinden bei

der Benutzung der verschiedenen Stiele. Bei der verwendeten Borg-CR10-Skala [25] entsprechen höhere Werte einem höheren Anstrengungsempfinden. Rechte und linke Körperseite waren separat zu bewerten. In Abbildung 18 sind diese Ergebnisse übersichtlich in einem Boxplot-Diagramm dargestellt. Die Bewertungen bezüglich der rechten und linken Seite unterschieden sich nur in wenigen Einzelfällen.

Bei einer Differenzierung in die Gruppen A und B ergibt sich dabei das Bild in Abbildung 19.

Tabelle 5:

Fragebogenergebnisse: In Klammern stehen die unterteilten Ergebnisse für beide Gruppen (erster Wert: Anzahl Teilnehmer aus Gruppe A (10 VP) mit vorgegebener Handhaltung der oberen Hand; zweiter Wert: Anzahl der Teilnehmer aus Gruppe B (7 VP) ohne Handhaltungsvorgabe aber mit spezieller Instruktion zum grünen Stiel)

	rot	gelb	grün
Mit welchem Stieltyp arbeiten Sie üblicherweise?	17	0	0
Welcher Stiel hat Ihnen im Versuch am besten gefallen?	6 (5/1)	9 (4/5)	2 (1/1)
Welcher Stiel hat Ihnen im Versuch am wenigsten gefallen?	1 (1/0)	2 (0/2)	14 (9/5)
Mit welchem Stiel würden Sie am liebsten arbeiten?	5 (4/1)	10 (5/5)	2 (1/1)
	ja	nein	k. A./weiß nicht
Ist Ihr Wischerstiel höhenverstellbar?	8 (5/3)	7 (5/2)	2 (0/2)
	selbst eingestellte Länge	empfohlene Länge	k. A./weiß nicht/egal
Welche Stiellänge gefällt Ihnen besser?	2 (1/1)	8 (6/2)	7 (3/4)

Tabelle 6:

Ergebnisse der Bewertung nach der Borg-Skala

		rot, links	rot, rechts	gelb, links	gelb, rechts	grün, links	grün, rechts
Gesamt (n = 17)	MIN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	MW	1,3	1,3	1,3	1,1	2,7	3,1
	MAX	5,0	5,0	5,0	3,0	8,0	8,0
	SD	1,6	1,6	1,4	1,1	2,3	2,2
Gruppe A (n = 10)	MIN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	MW	1,4	1,4	1,5	0,9	3,3	3,2
	MAX	5,0	5,0	5,0	3,0	8,0	8,0
	SD	2,0	2,0	1,7	1,0	2,8	2,9
Gruppe B (n = 7)	MIN	0,0	0,5	0,0	0,0	0,3	2,0
	MW	1,1	1,2	1,1	1,3	1,9	3,0
	MAX	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0	5,0
	SD	0,9	0,8	1,0	1,2	1,0	1,0

Abbildung 18:

Ergebnisse der Bewertung nach der Borg-Skala. Die Boxen zeigen jeweils Minimum, Maximum und Mittelwert. Die Farbe der Boxen entspricht derjenigen der Stieltypen: linke Box jeweils linke Hand, rechte Box jeweils rechte Hand (dasselbe gilt auch für Abbildung 19)

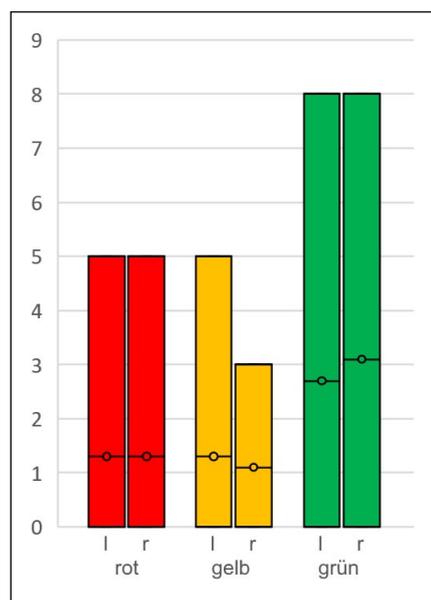
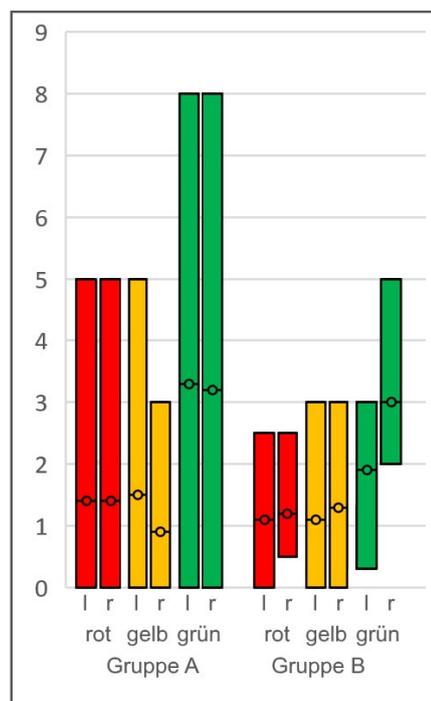


Abbildung 19:

Ergebnisse der Bewertung nach der Borg-Skala als Boxplots für linke und rechte Hand, unterteilt in Gruppen. Die Boxen zeigen jeweils Minimum, Maximum und Mittelwert. Die Farbe der Boxen entspricht derjenigen der Stieltypen, dargestellt sind jeweils beide Hände der Gruppe A (n=10, linker Abbildungsbereich) und Gruppe B (n=7, rechter Abbildungsbereich)



Der Mann-Whitney-U-Test für gepaarte Stichproben kann bei nicht normalverteilten Stichproben angewendet wer-

den. Mit ihm werden die Messdaten durch Ränge ersetzt, sodass die absoluten Abstände zwischen den Messdaten unberücksichtigt bleiben können. Die Differenzen zwischen den einzelnen Stufen bei der verwendeten Borg-Skala sind unterschiedlich groß. Mit diesem Test kann untersucht werden, ob zwei verbundene Verteilungen – Bewertungen der Stiele rot, gelb, grün – signifikante Unterschiede aufweisen. Demnach unterscheiden sich die Bewertungen für den gelben und grünen Stiel sowie zwischen dem roten und grünen Stiel signifikant. Die Unterschiede in der Bewertung zwischen dem roten und gelben Stiel sind hingegen nicht signifikant. Dies gilt für die Gesamtheit aller Versuchsteilnehmer und für die Gruppe A (Tabelle 7).

Tabelle 7:

Mann-Whitney-U-Test für gepaarte Stichproben nach Stieltypbewertung für alle Teilnehmenden, sowie getrennt für beide Gruppen

Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	rot - gelb	grün - gelb	grün - rot
alle Teilnehmenden (n=17)	0,875	0,001	0,004
Gruppe A (n=10)	0,888	0,008	0,037
Gruppe B (n=7)	0,854	0,091	0,028

Bei Gruppe B fallen die Bewertungen für die Stiele grün und gelb nicht so ausgeprägt unterschiedlich aus (2-seitige asymptotische Signifikanz 0,091, Tabelle 7). Ob das Anstrengungsempfinden möglicherweise vom Alter oder der Berufserfahrung abhängt, kann ebenfalls mit der Rangkorrelation nach Spearman untersucht werden (Tabellen 8 und 9).

Tabelle 8:

Rangkorrelation nach Spearman zwischen der Bewertung des Stieltyps und des Alters

n = 17		gelb	rot	grün	
Spearman-Rho	Alter	Korrelationskoeffizient	,124	-,096	-,033
		Signifikanz (2-seitig)	,634	,715	,899

Tabelle 9:

Rangkorrelation nach Spearman zwischen Bewertung des Stieltyps und der Berufserfahrung

n = 17		gelb	rot	grün	
Spearman-Rho	Berufserfahrung	Korrelationskoeffizient	,243	,228	,516
		Signifikanz (2-seitig)	,347	,378	,034

3 Ergebnisse

Aus den dargestellten Korrelationen ist zu schließen, dass lediglich ein geringer signifikanter Zusammenhang zwischen der Berufserfahrung und der Bewertung des grünen Stiels bestehen könnte. Der Korrelationskoeffizient von 0,516 lässt dabei nur einen schwach ausgeprägten Zusammenhang zu. Die Diagramme 1 bis 3 verdeutlichen dies. Alle anderen Kombinationen wiesen keinen signifikanten Zusammenhang auf.

Diagramm 1:

Anstrengungsempfinden nach der Borg-Skala gegenüber Berufserfahrung in Monaten für den Stiel gelb (n = 17)

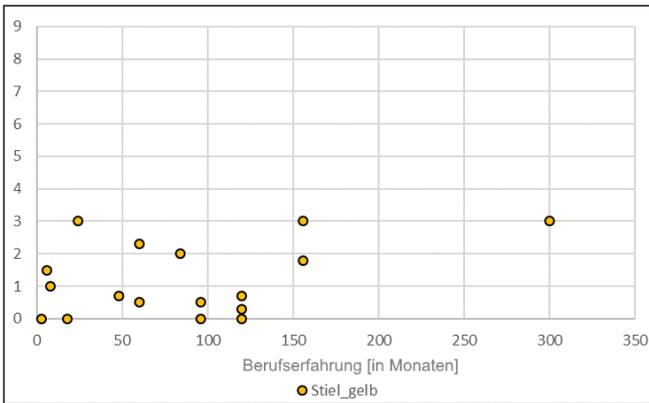


Diagramm 2:

Anstrengungsempfinden nach der Borg-Skala gegenüber Berufserfahrung in Monaten für den Stiel rot (n = 17)

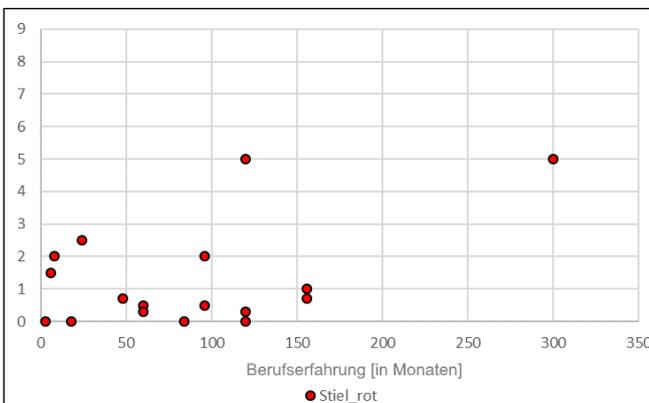
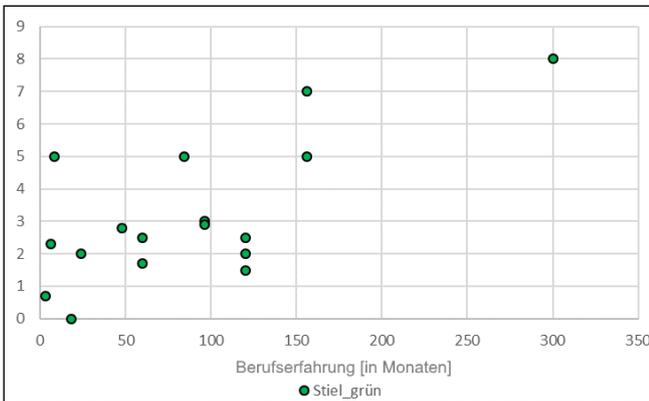


Diagramm 3:

Anstrengungsempfinden nach der Borg-Skala gegenüber Berufserfahrung in Monaten für den Stiel grün (n = 17)



4 Diskussion

In diesem Report werden die Ergebnisse einer vergleichenden Untersuchung von drei verschiedenen gestalteten Bodenwischerstielen vorgestellt. Sie zeigen, dass die unterschiedliche Verstell- und Bedienmöglichkeit bzw. Formgebung der Stiele eine Reduktion von Gelenkwinkelbelastungen – insbesondere der Handgelenke – bewirken kann. Vor der Diskussion der Ergebnisse wird kurz auf die Stärken und Schwächen der angewendeten Methoden eingegangen.

4.1 Auswahl des Versuchsdesigns

Die Entscheidung für eine Laboruntersuchung und gegen Untersuchungen „im Feld“ ergibt sich aus Gründen der Vielfalt der verschiedenen Tätigkeiten von Reinigungskräften. Da das Bodenwischen meist nur einen Teil der Aufgaben einer Reinigungsfachkraft darstellt, bietet es sich an, diese Tätigkeit separat im Labor zu untersuchen und somit Einflüsse durch andere Tätigkeiten auszuschließen.

Um miteinander vergleichbare Daten zu erhalten, musste ein Versuchsdesign gefunden werden, bei dem die Tätigkeiten bei Wiederholungsmessungen möglichst ähnliche Körperbewegungen und -haltungen hervorrufen. Das Reinigen von Bodenflächen in beengten Verhältnissen – z. B. in sehr kleinen Räumen oder an wenig zugänglichen Stellen wie z. B. unter Tischen und Sitzgelegenheiten – wäre hierfür wenig geeignet. Daher wurde das Reinigen von größeren Flächen wie Fluren als exemplarische, standardisierte Tätigkeit ausgewählt, da hierfür bereits Empfehlungen zur Durchführung bestehen. Wie sich im Laufe der Versuche herausstellte, wird die empfohlene rückwärtsgehende und in Achten wischende Vorgehensweise von allen Teilnehmenden ohnehin während der täglichen Arbeitszeit angewendet. Eine Umgewöhnung an eine neue Arbeitstechnik nur für den Versuchszeitraum war daher nicht nötig und ein daraus resultierender Effekt auf die Messgrößen kann weitestgehend ausgeschlossen werden. Das verwendete Szenario eignet sich besonders gut, da es bei großräumigen Flächen angewendet wird und zeitlich den größten Anteil bei der Bodenreinigung beansprucht, wenn keine maschinelle Unterstützung zur Verfügung steht. Dennoch ist bei der Analyse der Ergebnisse zu berücksichtigen, dass Reinigungskräfte in der Regel weitere, verschiedenartige Wischtätigkeiten und -bewegungen ausführen. Entsprechend beziehen sich die Ergebnisse dieser Untersuchung ausschließlich auf die hier angewendete Wischtechnik und können nicht ohne Weiteres auf andere Techniken oder Tätigkeiten übertragen werden.

Die Reinigungskräfte wurden angewiesen, die Versuchsabschnitte in ihrem gewohnten Arbeitstempo zu absolvieren. Es ist aber anzunehmen, dass unter Laborverhältnis-

sen ein geringerer Zeitdruck als im Arbeitsalltag bestand. In der Praxis treten möglicherweise andere und ggf. höhere zeitliche Anforderungen und körperliche Belastungen als in dieser Untersuchung auf.

4.2 Stärken und Schwächen der Methodik

Die in dieser Untersuchung verwendeten Methoden sind bereits etabliert und haben sich bei ähnlichen Fragestellungen bewährt (siehe Literaturrecherche).

EMG-Messungen sind aufgrund der vorbereitenden Arbeiten und Kalibrierungen für die Versuchspersonen relativ zeitaufwendig. Wegen der stark begrenzten zeitlichen Verfügbarkeit von freiwillig Teilnehmenden wurden EMG-Messungen daher nur in der Voruntersuchung angewendet. Sie konnten damit nur einer Einschätzung der ungefähren Größenordnung der muskulären Aktivität beim Bodenwischen im Vergleich mit Ergebnissen der Literatur dienen. Signifikant unterschiedliche Ergebnisse bei verschiedenen Stieltypen waren aufgrund der dennoch ähnlichen Bewegungen nicht zu erwarten. Wohl aber deuten die Ergebnisse auf unterschiedliche Beanspruchungen der Muskeln der Bereiche Unterarm/Handgelenk gegenüber dem Schulterbereich bei der Tätigkeit hin.

Das VICON[®]-Messsystem stellt eine bewährte Methode zur Bestimmung von Körperhaltungen, -bewegungen und Gelenkwinkelbestimmung dar. Der Versuchsbereich ist durch denjenigen Bereich limitiert, der durch die Kameras abgedeckt wird. Dabei ist es erforderlich, dass jeder Marker zu jedem Zeitpunkt gleichzeitig von mehreren Kameras detektiert wird, um eine korrekte dreidimensionale Abbildung der Marker im Raum zu generieren. Ist dies gegeben, kann unter der Voraussetzung, dass die Marker fest am nachzuverfolgenden Objekt/Versuchspersonen fixiert sind, eine millimetergenaue Aufzeichnung der Markerbewegungen im Raum erfolgen. Durch die Kenntnis der relativen Position der Marker zu Gelenkmittelpunkten lassen sich anschließend die Bewegungen und exakten Gelenkwinkel der Personen analysieren, die sich mit angebrachten Markern innerhalb des abgedeckten Bereichs bewegt haben. Eine Bewegungsbeeinträchtigung der Teilnehmenden durch das Messsystem ist gegenüber anderen körpergebundenen Messsystemen nahezu auszuschließen, da die Marker eine geringe Größe bzw. geringes Gewicht aufweisen. Messungengenauigkeiten in kleinerem Ausmaß können dadurch verursacht werden, dass die Marker teilweise nicht direkt auf der Haut, sondern auf der Kleidung angebracht sind. Diese Artefakte können durch softwaretechnische und manuelle Nachbearbeitungen korrigiert werden.

4.3 Teilnehmende

Die Teilnehmenden rekrutierten sich aus Beschäftigten eines einzelnen Reinigungsunternehmens. Die Meldung zur freiwilligen Teilnahme erfolgte durch die Teilnehmenden selbst. Vorausgegangen war ein Informationsschreiben zum Hintergrund der angewendeten Messmethodik und voraussichtlichen Dauer der Versuchsdurchführung sowie ein kurzes Informationsgespräch, in dem Fragen zu Durchführung oder Datenschutzaspekten beantwortet wurden. Die Versuchsteilnahme erfolgte außerhalb der regulären Arbeitszeit je nach Wunsch vor oder nach der jeweiligen Arbeitsschicht. Die Geschlechterverteilung, Alterszusammensetzung und Berufserfahrung im Probandenkollektiv ist möglicherweise nicht repräsentativ für die Gesamtheit der in der Branche Beschäftigten. Bei einer kleinen Stichprobe von zehn bzw. sieben zufällig teilnehmenden Versuchspersonen kann dies ohnehin nicht erwartet werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind also unter der Berücksichtigung eines Einflusses von individuellen Faktoren und den genannten Limitationen zu bewerten und zu verstehen.

4.4 Körperhaltung und Gelenkwinkel

4.4.1 Rumpfneigung

Die Vorneigung des Oberkörpers blieb unabhängig von Stiel und Greifvariation relativ konstant, unter der Voraussetzung, dass die Stiellänge an die Körperhöhe des Anwenders angepasst war. Während der Versuche betrug die Rumpfneigung bei der Nutzung aller Stiele in weniger als 5 % der Zeit über 20°. Damit arbeiteten die Versuchspersonen erwünscht deutlich aufrechter als in der Untersuchung von *Søgaard et al.* [13]. Dementsprechend sollten Bodenwischerstiele grundsätzlich ein höhenverstellbares Element enthalten, um sie individuell an die Körperhöhe des Benutzers anzupassen. Wie durch *Wallius et al.* [17] und die BG BAU bereits empfohlen, sollte die Länge des Stiels so eingestellt werden, dass sich das obere Stielende bei senkrechter Orientierung etwa auf der Höhe zwischen Kinn und Schulter befindet. Unterschiedliche Greifvarianten hatten keinen signifikanten Effekt auf die Rumpfbeugehaltung, es war lediglich eine leichte Tendenz zu einer aufrechteren Haltung beim seitlichen Greifen mit der oberen Hand zu erkennen.

Im Gegensatz zum geringen Einfluss auf die Rumpfhaltung zeigte die Analyse, dass die Handhabungsvariante – je nachdem, wie das obere Stielende festgehalten wird – einen Effekt auf Haltungs- und Bewegungsparameter der Extremitäten haben kann. Im zweiten Schritt der Datenanalyse wurde daher die Greifart berücksichtigt. So zeigte sich, dass beim Griff von oben auf den Knauf am grünen Stiel ein geringerer Bewegungsumfang in einem kleineren Winkelbereich des oberen Handgelenks festzustellen

war, was jedoch mit einer erhöhten Abduktion desselben Armes einherging. Es lässt sich somit nicht ausschließen, dass mit dieser Greifvariante eine veränderte muskuläre Belastung des Schulter-Arm-Systems einhergeht. Diese veränderte muskuläre Belastung bei einer stärkeren Abduktion des oberen Armes könnte unter anderem zu der dokumentierten, vergleichsweise ungünstigeren Bewertung des grünen Stiels beigetragen haben. Die verschiedenen Möglichkeiten, den grünen oder gelben Stiel zu greifen, führten also nicht zu einer signifikanten Änderung der Oberkörperhaltung bzw. Rumpfneigung gegenüber dem roten Standardstiel. Ausschlaggebend für die Rumpfneigung ist nach den Ergebnissen dieser Untersuchung ausschließlich die Stiellänge.

Um eine erhöhte Belastung durch erhöhte Armelevation beim Greifen von oben auf einen Knauf zu relativieren, sollte die Stiellänge – ergänzend zu den aktuellen Empfehlungen – etwas modifiziert werden, indem die Stiellänge um den Betrag verkürzt wird, den das Handgelenk im Vergleich zum seitlichen Greifen weiter oben greift (Abbildung 11).

4.4.2 Handgelenkwinkel

Nur einige der Handgelenkwinkel haben sich als signifikant unterschiedlich herausgestellt (Tabellen 3 und 4). Dennoch können Tendenzen aufgezeigt werden. Als Maße zur Bewertung der Handgelenkwinkel können neben den eigentlichen Perzentilangaben beispielsweise auch die Abweichungen des Mittelwerts zur neutralen Nullstellung und die maximalen Abweichungen von dieser Nullstellung in beide Richtungen als Maß für den Bewegungsumfang herangezogen werden. Rechnerisch ist dies die Spanne zwischen dem P5-Wert und dem P95-Wert. In Tabelle 10 sind zum Vergleich der oberen und unteren Hand für die Flexion/Extension die P50-Werte, die jeweiligen Bewegungsumfänge und die Summe der Bewegungsumfänge der rechten und linken Hand für alle Stieltypen angegeben.

Es hat demnach den Anschein, dass bei der Nutzung eines rotierenden Knaufes am oberen Stielende (gelber und grüner Stiel) der Gesamtbewegungsumfang beider Hände in Richtung Flexion/Extension reduziert würde – unabhängig davon, ob der Knauf seitlich oder von oben gegriffen wird. Die geringsten Werte wurden beim grünen Stiel gemessen, was als Hinweis gewertet werden kann, dass mit den drehbar gelagerten Griffelementen in Kombination mit der S-Form eine Rotation des Stiels mit geringerem Bewegungsumfang der Handgelenke realisiert werden kann.

Im Gegensatz zur Flexion/Extension haben sich bezüglich der Ulnar-/Radialdeviation nur sehr geringe Unterschiede beim Bewegungsumfang gezeigt (Tabelle 11).

Tabelle 10:

Flexion/Extension der Handgelenke, 50. Perzentil, Ranges und Summe der Ranges beider Hände

Flexion/Extension	P50 obere Hand	P50 untere Hand	Range (P5-P95) obere Hand	Range (P5-P95) untere Hand	Summe Range
rot	-37°	-27°	71°	42°	113°
gelb (seitlich)	-26°	-29°	29°	61°	90°
gelb (oben)	-24°	-28°	41°	58°	99°
grün (seitlich)	-22°	-29°	29°	50°	79°
grün (oben)	-43°	-21°	43°	32°	75°

Tabelle 11:

Ulnar-/Radialdeviation, 50. Perzentil, Ranges und Summe der Ranges beider Hände

Deviation	P50 obere Hand	P50 untere Hand	Range (P5-P95) obere Hand	Range (P5-P95) untere Hand	Summe Range
rot	14°	-2°	27°	15°	42°
gelb (seitl.)	6°	6°	29°	15°	44°
gelb (oben)	7°	5°	24°	18°	42°
grün (seitl.)	15°	7°	32°	17°	49°
grün (oben)	18°	-13°	21°	11°	32°

4.4.3 Schulterwinkel

Das Anheben der Arme beim Bodenwischen war bis auf eine Ausnahme für alle Stieltypen und Greifvarianten sehr ähnlich. Erwartungsgemäß waren die Werte für den Arm, dessen Hand unten am Stiel greift, mit Werten zwischen 0 und 30° etwas geringer als für den anderen Arm (zwischen 10 und 30°). Ausnahme bildete hier der grüne Stiel, wenn der Knauf von oben gegriffen wurde. Bei dieser Greifvariante waren die Elevationswerte des Arms der oben greifenden Hand deutlich höher (P50 = 38°, P95 = 52°). Vermutlich ist der ungewohnte Bewegungsablauf beim Bodenwischen mit dem s-förmigen Stiel hierfür verantwortlich. Es war auch gelegentlich zu beobachten, dass bei „falscher“ Orientierung der Stiels (Abbildung 14) die Bewegungen beim Richtungswechsel weniger flüssig abliefen und durch Kraftausübung aus unterschiedlichen Richtungen versucht wurde, die gewünschte Wischbewegung durch Kraft statt durch Technik zu erzwingen. Der ungewohnte Bewegungsablauf und das unerwartete Verhalten des s-förmigen Stiels sind vermutlich mit für die vergleichsweise negative Bewertung dieses Stiels verantwortlich.

4.4.4 Elektromyografie

Auf Basis der Vorversuche mit EMG-Messungen lassen sich aufgrund der geringen Stichprobengröße nur Tendenzen zur muskulären Aktivität ableiten. Grundsätzlich wurde die in der Literatur bereits beschriebene hohe

muskuläre Belastung bei länger andauernder Durchführung der Tätigkeit durch unsere Messungen bestätigt. Die am M. extensor carpi radialis und M. trapezius gemessenen MVC-Werte sind vergleichbar mit den Ergebnissen von Kumar et al. [8]. Ob Unterschiede in der muskulären Aktivität durch die verschiedenen Stieltypen ausgelöst werden, konnte aufgrund des exemplarischen Charakters der Messungen mit nur zwei Versuchspersonen nicht statistisch signifikant festgestellt werden.

Auffallend ist lediglich eine Tendenz, dass der M. flexor carpi ulnaris des unteren Arms sowie der M. extensor carpi radialis und M. trapezius des oberen Arms unabhängig vom Stieltyp jeweils stärker aktiviert wurde als der entsprechende Muskel des anderen Arms. Daher kann eine asymmetrische Belastung der oberen Extremitäten bei dieser Tätigkeit angenommen werden. Es erscheint plausibel, dass die Unterarmmuskulatur des einen Armes die achtförmige Bewegung eine Rotation des Stiels verursacht, während für die seitlich schiebende bzw. ziehende Bewegung und senkrechte Druckausübung auf den Stiel die Muskulatur des anderen Armes verantwortlich ist. Eine solche Aufteilung kann bei einem Standardstiel wie dem roten durchaus sowohl inter- als auch intraindividuell unterschiedlich sein. Die Rotation erfolgt durch die untere oder obere Hand bzw. wechselnd, je nachdem, ob der Stielgriff bei Rotation durch die Handfläche gleitet oder die Rotation durch festen Griff der Hand erst ausgelöst wird. Bei einem drehbar gelagerten Stielgriff – Knauf beim gelben Stiel und drehbare Griffstücke beim grünen

Stiel – kann daher eine andere Technik der Bewegungsübertragung auf den Stiel erforderlich sein oder ermöglicht werden, die unter Umständen erst eingeübt und trainiert werden muss, um effektiv eingesetzt zu werden.

Die höchste durchschnittliche muskuläre Aktivität (50. Perzentil) wurde bei allen Stielen am *M. flexor carpi ulnaris* des unteren Arms mit durchschnittlich 30 % MVC gemessen. Aufgrund der speziellen Formgebung und der drehbaren Griffstücke des grünen Stiels wäre ggf. ein Effekt auf die Muskulatur der Unterarme zu erwarten gewesen, der allerdings nicht gezeigt werden konnte.

4.4.5 Fragebögen

Alle Teilnehmer gaben an, während Ihrer täglichen Arbeit für das Wischen von Fußböden einen Standardstiel zu verwenden, der mit dem roten Stiel der Untersuchung vergleichbar ist. Allerdings war dieser nur bei 8 von 17 auch längenverstellbar (Tabelle 5). Daher ist es nicht überraschend, dass bei selbst eingestellter Stiellänge teils Abweichungen von bis zu 16 cm zur empfohlenen Stiellänge registriert wurden (Tabelle 2). Die Empfehlungen zur Einstellung einer optimalen individuellen Stiellänge können daher, zumindest in diesem Probandenkollektiv, noch nicht als allgemein bekannt gelten.

Das Belastungsempfinden wurde im Allgemeinen für die rechte und linke Seite etwa gleich hoch eingeschätzt. Dies steht etwas im Widerspruch zu den Ergebnissen der EMG-Vorversuche und der seitenunterschiedlichen Ergebnisse von Winkeln und Bewegungsumfängen der Handgelenke und Schultern. Vermutlich kann ein Unterschied im Belastungsempfinden innerhalb der kurzen Versuchszeit von wenigen Minuten noch nicht wahrgenommen werden. Längere Versuchszeiträume, ggf. über mehrere Tage, wären diesbezüglich ggf. aussagekräftiger. Trainings- oder Umgewöhnungseffekte könnten durch einen längeren Untersuchungszeitraum ebenfalls minimiert werden. Hierfür wären dann allerdings andere Messmethoden erforderlich, da das VICON®-System nur in einem begrenzten Raum verwendet werden kann. Zudem ist es wegen der enormen Datenmengen nicht für lange Untersuchungszeiträume geeignet.

Trotz oder auch wegen der kurzen Versuchszeit wurden – im Gegensatz zu den kaum genannten Seitenunterschieden – größere Unterschiede bei der subjektiven Bewertung der verschiedenen Stieltypen erfasst. Während die Angaben zum Belastungsempfinden für den roten und gelben Stiel nahezu identisch waren, wurden für den grünen Stiel etwas höhere Werte angegeben (Tabelle 6). Auffallend war zunächst, dass alle Maximalwerte des Belastungsempfindens aus der Gruppe A stammten. Dieses Ergebnis relativiert sich jedoch mit dem Wissen, dass diese auf die Angaben eines einzelnen Teilnehmenden zurückzuführen sind und somit nicht auf die unterschiedlichen Voraussetzungen der beiden Gruppen. Obwohl das Belastungsempfinden für den roten und gelben Stiel ähnlich hoch war, wurde dennoch der gelbe Stiel bei freier Auswahl präferiert. Neun Stimmen fielen auf den gelben, sechs Stimmen auf den roten und lediglich zwei Stimmen auf den grünen Stiel. Ob die Bevorzugung des gelben Stiels allein auf den Knauf zurückzuführen ist, kann allerdings nicht beantwortet werden. Das Gewicht des roten und gelben Stiels war mit jeweils 950 Gramm identisch und auch der Durchmesser des gelben Stiels war nur etwa einen Millimeter größer. Offenbar spielen noch weitere, in dieser Untersuchung nicht berücksichtigte Faktoren eine Rolle. Möglicherweise relevante Unterschiede könnten die verwendeten Materialien, die Oberflächenbeschaffenheit – also eine andere Haptik – oder auch lediglich das unterschiedliche Design sein.

Insbesondere das Wischen mit dem grünen Stiel erfordert ggf. eine angemessene/längere Einarbeitungs- oder Gewöhnungszeit als für herkömmliche Stieltypen, da je nach Orientierung des s-förmigen Abschnitts des Stieles auch unerwünschte Effekte auftreten können. Wird der Stiel nicht in der vorgesehenen Orientierung gehalten, kann das Rotieren der Griffstücke beim Richtungswechsel erheblich erschwert werden. Bei korrekter Orientierung des Stiels wird dagegen die Rotation durch Hebelwirkungen deutlich unterstützt. Die vornehmlich negativen Bewertungen des von der klassischen Form abweichenden Stieltyps sind daher besonders vor dem Hintergrund einer nur kurzen Übungs- und Versuchszeit einzuordnen. Ein längerer Versuchszeitraum könnte möglicherweise auch hierzu aussagekräftigere Ergebnisse liefern.

5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Wie bereits *Öhrling* et al. [19] berichten, reicht die alleinige Optimierung und Bereitstellung von Werkzeugen nicht aus, um eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen zu gewährleisten. Die Neuentwicklungen bei den Wischerstielen bieten unterschiedliche Greif-/Griffmöglichkeiten, die ohne eine Einweisung oder Erklärung zu Schwierigkeiten bei der Anwendung und entsprechender Frustration führen können. Eine angemessene Schulungs-, Trainings- oder Übungszeit sollte neuen Anwenderinnen und Anwendern zugestanden werden. Dies folgt der Strategie der „partizipativen Ergonomie“, wie sie *Kumar* [18] beschreibt, und könnte neben der Arbeitsqualität auch die Arbeitszufriedenheit der Mitarbeitenden erhöhen.

Von den Teilnehmenden gab nur etwa die Hälfte an, während Ihrer Arbeitszeit einen Bodenwischerstiel zur Verfügung zu haben, der in der Länge verstellbar ist. Es sollte sichergestellt sein, dass zumindest im beruflichen Bereich dieser Mindeststandard geboten wird, da bei richtiger Anwendung und Berücksichtigung der Empfeh-

lungen zur Stiellänge zumindest eine aufrechte Oberkörperhaltung gewährleistet ist.

Diese bereits bestehenden Empfehlungen zur Einstellung einer individuellen Stiellänge können durch die Untersuchungsergebnisse grundsätzlich bestätigt werden, da sie ausnahmslos zu einer erwünschten aufrechten Körperhaltung geführt haben. Ist die Möglichkeit gegeben, den Bodenwischerstiel am oberen Ende von oben zu greifen, z. B. bei Vorhandensein eines Knaufs oder anderer konstruktiver Eigenschaften des Stiels, kann diese Empfehlung erweitert werden: Man sollte bei der Einstellung der Stiellänge nicht auf das Stielende Bezug nehmen, sondern darauf, dass sich das Handgelenk der oberen Hand etwa auf der Höhe zwischen Kinn- und Schulter befindet. Das „Greifen von oben auf einen Knauf“ kann nämlich zu einer Entlastung der Muskulatur im Handgelenks- und Schulterbereich führen, da wechselnde optionale Greifhaltungen dabei helfen, monotone Beanspruchungen zu reduzieren.

6 Zusammenfassung

In dieser Untersuchung wurden drei Wischerstiele evaluiert. Die Ergebnisse zeigen, dass durch unterschiedliche Verstell- und Bedienmöglichkeiten oder Formgebung eine Reduktion von Gelenkwinkelbelastungen, insbesondere der Handgelenke, herbeigeführt werden kann. Grundsätzlich wurde die in der Literatur bereits beschriebene hohe muskuläre Belastung bei länger andauernder Tätigkeit durch die OEMG-Messungen bestätigt. Bei der Befragung gaben die Probanden an, dass sie am ehesten den gelben und weniger den grünen Stiel präferierten. Das Wischen mit dem grünen Stiel erfordert ggf. eine längere Einarbeitungs- oder Gewöhnungszeit als für herkömmliche Stieltypen, da aus einer Fehlbedienung auch unerwünschte Effekte resultieren können. Die vornehmlich negativen Bewertungen zu dem von der klassischen Form besonders abweichenden Stieltyp sind daher vor dem Hintergrund einer nur kurzen Übungs- und Versuchszeit einzuordnen.

Zusammenfassend empfiehlt es sich, die Wahl des Reinigungsgeräts von der voraussichtlichen Belastungszeit abhängig zu machen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung legen nahe, dass das gelegentlich wiederholte, nur kurzzeitig andauernde Reinigen von kleinen Flächen durchaus mit einem herkömmlichen Bodenwischerstiel durchgeführt werden kann. Eine gewisse Reduktion der Belastung ist möglich, wenn asymmetrische Kraftaufwendungen durch einen gelegentlichen Wechsel der Handhaltungen ausgeglichen werden. Durch einfaches Üben sollte es möglich sein, eine wechselnde Handhaltung – also ein Wechsel derjenigen Hand, die oben bzw. unten am Stiel greift – bei gleichbleibender Qualität und

Quantität der Arbeit zu realisieren. Die Möglichkeit, die Stiellänge individuell einzustellen und somit die Empfehlungen zur Längeneinstellung überhaupt umsetzen zu können, wird dabei vorausgesetzt.

Bietet der Stiel die Möglichkeit, das obere Ende von oben zu greifen, z. B. durch einen beweglichen/drehbaren Knauf, kann zudem eine Reduktion des Bewegungsumfangs der oben greifenden Hand erreicht werden. Da die Rotation des Stiels bei der achtförmigen Bewegung dennoch erzeugt werden muss, geht dies zwar „zu Lasten“ der anderen Hand, bedeutet aber, dass hierdurch eine weniger asymmetrische muskuläre Belastung und Gelenkwinkelhaltung erzeugt wird.

Ungewöhnliche Stielformen, wie die s-förmige Ausgestaltung des grünen Stiels, können möglicherweise für eine verbesserte Kraftübertragung bei der Wischbewegung sorgen. Allerdings bergen die verschiedenen Greif- und Nutzungsmöglichkeiten auch die Gefahr einer falschen Anwendung, erzeugen ggf. einen gegenteiligen Effekt und sorgen möglicherweise für Unzufriedenheit und Frustration beim Bodenreinigungspersonal. Daher sollte die Nutzung solcher Stielformen mit Informationen zur richtigen Anwendung einhergehen sowie mit einer Erklärung der erzielbaren Effekte und dem Wissen um die Erforderlichkeit, sich ggf. an neue Bewegungsabläufe gewöhnen zu müssen. Grundsätzlich sollten aber nach wie vor für das wiederkehrende Reinigen von größeren Flächen über längere Zeiträume hinweg Bodenreinigungsmaschinen bevorzugt verwendet werden.

7 **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1:	Bodenwischerstiele rot (links), gelb (Mitte) und grün (rechts)	9
Abbildung 2:	Bodenwischerstiele gelb (links) und grün (rechts), jeweils mit drehbaren Griffelementen	10
Abbildung 3:	Bodenwischerstiele mit reflektierenden Markern	11
Abbildung 4:	VICON®-Kamera mit kreisförmig um die Linse angeordneten Infrarot-LEDs	11
Abbildung 5:	Skizze des Labors mit Kamerapositionen und digitalem Menschmodell	11
Abbildung 6:	Probandin im Laboraufbau	12
Abbildung 7:	Elektroden am M. trapezius (links), M. carpi radialis und M. carpi ulnaris (jeweils rechts).....	13
Abbildung 8:	Laborboden mit markierten „Bahnen“	13
Abbildung 9:	Wischmuster	13
Abbildung 10:	Mopp-Pressen und Reinigungswagen (links), Handwaage (rechts)	13
Abbildung 11:	Unterschiedliche Stiellängen bei verschiedenen Greifvarianten	14
Abbildung 12:	Griff seitlich am Knauf und Stiel (je links), Griff von oben auf den Knauf (je rechts).....	14
Abbildung 13:	Greifvariante der unteren Hand	15
Abbildung 14:	Greifvarianten mit dem grünen Stiel: obere Hand körperferner (links), obere Hand körpernäher (rechts) als die untere Hand	16
Abbildung 15:	Boxplot-Diagramm der Mittelwerte über zwei Versuchspersonen des 5., 25., 50. (fett gedruckt), 75. und 95. Perzentils der EMG-Werte in %; MVC des M. flexor carpi ulnaris des Arms der oberen und unteren Hand für die Wischerstiele rot (links), gelb (Mitte) und grün (rechts)	20
Abbildung 16:	Boxplot-Diagramm der Mittelwerte über zwei Versuchspersonen des 5., 25., 50. (fett gedruckt), 75. und 95. Perzentils der EMG-Werte in %; MVC des M. extensor carpi radialis des Armes der oberen und unteren Hand für die Wischerstiele rot (links), gelb (Mitte) und grün (rechts)	21
Abbildung 17:	Boxplot-Diagramm der Mittelwerte über zwei Versuchspersonen des 5., 25., 50. (fett gedruckt), 75. und 95. Perzentils der EMG-Werte in %; MVC des M. trapezius des Armes der oberen und unteren Hand für die Wischerstiele rot (links), gelb (Mitte) und grün (rechts)	21
Abbildung 18:	Ergebnisse der Bewertung nach der Borg-Skala. Die Boxen zeigen jeweils Minimum, Maximum und Mittelwert. Die Farbe der Boxen entspricht derjenigen der Stieltypen: linke Abbildung jeweils beide Hände, rechte Abbildung jeweils der Mittelwert von beiden Händen	23
Abbildung 19:	Ergebnisse der Bewertung nach der Borg-Skala als Boxplots für linke und rechte Hand, unterteilt in Gruppen. Die Boxen zeigen jeweils Minimum, Maximum und Mittelwert. Die Farbe der Boxen entspricht derjenigen der Stieltypen, oben: jeweils beide Hände der Gruppen A (n = 10) und B (n = 7), unten: jeweils der Mittelwert von beiden Händen.....	23

8 **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1:	Probandendaten	15
Tabelle 2:	Unterschiede zwischen empfohlener und tatsächlich verwendeter Stiellänge nach Angabe der Teilnehmenden	15
Tabelle 3:	Mittelwerte der Körperwinkel über 17 Versuchspersonen jeweils für das 5., 50. und 95. Perzentil der Wischerstiele sowie Ergebnisse der statistischen Analyse; SD: Standardabweichung	17
Tabelle 4:	VICON®-Kamera mit kreisförmig um die Linse angeordneten Infrarot-LEDs	19
Tabelle 5:	Fragebogenergebnisse: In Klammern stehen die unterteilten Ergebnisse für Gruppe A, die ersten zehn Teilnehmenden mit vorgegebener Handhaltung der oberen Hand, und Gruppe B, die nachfolgenden sieben Teilnehmenden ohne Handhaltungsvorgabe mit spezieller Instruktion zum grünen Stiel	22
Tabelle 6:	Ergebnisse der Bewertung nach der BORG-Skala	22
Tabelle 7:	Mann-Whitney-U-Test für gepaarte Stichproben nach Stieltypbewertung für alle Teilnehmenden, sowie getrennt für beide Gruppen.....	23
Tabelle 8:	Rangkorrelation nach Spearman zwischen der Bewertung des Stieltyps und des Alters	24
Tabelle 9:	Rangkorrelation nach Spearman zwischen der Bewertung des Stieltyps und der Berufserfahrung	24
Tabelle 10:	Flexion/Extension der Handgelenke, 50. Perzentil, Ranges und Summe der Ranges beider Hände	27
Tabelle 11:	Ulnar/Radialdeviation, 50. Perzentil, Ranges und Summe der Ranges beider Hände	27

9 Literatur

- [1] *Knieps, F.; Pfaff, H.: Arbeit und Gesundheit 50+. BKK Gesundheitsreport 2018. Hrsg.: BKK Dachverband e.V., Berlin 2018*
- [2] *Marschall, J.; Hildebrandt, S.; Zich, K.; Tisch, Th.; Sörensen, J.; Nolting, H.-D.: DAK-Gesundheitsreport 2018. Hrsg: DAK-Gesundheit, Hamburg 2018*
- [3] *Badura, B.; Ducki, A.; Schröder, H.; Klose, J.; Meyer, M.: Fehlzeitenreport 2017. Krise und Gesundheit – Ursachen, Prävention, Bewältigung. Springer, Heidelberg 2017*
- [4] *Knieps, F.; Pfaff, H.: Digitale Arbeit – Digitale Gesundheit. BKK Gesundheitsreport 2017. Hrsg.: BKK Dachverband e.V., Berlin, 2017*
- [5] *Woods, V.; Buckle, P.: Musculoskeletal ill health amongst cleaners and recommendations for work organisational change. Int. J. Ind. Erg. 36 (2006) Nr. 1, S. 61-72*
- [6] *Work equipment, tools and cleaners. E-fact 38 (2008). Hrsg.: European Agency for Safety and Health at Work, Bilbao, Spanien. <https://osha.europa.eu/publications/e-facts/efact38>*
- [7] *Cleaners and musculoskeletal disorders. E-fact 39 (2008). Hrsg: European Agency for Safety and Health at Work, Bilbao, Spanien. <https://osha.europa.eu/publications/e-facts/efact39>*
- [8] *Kumar, R.; Hägg, G.; Öhrling, T.: Evaluation of muscular activity while mopping on two different types of floor. Luleå/Gävle, Sweden, 2008. www.arbetsliv.eu/nes2008/papers/1738.doc*
- [9] *Kumar R.; Chaikumarn, M.; Lundberg, J.: Participatory Ergonomics and an Evaluation of a Low-Cost Improvement Effect on Cleaners. Working Posture. Int. J. Occup. Saf. Ergonomics 11 (2005) Nr. 2, S. 203-210*
- [10] *Hopsu, L.; Toivonen, R.; Louhevaara, V.; Sjøgaard, K.: Muscular strain during floor mopping with different cleaning methods. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 44 (2000) Nr. 30, S. 521-524. <https://doi.org/10.1177/154193120004403033>*
- [11] *Hagner, I.-M.; Hagberg, M.: Evaluation of two floor-mopping work methods by measurement of load. Ergonomics 32 (1989) Nr. 4, S. 401-408*
- [12] *Hagberg, M.: Work load and fatigue in repetitive arm elevations. Ergonomics 24 (1981) Nr. 7, S. 543-555*
- [13] *Sjøgaard, K.; Fallentin, N.; Nielsen, J.: Work load during floor cleaning. The effect of cleaning methods and work technique: Eur. J. Appl. Physiol. 73 (1996), S. 73-81*
- [14] *ISO 11226:2000-12: Ergonomie – Evaluierung von Körperhaltungen bei der Arbeit. Beuth, Berlin 2000*
- [15] *Jonsson, B.: Quantitative electromyographic evaluation of muscular load during work. Scand. J. Rehabil. Med. 6 (1978), S. 69-74*
- [16] *Sjøgaard, K.; Laursen, B.; Jensen, B. R.; Sjøgaard, G.: Dynamic loads on the upper extremities during two different floor cleaning methods. Clinical Biomechanics 16 (2001), S. 866-879*
- [17] *Wallius, M.-A.; Rissanen, S. M.; Bragge, T.; Vartiainen, P.; Karjalainen, P. A.; Räsänen, K. et al.: Effects of mop handle height on shoulder muscle activity and perceived exertion during floor mopping using a figure eight method. Ind. Health 54 (2016), S. 58-67*
- [18] *Kumar, R.: Ergonomic Evaluation and Design of Tools in Cleaning Occupation. Hrsg: Luleå University of Technology, Luleå, Sweden 2006*
- [19] *Öhrling, Th.; Kumar, R.; Abrahamsson, L.: Assessment of the development and implementation of tools in contract cleaning. Applied Ergonomics 43 (2012), S. 687-694*
- [20] *Kumar, R.; Chaikumarn, M.; Kumar, S.: Physiological, subjective and postural loads in passenger train wagon cleaning using a conventional and redesigned cleaning tool. Int. J. Ind. Erg. 35 (2005), S. 931-938*
- [21] *Richards J. G.: The measurement of human motion: A comparison of commercially available systems. Hum. Mov. Sci. 18 (1999) Nr. 5, S 589-602*
- [22] *Glitsch, U.; Hermanns, I.; Ellegast, R. P.; Schüler, R.; Herrmann, L.: EMG signal processor module for long-term movement analysis. 14th Int. Conf. Med. Physics, Nürnberg, 2005*

10 Anhang

Anhang A: Fragebogen

Proband-Nr. ___ Geschlecht: m/w Alter in Jahren: ___ Körperhöhe in cm: ___

Gewicht in kg: ___ Händigkeit: re/li obere Hand am Wischerstiel: re/li/wechselnd

Erfahrung Bodenwischen in Jahren oder Monaten: ___

Wischtätigkeiten pro Tag in Minuten oder Stunden: ___

Üblich verwendete Stiellänge (Proband): ___ cm

Eingestellte Stiellänge (obere Hand mittig zwischen Kinn und Schulter): ___ cm

Haben Sie zur Zeit Schmerzen oder Beschwerden in der Schulter/den Schultern?

ja / nein

Hatten Sie früher Schmerzen/Beschwerden/Operationen in der Schulter?

ja / nein Welche? ___

Mit welchem Stieltyp arbeiten Sie üblicherweise?



Ist Ihr Wischerstiel höhenverstellbar?

ja nein

Welcher Stiel hat Ihnen im Versuch am besten gefallen?



weil: ___

Welcher Stiel hat Ihnen im Versuch am wenigsten gefallen?



weil: ___

Mit welchem Stiel würden Sie am liebsten arbeiten?



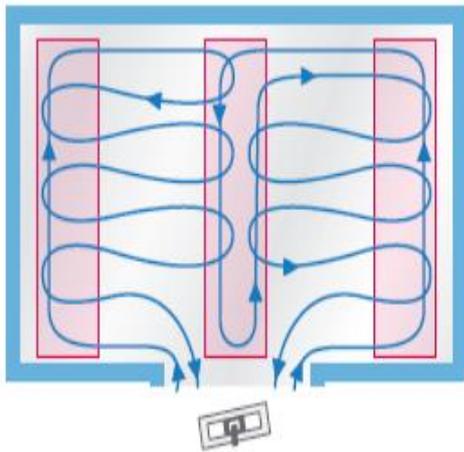
Welche Stiellänge gefällt Ihnen besser?

Gewohnte/selber eingestellte Stiellänge

Die vom Versuchsleiter eingestellte Stiellänge

Wischen Sie einen Boden wie im Versuch vorgegeben
(siehe Muster) oder haben Sie eine andere Technik/anderes
Vorgehen?

Muster



Anhang B1: Borg-CR10-Skala (Version für die Teilnehmenden)

Proband Nr. ____

Vergleich des subjektiven Anstrengungsempfindens (nach Borg CR10 Skala)

Wischen mit Mop (Gerade, mit Knauf, mit S-Form)

Anstrengung:

(**G**, **K** und **S** eintragen)



links

rechts

gar nicht			
extrem schwach	(kaum merkbar)		
sehr schwach			
schwach	(leicht)		
mäßig			
stark	(schwer)		
sehr stark			
extrem stark			
absolutes Maximum	(höchst möglich)		

Reihenfolge:

Subjektives Anstrengungsempfinden nach Borg

CR10 Skala

Meine Arbeit ist ... anstrengend.

Wert	Erklärung
0	gar nicht
0,3	
0,5	extrem schwach
0,7	
1	sehr schwach
1,5	
2	schwach
2,5	
3	mäßi9ig
4	
5	stark
6	
7	sehr stark
8	
9	
10	extrem stark
11	
x	
•	absolutes Maximum

Teilnahme am Forschungsprojekt „Auswirkungen auf Muskel-Skelett-Belastungen beim Bodenwischen mit unterschiedlichen Stieltypen“ des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

Bei dem Forschungsprojekt handelt es sich um eine Untersuchung des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e.V. (IFA) im Auftrag der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG Bau) zur messtechnischen Untersuchung körperlicher Belastungen bei Bodenreinigungsarbeiten mit unterschiedlichen Stieltypen (Bodenwischerstiele).

Einwilligung des Probanden

Probanden-Nummer

Name, Vorname

Im Rahmen einer Untersuchung am Arbeitsplatz führt das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) im Auftrag der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG Bau) Bewegungs- und Körperhaltungsmessungen mit Hilfe eines speziellen Video-Kamerasystem über reflektierende Marker durch. Diese Messungen werden zur visuellen Nachvollziehbarkeit und Dokumentierung der ausgeübten Tätigkeit von Foto- und Filmaufnahmen begleitet.

Für die Erhebung und Verarbeitung Ihrer personenbezogenen Daten sowie für die Herstellung und Veröffentlichung von Foto- und Filmaufnahmen benötigen wir Ihre Einwilligung.

Einwilligung in die Foto- und Filmaufnahmen

- Ich willige ein, dass die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), ihre Mitglieder, Einrichtungen und Landesverbände die zum Abgleich mit den Messbewegungen gemachten und mich abbildenden Foto- und Filmaufnahmen im Zusammenhang mit den satzungsgemäßen und gesetzlichen Aufgaben in beliebigen Medien, vor allem aber in wissenschaftlichen Publikationen und Veranstaltungen, im Internetauftritt und in sozialen Medien veröffentlichen dürfen. Ich willige auch in die Weitergabe der Aufnahmen an Dritte zu beliebigen redaktionellen Zwecken sowie in die Bearbeitung (zum Beispiel Montage, Kombination mit Texten, Bildern und anderen Medien) der Aufnahmen unter Wahrung meiner Persönlichkeitsrechte ein.
- Ich erteile meine Einwilligung unwiderruflich, ausschließlich sowie inhaltlich, zeitlich und örtlich unbeschränkt ohne Anspruch auf eine Vergütung oder eine andere Gegenleistung. Mein Name wird nicht genannt.

(Ort, Datum)

(Unterschrift)



Einwilligung in die Datenverarbeitung

Folgende personenbezogene Daten werden von der DGUV erhoben: Vorname, Name, Alter, Geschlecht, Körpergröße, Körpergewicht, Messdaten, Film- und Fotoaufnahmen.

Im Anschluss werden die erhobenen Daten unter einer Probanden-Nummer anonym weiterverarbeitet. Ein Rückschluss auf Ihre Identität ist damit nicht möglich.

Ich willige in die Erhebung und Verarbeitung der oben aufgezählten personenbezogenen Daten durch die DGUV ein.

(Ort, Datum)

(Unterschrift)

Datenschutzrechtliche Informationspflichten

- Verantwortlicher ist die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV), Glin-kastraße 40, 10117 Berlin, Tel.: 030 288763800 (Zentrale). Unsere Datenschutzbeauf-tragte erreichen Sie über unsere Anschrift oder über die E-Mail-Adresse datenschutz@dguv.de.
- Wir erheben die personenbezogenen Daten zum Zweck der Erforschung von Berufs-krankheiten. Rechtsgrundlage der Datenverarbeitung ist Ihre Einwilligung; es besteht keine gesetzliche oder vertragliche Verpflichtung, in die Verarbeitung Ihrer personen-bezogenen Daten einzuwilligen. Sie können Ihre Einwilligung jederzeit widerrufen. Al-lerdings bleibt die Verarbeitung Ihrer personenbezogenen Daten bis zum Widerruf rechtmäßig.
- Da wir auch zu anderen arbeitsmedizinischen Forschungsvorhaben immer wieder auf diese Messdaten zurückgreifen, speichern wir Ihre personenbezogenen Daten solange sie noch für Forschungszwecke erforderlich sind. Danach löschen wir die personenbe-zogenen Daten unverzüglich.
- Empfänger Ihrer personenbezogenen Daten ist DGUV. Nach Anonymisierung werden die Daten an die BG Bau übermittelt.
- Ihnen steht das Recht auf Auskunft, Berichtigung, Löschung und Einschränkung der Verarbeitung unter den gesetzlichen Voraussetzungen zu. Sie haben darüber hinaus ein Widerspruchsrecht gegen die Verarbeitung sowie ein Recht auf Datenübertragbar-keit.
- Sollten Sie der Ansicht sein bei der Verarbeitung Ihrer personenbezogenen Daten in Ihren Rechten verletzt worden zu sein, können Sie sich auch an die für die DGUV zuständige Datenschutzaufsichtsbehörde wenden.

