

2/2018

## IFA Report

### Kombinationsexpositionen von Ganzkörper- Vibrationen und Körperhaltungen



**IFA Report 2/2018**

**Kombinationsexpositionen von Ganzkörper-Vibration  
und Körperhaltungen**

Verfasser: Nastaran Raffler, Jörg Rissler, Rolf Ellegast  
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA),  
Sankt Augustin

Elke Ochsmann  
Institut für Arbeitsmedizin, Prävention und betriebliches Gesundheitsmanagement,  
Universität zu Lübeck

Christian Schikowsky, Thomas Kraus  
Institut für Arbeits- und Sozialmedizin,  
Universitätsklinikum der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen

Herausgeber: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV)  
Glinkastr. 40  
10117 Berlin  
Telefon: 030 288763800  
Fax: 030 288763808  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)

– März 2018 –

Publikationsdatenbank: [www.dguv.de/publikationen](http://www.dguv.de/publikationen)

ISBN (online): 978-3-86423-207-7  
ISSN: 2190-7994

## Kurzfassung

### Kombinationsexpositionen von Ganzkörper-Vibrationen und Körperhaltungen

Neben der Belastung durch Ganzkörper-Vibrationen (GKV) sind beim beruflichen Führen von Fahrzeugen ungünstige Körperhaltungen (KH) und Lastenhandhabungen die wichtigsten physikalischen Belastungsfaktoren, die Rückenbeschwerden verursachen können. Aufgrund der Komplexität der Körperhaltungsmessungen hat keine epidemiologische Studie bisher die Kombinationswirkung der beiden GKV- und KH-Expositionen anhand quantitativer Daten untersucht. Mittlerweile ist durch den Fortschritt in der Sensortechnologie eine Messtechnik eingeführt, welche die quantitative Analyse der KH durch Messen von Körperwinkeln ermöglicht.

Diese Pilotstudie untersucht mit dieser Messtechnik die Einwirkung der Kombinationsexpositionen von GKV und KH auf Gesundheitsbeschwerden vor allem im Bereich des unteren Rückens. Zusätzlich zu diesen Feldmessungen fanden Befragungen und medizinische Untersuchungen bei 102 Berufsfahrern statt. Zusätzliche Belastungsfaktoren wie Lastenhandhabung und psychosoziale Faktoren wurden durch Fragebögen erfasst.

Für den Zusammenhang zwischen Expositionen und Rückenbeschwerden in diesem Projekt wurden der Tagesexpositionswert A(8) und der Kennwert für ungünstige Körperhaltungen (Zahl der Körperwinkel, deren Messwerte oft im nicht neutralen Bereich liegen) als geeignete Messgrößen validiert. Individuelle und psychosoziale Faktoren zeigten in dieser Studie keinen signifikanten Einfluss.

Die validierten Kennwerte für GKV und ungünstige KH zeigten sowohl als separate Variable in einem Modell als auch als Kombination in einem Kennwert einen signifikanten schädigenden Einfluss in Bezug auf Rückenbeschwerden.

## Abstract

### Combined exposure to whole-body vibration and awkward postures

Awkward posture, manual materials handling and whole-body vibration exposures are the most important physical factors of low-back pain among professional drivers. Due to the complexity of field measurement of postures, no epidemiological analysis has so far investigated the combination of these exposures by means of quantitative data. Advancement in sensor technology has made it possible to introduce a measuring technique that investigates postures by body angles quantitatively.

This pilot study investigates the adverse health effects of combined exposure to whole-body vibration and awkward postures with the aid of simultaneous field measurements. In addition to these measurements, investigations based on questionnaires and physical examinations among 102 exposed drivers have been executed. Additional exposures such as psychosocial factors and manual materials handling have been investigated by means of questionnaires.

The daily vibration value  $A(8)$  and an index for awkward posture (counting body angles in the non-neutral range of movement) were the best measures for describing associations between these exposures and low-back pain in this project. Individual characteristics and psychosocial factors did not show any significant effect.

Finally, whole-body vibration and awkward posture as separate variables in a single model as well as the combination of both exposures in a single index showed significant negative health effects in terms of low-back pain.

## Résumé

### Expositions combinées aux vibrations du corps entier et aux postures défavorables

Outre les effets causés par les vibrations du corps entier, les postures défavorables et la manutention des charges sont, pour les conducteurs d'engins, les principaux facteurs physiques de risques susceptibles de provoquer des maux de dos. Du fait de la complexité des mesurages portant sur la posture, aucune étude épidémiologique n'a, jusqu'à présent, été consacrée à l'effet combiné des deux expositions (vibrations du corps entier et posture) à partir de données quantitatives. Or, grâce aux progrès réalisés dans le domaine de la technologie des capteurs, une technique de mesurage permet désormais de procéder à l'analyse de la posture par une mesure d'angles du corps.

Cette étude pilote a recours à cette technique de mesurage pour examiner les effets de l'exposition combinée aux vibrations du corps entier et aux postures sur les troubles de la santé, en particulier dans la région lombar. Outre ces mesures sur le terrain, une enquête et des examens médicaux ont été effectués auprès de 102 conducteurs d'engins. D'autres facteurs de risque, tels que la manutention de charges ou des facteurs psychosociaux, ont été recensés dans des questionnaires.

Pour la corrélation entre les expositions et les maux de dos dans ce projet, la valeur d'exposition journalière  $A(8)$  et la valeur caractéristique de la posture défavorable (nombre d'angles du corps dont les valeurs mesurées se situent souvent dans une plage non neutre) ont été validées en tant que variables de mesure appropriées. L'étude n'a révélé aucun effet significatif des facteurs individuels et psychosociaux.

Les valeurs caractéristiques validées pour les vibrations du corps entier et les postures défavorables ont révélé un effet nocif significatif en ce qui concerne les douleurs dorsales, à la fois comme variable séparée dans un modèle et comme combinaison dans une valeur caractéristique.

## Resumen

### Exposiciones combinadas a las vibraciones de cuerpo entero y determinadas posturas

Además de la carga por vibraciones de cuerpo entero, los factores físicos más nocivos para los conductores profesionales que pueden ocasionar molestias en la espalda son las malas posturas y el acarreo de cargas. Debido a la complejidad de las mediciones sobre posturas corporales, hasta la fecha no se ha realizado ningún estudio epidemiológico con datos cuantitativos sobre el efecto combinado de la exposición a vibraciones de cuerpo entero y a las malas posturas. Gracias a los últimos avances en la tecnología de sensores, se ha introducido una técnica de medición que hace posible un análisis cuantitativo de la postura corporal mediante la medición de los ángulos del cuerpo.

Este estudio piloto analiza con esta técnica de medición los efectos de las exposiciones combinadas a las vibraciones de cuerpo entero y a las malas posturas sobre las molestias para la salud, en especial, en la zona lumbar. Además de estas mediciones de campo se realizaron encuestas y exploraciones médicas a 102 conductores profesionales. En los formularios se recogieron también otros factores nocivos para la salud, como el acarreo de cargas y los factores psicosociales.

Para establecer la relación entre la exposición a estos factores y las molestias de espalda, en este proyecto se validaron como baremos adecuados el nivel de exposición diario  $A(8)$  y el indicador de mala postura (número de ángulos que adopta el cuerpo cuyos valores de medición se encuentran con frecuencia en un rango no neutral). Los factores individuales y psicosociales no demostraron tener ninguna incidencia significativa en este estudio.

Los indicadores validados para vibraciones de cuerpo entero y malas posturas mostraron tener una incidencia perniciosa significativa respecto a las molestias de espalda tanto en calidad de variables separadas en un modelo como combinadas en un solo índice.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Problemstellung und Einleitung</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Forschungsziel und -zweck</b> .....	<b>13</b>
2.1	Studienkollektiv .....	13
<b>3</b>	<b>Arbeits- und Zeitabläufe</b> .....	<b>15</b>
3.1	Geplanter Arbeits- und Zeitablauf .....	16
3.2	Tatsächlicher Arbeits- und Zeitablauf .....	16
3.3	Zuordnung der Arbeiten zu den Kooperationspartnern .....	17
<b>4</b>	<b>Methoden und Ergebnisse</b> .....	<b>19</b>
4.1	Soziodemografische und persönliche Faktoren des Studienkollektivs .....	20
4.2	Physikalische Einwirkungen (GKV und KH) .....	21
4.2.1	Ganzkörper-Vibration – Methode .....	21
4.2.2	Körperhaltungen – Methode und Ergebnisse.....	24
4.2.3	Kombinationsexposition von GKV und Körperhaltungen – Methode und Ergebnisse .....	27
4.2.4	Lastenhandhabung .....	28
4.3	Psychosoziale Belastungsfaktoren .....	29
4.3.1	Methode .....	29
4.3.2	Ergebnisse (Psychosoziale Belastungsfaktoren) .....	30
4.4	Medizinische Untersuchungen .....	30
4.4.1	Methode .....	30
4.4.2	Ergebnisse .....	31
4.5	Beschwerden im Bereich des Muskel-Skelett-Systems.....	32
4.5.1	Methode (Befragung).....	32
4.5.2	Ergebnisse (Befragung) .....	32
<b>5</b>	<b>Statistik und Ergebnisse des Gesamtvorhabens</b> .....	<b>33</b>
5.1	Logistische Regressionsanalyse.....	33
5.2	Variablenauswahl.....	34
5.3	Modellbildung – Ergebnisse .....	34
<b>6</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>37</b>
<b>7</b>	<b>Veröffentlichungen</b> .....	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich des Forschungszwecks/-ziels und Schlussfolgerungen</b> .....	<b>41</b>
	<b>Literatur</b> .....	<b>43</b>
	<b>Anhang A: Incomes-Outcomes Univariate Analyse</b> .....	<b>45</b>
	<b>Anhang B: Flyer „Kombinationsexpositionen GKV und KH“</b> .....	<b>49</b>





## Danksagung

Diese Studie wurde durch die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV) gefördert. Die Autoren danken *Mark Krichels, Christian Böser, Benno Göres, Detlef Sayn, Ingo Hermanns* und *Rebekka Winkler* für ihre Beiträge zu diesem Projekt.

Des Weiteren danken die Autoren den beteiligten Unfallversicherungsträgern und Betrieben für ihre konstruktive Unterstützung. Ein besonderer Dank gilt den Projektpartnern der Berufsgenossenschaft Holz und Metall und der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik für die Mitarbeit am Messprogramm.



# 1 Problemstellung und Einleitung

Nach einer Studie der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin aus dem Jahr 2012 [1] sind 4,8 Millionen Arbeitnehmende durch ungünstige Körperhaltungen (KH) belastet und 1,5 Millionen durch hohe Ganzkörper-Vibrationen (GKV) und Stöße. Eine große Anzahl gab darüber hinaus an, durch Lastenhandhabungen belastet zu sein (7,6 Millionen). Diese Belastungen stehen oft in Verbindung mit Muskel-Skelett-Beschwerden (MSB) [2]. In derselben Studie werden von allen Schmerzen, die während oder unmittelbar nach der Belastung auftreten, am häufigsten die Schmerzen in der Lendenwirbelsäule (Lumbalsyndrom), in der Halswirbelsäule und den Schultern angegeben. Und über 60 % der Personen, die Schmerzen angegeben haben, sind in medizinischer Behandlung.

Weitere Studien, die gesundheitliche Beanspruchungen durch GKV untersuchen, haben zunehmend auf die Bedeutung weiterer Belastungsfaktoren hingewiesen: Lastenhandhabungen, psychosozialer Stress und vor allem ungünstige KH [3]. So ist zum Beispiel eine Zunahme von Lendenwirbelsäulenbeschwerden bei Berufsfahrern mit zunehmender Belastung durch GKV und ungünstige Körperhaltungen zu verzeichnen [4 bis 6].

Andere epidemiologischen Studien [6; 7] untersuchen den Effekt zusätzlicher Belastungsfaktoren wie Körperhaltungsbelastung (Beugen/Drehen) und Heben bei Berufsfahrern. In diesen Studien haben die Belastungen „Oberkörper bei der Arbeit gebeugt“ und „Heben mit Beugen/Drehen“ einen signifikanten Effekt bei der Zunahme von Lendenwirbelsäulenbeschwerden während der Exposition gegenüber GKV gezeigt.

Auch in Technischen Regelwerken [8; 9] wird darauf hingewiesen, dass Kombinationswirkungen mit weiteren Belastungen (zum Beispiel durch ungünstige KH) beim Bewerten der GKV-Belastung zu berücksichtigen sind.

Für die Berücksichtigung der KH bei der Gefährdungsbeurteilung der GKV fehlt bisher jedoch die quantitative Analyse dieser Belastung. Zwar haben mehrere Studien den zusätzlichen Effekt ungünstiger KH während GKV-Belastungen durch Beobachtungsmethoden und Selbsteinschätzungen bestätigt. Es fehlen aber Untersuchungen, bei denen das Verhältnis der Kombinationsbelastungen zu Rückenbeschwerden auf der Grundlage von Messungen erfolgt.

Dank der fortgeschrittenen Sensortechnologie ist man mittlerweile in der Lage, Kombinationsbelastungen von GKV und ungünstigen KH objektiv und quantitativ zu erfassen [10; 11]. Für die Bewertung dieser Kombinationsbelastungen fehlt jedoch ein evaluiertes arbeitsmedizinisches Modell, mit dem das Risiko für Muskel-Skelett-Erkrankungen und -Beschwerden untersucht und vorhergesagt werden kann.



## 2 Forschungszweck und -ziel

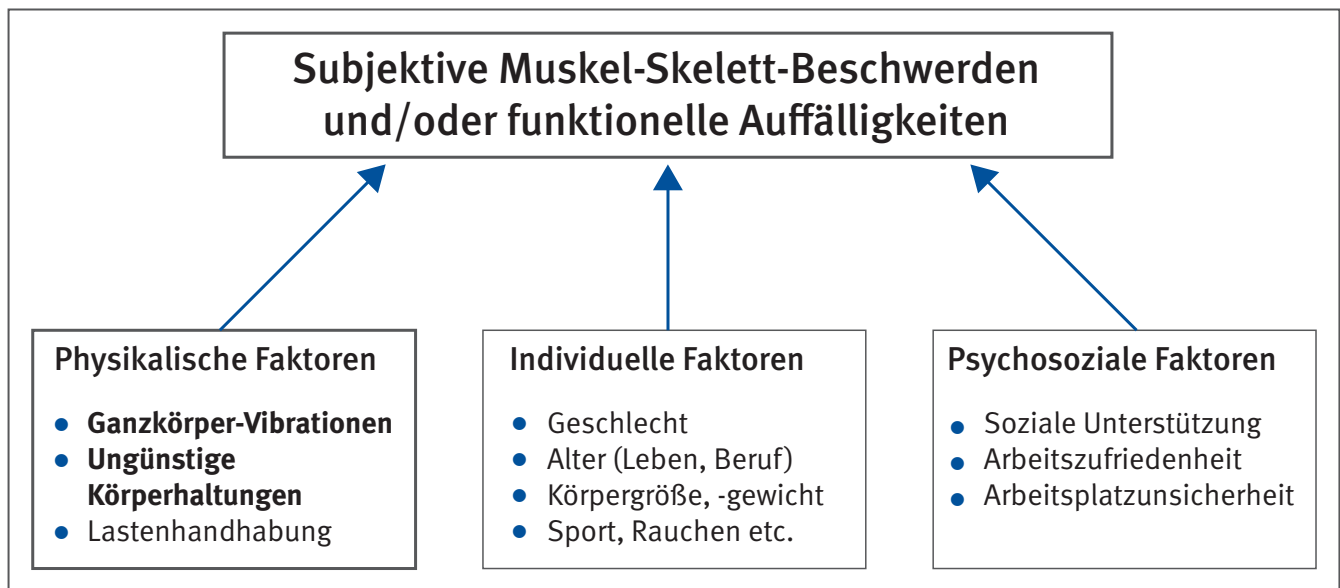
Das Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, die Kombinationsbelastung von zwei Expositionen – Ganzkörper-Vibrationen und ungünstige Körperhaltungen – im Rahmen einer Pilotstudie an einem geeigneten Kollektiv zu untersuchen. Abbildung 1 zeigt das Belastungs-Beanspruchungs-Modell für diese Studie. Hierbei sollen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Die Expositionen der GKV und Körperhaltung sollen quantitativ gemessen und untersucht werden.
- Zusätzliche Belastungsfaktoren, wie individuelle und psychosoziale Faktoren, sollen erfasst und untersucht werden.
- Es soll untersucht werden, ob ein zusätzlicher Effekt der ungünstigen KH in Verbindung mit MSB zu erkennen ist.

- Es sollen geeignete Kenngrößen gefunden werden, um diesen Effekt zu beschreiben.
- Es sollen Möglichkeiten gefunden werden, diese Kenngrößen zu kombinieren, um mit einem Kennwert den Effekt zwischen GKV und KH auf der einen Seite und MSB auf der anderen Seite zu beschreiben.

Diese Pilotstudie ist damit Grundlage für weitere Untersuchungen, die die Kombinationsexposition von GKV und ungünstigen KH hinsichtlich ihres Belastungseffekts, aber auch hinsichtlich ihrer Beanspruchung/Wirkung genauer evaluieren und abschließend beurteilen. Darüber hinaus sollen nach Möglichkeit Verfahren zur Gefährdungsbeurteilung der Kombinationsexpositionen vorgeschlagen und Präventionsmaßnahmen entwickelt werden.

Abbildung 1:  
Belastungs-Beanspruchungs-Modell für das vorliegende Pilotprojekt



### 2.1 Studienkollektiv

Da Muskel-Skelett-Beschwerden bzw. Funktionsauffälligkeiten des Muskel-Skelett-Systems multikausal entstehen können, gilt es, bei der Auswahl der Probanden darauf zu achten, dass einige kontrollierbare Parameter keine zu große Streubreite aufweisen, um eine gewisse Aussagekraft bei relativ kleiner Fallzahl zu gewährleisten. Dabei wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

1. Die gemessenen Arbeitsbelastungen sollten die bisherige Lebensbelastung der Probanden widerspiegeln (GKV-Belastung für zehn und mehr Jahre, mindestens ein Jahr GKV-Belastung im jetzigen Betrieb).

2. Die Probanden sollten ein ähnliches Alter haben (40 bis 50 Jahre).
3. Die Probanden sollten vor ihrer beruflichen Belastung und am Tag der Messung keine Muskel-Skelett-Beschwerden gehabt haben.

Um Kombinationsbelastungen untersuchen zu können, sollten darüber hinaus in dem Studienkollektiv günstige und ungünstige Körperhaltungen vertreten sein sowie hohe und niedrige GKV-Belastungen.

Somit wurden Personen aus der Gruppe der Bus- und Lokomotivfahrer rekrutiert (Gruppe 1). Hier wird angenommen, dass die Probanden meist in einer aufrecht sitzenden Haltung vergleichsweise geringen GKV-Belastungen

## 2 Forschungszweck und -ziel

ausgesetzt sind. Weiterhin wurden Teilnehmer rekrutiert, die Krane und Portalkrane lenken und führen. Diese Arbeitsplätze (Gruppe 2) sollten dadurch gekennzeichnet sein, dass die Probanden nach vorne gebeugt sind, um die Lasten zu beobachten, wobei die GKV-Belastung ähnlich gering sein sollen wie in Gruppe 1. Die Arbeitsplätze der Gruppe 3 sollten eine höhere Schwingungsbelastung als die der Gruppen 1 und 2 aufweisen, wobei durch die verschiedenen Fahrzeugarten und Arbeitsbedingungen eine große Streuung von GKV- und KH-Belastungen zu erwarten war. Als Personengruppen wurden hier Erdbaumaschinenfahrer (Gruppe 3) und Gabelstaplerfahrer (Gruppe 4) avisiert. Bei den Gabelstaplerfahrern geht man davon aus, dass eine höhere GKV-Belastung vorliegt als bei den Gruppen 1 und 2, wobei die Körperhaltungen wegen der vielen Vorwärts- und Rückwärtsfahrten durch stärkere Rotationsbewegungen gekennzeichnet ist.

Durch die Kriterien 1 bis 3 kann erwartet werden, dass der Effekt des Alters auf die Beanspruchungsdaten geringer sein wird als bei Studien ohne Altersbeschränkung und dass die gemessenen Belastungen einen guten Anhaltspunkt für die Lebensbelastung ergeben. Die ursprünglich vorgesehene Begrenzung auf 50 Jahre wurde im Lauf des Projektes auf 55 Jahre heraufgesetzt.

Die Probanden haben freiwillig an der Studie teilgenommen und Einverständniserklärungen unterzeichnet. Für die Pilotstudie liegt ein positives Votum der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen vor.

# 3 Arbeits- und Zeitabläufe

Die Untersuchungen zur Studie wurden zwischen Januar 2010 und Dezember 2012 in verschiedenen Betrieben in Deutschland durchgeführt. Geeignete Betriebe wurden mit Unterstützung der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW), Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) und der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) ausgesucht und vom Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen

Unfallversicherung (IFA) in Absprache mit den Kooperationspartnern angesprochen. Zuerst wurde das Management der Betriebe über das Ziel des Projekts und den Ablauf der Studie informiert. Anschließend wurden die Beschäftigten in den Betrieben informiert und gebeten teilzunehmen. Abbildung 2 zeigt das Flugblatt (Flyer), das den Betrieben und Probanden im Vorfeld zur Verfügung stand (siehe auch Anhang 2, Seite 49).



**Vorteile**

- Ausführliche Analysen der Arbeitsplätze zur Belastung durch Vibrationen und Körperhaltungen
- Arbeitsmedizinische Untersuchung vor Ort
- Beratung und Hinweise zur Prävention auf der Grundlage der Ergebnisse
- Werte für die Gefährdungsbeurteilung (Lärm- und Vibrations-Arbeitschutzverordnung)
- Probandenschädigung

**Ansprechpartner**

Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin Aachen (IASA), Universitätsklinikum RWTH Aachen  
 Dr. Elke Ochsmann  
 E-mail: [echsmann@ukaachen.de](mailto:echsmann@ukaachen.de)  
 Telefon: 0241- 80 85488

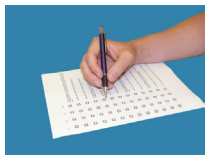
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)  
 Dipl.-Ing. Nastaran Raffler  
 E-mail: [nastaran.raffler@dguv.de](mailto:nastaran.raffler@dguv.de)  
 Telefon: 02241- 231 2821

– Probanden gesucht –

„Ganzkörper-Vibrationen und Körperhaltungen“

**Jeder Teilnehmer erhält ein Probandengeld von 40 €.**


**Wir freuen uns auf Ihre Anfrage!**



**Hintergrund**  
Rückenbeschwerden sind ein Problem, das viele Menschen betrifft, und das viele Ursachen haben kann. An Fahrerarbeitsplätzen wirken beispielsweise Schwingungen über den Sitz auf den Beschäftigten ein (Ganzkörper-Vibrationen). Sie können bei langjährigen Tätigkeiten die Wirbelsäule schädigen. Werden beim Fahren gleichzeitig ungünstige Körperhaltungen eingenommen, kann dies die Schäden verstärken. Diese Studie untersucht, wie diese beiden Belastungen zusammenwirken.



**Befragung**  
Alle Teilnehmer füllen einen Fragebogen aus. Gefragt wird nach Informationen zu Fahrzeugen, zu Beschwerden und weiteren Faktoren, von denen bekannt ist, dass sie Rückenbeschwerden beeinflussen.



**Messung**  
Ganzkörper-Vibrationen und Körperhaltungen während der Arbeit werden bei etwa zehn zufällig ausgewählten Fahrern gemessen. Dazu bringen wir Sensoren auf der Sitzfläche und der Kleidung der Beschäftigten an. Die Sensoren stören den Betriebsablauf nicht.

**Ablauf und Aufwand**  
Vor Ort im Betrieb in einem Raum  
Dauer: etwa eine Stunde  
Kurz vor oder nach der Arbeitszeit

**Ablauf und Aufwand**  
Anbringen der Sensoren (20 bis 30 Minuten)  
Entfernen der Sensoren (10 Minuten)  
Anbringen und Entfernen ist während arbeitsfreier Zeiten möglich.  
Video- und Fotoaufnahmen sind nötig, um die Messungen auszuwerten.

**Ablauf der Studie**  
Maximal 60 Fahrer werden als Probanden gesucht. Alle Probandendaten werden anonymisiert und nur zu Studienzwecken verwendet. Die Teilnahme ist freiwillig und der Betriebsablauf soll so wenig wie möglich beeinträchtigt werden. Mitarbeiter von IASA oder IFA stehen während des Projektes zur Verfügung und werden

- alle Teilnehmer befragt
- alle Teilnehmer arbeitsmedizinisch untersucht
- einige Teilnehmer während der Arbeit messtechnisch begleitet.

**Untersuchung**  
Alle Probanden werden arbeitsmedizinisch untersucht nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G46.

**Probanden sollten**

- männlich und zwischen 40 und 55 sein
- seit mindestens einem Jahr im jetzigen Betrieb tätig sein
- keine Rückenbeschwerden vor Beginn der Ausbildung gehabt haben
- seit mindestens zehn Jahren Vibrationen ausgesetzt sein
- viel sitzende Tätigkeiten und wenig andere Tätigkeiten wie z.B. Heben und Tragen durchgeführt (ausgeübt) haben

**Ablauf und Aufwand**  
Vor Ort im Betrieb in einem Raum  
Dauer: etwa 45 Minuten  
Während der Arbeitszeit

Abbildung 2: Flyer zur Information der Betriebe und Probanden



### 3.1 Geplanter Arbeits- und Zeitablauf

Abbildung 3 zeigt den ursprünglich geplanten Zeitplan des Forschungsprojektes. Dieser sollte sich in drei Meilensteine aufteilen:

#### 1. Meilenstein

Der erste Meilenstein sollte mit Abschluss der Vorbereitungsphase im Mai 2010 erreicht sein. Zu diesem Zeitpunkt sollte die Auswahl der Betriebe und der Probanden abgeschlossen sein.

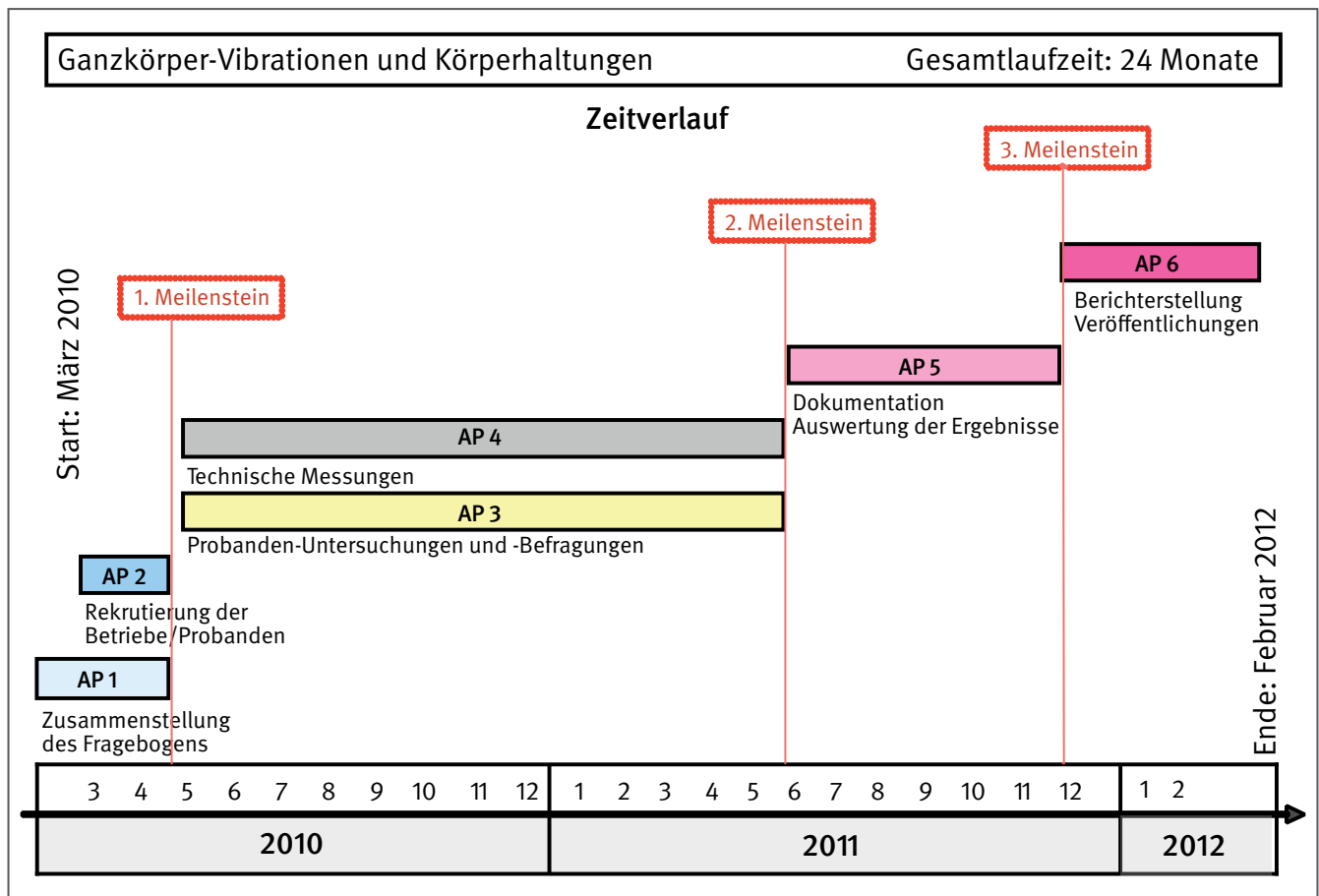
#### 2. Meilenstein

Bis Juni 2011 sollten die medizinischen Untersuchungen und Expositionsmessungen abgeschlossen und in einer Datenbank dokumentiert sein.

#### 3. Meilenstein

Die ersten Auswertungsergebnisse sollten bis Dezember 2011 vorliegen und im Rahmen von Expertentreffen diskutiert werden.

Abbildung 3: Geplanter Arbeits- und Zeitverlauf für das Projekt; AP = Arbeitspaket

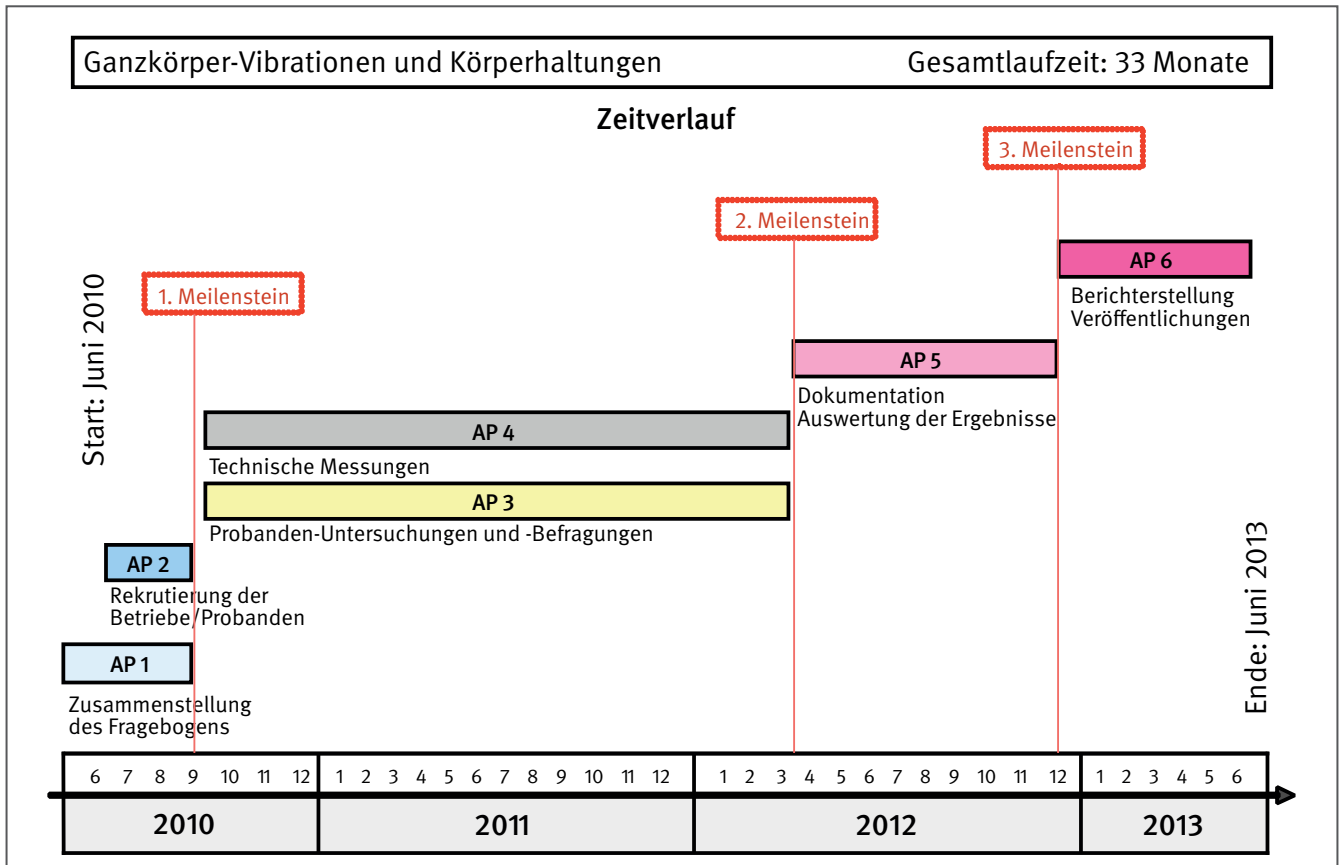


### 3.2 Tatsächlicher Arbeits- und Zeitablauf

Der geplante Zeitplan hat sich aufgrund von Problemen bei der Rekrutierung teilnehmender Firmen verzögert. Aus diesem Grund wurde eine Verlängerung des Projekts

beantragt (20. Juni 2012 bis 30. Juni 2013). Der Verlängerung wurde zugestimmt. Den tatsächlichen Zeitplan zeigt Abbildung 4.

Abbildung 4:  
Tatsächlicher Arbeits- und Zeitverlauf für das Projekt; AP = Arbeitspaket



### 3.3 Zuordnung der Arbeiten zu den Kooperationspartnern

Während der Projektbearbeitung oblagen folgende Aufgaben dem Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin, Uniklinik der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen:

- Vorstellung des Projekts in Betrieben,
- Koordination der Untersuchungen in den Betrieben,
- Ausarbeitung und Durchführung der fokus-Untersuchungen
- Ausarbeitung und Durchführung der psychosozialen Gefährdungsanalyse.

Zu den Aufgaben des IFA gehörten:

- Vorstellung des Projekts in Betrieben,
- Ausarbeitung und Durchführung der Gefährdungsanalyse GKV und KH,

- Auswertung der GKV- und KH-Belastungen,
- Rückmeldung der GKV- und KH-Belastungen in den teilnehmenden Betrieben,
- Methodendarstellung und deskriptive Analyse der GKV- und KH-Belastungen.

Folgende Aufgaben wurden in Zusammenarbeit der beiden Institute durchgeführt:

- Zusammenführung aller Daten,
- Auswertung der Daten.
- Analyse der Daten,
- Untersuchung eines Zusammenhangs zwischen GKV-KH-Belastungen und Muskel-Skelett-Beanspruchungen,
- Beantwortung der Forschungsfragen.



# 4 Methoden und Ergebnisse

Insgesamt wurden 102 Berufsfahrer in die Studien eingeschlossen, untersucht und aufgrund ihrer Tätigkeiten,

die durch die benutzten Fahrzeugarten bestimmt wurden, in vier Fahrzeuggruppen (Abbildung 5) unterteilt.

Abbildung 5: Untersuchte Fahrzeuggruppen mit Beispielbildern und Beschreibung der Tätigkeit und Sitzhaltung

Fahrzeuggruppe (Anzahl der Probanden)	Beispielbild für Fahrzeug	Beispielbild für Körperhaltung	Tätigkeit und Sitzhaltung
Busse und Lokomotiven (12)			Transportieren von Personen oder Containern mit angelehntem Rücken
Krane (Portalkrane und Containerbrücken) (39)			Transportieren von Containern mit nach vorne geneigtem Rücken (von der hoch gelegenen Kabine nach unten schauend)
Erdbaumaschinen (26)			Transportieren von Materialien und Bauarbeiten (Baggern und Verdichten) mit angelehntem Rücken
Gabelstapler (25)			Transportieren von Materialien mit Vorwärts- und Rückwärtsfahrten und teilweise verdrehtem Rücken

Die Expositionen wurden zum einen durch Messungen des IFA erfasst (GKV, KH), zum anderen anhand von Fragebögen abgefragt. Auch die Ermittlung der Beschwerden erfolgte einerseits durch die Beantwortung von Fragebögen, andererseits durch ergänzende arbeitsmedizinische Untersuchungen. Falls die GKV- und KH-Belastungen nicht durch Messungen erfasst werden konnten, wurden gemessene Belastungsdaten von vergleichbaren Arbeitsplätzen aus demselben Betrieb verwendet. Von den 102 untersuchten Probanden wurden bei 31 die Belastungen durch GKV und KH gemessen. Darüber hinaus wurden bei 27 Probanden die Belastungen durch GKV und KH gemessen, ohne dass sie befragt oder untersucht wurden. Diese zweite Gruppe von Messergebnissen wurde zwar nicht für die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Belastung und Beanspruchung genutzt, sie wurde aber herangezogen, um die Belastung auf vergleichbare Arbeitsplätze derselben Betriebe zu übertragen.

Insgesamt liegen also 58 Messungen zur Kombinationsexposition aus GKV und KH vor. Aus diesen Messergebnissen wurden die Gesamtbelastungen an den Arbeitsplätzen abgeleitet.

Die Beschwerden des Muskel-Skelett-Systems wurden einerseits durch die Beantwortung von Fragebögen zu subjektiv empfundenen Beschwerden ermittelt, andererseits durch ergänzende arbeitsmedizinische Untersuchungen, die darauf ausgelegt waren, Funktionseinschränkungen objektiv zu erfassen. Eine zusätzliche standardisierte, schriftliche Befragung umfasste darüber hinaus validierte Skalen für die Erfassung subjektiver Angaben zur psychosozialen Belastung sowie Angaben zu persönlichen Daten und soziodemografischen Aspekten.

Die Messdokumentationen und anschließenden Auswertungen erfolgten mit dem Einverständnis der Probanden in anonymisierter Form.

Insgesamt wurden folgende Angaben für die Analyse berücksichtigt:

- soziodemografische und persönliche Faktoren des Kollektivs,
- physikalische Einwirkungen (Expositionen von GKV und KH und Lastenhandhabungen),

- psychosoziale Faktoren,
- medizinische Untersuchungen,
- Befragungen zu Beschwerden.

### 4.1 Soziodemografische und persönliche Faktoren des Studienkollektivs

Es wurden sowohl soziodemografische Daten als auch Informationen der Berufsanamnese und der möglichen Belastungen aus dem privaten Bereich erfasst. Hierbei beruhte die Auswahl der erfassten Faktoren auf beschriebenen Einflussgrößen in der Fachliteratur und dem in der Praxis üblichen Vorgehen. Tabelle 1 fasst die Angaben der Probanden über soziodemografische und persönliche Faktoren für jede Fahrzeuggruppe zusammen.

Der Mittelwert für das Alter beträgt für alle 102 Probanden 44 Jahre (Standardabweichung: 8 Jahre). Insgesamt 50 % der Probanden liegen außerhalb des Altersbereichs, der in Abschnitt 2.1 geplant war. Dennoch wurden alle Probanden berücksichtigt, da sonst nur eine sehr geringe Fallzahl pro Gruppe erzielt worden wäre. In Tabelle 1 ist auch zu sehen, dass das Alter der Fahrer im Mittel dennoch nicht stark zwischen den Fahrzeuggruppen schwankt. Lediglich zwischen der Gruppe Krane und Erdbaumaschinen findet sich in der einfaktoriellen Anova ein signifikanter Wert im Post-hoc-Test. Daher wird das Alter in den weiteren Modellen als Confounder berücksichtigt.

Alle Teilnehmer sind seit mehr als zehn Jahren berufstätig. Die Probanden sind im Mittel in ihrem bisherigen Berufsleben 15 Jahre mit GKV belastet gewesen. Im aktuellen Betrieb waren sie im Median 15 bis 20 Jahre tätig. Die Probanden haben angegeben, dass sie keine Rückenbeschwerden vor Aufnahme Ihrer Ausbildung gehabt haben, sodass zwei der oben genannten Einschlusskriterien (Abschnitt 2.1) erfüllt werden konnten, während bei dem dritten Einschlusskriterium Abweichungen geduldet wurden.

Die weiteren Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1:  
Soziodemografische und persönliche Faktoren des Studienkollektivs

Kategorie	Fahrzeuggruppe			
	Busse und Lokomotiven	Krane	Erdbaumaschinen	Gabelstapler
<b>Anzahl der Probanden</b>				
	12	39	26	25
<b>Mittelwert (Standardabweichung)</b>				
Alter in Jahren	47,16 (6,38)	42,17 (8,33)	48,2 (8,41)	41,82 (8,33)
Größe in cm	178,32 (7,82)	177,61 (7,07)	175,37 (10,5)	175,32 (7,08)
Gewicht in kg	94,26 (18,53)	86,63 (11,46)	95,32 (16,39)	87,75 (11,53)
Body mass index in kg/m <sup>2</sup>	29,51 (4,46)	27,45 (3,19)	31,24 (6,82)	28,57 (3,5)
Anzahl der Kinder	1,57 (0,79)	1,74 (0,76)	2,04 (0,93)	1,85 (0,81)
<b>Anzahl (Prozentangabe für Fahrzeuggruppe)</b>				
Leben mit oder ohne Partner				
kein Partner	3 (25 %)	3 (8 %)	6 (23 %)	2 (8 %)
mit Partner	8 (67 %)	32 (82 %)	20 (77 %)	19 (76 %)
Hausbau				
Ja	4 (33 %)	17 (44 %)	10 (38 %)	9 (36 %)
Nein	8 (67 %)	22 (56 %)	16 (62 %)	16 (64 %)
Gartenarbeit				
Ja	2 (17 %)	12 (31 %)	6 (23 %)	9 (36 %)
Nein	9 (75 %)	23 (59 %)	20 (77 %)	11 (44 %)
Treiben Sie regelmäßig Sport?				
mehrmals pro Woche	3 (25 %)	14 (36 %)	9 (35 %)	6 (24 %)
einmal wöchentlich bis einmal monatlich	2 (17 %)	6 (15 %)	2 (8 %)	5 (20 %)
nein, weniger als einmal monatlich	6 (50 %)	15 (38 %)	15 (58 %)	10 (40 %)
Rauchen				
Ja	6 (50 %)	26 (67 %)	19 (73 %)	13 (52 %)
Nein	6 (50 %)	13 (33 %)	7 (27 %)	12 (48 %)
Nationalität				
Andere	0 (0 %)	3 (8 %)	1 (4 %)	0 (0 %)
Deutsch	12 (100 %)	36 (92 %)	25 (96 %)	24 (96 %)
Schulbildung				
Hauptschule	6 (50 %)	14 (36 %)	23 (88 %)	16 (64 %)
Realschule und mehr	5 (42 %)	20 (51 %)	3 (12 %)	5 (20 %)
Berufsausbildung				
kein Abschluss	1 (8 %)	2 (5 %)	0 (0 %)	4 (16 %)
abgeschlossen	9 (75 %)	32 (82 %)	26 (100 %)	16 (64 %)
Schicht				
mehrere Schichten	6 (50 %)	35 (90 %)	18 (69 %)	20 (80 %)
eine Schicht	4 (33 %)	0 (0 %)	8 (31 %)	1 (4 %)

## 4.2 Physikalische Einwirkungen (GKV und KH)

Die gleichzeitige Expositionsermittlung von GKV und ungünstigen KH wurde bereits in früheren Studien untersucht und evaluiert [10; 11]. In der vorliegenden Untersuchung wurde auf die Erkenntnisse dieser Vorarbeiten zurückgegriffen. Darüber hinaus wurden vier Untersuchungsgruppen mit hohen/niedrigen Belastungen durch GKV bzw. ungünstige KH geschaffen, für die im

Rahmen der Studie repräsentative Messungen durchgeführt wurden. Die Vorgehensweisen bei den Messungen werden im Folgenden beschrieben.

### 4.2.1 Ganzkörper-Vibration – Methode und Ergebnisse

#### Methode

Die Messung und Analyse der GKV erfolgt auf der Grundlage der Norm ISO 8041 und der Richtlinie VDI 2057-1 [12; 13] entlang der orthogonalen Achsen  $l = \{x, y, z\}$



(x: Brust – Rücken, y: Schulter – Schulter, z: entlang der Wirbelsäule) auf der Sitzfläche. Abbildung 6 zeigt die Anbringung der Sensoren in einem Fahrzeug.

Abbildung 6:  
Beispiel für die Anbringung der Messsensoren für GKV



Zur Bestimmung der GKV-Belastung werden folgende Werte eingeführt bzw. berechnet:

- Effektivwert,
- Schwingungsgesamtwert,
- Tages-Vibrationsexpositionswert  $A(8)$ .

Die Messdauer  $T_M$  wurde dabei so gewählt, dass die Effektivwerte der frequenzbewerteten Beschleunigungen  $a_{wl}$  repräsentativ für die Arbeitsbedingungen in der jeweiligen Gruppe sind. Die Effektivwerte sind quadratische Mittelwerte der zeitabhängigen, frequenzbewerteten Beschleunigungen  $a_{wl(t)}$ , die mit einer Abtastrate von 480 Hz gemessen wurden:

$$a_{wl} = \left( \frac{1}{T_M} \int_0^{T_M} a_{wl}^2(t) dt \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Eine weitere Möglichkeit, die GKV-Belastung eines Arbeitsplatzes zu beschreiben, ist der Schwingungsgesamtwert, wobei in x- und y-Richtung der Faktor von 1,4 zu berücksichtigen ist, der bei Gesundheitsgefährdungen notwendig ist [14]:

$$a_{v1,4} = \sqrt{1,4^2 a_{wx}^2 + 1,4^2 a_{wy}^2 + a_{wz}^2} \quad (2)$$

Schließlich wird der Tages-Vibrationsexpositionswert  $A(8)$  nach der Richtlinie 2002/44/EC [15] aus dem größten Wert der  $a_{wl}$  und der täglichen Einwirkungsdauer  $T$  gebildet:

$$A(8) = \max \left\{ 1,4 a_{wx} \sqrt{\frac{T}{8 \text{ h}}}; 1,4 a_{wy} \sqrt{\frac{T}{8 \text{ h}}}; a_{wz} \sqrt{\frac{T}{8 \text{ h}}} \right\} \quad (3)$$

Damit entspricht Gl. (3) in den meisten Fällen auch dem Tages-Vibrationsexpositionswert, wie er nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung zu bilden ist [8; 16].

Basierend auf den Angaben in der Berufsanamnese wurde eine Lebensdosis nach folgender Gleichung berechnet, wobei  $n$  für die Anzahl der Expositionstage steht:

$$D = \sum_i^n A(8)_i^2 \quad (4)$$

Falls keine Angaben über Expositionstage zur Verfügung standen, wurden 220 Arbeitstage pro Jahr angenommen.

Zusammenfassend wurden folgende GKV-Expositionsdaten analysiert:

- Tagesexpositionsdauer in h
- Expositionsjahre im jetzigen Betrieb
- Expositionsjahre insgesamt
- $A(8)$  in  $\text{ms}^{-2}$ : Tages-Vibrationsexpositionswert
- $A_{v1,4}(8) = a_{v1,4} \sqrt{\frac{T}{8 \text{ h}}}$  in  $\text{ms}^{-2}$ : Tages-Vibrationsexpositionswert mit Schwingungsgesamtwert
- $D$  in  $\text{m}^2\text{s}^{-4}$ : Dosiswert für die gesamten Expositionsjahre
- $D_{v1,4} = \sum_i^n A_{v1,4}(8)_i^2$ : Dosiswert für die gesamten Expositionsjahre mit Schwingungsgesamtwert

### Ergebnisse

Der Mittelwert und die Standardabweichung der Effektivwerte für frequenzbewertete Beschleunigungen  $a_{wl}$ , gemessen auf der Sitzfläche, sind in Tabelle 2 angegeben für insgesamt 58 Teilnehmer, deren Belastungen gemessen wurden. Die Einteilung erfolgt nach den Fahrzeuggruppen des Studienkollektivs.

Die Messdauern liegen im Mittel zwischen 50 Minuten für die Walze und 108 Minuten für die Busse, was ausreichte, um die jeweiligen Arbeitsbedingungen repräsentativ zu erfassen.

Tabelle 2:

Effektivwerte von frequenzbewerteten Beschleunigungen  $a_{wi}$  in den drei Richtungen  $l$ , gemessen auf der Sitzfläche, und Schwingungsgesamtwerte  $a_{v1,4}$ . Angegeben sind Mittelwerte aller Messungen und Standardabweichungen in Klammern. Unter Berücksichtigung der angegebenen Einwirkungsduern wird aus den  $a_{wi}$  der Tages-Vibrationsexpositionswert  $A(8)$  nach Gleichung (3) gebildet.

Fahrzeug (Anzahl Probanden)	Messdauer in min	Kennwerte der frequenzbewerteten Beschleunigung in $ms^{-2}$				
		$a_{wx}$	$a_{wy}$	$a_{wz}$	$a_{v1,4}$	$A(8)$
Bus (4)	108 (9)	0,12 (0,01)	0,13 (0,01)	0,20 (0,01)	0,32 (0,01)	0,20 (0,02)
Lokomotive (6)	85 (22)	0,10 (0,04)	0,15 (0,04)	0,18 (0,03)	0,29 (0,04)	
Kran (13)	74 (13)	0,11 (0,04)	0,11 (0,05)	0,16 (0,11)	0,27 (0,14)	0,17 (0,05)
Portalkran (6)	98 (20)	0,21 (0,02)	0,11 (0,04)	0,17 (0,03)	0,37 (0,04)	
Muldenkipper (8)	83 (14)	0,32 (0,11)	0,43 (0,15)	0,50 (0,24)	0,91 (0,33)	0,59 (0,17)
Bagger (5)	76 (14)	0,43 (0,10)	0,26 (0,08)	0,31 (0,14)	0,78 (0,17)	
Radlader (2)	91 (11)	0,52 (0,06)	0,58 (0,01)	0,43 (0,11)	1,18 (0,08)	
Planierraupe (3)	88 (16)	0,34 (0,04)	0,25 (0,09)	0,42 (0,14)	0,73 (0,17)	
Grader (1)	71 (-)	0,22 (-)	0,25 (-)	0,28 (-)	0,54 (-)	
Walze (1)	50 (-)	0,24 (-)	0,38 (-)	0,27 (-)	0,69 (-)	
Gabelstapler (9)	79 (25)	0,24 (0,03)	0,23 (0,04)	0,27 (0,13)	0,56 (0,06)	

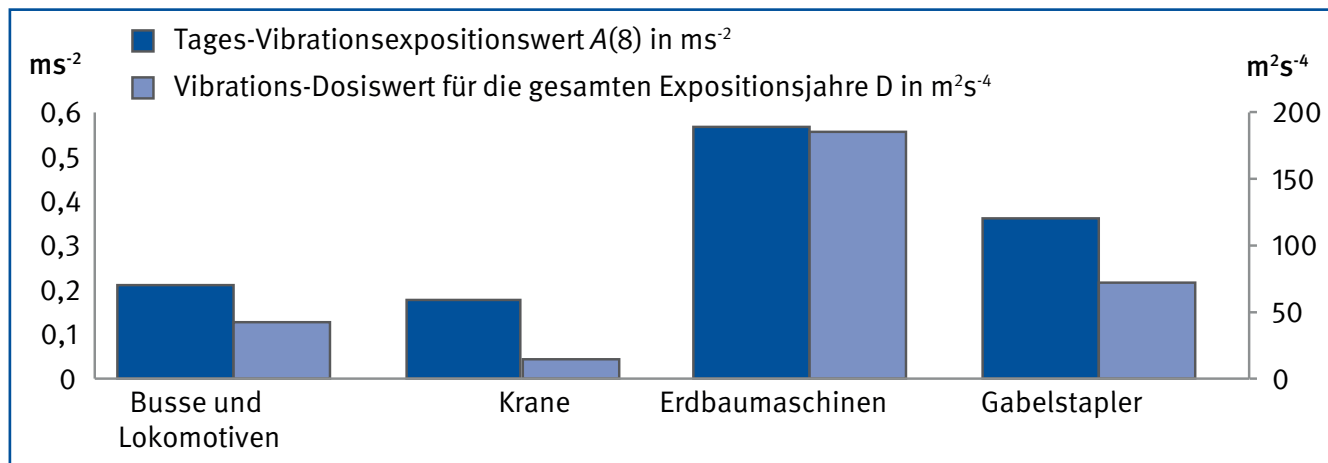
In den meisten Fällen sind die Beschleunigungen in Richtung der z-Achse dominant. Bei den Portalkranen und Baggern hingegen sind die Effektivwerte in x-Richtung am größten, bei den Radladern und der Walze die in y-Richtung. Der Schwingungsgesamtwert liegt zwischen  $0,27 \text{ m/s}^2$  für Krane sowie  $1,18 \text{ m/s}^2$  für Radlader.

Die Daten in Tabelle 3 zeigen, dass die Gruppeneinteilung gerechtfertigt ist: Die GKV-Belastung der Gruppen 1 (Bus,

Lokomotive) und 2 (Kran, Portalkran) sind sowohl innerhalb als auch zwischen den Gruppen ähnlich. Die Gruppen 3 (Erdbaumaschinen) und 4 (Gabelstapler) haben im Vergleich dazu höhere GKV-Belastungswerte. Dabei variiert die GKV-Belastung zwischen den verschiedenen Erdbaumaschinen stark, da die Belastungen durch die verschiedenen Maschinen wie erwartet sehr unterschiedlich ausfallen können.

Tabelle 3:

Kennwerte der GKV-Belastung nach Abschnitt 4.2.1 „Methode“ (siehe Seite 21 bis 22); angegeben sind Mittelwerte (Standardabweichungen) für die Probanden nach Fahrzeuggruppen



	Fahrzeuggruppe			
	Busse und Lokomotiven	Krane	Erdbaumaschinen	Gabelstapler
Expositionszeit in Stunden pro Tag	6,57 (0,83)	5,28 (1,74)	5,69 (2,18)	5,12 (1,04)
Expositionsjahre im jetzigen Betrieb	20,11 (8,94)	13,71 (9,63)	23,98 (9,6)	14,89 (7,76)
Expositionsjahre insgesamt	23,79 (9,93)	14,85 (9,67)	25,74 (9,24)	18,71 (9,03)
$A(8)$ in $ms^{-2}$	0,21 (0,02)	0,18 (0,04)	0,57 (0,15)	0,36 (0,03)
$A_{v1,4}(8)$ in $ms^{-2}$	0,3 (0,04)	0,26 (0,07)	0,82 (0,22)	0,52 (0,05)
$D_v$ in $m^2s^{-4}$	42,23 (78,59)	13,62 (16,21)	184,73 (115,47)	72,44 (73,84)
$D_{v1,4}$ in $m^2s^{-4}$	88,75 (143,97)	30,84 (41,86)	384,52 (214,32)	170,08 (252,31)



Basierend auf den Informationen in der Berufsanamnese und den gemessenen Daten wurden aus den Daten in Tabelle 3 die GKV-Expositionsdaten für alle Probanden berechnet.

Die Tagesexpositionsdauer variierte im Mittel zwischen 5,12 Stunden für Gabelstaplerfahrer und 6,57 Stunden für Busfahrer und Lokomotivführer. Die maximalen Expositionsjahre im jetzigen Betrieb und im Berufsleben wurden durch Erdbaumaschinenfahrer angegeben mit jeweils 23,98 und 25,74 Jahren. Kranfahrer haben die geringsten Expositionsjahre angegeben: im jetzigen Betrieb 13,71 Jahre und im Berufsleben 14,85 Jahre.

Der Tages-Vibrationsexpositionszeitwert  $A(8)$  und der Tages-Vibrationsexpositionszeitwert  $A_{v1,4(8)}$ , der auf dem Schwingungsgesamtwert aufbaut, variierten durchschnittlich jeweils zwischen  $0,18 \text{ ms}^{-2}$  und  $0,26 \text{ ms}^{-2}$  für Kranfahrer sowie  $0,57 \text{ ms}^{-2}$  und  $0,82 \text{ ms}^{-2}$  für Erdbaumaschinenfahrer.

Tabelle 3 zeigt auch, dass der Tages-Vibrationsexpositionszeitwert eine gute Vorhersage über die Lebensdosis zulässt, womit ein weiteres Ziel der Probandenauswahl (Abschnitt 2.1) erfüllt ist. Die größte Lebensdosis wurde für Erdbaumaschinenfahrer bestimmt mit  $D = 185 \text{ m}^2\text{s}^{-4}$  ( $D_{v1,4} = 385 \text{ m}^2\text{s}^{-4}$ ). Die Mittelwerte der Lebensdosiswerte sind zum Teil mit hohen Standardabweichungen verknüpft, weil in den Verteilungen einzelne, sehr hohe Werte vorliegen.

#### 4.2.2 Körperhaltungen – Methode und Ergebnisse

##### Methode

Die KH der Probanden wurde mit dem CUELA-System (CUELA: computer-unterstützte Erfassung und Langzeitanalyse des Muskel-Skelett-Systems) gemessen [10; 11], das aus Gyroskopen, Beschleunigungssensoren und Potentiometern besteht, die auf der Kleidung der Probanden befestigt werden, ohne deren Arbeiten zu behindern. Tabelle 4 zeigt, wie die Sensoren angebracht sind und welche Körperwinkel oder Freiheitsgrade (DOF, „degree of freedom“) gemessen werden.

Die Bewegungen werden mit einer Abtastrate von 50 Hz gemessen, wobei nur Signalanteile unterhalb von 10 Hz ausgewertet werden (Tiefpassfilter). Zu Beginn der Messung werden die Nullpunkte aller Körperwinkel festgelegt (initialisiert). Dazu nimmt der Proband die Neutral-Null-Stellung ein: aufrecht stehend, Blick nach vorn. Während der Messung können Artefakte durch eine Videoaufzeichnung erkannt und aus der Bewertung entfernt werden – etwa, wenn Sensoren durch die Kleidung oder die Rückenlehne gestört werden sollten. Um die Genauigkeit der Messung zu beschreiben, wurden die Mediane der Differenzen in der Neutral-Null-Stellung vor und nach der Messung untersucht, sie lagen je nach Körperwinkel zwischen  $1,7$  und  $5,1^\circ$ .

Tabelle 4: CUELA-Messsystem: vermessbare Körperregion und zugehörige Messwerte



Körperregion der Sensoranbringung	Aus den Sensordaten abgeleitete Körperwinkel
Kopf	Kopfnéigung (lateral/sagittal) Halskrümmung (lateral/sagittal) Halstorsion
Brustwirbelsäule (BWS) Lendenwirbelsäule (LWS)	BWS-Neigung (lateral/sagittal) Rumpfnéigung (lateral/sagittal) Rückenkrümmung (lateral/sagittal) Rückentorsion
Oberschenkel	Hüftgelenkflexion, -extension
Unterschenkel	Kniegelenkflexion, -extension


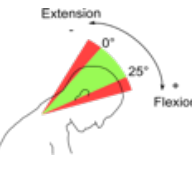
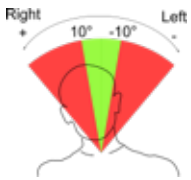
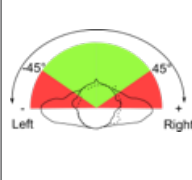
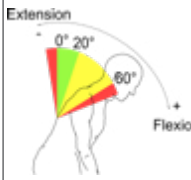
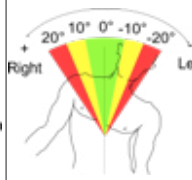
Von den gemessenen Körperwinkeln wurden nur diejenigen ausgewertet, die die Wirbelsäule betreffen. Diese elf Winkel sind Tabelle 4 zu entnehmen. Die detaillierte Beschreibung der einzelnen Winkeln ist in ISO/TR 10687 [9] angegeben. Um die Messwerte der Körperwinkel zu bewerten, sind diese in Tabelle 5 weiterhin in drei Kategorien (neutral, moderat, ungünstig) eingeteilt. „Neutral“ bedeutet, dass es sich um eine Körperhaltung handelt, die als nicht gefährdend eingestuft wird; unter „moderat“ versteht man eine KH, die in einem Grenzbereich zwischen neutral und ungünstig liegt; mit „ungünstig“ werden KHen bezeichnet, die als problematisch eingestuft werden. Die Einteilung der Messbereiche der Körperwinkel beruht auf gültigen Normen für statische (Zwangs-)haltungen [17; 18].

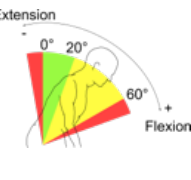
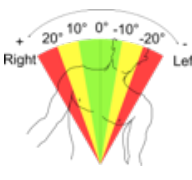
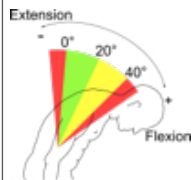
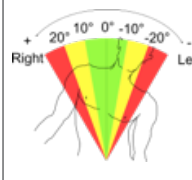
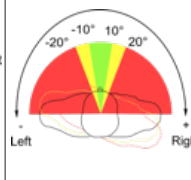
Mit der Bewertung aus Tabelle 5 können die Anteile der Messdauer bestimmt werden, während derer sich jeder Körperwinkel in einer der drei Kategorien befindet, woraus sich ein Index  $R_{\text{DOF}}$  bilden lässt [11], der die Anteile nicht-neutraler KH zusammenfasst.

$$R_{\text{DOF}} = \sum_{i=1}^{11} c_i ; c_i = \begin{cases} 0 & \text{wenn } \frac{t_{a,i}}{T_M} \cdot 100 \% < 30 \% \\ 1 & \text{wenn } \frac{t_{a,i}}{T_M} \cdot 100 \% \geq 30 \% \end{cases} \quad (5)$$

Dabei wird Folgendes definiert: Wenn für den i-ten Körperwinkel die Messdauer in nicht neutralen Kategorien ( $t_{a,i}$ ) mehr als 30 % der Messdauer beträgt, wird dieser als ungünstig gewertet und der Index  $R_{\text{DOF}}$  erhöht sich um 1. Der Index  $R_{\text{DOF}}$  beschreibt also die Anzahl der Körperwinkel mit relevanten Anteilen im nicht neutralen Bereich und kann in dieser Studie zwischen 0 und 11 liegen.

Tabelle 5: Definition der Auswertungskategorien für die Körperwinkel (grün: neutral, gelb: moderat; rot: ungünstig)

Kategorie	Körperwinkel					
	Kopfeigung (sagittal)	Halskrümmung (sagittal)	Halskrümmung (lateral)	Halstorsion	BWS-Neigung (sagittal)	BWS-Neigung (lateral)
						
neutral	0° bis 25° oder < 0° gestützt	0° bis 25°	-10° bis 10°	-45° bis 45°	0° bis 20°	0° bis 10°
moderat	25° bis 85°				20° bis 60°	±10° bis ±20°
ungünstig	< 0° oder > 85°	< 0° oder > 25°	< -10° oder > 10°	< -45° oder > 45°	< 0° oder > 60°	< -20° oder > 20°

Kategorie	Körperwinkel				
	Rumpfeigung (sagittal)	Rumpfeigung (lateral)	Rückenkrümmung (sagittal)	Rückenkrümmung (lateral)	Rückentorsion
					
neutral	0° bis 20° oder < 0° gestützt	0° bis 10°	0° bis 20°	0° bis 10°	-10° bis 10°
moderat	20° bis 60°	±10° bis ±20°	20° bis 40°	±10° bis ±20°	±10° bis ±20°
ungünstig	< 0° oder > 60°	< -20° oder > 20°	< 0° oder > 40°	< -20° oder > 20°	< -10° oder > 10°

**Ergebnisse**

Die gemessenen Belastungen durch KH gemittelt über die vier Gruppen aus Abschnitt 2.1 sind in Abbildung 7 dargestellt. In dieser Darstellung sind „moderate“ und „ungünstige“ Bereiche aus Tabelle 5 rot hinterlegt. Aus diesen Messwerten lassen sich die Belastungen durch KH für das gesamte Studienkollektiv berechnen (Abbildung 8).

Durch das Vorbeugen der Kran- und Portalkranfahrer (siehe Abschnitt 2.1) aus Gruppe 2 liegen die Messwerte für die Körperwinkel in der sagittalen Ebene (Kopfeigung, Halskrümmung, die BWS- und Rumpfeigung) meistens über denen der anderen Gruppen, besonders im Vergleich mit Gruppe 1.

Bei den Gabelstaplerfahrern der Gruppe 4 führt das häufigere Rückwärtsfahren dazu, dass die Spanne zwischen dem 5. und 95. Perzentil (und oft auch zwischen dem 25.

und 75. Perzentil) vor allem bei den lateralen Körperwinkeln und Torsionen größer ist als bei den anderen Gruppen: Die Probanden in dieser Gruppe müssen sich mehr und über einen größeren Winkelbereich hinweg bewegen.

Abbildung 8 gibt Mittelwerte für die 102 untersuchten Probanden (Abschnitt 4) für die Zeitanteile an, die während der Messung für jeden DOF im nicht neutralen Bereich liegen. Wie aus Abbildung 7 zu erwarten ist, sind für die (Portal-)Kranfahrer aus Gruppe 2 die Zeitanteile in nicht neutralen Bereichen für die sagittalen Körperwinkel am höchsten. Auffällig sind in dieser Gruppe die Rückenkrümmung und Kopfeigung, die zu 88 und 78 % im nicht neutralen Bereich liegen.

## 4 Methoden und Ergebnisse

Abbildung 7:

Verteilung der gemessenen Werte für die Körperwinkel der Probanden nach Gruppen der benutzten Fahrzeuge (Gruppe 1: Busse und Lokomotiven, Gruppe 2: Krane und Portalkrane, Gruppe 3: Erdbaumaschinen, Gruppe 4: Gabelstapler). Die Boxplots geben das 5., 25., 50., 75. und 95. Perzentil der Messwerte an. Nach Tabelle 5 sind Werte im neutralen Bereich grün hinterlegt, nicht neutrale Bereiche sind rot hinterlegt (BWS = Brustwirbelsäule).

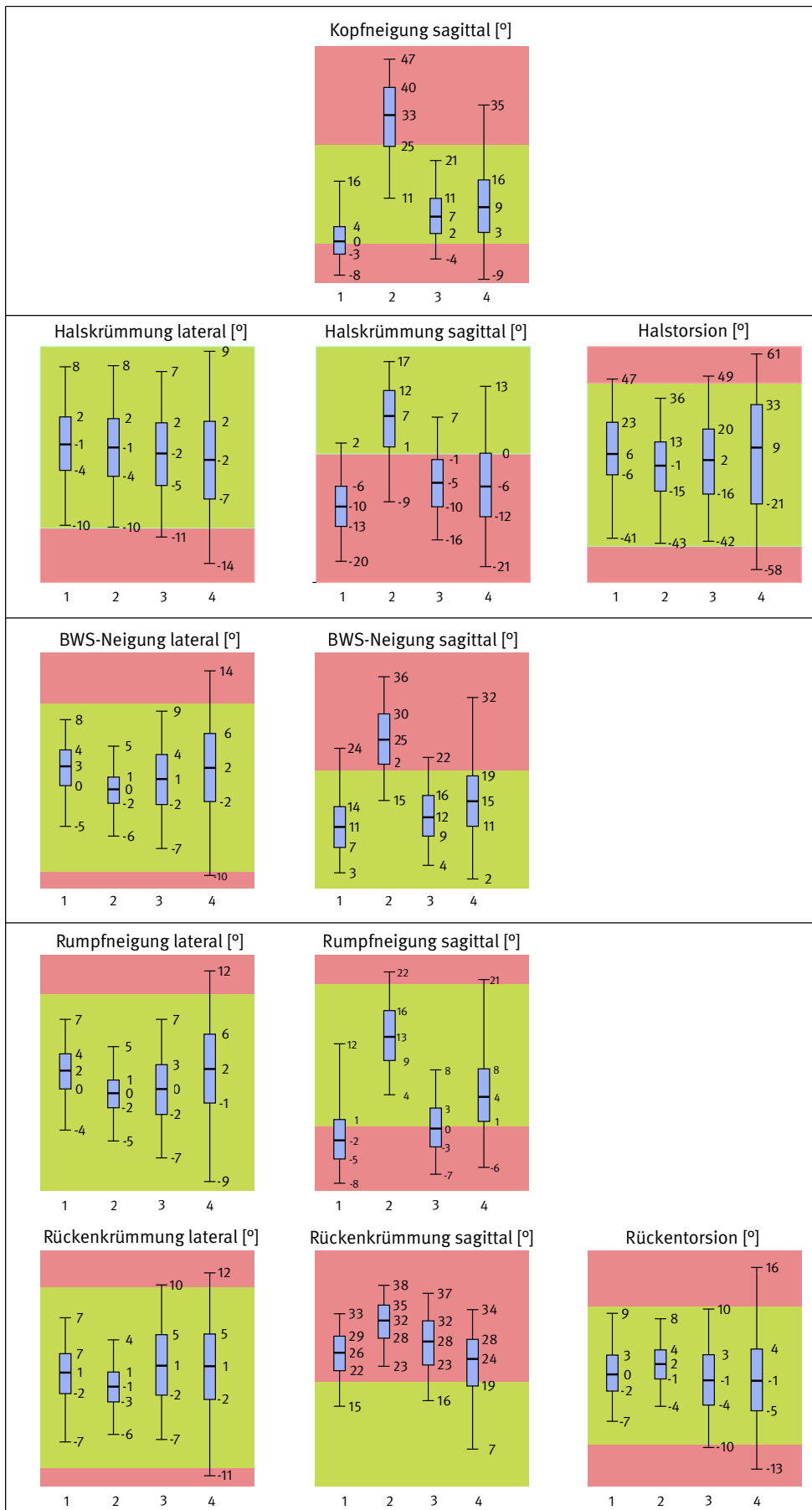
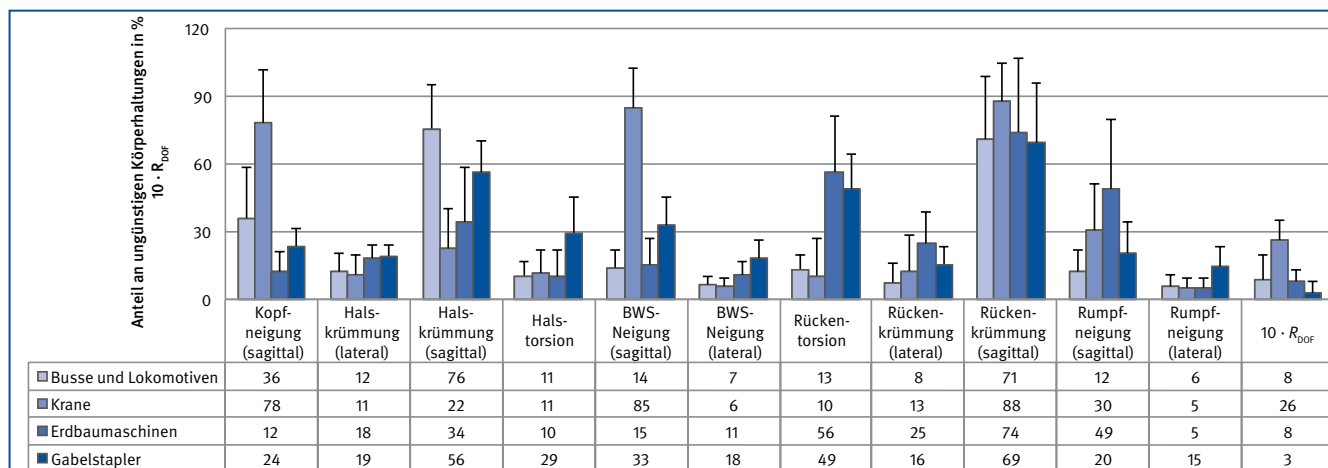


Abbildung 8:

Zeitanteile in Prozent, in denen die angegebenen Körperwinkel im nicht neutralen Bereich liegen und  $R_{DOF}$ . Angegeben sind Mittelwerte der Probanden nach Fahrzeuggruppen. Die Standardabweichungen sind als Fehlerbalken dargestellt. Die  $R_{DOF}$ -Werte sind mit dem Faktor 10 skaliert, damit sie auf derselben Skala dargestellt werden können wie die Mittelwerte der Körperwinkel.



Weitere Unterschiede in den Körperhaltungen sind zwischen den Gruppen deutlich geringer ausgeprägt. So liegen bei den Gabelstaplerfahrern aus Gruppe 4 die Mittelwerte einiger lateraler Körperwinkel und der Halstorsion höher als bei den Probanden der anderen Gruppen. Dies ist auch in Abbildung 8 an den größeren Spannen zwischen den Perzentilwerten für diese Körperwinkel abzulesen. Diese KH werden durch das häufige Umdrehen beim Rückwärtsfahren bedingt und können unter Umständen stärker den Schulter-Nacken-Bereich belasten, worauf hier nicht weiter eingegangen werden soll.

Ein weiterer, geringer Effekt ergibt sich aus den unterschiedlichen Tätigkeiten, die in der Gruppe der Erdbaumaschinenfahrer vorliegen. Die Werte in Abbildung 7 beziehen sich auf die Probanden, deren Belastung gemessen wurde (N = 58), und Abbildung 8 auf die Probanden, die untersucht wurden (N = 101). Da die Anteile der genutzten Erdbaumaschinen in beiden Gruppen unterschiedlich ist, ergeben sich Unterschiede z. B. für die Rückentorsion der Gruppe 3, die in Abbildung 7 geringere Anteile im nicht neutralen Bereich aufweist als Gruppe 4. In Abbildung 8 zeigen die Erdbaumaschinenfahrer (Gruppe 3) aber im Mittel von allen Gruppen die höchsten Werte für die Rückentorsion im nicht neutralen Bereich.

Aus den Zeitanteilen im nicht neutralen Bereich berechnet sich  $R_{DOF}$  für jeden Probanden (Abbildung 8). Dieser ist bei den Kranfahrern am höchsten (im Mittel  $R_{DOF}=2,6$ ), was durch die Belastungen der sagittalen Körperwinkel begründet ist. Alle anderen Effekte haben keine erkennbaren Auswirkungen auf den  $R_{DOF}$ , sodass sich für die anderen Gruppen kaum Unterschiede in diesem Kennwert ausmachen lassen.

### 4.2.3 Kombinationsexposition von GKV und Körperhaltungen – Methode und Ergebnisse

#### Methode

Um die Messwerte für KH und GKV in einem Kennwert zusammenzufassen, wurden zwei Modelle untersucht, die auf der Bewertung der KH nach Tabelle 5 beruhen, und die Belastung durch KH und GKV linear kombinieren [11].

#### Modell 1: $R_{WBV-P}$

Das Modell baut auf der Beschreibung von Gl. (5) auf, dabei werden für jeden Körperwinkel die Werte nach Tabelle 5 und gleichzeitig die Schwingungsgesamtwerte  $a_{v1,4}$  bewertet. Für die GKV-Messwerte werden in Anlehnung an die Richtlinie 2002/44/EC [15] und unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus einer Reanalyse der epidemiologischen Studie [19] drei Kategorien gebildet:

- „niedrig“  $a_{v1,4} < 0,5 \text{ ms}^{-2}$ ;
- „mittel“  $0,5 \text{ ms}^{-2} \leq a_{v1,4} < 1,0 \text{ ms}^{-2}$ ;
- „hoch“  $a_{v1,4} \geq 1,0 \text{ ms}^{-2}$ .

Nun wird die Messdauer  $t_{h,i}$  bestimmt, in der die Messwerte des i-ten Körperwinkel nicht in die Kategorie „neutral“ fallen und die GKV-Messwerte gleichzeitig nicht „niedrig“ sind. Sollte der Anteil der  $t_{h,i}$  mehr als 30 % der Messdauer betragen, wird wieder ein Index um 1 erhöht. Dieser Index heißt nun  $R_{WBV-P}$ , da er GKV- und Haltdungsdaten berücksichtigt (englisch: wbv „whole-body vibration“; p „posture“). Er kann, wie der KH-Index, Werte zwischen 0 und 11 annehmen:

$$R_{WBV-P} = \sum_{i=1}^{11} c_i ; c_i = \begin{cases} 0 & \text{wenn } \frac{t_{h,i}}{T_M} \cdot 100 \% < 30 \% \\ 1 & \text{wenn } \frac{t_{h,i}}{T_M} \cdot 100 \% \geq 30 \% \end{cases} \quad (6)$$

Modell 2:  $a_{v1,4-p}$

Ein weiteres Risikomaß für die Beurteilung der Kombinationsexposition aus GKV und HK,  $a_{v1,4-p}$ , wurde von Schäfer et al. [20] vorgeschlagen:

$$a_{v1,4-p} = \frac{1}{11} \sum_{i=1}^{11} a_{v1,4-DOF,i}$$

$$a_{v1,4-DOF,i} = \left[ \frac{1}{T_M} \int_0^{T_M} (\alpha_i a_{v1,4}(t))^2 dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

$$\alpha_i = \begin{cases} 1,0 & \text{falls } DOF_i(t) \text{ neutral} \\ 1,5 & \text{falls } DOF_i(t) \text{ moderat} \\ 2,0 & \text{falls } DOF_i(t) \text{ ungünstig} \end{cases}$$

Hierbei wird der Schwingungsgesamtwert mit einem Faktor multipliziert, der den jeweiligen Körperwinkelbereich  $\alpha_i$  (neutral, moderat, ungünstig) beschreibt. Der Kombinationsindex  $a_{v1,4-DOF,i}$  ist der quadratische Mittelwert der Schwingungsgesamtwerte, die durch den  $\alpha_i$  modifiziert

worden sind. Da in dieser Studie elf Körperwinkel untersucht werden, ist  $a_{v1,4-p}$  der Mittelwert über elf Kombinationsindizes von GKV und KH.

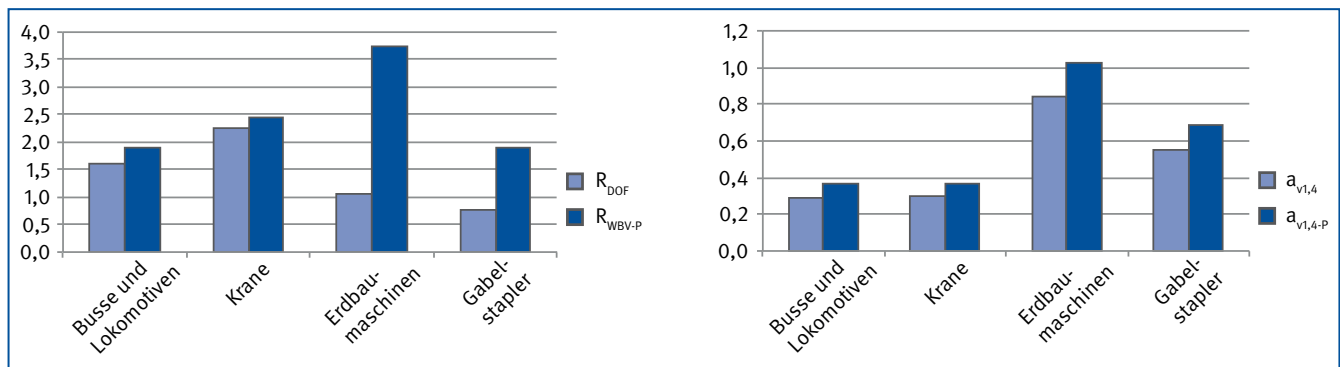
**Ergebnisse**

Kombiniert man die beiden gemessenen Belastungen zum Kennwert  $R_{WBV-P}$  nach Gl. (6) und zum Kennwert  $a_{v1,4-p}$  nach Gl. (7), so ergeben sich für die Probanden die Werte in Tabelle 6. Die Kennwerte nehmen notwendigerweise höhere Werte an als die Kennwerte  $R_{DOF}$  und  $a_{v1,4}$ , die nur jeweils die KH und die GKV beschrieben haben. Abbildung 9 zeigt die Zunahme der Kennwerte durch die Kombinationsmodelle. Dadurch, dass die Probanden, die mit Gabelstaplern und Erdbaumaschinen gearbeitet haben, höheren Schwingungsbelastungen ausgesetzt waren als die Probanden der anderen beiden Gruppen, ist die Zunahme des Kennwertes  $R_{WBV-P}$  bei diesen Probanden deutlich zu sehen (Abbildung 9 links). Im Gegensatz dazu ist keine deutliche Zunahme des Kennwertes  $a_{v1,4}$  durch die KH aufgetreten (Abbildung 9 rechts).

Tabelle 6: Ergebnisse der Kombinationsexpositionen als Kennwert  $R_{WBV-P}$  und als Kennwert  $a_{v1,4-p}$ ; angegeben sind Mittelwerte (Standardabweichungen)

Kombinationsexpositionen	Busse und Lokomotiven	Krane	Erdbaumaschinen	Gabelstapler
$R_{WBV-P}$	1,90 {1,10}	2,44 {1,10}	3,75 {2,83}	1,89 {0,93}
$a_{v1,4-p}$ in $ms^2$	0,36 {0,03}	0,37 {0,14}	1,02 {0,33}	0,69 {0,07}

Abbildung 9: Links: Vergleich zwischen dem Körperhaltungsindex  $R_{DOF}$  und dem Kombinationsexpositionsindex  $R_{WBV-P}$ ; rechts: Vergleich zwischen dem Vibrationskennwert  $a_{v1,4}$  und dem Kombinationsexpositionsindex  $a_{v1,4-p}$



**4.2.4 Lastenhandhabung**

Die zusätzliche Belastung durch Heben und Tragen wurde durch Eigenangaben der Probanden mit Antwortmöglichkeiten „ja“ oder „nein“ ermittelt. Tabelle 7 zeigt die Verteilung der Lastenhandhabung für jede Fahrzeuggruppe.

Maximale Belastungen gaben Erdbaumaschinenfahrer durch „Heben“ (50 %) und „Ziehen und Schieben“ (42,3 %) an.

Tabelle 7: Eigenangaben der Probanden über die Lastenhandhabung; angegeben sind die Anzahl der Probanden (%)

Lastenhandhabung	Busse und Lokomotiven	Krane	Erdbaumaschinen	Gabelstapler
Heben	1 (8,3)	10 (25,6)	13 (50)	7 (28)
Tragen	1 (8,3)	10 (25,6)	9 (34,6)	6 (24)
Ziehen und Schieben	1 (8,3)	5 (12,8)	11 (42,3)	6 (24)



## 4.3 Psychosoziale Belastungsfaktoren

### 4.3.1 Methode

Im Rahmen des Projekts wurden die mit der Arbeit der Berufsfahrer verbundenen psychosozialen Gefährdungen erfasst, die mit der Nennung muskuloskelettaler Beschwerden, vor allem im Bereich der Lendenwirbelsäule, assoziiert sein können.

Dazu wurden Informationen durch standardisierte Befragungsinstrumente gewonnen. Die psychosoziale Gefährdungsanalyse schloss die Erfassung von Ressourcen, Stressoren und Anforderungen des Arbeitsplatzes ein. Im Folgenden werden die verwendeten Instrumente der psychosozialen Gefährdungsanalyse vorgestellt und im Anschluss folgt die deskriptive Analyse.

Außerdem wurde zur Einschätzung der Skala zur Erfassung der psychosozialen Faktoren ein Cronbachs- $\alpha$ -Test durchgeführt. Werte zwischen  $\alpha = 0,7$  und  $\alpha = 0,9$  repräsentieren eine gute, solche zwischen  $\alpha = 0,6$  und  $\alpha = 0,7$  eine akzeptable und Werte kleiner als  $\alpha = 0,6$  eine schlechte Reliabilität.

Da die Teilnehmer nicht alle Items der Fragebögen vollständig beantwortet haben, bezieht sich die Auswertung der Daten auf die Antworten pro Gruppe. Deshalb ist eine 100%ige Darstellung der Auswertungsdaten nicht möglich.

#### *Fragebogen zum Erleben von Intensität und Tätigkeitsspielraum in der Arbeit (FIT)*

Dieser Fragebogen behandelt die Faktoren der Arbeitsanforderung und der Kontrolle. Um die Dimensionen des „Job Demand-Control Modells“ (JDC-Modell) von Karasek [21] zu erfassen, wurde der Fragebogen zum Erleben von Intensität und Tätigkeitsspielraum in der Arbeit (FIT) [22] eingesetzt. Der FIT ist ein Screening-Instrument zur Erfassung der Kerndimensionen des JDC-Modells.

Der FIT besteht aus 13 Items. Sechs dieser Items erfassen den Faktor „Arbeitsintensität“; dieser entspricht der Dimension „Job Demand“. Der Faktor „Arbeitsintensität“ beschreibt das erlebte Niveau der geistigen und körperlichen Anforderungen aus der Arbeitstätigkeit. Die anderen sieben Items messen den Faktor „Tätigkeitsspielraum“, der die Dimension „Decision Latitude“ des JDC-Modells [21] abbildet. Unter dem Faktor „Tätigkeitsspielraum“ werden die Möglichkeiten zusammengefasst, eigene Ideen zur Lösung von Problemen einzubringen und den Ablauf einzelner Arbeitsschritte oder die darin verwendeten Methoden selbst zu wählen.

Die Items haben ein vierstufiges Antwortformat mit den Antwortmöglichkeiten „nein“ (1), „mehr nein als ja“ (2), „mehr ja als nein“ (3) und „ja“ (4). Zustimmung zu einer Aussage bedeutet ein hohes Ausmaß an Arbeitsintensität oder Tätigkeitsspielraum. Zur Auswertung des Fragebogens werden die Rohwerte der Antworten, getrennt

für beide Faktoren, aufsummiert und anschließend wird der Mittelwert für beide Faktoren gebildet. Zur Bestimmung von „high strain-“, „active-“, „passive-“ und „low strain job“ wird eine hohe von einer niedrigen Ausprägung der beiden Skalen am Mittelwert von 2,5 der Skala festgesetzt.

Die in der Literatur angegebene interne Konsistenz der Skalen „Arbeitsintensität“ ( $\alpha = 0,81$ ) und „Kontroll-/Tätigkeitsspielraum“ ( $\alpha = 0,79$  bis  $0,85$ ) ist gut [22].

#### *Skala „Soziale Unterstützung“*

Die soziale Unterstützung ist eine wesentliche Ressource am Arbeitsplatz, die durch die bisherigen Skalen nicht abgedeckt wurde. Zur Erfassung der sozialen Unterstützung wurde die aus dem englischen übersetzte Skala von Caplan et al. [23] verwendet. Diese Skala wurde in Anlehnung an die Erweiterung des FIT von Richter et al. ausgewählt und entspricht der Subskala „Soziale Unterstützung“ durch Vorgesetzte und Kollegen aus der „Salutogenetischen Subjektiven Arbeitsanalyse“ (SALSA) [24]. Weiterhin wird die „soziale Unterstützung“ durch Personen außerhalb der Arbeit und durch Lebenspartner erfasst. Alle Items der Skalen haben ein fünfstufiges Antwortformat von „gar nicht“ bis „völlig“. Die in der Literatur angegebene interne Konsistenz der Subskalen „Soziale Unterstützung durch Vorgesetzte“ ( $\alpha = 0,87$ ) und „Soziale Unterstützung durch Arbeitskollegen“ ( $\alpha = 0,85$ ) ist sehr gut [24; 25].

#### *Arbeitsplatzunsicherheit*

Arbeitsplatzunsicherheit gilt auch als ein wesentlicher psychosozialer Risikofaktor am Arbeitsplatz. Diese ist mit vier Items abgefragt, die die subjektive Befürchtung behandeln, den Arbeitsplatz zu verlieren, und das Risiko, keinen neuen vergleichbaren Arbeitsplatz zu bekommen. Das Antwortformat hat fünf Stufen, wobei zwei Items die sechste Antwort „weiß nicht“ zusätzlich ermöglichen. Die von Semmer [26] angegebene interne Konsistenz ( $\alpha = 0,59$ ) der Skala ist schlecht.

#### *Allgemeine Arbeitszufriedenheit*

Die allgemeine Arbeitszufriedenheit wurde mit der Kurzska von Fischer und Lück [27] erhoben. Zur Messung der Zufriedenheit werden den Befragten Aussagen über verschiedene Aspekte der Arbeit vorgegeben. Als Antwortformat werden fünfstufige Likertskalen verwendet, deren Anker sich je nach Item unterscheiden. In der Langversion besteht die Skala zur Messung von Arbeitszufriedenheit (SAZ) aus 37 Items. In der vorliegenden Arbeit wurde die Kurzversion verwendet, in der die acht trennschärfsten Items eingesetzt wurden. Die Langversion erreicht Reliabilitäten zwischen 0,91 und 0,96.

### 4.3.2 Ergebnisse (Psychosoziale Belastungsfaktoren)

Tabelle 8 zeigt die Ergebnisse für die Belastungen durch psychosoziale Faktoren und die entsprechenden Cronbachs- $\alpha$ -Werte.

Insgesamt ist die Reliabilität der Skalen in einem guten Bereich ( $\alpha = 0,79$  bis  $0,88$ ), lediglich die Reliabilität der Skala zur Erfassung der Arbeitsplatzunsicherheit ist mit einem Wert von  $\alpha = 0,59$  gering ausgeprägt.

Maximale Arbeitszufriedenheit gaben die Busfahrer und Lokomotivführer an, während die geringste Arbeitszufriedenheit bei den Gabelstaplerfahrern ermittelt wurde. Die geringste Arbeitsplatzunsicherheit würde für die Busfahrer und Lokomotivführer ermittelt.

Soziale Unterstützung durch Kollegen war unter Gabelstaplerfahrern am geringsten ausgeprägt. Eine gleichmäßige Belastung bezüglich der „Job Demand Control“-Aspekte wurde für alle Fahrzeuggruppen ermittelt.

Tabelle 8:

Kennwerte der psychosozialen Belastung: Mittelwerte (Standardabweichungen) der Ergebnisse aus den Fragebögen. Unter „Job Demand Control“ ist die Anzahl der Probanden angeführt, deren Auswertung auf „active/passive“ und „high/low strain“ passen. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Anzahl der Probanden pro Gruppe.

Parameter	Busse und Lokomotiven	Krane	Erdbaumaschinen	Gabelstapler	Cronbachs- $\alpha$
Arbeitszufriedenheit (gut 1 bis schlecht 5)	1,6 (0,6)	2,3 (0,6)	2,4 (0,7)	2,7 (0,6)	0,81
Job demand/Arbeitsintensität (gut 1 bis schlecht 5)	2,2 (0,9)	2,3 (0,6)	2,5 (0,8)	2,5 (0,9)	0,79
Kontroll-/Tätigkeitsspielraum (gut 1 bis schlecht 4)	2,8 (0,6)	2 (0,5)	2,3 (0,6)	2,2 (0,6)	0,85
<b>Job Demand Control, Anzahl der Probanden in %</b>					
active job	3 (25)	3 (8)	5 (19)	4 (16)	
passive job	4 (33)	12 (31)	9 (35)	7 (28)	
high strain job	0 (0)	9 (23)	7 (27)	7 (28)	
low strain	3 (25)	5 (13)	4 (15)	2 (8)	
<b>Salutogenetische Subjektive Arbeitsanalyse (schlecht 1 bis gut 5)</b>					
Soziale Unterstützung durch:					
Vorgesetzte	3,4 (1,2)	3 (0,8)	3,2 (1,1)	3,1 (1,1)	0,87
Arbeitskollegen	3,8 (0,7)	3,8 (0,7)	3,8 (0,7)	3,1 (1,1)	0,85
Personen außerhalb der Arbeit	3,3 (1,3)	3,5 (1,2)	2,6 (1,1)	2,7 (1,3)	0,88
Lebenspartner	4,6 (0,7)	4,6 (0,7)	4,1 (1,1)	4,0 (1,4)	0,85
Arbeitsplatzunsicherheit (gut 1 bis schlecht 5)	1,9 (0,8)	2,4 (0,8)	2,9 (0,5)	2,7 (0,7)	0,59

## 4.4 Medizinische Untersuchungen

### 4.4.1 Methode

Die Beanspruchung des Muskel-Skelett-Systems, insbesondere des Rückens, wurde sowohl durch subjektive Angaben zu Beschwerden und Beeinträchtigungen als auch durch ärztliche Untersuchungen zu funktionellen Einschränkungen erfasst. Da der Schwerpunkt des Forschungsvorhabens auf Rückenbeschwerden lag, wird ausschließlich auf diese Lokalisationen eingegangen. Hervorzuheben ist jedoch, dass im Rahmen dieser Arbeit unter „Rücken“ der gesamte Bereich der Wirbelsäule verstanden wird. Das heißt, es werden Ergebnisse dargestellt, die zum Nacken/zur Halswirbelsäule, zum oberen Rücken bzw. zur Brustwirbelsäule und zum unteren Rücken bzw. zur Lendenwirbelsäule gehören. Die verwendeten Methoden werden im Folgenden dargestellt.

Der Ablauf der medizinischen Untersuchungen sah folgendermaßen aus: Für die ärztlichen Untersuchungen

wurden in den Betrieben geeignete Räume ausgesucht und Untersuchungstermine festgelegt. An diesen Tagen führten geschulte Arbeitsmedizinerinnen und Arbeitsmediziner des Instituts für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin Aachen eine standardisierte Anamnese und körperliche Untersuchung der teilnehmenden Beschäftigten während oder außerhalb der Arbeitszeit durch. Eine zusätzliche standardisierte, schriftliche Befragung umfasste sowohl validierte Skalen für die Erfassung subjektiver Angaben zur psychosozialen Belastung als auch Skalen für die Erfassung subjektiver Beschwerden im Muskel-Skelett-Bereich. Unabhängig von den Terminen für die körperlichen Untersuchungen führte das IFA an anderen Tagen die Messungen zu den Belastungen durch GKV und ungünstigen KH durch.

#### *fokus-Methode*

Die medizinische Untersuchung des Zustandes des Muskel-Skelett-Systems nach der „funktionsorientierten körperlichen Untersuchungssystematik“ (fokus-Methode)

liefert im Gegensatz zur Befragung weitgehend objektive Daten über Bewegungs- und Funktionseinschränkungen. Sie ist ein „empfohlenes Diagnostiksystem für die Beurteilung des Bewegungsapparates bei arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen, wie beispielsweise dem Grundsatz G 46“ [28]. Für die Untersuchung ist eine Schulung in der Methode sowie orthopädisches Basiswissen erforderlich.

Die fokus-Methode besteht aus zwei Teilen: dem Screening und einer anschließenden Funktionsdiagnostik. Die Untersuchungen aus beiden Teilen sind jeweils fünf verschiedenen Körperregionen (Halswirbelsäule (HWS), Schulter-Arm-Region (SA), Arm-Hand-Region, Lendenwirbelsäule (LWS), Knie-Sprunggelenk-Region) zugeordnet, sodass es möglich ist, eine Screening-Untersuchung auch nur für einzelne Körperregionen durchzuführen.

Die Untersuchung orientiert sich an der Neutral-Null-Methode (siehe CUELA-Messung). Beurteilt werden Bewegungsumfang, Schmerzen und Reflexe. In der Screening-Untersuchung werden „alle wesentlichen Funktionen der zu untersuchenden Körperregionen aktiv vom Patienten gezeigt“ [28]. Im Fall von auffälligen Befunden im Screening oder in der Anamnese ergänzt die Funktionsdiagnostik das Screening durch „passive Beweglichkeitsprüfungen“ [28], bei denen das ärztliche Personal den Patienten „manipuliert“ und Gelenke und Muskulatur hinsichtlich ihrer Funktionalität bewertet (siehe Abbildung 10).

Abbildung 10:  
Beispiel einer passiven Beweglichkeitsprüfung im Rahmen der fokus-Methode



Die Funktionsdiagnostik wird in der betriebsärztlichen Praxis lokalisationsbezogen nur bei Auffälligkeit in der Anamnese oder dem Screening durchgeführt. Im Rahmen des vorliegenden Projektes erfolgten jedoch bei allen Beteiligten das Screening und die Funktionsdiagnostik für alle Körperregionen, unabhängig von erfassten Auffälligkeiten. Jedoch wird nur auf die Ergebnisse zur Lendenwirbelsäule eingegangen.

Aus den medizinischen Untersuchungen werden folgende Ergebnisse zusammengefasst bzw. abgeleitet:

- Screening-Untersuchung:
  - HWS-Screening auffällig: ein oder mehrere Befund/e im Bereich der Halswirbelsäule im Rahmen der Screening-Untersuchung
  - LWS-Screening auffällig: ein oder mehrere Befund/e im Bereich der Lendenwirbelsäule auffällig
- Funktionsdiagnostik:
  - HWS-Funktion auffällig: ein oder mehrere Befund/e im Bereich der Halswirbelsäule auffällig
  - BWS-Funktion auffällig: ein oder mehrere Befund/e im Bereich der Brustwirbelsäule auffällig
  - LWS-Funktion auffällig: ein oder mehrere Befund/e im Bereich der Lendenwirbelsäule auffällig

#### 4.4.2 Ergebnisse

Tabelle 9 fasst die Ergebnisse der medizinischen Untersuchungen zusammen. Insgesamt ist die Auswertung der Auffälligkeiten zwischen den Gruppen sehr unterschiedlich ausgefallen. Deshalb ist eine deutliche Unterscheidung zwischen den Gruppen nicht möglich.



Tabelle 9:

Ergebnisse der Untersuchungen nach der fokus-Methode; angegeben sind die Prozentangaben der Probanden (bezogen auf die jeweilige Gruppe), deren Untersuchung ein auffälliges Ergebnis zeigte.

	Fahrzeuggruppe			
	Busse und Lokomotiven	Krane	Erdbaumaschinen	Gabelstapler
<b>Screening</b>				
HWS-Screening auffällig	83,3	53,8	42,3	76,0
LWS-Screening auffällig	50,0	51,2	73,0	52,0
<b>Funktionsdiagnostik</b>				
HWS-auffällig-Funktion	83,3	71,7	65,3	68,0
BWS-auffällig-Funktion	33,3	53,8	53,8	20,0
LWS-auffällig-Funktion	41,6	43,5	50,0	48,0

## 4.5 Beschwerden im Bereich des Muskel-Skelett-Systems

### 4.5.1 Methode (Befragung)

Im Rahmen des Projekts wurden neben der ärztlichen Diagnostik und Anamnese subjektive Beschwerdeangaben mit der deutschen Übersetzung [29] des Nordic Questionnaires [30] erfasst. Es handelt sich um einen international akzeptierten und häufig verwendeten Fragebogen zur Erfassung von Beschwerden am Muskel-Skelett-System. Der Fragebogen besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil werden Beschwerden in den letzten zwölf Monaten sowie den letzten sieben Tagen und die Beeinträchtigungen in den letzten zwölf Monaten für neun Körperregionen – Nacken, Schulter, Ellenbogen, Handgelenk/Hände, oberer Rücken, unterer Rücken/Kreuz, Hüfte/Oberschenkel, Knie sowie Knöchel/Füße – erfragt. Im zweiten spezielleren Teil werden detailliert Informationen zu Häufigkeit und Art der Beschwerden im Nacken-, Schulter- und unteren Rückenbereich erfasst.

Tabelle 10:

Ergebnisse der Befragung mit dem Nordic Questionnaire. Angegeben sind die Prozentangaben der Probanden (bezogen auf die jeweilige Gruppe), deren Befragung einen Befund aufwies. Fett gedruckt in der Fahrzeuggruppe: Maximalwerte für die jeweiligen Beschwerden

Ort/Art der Beschwerden	Fahrzeuggruppe			
	Busse und Lokomotiven	Krane	Erdbaumaschinen	Gabelstapler
<b>Beschwerden in den letzten sieben Tagen</b>				
in der Nackenregion	27,2	<b>33,3</b>	19,2	23,8
im oberen Rücken/Brustwirbelsäule	18,1	<b>22,8</b>	19,2	14,2
im unteren Rücken (Kreuz)	18,1	30,5	<b>38,4</b>	33,3
<b>Beschwerden in den letzten zwölf Monaten</b>				
in der Nackenregion	55,5	<b>71,4</b>	50,0	64,2
im oberen Rücken/Brustwirbelsäule	20,0	<b>44,1</b>	33,3	23,0
im unteren Rücken (Kreuz)	40,0	63,6	<b>69,2</b>	52,9
Hohe Schmerzintensität ≥ 5	25,0	61,5	57,7	<b>72,0</b>
Arbeitsunfähig wegen Rückenschmerzen	0,0	<b>48,6</b>	26,9	20,8

In die Datenauswertung fließen ausschließlich Angaben zu Beschwerden und Beeinträchtigungen des oberen und unteren Rückens zusammengefasst ein, um eine Vergleichbarkeit mit den Daten der körperlichen Untersuchung zu schaffen.

Basierend auf der 11-Punkte-Schmerzskala von *Von Korff et al.* [31] wurde die Schmerzintensität abgefragt, wobei 0 „kein Schmerz“ und 10 „maximale Schmerzen“ darstellen sollte. Außerdem wurde die Arbeitsunfähigkeit während der letzten zwölf Monate aufgrund dieser Beschwerden erfragt.

### 4.5.2 Ergebnisse (Befragung)

Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse für die Beschwerden aus den Angaben der Probanden in den Fragebögen. Die Maximalwerte im Oberkörperbereich sind bei den Nutzern von Kranen und Erdbaumaschinen zu sehen.

# 5 Statistik und Ergebnisse des Gesamtvorhabens

Die statistische Analyse der Daten wurde mit IBM SPSS „Statistics software“ (Version 20 für Windows) durchgeführt. Das Signifikanzniveau wird mit „\*“ für kleiner 0,05 „\*\*“ für kleiner 0,01 gekennzeichnet.

Für die Untersuchung eines Zusammenhanges zwischen den Belastungsfaktoren und muskulo-skelettaler Beanspruchungen sind folgende Ergebnisvariablen (Outcomes) definiert:

- Jahresprävalenz (12M-LWS): ein Tag oder mehr in den letzten 12 Monaten mit Beschwerden im Bereich der Lendenwirbelsäule (LWS) mit und ohne Schmerzen, die in die Beine ausstrahlen
- Arbeitsunfähig (12M-AU): ein oder mehr Tage arbeitsunfähig (AU) wegen Lendenwirbelsäulenbeschwerden in den letzten zwölf Monaten
- Hohe Schmerzintensität: Rückenschmerzintensität  $\geq 5$  (Von-Korff-Skala)
- Screening-Positiv: eine oder mehrere Auffälligkeiten im LWS-Screening
- Funktion-Positiv: eine oder mehrere Auffälligkeiten in der LWS-Funktionsdiagnostik

## 5.1 Logistische Regressionsanalyse

Um diejenigen Variablen zu identifizieren, die für sich genommen schon einen Einfluss auf die Beschwerdedaten haben, wurden in einem ersten Schritt alle Angaben zu den Belastungen aus den Messungen und den Befragungen einer logistischen Regressionsanalyse unterzogen. Da die Ergebnisvariablen aus medizinischen

Untersuchungen keinen signifikanten Zusammenhang mit den einzelnen Outcomes aufweisen, werden in Tabelle 11 nur die Ergebnisse der jeweiligen einfachen logistischen Regressionen in Bezug auf die Ergebnisvariablen „12M-LWS“, „12M-AU“ und „hohe Schmerzintensität“ beschrieben. Die ausführlichen Datenanalysen für alle Faktoren sind im Anhang A (Seite 45) eingefügt.

Bei den einfachen logistischen Regressionsanalysen zwischen Prädiktor und Ergebnisvariable zeigt sich, dass von den untersuchten Schwingungskennwerten nur  $A(8)$  mit der Jahresprävalenz von Rückenbeschwerden (12M-LWS) verbunden ist. Da der Anstieg der Vibrationsexposition um eine Einheit ( $1 \text{ m/s}^2$ ) eine Steigerung von Null auf „extrem belastet“ zu bedeuten hat, empfahl sich hier eine lineare Transformation der Beschleunigungswerte mit dem Faktor 10. Danach bezieht sich das OR auf Steigerungen von  $0,1 \text{ m/s}^2$  im Expositionsmaß ( $A(8) \cdot 10$  in Tabelle 11). Mit diesem Wert ergibt sich ein Odds-Ratio von 1,33 (Konfidenzintervall: 1,03 bis 1,72;  $p < 0,05$ ), was bedeutet, dass das Auftreten von Rückenbeschwerden in dieser Stichprobe mit Zunahme des  $A(8)$  von  $0,1 \text{ m/s}^2$  um 33 % ansteigt. Durch die Auswahl der Stichprobe zeigen das Alter und Lebensdosismodelle hier keine Korrelation.

Für die KH zeigt der Kennwert  $R_{\text{DOF}}$  ein Odds-Ratio von 1,72 (Konfidenzintervall: 1,18 bis 2,5,  $p < 0,01$ ) in Bezug auf das Auftreten von Arbeitsunfähigkeit (12M-AU). Die Anteile im nicht neutralen Bereich der einzelnen Körperwinkel zeigen hingegen keinen klaren Zusammenhang mit den Beschwerdevariablen.

Von den weiteren Belastungsdaten hat das Vorhandensein von Lastenhandhabungen (Tragen, Heben, Ziehen) einen signifikanten Zusammenhang mit den Ergebnisvariablen aus Tabelle 11 ergeben.

Tabelle 11:

Faktoren, für die ein signifikanter Zusammenhang mit den Ergebnisvariablen festgestellt wurde. Angegeben sind die Odds-Ratios aus einer einfachen logistischen Regressionsanalyse zwischen abhängiger und der jeweiligen unabhängigen Variable (altersadjustiert). In Klammern stehen die 95%-Konfidenzintervalle. (\*) Signifikanzniveau unter 0,05, (\*\*) Signifikanzniveau unter 0,01

		12M-LWS	12M-AU	Hohe Schmerzintensität
<b>Individuelle Faktoren</b>				
Sport	mehrmals pro Woche vs. nein, weniger als einmal monatlich		3,42 (1,28 bis 9,1)*	
Rauchen	ja vs. nein	2,34 (1,02 bis 5,36)*		
Schicht	mehrere vs. eine			4,35 (1,18 bis 15,97)*
<b>Ganzkörper-Vibration</b>				
A(8)		17,69 (1,39 bis 224,79)*		
A(8) · 10		1,33 (1,03 bis 1,72)*		
<b>Körperhaltung</b>				
BWS-Neigung (sagittal)			1,02 (1,01 bis 1,04)**	
Halskrümmung (sagittal)			0,97 (0,95 bis 0,99)**	
Halstorsion (lateral)		0,96 (0,92-0,99)*	0,96 (0,91 bis 1)*	
Kopfneigung (sagittal)			1,02 (1 bis 1,03)*	
$R_{DOF}$			1,72 (1,18 bis 2,5)**	
<b>Psychosoziale Faktoren</b>				
---				
<b>Lastenhandhabung</b>				
Heben	(ja vs. nein)	2,95 (1,2 bis 7,24)*	5,19 (2,04 bis 13,23)**	3,37 (1,28 bis 8,85)*
Tragen	(ja vs. nein)	3,69 (1,38 bis 9,86)**	3,28 (1,28 bis 8,43)*	2,97 (1,07 bis 8,24)*
Ziehen/Schieben	(ja vs. nein)	5,4 (1,79 bis 16,27)**	2,8 (1,05 bis 7,45)*	3,26 (1,09 bis 9,72)*

## 5.2 Variablenauswahl

In diesem Schritt wurden Belastungsdaten zusammengetragen, die nicht miteinander korrelieren. So ist  $R_{DOF}$  abhängig von den Anteilen im nicht neutralen Bereich der einzelnen Körperwinkel. Aufgrund des Ergebnisses der logistischen Regression wurde  $R_{DOF}$  als Variable gewählt, um den Einfluss der Körperwinkel im abschließenden Modell wiederzugeben. Auch die Fragen zu Lastenhandhabungen sind voneinander abhängig gewesen, sodass nur die Frage zum Heben (ja/nein) als Variable weiter verwendet wurde.

Neben den Belastungsdaten, die eine Korrelation mit Beschwerdedaten zeigten ( $A(8)$ ,  $R_{DOF}$ , Heben(ja/nein)), wurden weitere Belastungsdaten aus den Fragebögen in die Liste der möglichen Variablen aufgenommen, da für diese in der Literatur auch schon Zusammenhänge zu Muskel-Skelett-Beschwerden aufgezeigt werden konnten (z. B. [32]). Darunter fallen neben soziodemografischen Daten, wie Alter, Gewicht, Familienstand, Sport, Ausbildung, Gartenarbeit und Schichtarbeit, auch psychische Belastungsfaktoren wie Arbeitszufriedenheit, Arbeitskontrolle, soziale Unterstützung sowie Arbeitsplatzunsicherheit.

## 5.3 Modellbildung – Ergebnis

Mit der Variablenliste aus Schritt 2 wurde eine multivariate logistische Regressionsanalyse durchgeführt, wobei die Variable  $A(8) \cdot 10$  als Korrelat für die GKV unabhängig vom Signifikanztest in die Modelle aufgenommen wurde. Alle weiteren Variablen wurden dann schrittweise überprüft und auf dem 5-%-Signifikanz-Niveau in das Modell übernommen, wenn ein Einfluss auf die Ergebnisvariablen besteht (Einschluss vorwärts). In Tabelle 12 ist zu sehen, dass für die Jahresprävalenz von Rückenbeschwerden ein Zusammenhang nur mit den Variablen  $A(8) \cdot 10$  und  $R_{DOF}$  besteht.

Für die Arbeitsunfähigkeitstage innerhalb des letzten Jahres konnte auch für die Lastenhandhabung ein signifikanter Zusammenhang aufgezeigt werden. Ein Test auf die Wechselwirkung von  $A(8)$  und  $R_{DOF}$  ergab keinen signifikanten Einfluss, sodass in dieser Stichprobe ein rein linearer Zusammenhang zwischen  $A(8)$ ,  $R_{DOF}$  und den Beschwerdevariablen besteht.

Tabelle 12:

Regressionsmodelle zur Jahresprävalenz von Lendenwirbelsäulenbeschwerden (12M-LWS) und Arbeitsunfähigkeitstagen (12M-AU);

(\*) Signifikanzniveau unter 0,05

12M-LWS			12M-AU		
Variable	Odds-Ratio (Konfidenzintervall)	p-Wert	Variable	Odds-Ratio (Konfidenzintervall)	p-Wert
A(8) x 10	1,69 (1,18 bis 2,40)	0,004	A(8) x 10	1,08 (0,71 bis 1,62)	0,726
$R_{DOF}$	1,63 (1,05 bis 2,55)	0,030	$R_{DOF}$	2,04 (1,15 bis 3,61)	0,014
			Heben	6,26 (2,16 bis 18,11)	0,001
Test auf Wechselwirkung					
$R_{DOF} * A(8) \cdot 10$	1,19 (0,76 bis 1,85)	0,361	$R_{DOF} * A(8) \cdot 10$	0,77 (0,47 bis 1,25)	0,468

### Vergleich der Modelle

Ein Ziel dieser Pilotstudie war es zu untersuchen, welche Kennwerte die Belastung durch GKV und ungünstige KH im Hinblick auf Rückenschmerzen am besten beschreiben, und ob es auch möglich ist, die Belastung mit einem einzigen Kennwert abzubilden. Dazu wurden die folgenden drei Modelle (Abschnitt 4.2.3) mittels einer logistischen Regression mit den Ergebnisvariablen 12M-LWS und 12M-AU verglichen:

- Modell 1:  
beide Expositionen als separate unabhängige Variablen
- Modell 2:  
eine Kombinationsbelastung als Kennwert  $R_{WBV-P}$  nach Gl. (6)
- Modell 3:  
eine Kombinationsbelastung als Kennwert  $a_{V1,4-P}$  nach Gl. (7)

Mithilfe des „Akaike information criterion“ (AIC) wurden die drei Modelle verglichen. Dieses stellt ein Maß für den Informationsverlust dar, der durch das angewendete Modell verursacht wird. Somit ist das Modell mit dem

geringsten AIC-Wert das mit dem geringsten Informationsverlust und damit das geeignetste. Außerdem wurde die Anpassungsgüte der logistischen Regressionen mit dem Pseudo- $R^2$  nach *Nagelkerke* bestimmt. Dieses Bestimmtheitsmaß beschreibt das Verhältnis der Varianz in den abhängigen Variablen zu den in den unabhängigen Variablen. Je höher der Pseudo- $R^2$ -Wert, desto besser beschreibt das Modell den Zusammenhang.

Tabelle 13 zeigt die Ergebnisse für die logistischen Regressionen der drei Modelle. Für die Variable 12M-LWS beschreiben alle drei Modelle schädigende Wirkungen der GKV und ungünstigen KH. Für die Anpassungsgüte der Modelle wurde für das erste Modell der geringste AIC-Wert (136) und der höchste  $R^2$ -Wert (0,137) erreicht. Dies bedeutet, dass für 12M-LWS das erste Modell am besten geeignet ist.

Was die Variable 12M-AU betrifft, zeigen Modelle 1 und 2 einen schädigenden Effekt (allerdings ist nur der Effekt der Körperhaltung im ersten Modell signifikant), während Modell 3 einen protektiven Effekt zeigt (nicht signifikant). Für die Anpassungsgüte beschreibt das zweite Modell mit dem Minimalwert für AIC (113) und dem Maximalwert für  $R^2$  (0,162) den Zusammenhang zwischen AU und Kombinationsexposition am besten.

Tabelle 13:

Odds-Ratios (OR) und 95%-Konfidenzintervalle (95 CI) sowie p-Werte für die Variablen in drei Modellen. Ergebnisvariablen sind das Auftreten von Lendenwirbelsäulen-Beschwerden (12M-LWS) und Arbeitsunfähigkeit wegen Lendenwirbelsäulen-Beschwerden im letzten Jahr (12M-AU). Die Güte der Regression wird mit dem Akaike Informationskriterium (AIC) und dem Bestimmtheitsmaß nach *Nagelkerke* ( $R^2$ ) bestimmt.

Modell	Variable	OR (95 CI)	P-Wert	AIC	$R^2$
12M-LWS					
1	A(8) · 10 $R_{DOF}$	1,70 (1,19 bis 2,42) 1,69 (1,1 bis 2,6)	0,003 0,017	136	0,137
2	$R_{WBV-P}$	1,37 (0,92 bis 2,04)	0,121	141	0,032
3	$A_{V1,4-P}$	2,92 (1,05 bis 8,14)	0,04	141	0,057
12M-AU					
1	A(8) · 10 $R_{DOF}$	1,22 (0,86 bis 1,74) 1,97 (1,22 bis 3,18)	0,257 0,005	118	0,129
2	$R_{WBV-P}$	2,34 (1,31 bis 4,18)	0,004	113	0,162
3	$A_{V1,4-P}$	0,75 (0,25 bis 2,25)	0,614	125	0,004



## 6 Diskussion

Die vorgestellten Ergebnisse zum statistischen Zusammenhang zwischen Belastung und Beanspruchung stellen noch keine Begründung für einen kausalen Zusammenhang dar. Dies war auch nicht das Ziel dieser Pilotstudie. Wichtig war aber zu zeigen, dass die verwendeten Methoden im Prinzip dazu geeignet sind, einen Zusammenhang mit Beschwerden zu beschreiben. Somit können diese Methoden dazu verwendet werden, um in zukünftigen Studien einen kausalen Zusammenhang nachzuweisen.

Dass in dieser Stichprobe im Gegensatz zu anderen Studien kein Zusammenhang mit dem Alter [33] oder Lebensdosismodellen [34; 35] festgestellt wurde, kann auf die Kriterien für die Probandenrekrutierung zurückgeführt werden. Das vergleichsweise homogene Alter der Probanden kann z. B. Alterseffekte unterdrückt haben. Da die meiste Lebensbelastung in demselben Betrieb angefallen ist, hat z. B. der Tages-Vibrationsexpositionswert  $A(8)$  die GKV-Belastung besser beschreiben können als Lebensdosismodelle.

Diese Studie befindet sich auch nicht im Widerspruch zu [33], da nur ein Proband eine Lebensdosis erreicht hat, die nach [33] mit einem hohen Risiko für Rückenbeschwerden verbunden ist, und alle Probanden zum Zeitpunkt der Untersuchung beschwerdefrei waren.

Dass keine Zusammenhänge zu weiteren Belastungsdaten gefunden wurden, kann auch ein Effekt der kleinen Stichprobe und der Tatsache sein, dass andere Belastungsdaten nicht mit derselben Genauigkeit erhoben wurden wie die GKV- und Körperhaltungsbelastung. Es lässt sich aber festhalten, dass auch andere Studien keinen Zusammenhang mit psychosozialen Belastungen gesehen haben [34], während Lastenhandhabungen in einigen Fällen als belastender Faktor für Rückenbeschwerden genannt werden [3; 34].

In dieser Studie wurde für verschiedene Arbeitsplätze die Kombinationsbelastung aus GKV und KH in Abschnitt 4.2.3 beschrieben. Aufgrund der unterschiedlichen Arbeitsbedingungen sind Unterschiede in beiden Belastungen klar zutage getreten. Die Beschreibung der Belastungen war dabei das erste Ergebnis dieser Studie.

Ohne eine Bewertung der Messwerte kann man aber nicht beurteilen, ob ein Arbeitsplatz belastender oder weniger belastend ist, wenn sich zum Beispiel  $R_{\text{DOF}}$  bei repräsentativen Tätigkeiten erhöht oder erniedrigt. Deshalb war es wichtig nachzuweisen, dass mit den verwendeten Methoden im Prinzip auch ein statistisch signifikanter Zusammenhang mit Beschwerdedaten beschreibbar ist. Ohne eine solche Bestätigung ist nicht klar, ob sich die Kennwerte für eine Gefährdungsbeurteilung nutzen lassen.

Bei der Auswertung wird ein Zusammenhang zwischen  $R_{\text{DOF}}$  und Beschwerdevariablen in univariaten und kombinierten Analysen nachgewiesen. Damit ist *a posteriori* auch das zugrunde liegende, quasi-statische Bewertungsschema in Tabelle 5 gerechtfertigt, wobei nicht ausgeschlossen ist, dass das Berücksichtigen von dynamischen Anteilen [36] noch bessere Ergebnisse liefert. Die Analyse dieser Studie zeigt aber, dass mit  $R_{\text{DOF}}$  und  $R_{\text{WBV-P}}$  relevante Teile der Belastung erfasst werden können, die für eine Gefährdung mit Blick auf die untersuchten Beschwerden eine Rolle spielen. Für die hier gewählte Stichprobe lassen sich die Belastungsarten linear kombinieren, sodass neben dem Index  $R_{\text{WBV-P}}$  auch ein anderer Kennwert  $a_{\text{v1,4-D}}$  zu geeigneten Beschreibungen führt, der ebenfalls auf einer linearen Kombination dieser beiden Belastungen beruht.

Damit ist es möglich, die hier vorgestellten Methoden für die Gefährdungsbeurteilung zu nutzen. So lassen sich zum Beispiel primärpräventive Maßnahmen dadurch bewerten, dass sie bei den Beschäftigten zu einer deutlichen Verringerung der hier benutzten Belastungswerte führen. Einschränkungen ergeben sich dabei im Hinblick auf Grenzwerte, die hier nicht abzuleiten sind, oder Beschwerden, die über subjektiv empfundene Schmerzen hinausgehen. Dies müssen zukünftige Studien klären, die aber auf die in dieser Studie validierten Methoden aufbauen können.



# 7 Veröffentlichungen

Seit dem Beginn des Forschungsvorhabens wurden mehrere Beiträge auf Fachkonferenzen und Tagungen mit guter Resonanz veröffentlicht.

## 7.1 Eingeladene Vorträge

*Raffler, N.; Göres, B.; Sayn, D.; Rissler, J.:* Occupational posture analysis among whole-body vibration exposed crane operators. In: 5th international conference on Whole-body vibration injuries, Amsterdam, Niederlande, Juni 2013. Program and abstract book, S. 34

## 7.2 Zeitschriften- und Tagungsbeiträge

*Raffler, N.; Hermanns, I.; Sayn, D.; Göres, B.; Ellegast, R.; Rissler, J.:* Assessing combined exposures of whole body vibration and awkward posture – further results from application of a simultaneous field measurement methodology. *Ind. Health* 48 (2010), S. 638-644

*Raffler, N.; Hermanns, I.; Göres, B.; Sayn, D.; Ellegast, R.; Rissler, J.:* Gefährdungsbeurteilung der Kombinationsexpositionen von Ganzkörper-Vibrationen und ungünstigen Körperhaltungen bei Bus- und Vollportalkranfahrern. In: 4. VDI-Tagung Humanschwingungen (VDI-Berichte 2097). S. 103-113. Düsseldorf, VDI-Verlag 2010

*Raffler, N.; Göres, B.; Sayn, D.; Rissler, J.:* Ungünstige Arbeitsbedingungen eines Kehrfahrzeugführers durch Kombinationsbelastungen von Ganzkörper-Vibrationen und Körperhaltungen. In: 5. VDI-Tagung Humanschwingungen (VDI-Berichte 2190). S. 107-117. Düsseldorf, VDI-Verlag 2013

*Raffler, N.; Rissler, J.; Ochsmann, E.; Schikowsky, C.; Kraus, T.:* Körperhaltungen und Ganzkörper-Vibrationen – Eine epidemiologische Pilotstudie. In: 6. VDI-Tagung Humanschwingungen (VDI-Berichte 2277). S. 149-168. Düsseldorf, VDI-Verlag 2016

*Raffler, N.; Ellegast, R.; Kraus, T.; Ochsmann, E.:* Factors affecting the perception of whole-body vibration of occupational drivers: an analysis of posture and manual materials handling and musculoskeletal disorders. *Ergonomics* 59 (2016) Nr. 1, S. 48-60

*Raffler, N.; Rissler, J.; Ellegast, R.; Schikowsky, C.; Kraus, T.; Ochsmann, E.:* Combined exposures of whole-body vibration and awkward posture: a cross sectional investigation among occupational drivers by means of simultaneous field measurements. *Ergonomics* 60 (2017) Nr. 11, S. 1564-1575

*Raffler, N.; Rissler, J.; Ellegast, R.; Schikowsky, C.; Kraus, T.; Ochsmann, E.:* Combined exposures of whole-body vibration and awkward posture: a cross sectional investigation among occupational drivers by means of simultaneous field measurements. 6th International Conference on Whole-body vibrations injuries, Göteborg, Juni 2017. *Arbete och hälsa* 51 (2017) Nr. 6, S. 80-81





## 8 Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich des Forschungszwecks/-ziels und Schlussfolgerungen

Ziel der Studie war es, (Mess-)Methoden und Kennwerte zu bestimmen, mit denen die Kombinationswirkungen von ungünstigen KH und GKV quantitativ bewertet werden können. Dieses Ziel wurde erreicht, dies gilt insbesondere für die in Abschnitt 2 genannten Ziele:

- Die Expositionen der GKV und Körperhaltung wurden quantitativ gemessen und untersucht (Abschnitt 4.2).
- Zusätzliche Belastungsfaktoren wie individuelle und psychosoziale Faktoren wurden mit Fragebögen erfasst und untersucht (Abschnitte 4.1 und 4.3).
- Der Effekt der Kombination von GKV und ungünstigen KH auf MSB wurde für das Studienkollektiv nachgewiesen (Abschnitt 5).
- Die Kenngrößen  $A(8)$  (Gl. (3)) und  $R_{\text{DOF}}$  (Gl. (5)) sind geeignet, diesen Effekt zu beschreiben (Abschnitt 5).
- Weitere Kombinationsmodelle wurden untersucht, die den Effekt zwischen GKV, ungünstigen KH und MSB ebenfalls beschreiben (Gl. (6) und (7); Abschnitt 5).

Durch die Ergebnisse dieser Pilotstudie können Kombinationswirkungen der beiden Expositionen GKV und ungünstigen KH quantitativ beurteilt werden. Hiermit wird es vor allem im Bereich der Prävention möglich sein, in den Gefährdungsbeurteilungen [16] die Risiken für die Beschäftigten besser zu ermitteln. Schutzmaßnahmen können damit gezielt getroffen und ihre Wirkung kontrolliert werden.

Die Ergebnisse wurden innerhalb der DGUV im Fachgespräch physikalische Einwirkungen 2016 vorgestellt. Das IFA wird in Zukunft in Kooperation mit den Messtechnischen Diensten der Unfallversicherungsträger Messwerte zu KH und GKV erfassen und sammeln, sodass ein Belastungskataster der Kombinationsexposition erstellt werden kann.



# Literatur

- [1] *Brennscheidt, F.; Nöllenheidt, C.; Siefer, A.*: Arbeitswelt im Wandel: Zahlen – Daten – Fakten. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2012
- [2] *Bernard, B. P.* (Hrsg.): Musculoskeletal disorders and workplace factors – A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. DHHS (NIOSH) Publication Number 97-141. Hrsg.: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, 1997. [www.cdc.gov/niosh/docs/97-141/default.html](http://www.cdc.gov/niosh/docs/97-141/default.html)
- [3] *Lötters, F.; Burdorf, A.; Kuiper, J.; Miedema, H.*: Model for the work-relatedness of low-back pain. *Scand. J. Work Environ. Health* 29 (2003) Nr. 6, S. 431-440
- [4] *Okunribido, O. O.; Magnusson, M.; Pope, M. H.*: Low back pain in drivers: The relative role of whole body vibration, posture and manual materials handling. *J. Sound Vibrat.* 298 (2006) Nr. 3, S. 540-555
- [5] *Hoy, J.; Mubarak, N.; Nelson, S.; Sweerts de Landa, M.; Magnusson, M.; Okunribido, O.; Pope, M.*: Whole body vibration and posture as risk factors for low back pain among forklift truck drivers. *J. Sound Vibrat.* 284 (2005) Nr. 3-5, S. 933-946
- [6] *Bovenzi, M.*: Metrics of whole-body vibration and exposure-response relationship for low back pain in professional drivers: a prospective cohort study. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 82 (2009) Nr. 7, S. 893-917
- [7] *Tiemessen, I.; Hulshof, C.; Frings-Dresen, M.*: Low back pain in drivers exposed to whole body vibration: analysis of a dose-response pattern. *Occup. Environ. Med.* 65 (2008) Nr. 10, S. 667-675
- [8] Technische Regel zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (TRLV Vibrationen). GMBL. (2015) Nr. 25/26, S. 482-485. [www.baua.de/TRLV](http://www.baua.de/TRLV)
- [9] ISO/TR 10687:2012 Mechanical vibration – Description and determination of seated postures with reference to whole-body vibration (7/2012). Beuth, Berlin 2012
- [10] *Hermanns, I.; Raffler, N.; Ellegast, R.; Fischer, S.; Göres, B.*: Simultaneous field measuring method of vibration and body posture for assessment of seated occupational driving tasks. *Int. J. Ind. Ergon.* 38 (2008) Nr. 3-4, S. 255-263
- [11] *Raffler, N.; Hermanns, I.; Sayn, D.; Göres, B.; Ellegast, R.; Rissler, J.*: Assessing combined exposures of wholebody vibration and awkward posture – further results from application of a simultaneous field measurement methodology. *Ind. Health* 48 (2010) Nr. 5, S. 638-644
- [12] ISO 8041: Schwingungseinwirkung auf den Menschen – Messeinrichtung. Beuth, Berlin 2005
- [13] VDI 2057 Blatt 1: Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen – Ganzkörper-Schwingungen (8/2017). Beuth, Berlin 2017 (+ Berichtigung 10/2017)
- [14] ISO 2631-1: Mechanische Schwingungen und Stöße – Bewertung der Einwirkung von Ganzkörper-Schwingungen auf den Menschen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (5/1997). Beuth, Berlin 1997
- [15] Richtlinie 2002/44/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Vibrationen) (16. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) – Gemeinsame Erklärung des Europäischen Parlaments und des Rates. ABl. EG (2002) Nr. L 117, S. 13-20
- [16] Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung vom 6. März 2007. BGBl. I (2007), S. 261-277; zul. geänd. BGBl. I (2017), S. 3584-3593
- [17] DIN EN 1005-4: Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 4: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen (1/2009). Beuth, Berlin 2009
- [18] ISO 11226: Ergonomie – Evaluierung von Körperhaltungen bei der Arbeit (12/2000). Beuth, Berlin 2000
- [19] *Notbohm, G.; Schwarze, S.; Albers, M.*: Ganzkörperschwingungen und das Risiko bandscheibenbedingter Erkrankungen. *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.* 44 (2009) Nr. 6, S. 327-335
- [20] *Schäfer, K.; Rokosch, F.; Schick, R.; Hermanns, I.; Ellegast, R.*: Gleichzeitige Messung von Ganzkörperschwingungen und Körperhaltungen. *Zbl. Arbeitsmed. Arbeitsschutz Ergon.* (2006) Nr. 11, S. 329-342

- [21] *Karasek, R.*: Job demands. Job decision latitude and mental strain: Implications for job redesign. *Admin. Sci. Quart.* 24 (1979) Nr. 2, S. 285-308
- [22] *Richter, P.; Hemmann, E.; Merboth, H.; Fritz, S.; Hansgen, C.; Rudolf, M.*: Das Erleben von Arbeitsintensität und Tätigkeitsspielraum – Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zur orientierenden Analyse (FIT). *Z. Organisationspsychol.* 44 (2000), S. 129-139
- [23] *Caplan, R.; Cobb, S.; French, J.; Harrison, R.; Pinneau, S.*: Job demands and worker health (NIOSH Publication Number 75-160). Hrsg.: National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 1975
- [24] *Rimann, M.; Udris, I.*: Subjektive Arbeitsanalyse: Der Fragebogen SALSA. In: *Strohm, O.; Ulich, E.* (Hrsg.): Unternehmen arbeitspsychologisch bewerten. Ein Mehr-Ebenen-Ansatz unter besonderer Berücksichtigung von Mensch, Technik und Organisation. S. 281-298. vdf Hochschulverlag, Zürich, Schweiz 1997
- [25] *Zapf, D.; Bamberg, E.; Dunckel, H.; Frese, M.; Greif, S.; Mohr, G.; Rückert, D.; Semmer, N.*: Dokumentation der Skalen des Forschungsprojekts „Psychischer Stress am Arbeitsplatz – hemmende und fordernde Bedingungen für humanere Arbeitsplätze“. Vervielfältigtes Manuskript. Universität Osnabrück, Fachbereich Psychologie, 1983
- [26] *Semmer, N.*: Stressbezogene Tätigkeitsanalyse. Beltz, Weinheim 1984
- [27] *Fischer, L.; Lück, H. E.*: Entwicklung einer Skala zur Messung von Arbeitszufriedenheit (SAZ). *Psychologie und Praxis* 16 (1972) Nr. 2, S. 63-76
- [28] *Spallek, M.; Kuhn, W.*: Funktionsorientierte körperliche Untersuchungssystematik: Die fokus-Methode zur Beurteilung des Bewegungsapparates in der Arbeits- und Allgemeinmedizin. ecomed Medizin, Heidelberg 2009
- [29] *Caffier, G.; Steinberg, U.; Liebers, F.*: Praxisorientiertes Methodeninventar zur Belastungs- und Beanspruchungsbeurteilung im Zusammenhang mit arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). Forschungsbericht Fb 850. Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1999
- [30] *Kuorinka, I.; Jonsson, B.; Kilbom, A.; Vinterberg, H.; Biering-Sorensen, F.; Andersson, G.; Jorgensen, K.*: Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl. Ergon.* 18 (1987) Nr. 3, S. 233-237
- [31] *Von Korff, M.; Jensen, M.; Karoly, P.*: Assessing global pain severity by self-report in clinical and health services research. *Spine* 25 (2000) Nr. 24, S. 3140-3151
- [32] *Lang, J.; Ochsmann, E.; Kraus, T.; Lang, J. W. B.*: Psychosocial work stressors as antecedents of musculoskeletal problems: A systematic review and meta-analysis of stability-adjusted longitudinal studies. *Soc. Sci. Med.* 75 (2012), S. 1163-1174
- [33] *Schwarze, S.; Notbohm, G.; Dupuis, H.; Hartung, E.*: Dose-response relationships between whole-body vibration and lumbar disk disease – A field study on 388 drivers of different vehicles. *J. Sound Vibrat.* 215 (1998) Nr. 4, S. 613-628
- [34] *Bovenzi, M.; Rui, F.; Negro, C.; D'Agostin, F.; Angotzi, G.; Bianchi, S.; Bramanti, L.; Festa, G.; Gatti, S.; Pinto, I.; Rondina, L.; Stacchini, N.*: An epidemiological study of low back pain in professional drivers. *J. Sound Vibrat.* 298 (2006) Nr. 3, S. 514-539
- [35] *Bovenzi, M.; Schust, M.; Menzel, G.; Prodi, A.; Mauro, M.*: Relationships of low back outcomes to internal spinal load: a prospective cohort study of professional drivers. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 88 (2015) Nr. 4, S. 487-499
- [36] *Rahmatalla, S.; DeShaw, J.*: Predictive discomfort of non-neutral head-neck postures in fore-aft whole-body vibration. *Ergonomics* 54 (2011) Nr. 3, S. 263-272

# **Anhang A**

## **Incomes-Outcomes Univariate Analyse**

## Anhang A

Tabelle A.1:

Logistische Regressionsanalyse zwischen individuellen Faktoren und Outcomes; angegeben sind die Odds-Ratios (95%-Konfidenzintervalle, \*: Signifikanzniveau unter 0,05, \*\*: Signifikanzniveau unter 0,01)

		12M-LWS	Screening positiv	Funktion positiv	12M-AU	Hohe Schmerzintensität
Alter in Jahren		0,98 (0,93 bis 1,03)	1,05 (0,99 bis 1,1)	1,07 (1,01 bis 1,13)*	0,99 (0,94 bis 1,05)	0,99 (0,94 bis 1,04)
Größe in cm		1 (0,95 bis 1,04)	1,02 (0,97 bis 1,07)	0,97 (0,92 bis 1,02)	0,99 (0,94 bis 1,03)	0,98 (0,93 bis 1,03)
Gewicht in kg		1 (0,97 bis 1,03)	1,03 (1 bis 1,07)*	1,01 (0,98 bis 1,04)	0,99 (0,96 bis 1,02)	1 (0,97 bis 1,03)
Body mass index in kg/m <sup>2</sup>		1,02 (0,94 bis 1,1)	1,08 (0,98 bis 1,19)	1,08 (0,99 bis 1,19)	1,01 (0,94 bis 1,1)	1,03 (0,95 bis 1,12)
Anzahl der Kinder		1,01 (0,59 bis 1,75)	0,92 (0,53 bis 1,6)	1,14 (0,66 bis 1,97)	0,62 (0,34 bis 1,12)	0,81 (0,45 bis 1,43)
Familienstand	mit Partner	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)
	ohne Partner	1,58 (0,48 bis 5,15)	1 (0,31 bis 3,17)	1,25 (0,4 bis 3,92)	0,78 (0,22 bis 2,74)	0,45 (0,14 bis 1,45)
Hausbau	Nein	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)
	Ja	1 (0,45 bis 2,21)	1,04 (0,46 bis 2,33)	0,66 (0,29 bis 1,49)	2,14 (0,89 bis 5,12)	0,91 (0,4 bis 2,04)
Gartenarbeit	Nein	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)
	Ja	0,85 (0,35 bis 2,07)	0,46 (0,19 bis 1,14)	0,95 (0,39 bis 2,3)	1,68 (0,67 bis 4,23)	2,38 (0,92 bis 6,18)
Sport	nein, weniger als einmal monatlich	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)
	einmal wöchentlich, einmal monatlich	1,3 (0,43 bis 3,87)	6,56 (1,85 bis 23,27)**	0,8 (0,26 bis 2,41)	0,35 (0,1 bis 1,13)	0,8 (0,26 bis 2,39)
	mehrmals pro Woche	1,23 (0,37 bis 4)	6,64 (1,72 bis 25,63)**	1,53 (0,47 bis 5,02)	0,72 (0,21 bis 2,45)	2,51 (0,71 bis 8,86)
Rauchen	Nein	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)
	Ja	2,34 (1,02 bis 5,36)*	0,93 (0,41 bis 2,1)	1,29 (0,57 bis 2,9)	1,49 (0,59 bis 3,75)	1,49 (0,66 bis 3,38)
Nationalität	Deutsch	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)
	Andere	0,31 (0,03 bis 3,11)	0,76 (0,1 bis 5,64)	1,15 (0,15 bis 8,53)	0,74 (0,07 bis 7,49)	0,7 (0,09 bis 5,19)
Schulabschluss	Hauptschule	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)
	Realschule und mehr	1,05 (0,44 bis 2,49)	2,17 (0,91 bis 5,17)	0,78 (0,33 bis 1,83)	1,7 (0,65 bis 4,45)	1,58 (0,66 bis 3,75)
Berufsausbildung	abgeschlossen	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)
	kein Abschluss	0,32 (0,05 bis 1,75)	0,1 (0,01 bis 0,9)*	3,26 (0,59 bis 17,8)	1,01 (0,17 bis 5,91)	1,82 (0,33 bis 9,94)
Arbeitsschicht	eine Schicht	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)
	mehrere Schichten	0,74 (0,22 bis 2,48)	0,53 (0,15 bis 1,86)	0,97 (0,3 bis 3,16)	7,24 (0,89 bis 58,69)	4,09 (1,15 bis 14,51)*

Tabelle A.2:

Logistische Regressionsanalyse zwischen Kenngrößen der Ganzkörper-Vibration und Outcomes; angegeben sind die Odds-Ratios (95%-Konfidenzintervalle, \*: Signifikanzniveau unter 0,05, \*\*: Signifikanzniveau unter 0,01)

	12M-LWS	Screening positiv	Funktion positiv	12M-AU	Hohe Schmerzintensität
<b>A(8)</b> Tages-Vibrationsexpositionswert	17,69 (1,39 bis 224,79)*	4,04 (0,36 bis 45,13)	1,02 (0,1 bis 10,1)	0,32 (0,02 bis 4,67)	1,88 (0,18 bis 20,08)
<b>A<sub>v1.4</sub>(8)</b> Tages-Vibrationsexpositionswert mit Schwingungsgesamtwert	3,78 (0,77 bis 18,63)	2,45 (0,5 bis 12,13)	1,21 (0,26 bis 5,58)	1,07 (0,23 bis 5,07)	1,07 (0,23 bis 5,07)
<b>D<sub>v</sub></b> Dosiswert für die gesamten Expositionsjahre	1,03 (0,98 bis 1,08)	1,03 (0,98 bis 1,08)	1 (0,96 bis 1,05)	0,95 (0,89 bis 1,01)	0,99 (0,95 bis 1,03)
<b>D<sub>vv1.4</sub></b> Dosiswert für die gesamten Expositionsjahre mit Schwingungsgesamtwert	1,01 (0,99 bis 1,03)	1,01 (0,99 bis 1,03)	1 (0,98 bis 1,02)	0,98 (0,95 bis 1)	1 (0,98 bis 1,02)
<b>A(8) x 10</b>	1,33 (1,03 bis 1,72)*	1,15 (0,9 bis 1,46)	1 (0,8 bis 1,26)	0,89 (0,68 bis 1,17)	1,07 (0,84 bis 1,35)

Tabelle A.3:

Logistische Regressionsanalyse zwischen Körperhaltung als nicht-neutrale Zeitanteile und R-Wert und Outcomes; angegeben sind die Odds-Ratios (95%-Konfidenzintervalle, \*: Signifikanzniveau unter 0,05, \*\*: Signifikanzniveau unter 0,01)

	12M-LWS	Screening positiv	Funktion positiv	12M-AU	Hohe Schmerzintensität
BWS-Neigung (lateral)	0,96 (0,91 bis 1,02)	1,02 (0,97 bis 1,08)	0,99 (0,94 bis 1,04)	1 (0,95 bis 1,06)	1 (0,95 bis 1,06)
BWS-Neigung (sagittal)	1 (0,99 bis 1,01)	0,99 (0,98 bis 1)	0,99 (0,98 bis 1,01)	1,02 (1,01 bis 1,04)*	1 (0,99 bis 1,02)
Halskrümmung (lateral)	0,98 (0,93 bis 1,03)	1 (0,95 bis 1,05)	0,99 (0,94 bis 1,04)	0,96 (0,9 bis 1,01)	1,03 (0,98 bis 1,09)
Halskrümmung (sagittal)	0,99 (0,97 bis 1)	1 (0,98 bis 1,01)	0,99 (0,98 bis 1,01)	0,97 (0,95 bis 0,99)**	0,99 (0,97 bis 1)
Halstorsion lateral	0,96 (0,93 bis 0,99)*	0,99 (0,96 bis 1,02)	1,01 (0,98 bis 1,03)	0,96 (0,91 bis 1)*	0,99 (0,96 bis 1,02)
Kopfneigung (sagittal)	1 (0,99 bis 1,02)	0,99 (0,98 bis 1,01)	0,99 (0,98 bis 1)	1,02 (1 bis 1,03)*	1 (0,99 bis 1,01)
Rückenkrümmung (lateral)	1 (0,97 bis 1,02)	1,01 (0,98 bis 1,04)	1,04 (1 bis 1,07)*	1 (0,97 bis 1,03)	1,01 (0,98 bis 1,04)
Rückenkrümmung (sagittal)	1,01 (1 bis 1,03)	1 (0,98 bis 1,01)	0,99 (0,97 bis 1)	1,02 (1 bis 1,04)	1 (0,99 bis 1,02)
Rückentorsion (lateral)	1 (0,98 bis 1,01)	1,01 (0,99 bis 1,02)	1,01 (0,99 bis 1,02)	1 (0,98 bis 1,01)	1,01 (0,99 bis 1,02)
Rumpfneigung (sagittal)	1,01 (1 bis 1,03)	1 (0,99 bis 1,02)	1,01 (0,99 bis 1,03)	1,01 (0,99 bis 1,03)	1,01 (0,99 bis 1,03)
Rumpfneigung (lateral)	0,96 (0,9 bis 1,02)	1,02 (0,96 bis 1,08)	0,98 (0,92 bis 1,04)	0,95 (0,88 bis 1,02)	1,01 (0,95 bis 1,07)
R <sub>DOF</sub>	1,06 (0,810 bis 1,51)	0,89 (0,65 bis 1,22)	0,89 (0,65 bis 1,22)	1,66 (1,16 bis 2,38)**	1,07 (0,78 bis 1,48)



## Anhang A

Tabelle A.4:

Logistische Regressionsanalyse zwischen Lastenhandhabung und Outcomes; angegeben sind die Odds-Ratios (95%-Konfidenzintervalle, \*: Signifikanzniveau unter 0,05, \*\*: Signifikanzniveau unter 0,01)

	12M-LWS	Screening positiv	Funktion positiv	12M-AU	Hohe Schmerzintensität
Heben	2,95 (1,2 bis 7,24)*	1,29 (0,54 bis 3,07)	1,14 (0,49 bis 2,66)	5,19 (2,04 bis 13,23)**	3,37 (1,28 bis 8,85)*
Tragen	3,69 (1,38 bis 9,86)**	1,29 (0,52 bis 3,21)	1 (0,41 bis 2,45)	3,28 (1,28 bis 8,43)*	2,97 (1,07 bis 8,24)*
Ziehen	5,4 (1,79 bis 16,27)**	2,01 (0,74 bis 5,43)	2,16 (0,83 bis 5,6)	2,8 (1,05 bis 7,45)*	3,26 (1,09 bis 9,72)*

Tabelle A.5:

Logistische Regressionsanalyse zwischen psychosozialen Faktoren und Outcomes; angegeben sind die Odds-Ratios (95%-Konfidenzintervalle, \*: Signifikanzniveau unter 0,05, \*\*: Signifikanzniveau unter 0,01)

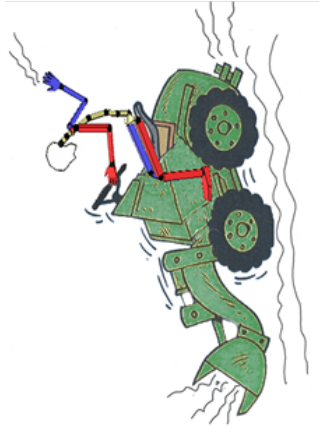
	12M-LWS	Screening positiv	Funktion positiv	12M-AU	Hohe Schmerzintensität
Arbeitszufriedenheit	1,05 (0,97 bis 1,15)	1,03 (0,95 bis 1,12)	1,03 (0,95 bis 1,12)	1,03 (0,94 bis 1,12)	1 (0,92 bis 1,09)
Arbeitsintensität/Job demand	0,97 (0,58 bis 1,63)	1,32 (0,78 bis 2,24)	1,67 (0,97 bis 2,86)	1,47 (0,83 bis 2,6)	1,26 (0,74 bis 2,13)
Tätigkeitsspielraum	0,83 (0,43 bis 1,61)	0,85 (0,44 bis 1,63)	1,69 (0,86 bis 3,31)	0,68 (0,32 bis 1,41)	1,17 (0,6 bis 2,25)
Qualitätsnutzung	0,68 (0,39 bis 1,18)	0,94 (0,55 bis 1,6)	1,51 (0,87 bis 2,61)	0,68 (0,38 bis 1,23)	0,98 (0,58 bis 1,68)
job demand control					
low	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)	0 (0 bis 0)
high	0,62 (0,15 bis 2,6)	2,07 (0,54 bis 8)	1,09 (0,29 bis 4,12)	1,17 (0,27 bis 5,05)	0,75 (0,18 bis 3,17)
passive	0,4 (0,1 bis 1,54)	1,71 (0,48 bis 6,09)	0,45 (0,13 bis 1,65)	1,02 (0,25 bis 4,13)	0,35 (0,09 bis 1,36)
active	0,35 (0,07 bis 1,63)	2,67 (0,59 bis 12,04)	1,5 (0,34 bis 6,53)	1,25 (0,26 bis 6,07)	0,46 (0,1 bis 2,13)
Soziale Unterstützung durch					
Vorgesetzte	1,16 (0,77 bis 1,73)	1,1 (0,74 bis 1,65)	0,98 (0,66 bis 1,46)	0,68 (0,43 bis 1,06)	0,9 (0,6 bis 1,35)
Kollegen	1,03 (0,63 bis 1,69)	0,97 (0,59 bis 1,59)	0,77 (0,47 bis 1,26)	0,77 (0,45 bis 1,29)	0,77 (0,46 bis 1,29)
andere	0,97 (0,69 bis 1,37)	1 (0,71 bis 1,4)	0,76 (0,53 bis 1,08)	0,76 (0,52 bis 1,11)	0,77 (0,54 bis 1,1)
Partner	0,59 (0,33 bis 1,05)	0,95 (0,61 bis 1,5)	0,73 (0,46 bis 1,15)	0,87 (0,55 bis 1,37)	0,71 (0,41 bis 1,21)
Arbeitsplatzunsicherheit	1,26 (0,76 bis 2,11)	1,22 (0,73 bis 2,03)	1,11 (0,67 bis 1,86)	1,09 (0,63 bis 1,91)	1,24 (0,74 bis 2,08)

# **Anhang B**

## **Flyer „Kombinationsexpositionen GKV und KH“**



gefördert von der



## Vorteile

- Ausführliche Analysen der Arbeitsplätze zur Belastung durch Vibrationen und Körperhaltungen
- Arbeitsmedizinische Untersuchung vor Ort
- Beratung und Hinweise zur Prävention auf der Grundlage der Ergebnisse
- Werte für die Gefährdungsbeurteilung (Lärm- und Vibrations-Arbeitschutzverordnung)
- Probandenentschädigung

**Jeder Teilnehmer erhält ein Probandengeld von 40 €.**

## Ansprechpartner

Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin Aachen (IASA),  
Universitätsklinikum RWTH Aachen  
Dr. Elke Ochsmann

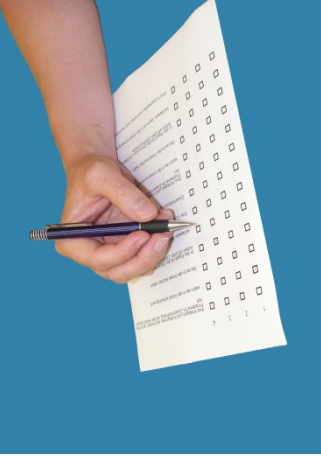
E-mail: [eoehsmann@ukaachen.de](mailto:eoehsmann@ukaachen.de)  
Telefon: 0241- 80 85488

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)  
Dipl.-Ing. Nastaran Raffler  
E-mail: [nastaran.raffler@dguv.de](mailto:nastaran.raffler@dguv.de)  
Telefon: 02241- 231 2821

**Wir freuen uns auf Ihre Anfrage!**

– Probanden gesucht –

„Ganzkörper-Vibrationen und Körperhaltungen“



## Hintergrund

Rückenbeschwerden sind ein Problem, das viele Menschen betrifft, und das viele Ursachen haben kann. An Fahrerarbeitsplätzen wirken beispielsweise Schwingungen über den Sitz auf den Beschäftigten ein (Ganzkörper-Vibrationen). Sie können bei langjährigen Tätigkeiten die Wirbelsäule schädigen. Werden beim Fahren gleichzeitig ungünstige Körperhaltungen eingenommen, kann dies die Schäden verstärken. Diese Studie untersucht, wie diese beiden Belastungen zusammenwirken.

## Ablauf der Studie

Maximal 60 Fahrer werden als Probanden gesucht. Alle Probandendaten werden anonymisiert und nur zu Studienzwecken verwendet. Die Teilnahme ist freiwillig und der Betriebsablauf soll so wenig wie möglich beeinträchtigt werden. Mitarbeiter von IASA oder IFA stehen während des Projektes zur Verfügung und werden

- alle Teilnehmer befragen
- alle Teilnehmer arbeitsmedizinisch untersuchen
- einige Teilnehmer während der Arbeit messtechnisch begleiten.



## Befragung

Alle Teilnehmer füllen einen Fragebogen aus. Gefragt wird nach Informationen zu Fahrzeugen, zu Beschwerden und weiteren Faktoren, von denen bekannt ist, dass sie Rückenbeschwerden beeinflussen.

## Ablauf und Aufwand

Vor Ort im Betrieb in einem Raum  
Dauer: etwa eine Stunde  
Kurz vor oder nach der Arbeitszeit

## Untersuchung

Alle Probanden werden arbeitsmedizinisch untersucht nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G46.

## Ablauf und Aufwand

Vor Ort im Betrieb in einem Raum  
Dauer: etwa 45 Minuten  
Während der Arbeitszeit



## Messung

Ganzkörper-Vibrationen und Körperhaltungen während der Arbeit werden bei etwa zehn zufällig ausgewählten Fahrern gemessen. Dazu bringen wir Sensoren auf der Sitzfläche und der Kleidung der Beschäftigten an. Die Sensoren stören den Betriebsablauf nicht.

## Ablauf und Aufwand

Anbringen der Sensoren (20 bis 30 Minuten)  
Entfernen der Sensoren (10 Minuten)  
Anbringen und Entfernen ist während arbeitsfreier Zeiten möglich.  
Video- und Fotoaufnahmen sind nötig, um die Messungen auszuwerten.

## Probanden sollten

- männlich und zwischen 40 und 55 sein
- seit mindestens einem Jahr im jetzigen Betrieb tätig sein
- keine Rückenbeschwerden vor Beginn der Ausbildung gehabt haben
- seit mindestens zehn Jahren Vibrationen ausgesetzt sein
- viel sitzende Tätigkeiten und wenig andere Tätigkeiten wie z.B. Heben und Tragen durchgeführt (ausgeübt) haben

