

# Abschlussbericht zur Arbeitsmedizinischen Pilotstudie

## **„Kombinationsexpositionen von Ganzkörper-Vibrationen und Körperhaltungen“ (FF-FP0306)**

Laufzeit

01.06.2010 – 30.09.2014

Bericht vom 24.11.2017

### Autoren

N. Raffler, J. Rissler, R. Ellegast,  
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung,  
Sankt Augustin;

E. Ochsmann,  
Institut für Arbeitsmedizin, Prävention und BGM, Universität zu Lübeck

C. Schikowsky, T. Kraus,  
Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, Universitätsklinikum der RWTH  
Aachen

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
Kurzfassung deutsch.....	3
Kurzfassung englisch.....	4
1. Problemstellung und Einleitung.....	5
2. Forschungszweck/-ziel.....	6
2.1 Studienkollektiv.....	7
3. Arbeits- und Zeitabläufe.....	8
3.1 Geplanter Arbeits- und Zeitablauf.....	8
3.2 Tatsächlicher Arbeits- und Zeitablauf.....	9
3.3. Zuordnung der Arbeiten zu den Kooperationspartnern.....	10
4 Methoden und Ergebnisse.....	11
4.1 Soziodemografische und persönliche Faktoren des Studienkollektivs.....	12
4.2 Physikalische Einwirkungen (GKV und KH).....	15
4.2.1 Ganzkörper-Vibration.....	15
4.2.2 Körperhaltungen.....	19
4.2.3 Kombinationsexposition von GKV und Körperhaltungen – Methode.....	24
4.2.4 Lastenhandhabung.....	26
4.3 Psychosoziale Belastungsfaktoren.....	27
4.3.1 Methode (Psychosoziale Belastungsfaktoren).....	27
4.3.2 Ergebnisse (Psychosoziale Belastungsfaktoren).....	28
4.4 Medizinische Untersuchungen.....	30
4.4.1 Methode (Medizinische Untersuchungen).....	30
4.4.2 Ergebnisse (Medizinische Untersuchungen).....	31
4.5 Beschwerden im Bereich des Muskel-Skelett-Systems.....	32
4.5.1 Methode (Befragung).....	32
4.5.1 Ergebnisse (Befragung).....	32
5. Statistik und Ergebnisse des Gesamtvorhabens.....	33
1. Logistische Regressions-Analyse.....	33
2. Variablenauswahl.....	35
3. Modellbildung - Ergebnis.....	36
6. Diskussion.....	38
7. Auflistung der für das Vorhaben relevanten Veröffentlichungen, Schutzrechtsanmeldungen und erteilten Schutzrechte von nicht am Vorhaben beteiligten Forschungsstellen.....	39
8. Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich des Forschungszwecks/-ziels, Schlussfolgerungen.....	40
9. Aktueller Umsetzungs- und Verwertungsplan.....	41
10. Anhang/Anhänge.....	41
11. Literaturverzeichnis.....	42
Danksagung.....	44
Unterschriftenseite verpflichtend für Kooperationsprojekte.....	44

## Kurzfassung deutsch

Neben der Belastung durch Ganzkörper-Vibrationen (GKV) sind für Berufsfahrer 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 bezüglich der Gesundheitsbeschwerden v.a. im Bereich des unteren Rückens. Zusätzlich zu diesen Feldmessungen sind Befragungen und medizinischen Untersuchungen bei 102 Berufsfahrern durchgeführt worden. Zusätzliche Belastungsfaktoren wie Lastenhandhabung und psychosoziale Faktoren sind durch Fragebögen erfasst worden.

Für den Zusammenhang zwischen Expositionen und Rückenbeschwerden in diesem Projekt sind der Tagesexpositionswert  $A(8)$  und der Kennwert für die ungünstigen Körperhaltung (Zahl der Körperwinkel, deren Messwerte oft im nicht-neutralen Bereich liegen) als geeignete Messgrößen validiert worden. Individuelle und psychosoziale Faktoren haben in dieser Studie keinen signifikanten Einfluss gezeigt.

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

## Kurzfassung englisch

*Übersetzung der „Kurzfassung deutsch“*

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 a 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.

## 1. Problemstellung und Einleitung

Nach einer Studie der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin aus dem Jahr 2012 [Brennscheidt et al. 2012] sind 4,8 Millionen Arbeitnehmer durch ungünstige Körperhaltungen (KH) belastet und 1,5 Millionen Arbeitnehmer durch hohe Ganzkörper-Vibrationen und Stöße. Eine große Anzahl Arbeitnehmer gab darüber hinaus an, durch Lastenhandhabungen belastet zu sein (7,6 Millionen). Diese Belastungen stehen oft in Verbindung mit Muskel-Skelett Beschwerden (MSB) (Bernard 1997). 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 die gesundheitlichen Beanspruchungen durch Ganzkörper-Vibrationen (GKV) untersuchen, haben zunehmend auf die Bedeutung weiterer Belastungsfaktoren wie Lastenhandhabungen, psychosozialen Stress und vor allem ungünstigen KH hingewiesen [Lotters et al. 2003]. So ist zum Beispiel eine Zunahme von Lendenwirbelsäulenbeschwerden bei Berufsfahrern mit zunehmender Belastung durch GKV und ungünstigen Körperhaltungen zu verzeichnen [Magnusson et al. 2004, Hoy et al. 2005 und Bovenzi 2009].

Andere epidemiologischen Studien [Bovenzi et al. 2009 und Tiemessen et al. 2008] 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 [TRLV Vibrationen 2015, ISO/TR 10687:2012] 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 [Hermanns et al. 2008, Raffler et al. 2010]. 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/-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. Die Abbildung 1 zeigt das Belastungs-Beanspruchungsmodell 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.

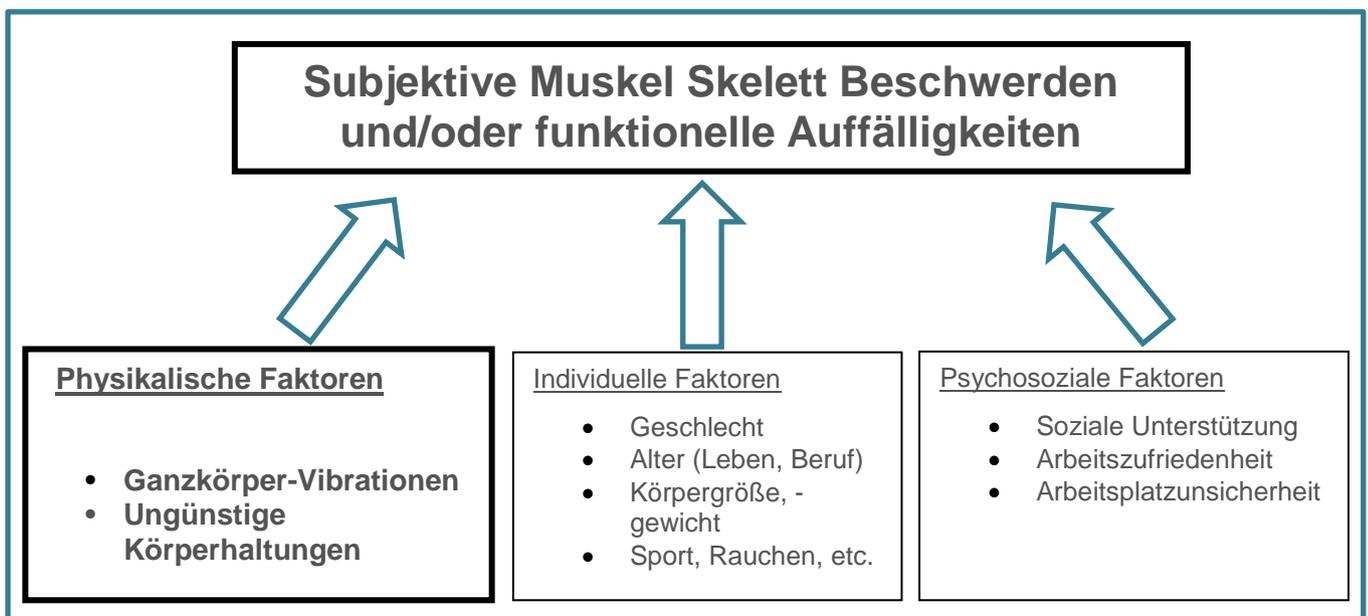


Abbildung 1: Belastungs-Beanspruchungsmodell für das vorliegende Pilotprojekt

## 2.1 Studienkollektiv

Da die Entstehung von 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 10 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 Lokomotiv-Fahrer rekrutiert (Gruppe 1). Hier wird angenommen, dass die Probanden meist in einer aufrecht sitzenden Haltung vergleichsweise geringen GKV-Belastungen 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 vorn 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 Körperhaltungsbelastungen 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 1-3 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 Ethikkommissions-Votum der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der RWTH-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 BGHW, BGHM und BG Bau ausgesucht, und vom 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. Die Abbildung 2 zeigt das vorbereitete Flugblatt (Flyer), das den Betrieben und den Probanden im Vorfeld zur Verfügung stand.

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

**Ansprechpartner**  
Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin Aachen (IASA), Universitätsklinikum RWTH Aachen  
Dr. Elke Ochsmann  
E-mail: [ochsmann@ukaachen.de](mailto:ochsmann@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!**

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

**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.

**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

**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 z.B. Heben und

**– Probanden gesucht –**  
**Ganzkörper-Vibrationen und Körperhaltungen"**

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 April 2011 sollten die medizinischen Untersuchungen und Expositions-Messungen abgeschlossen und in einer Datenbank dokumentiert sein.
3. Meilenstein: Die ersten Auswertungsergebnisse sollten bis September 2011 vorliegen und im Rahmen von Experten-Treffen diskutiert werden.



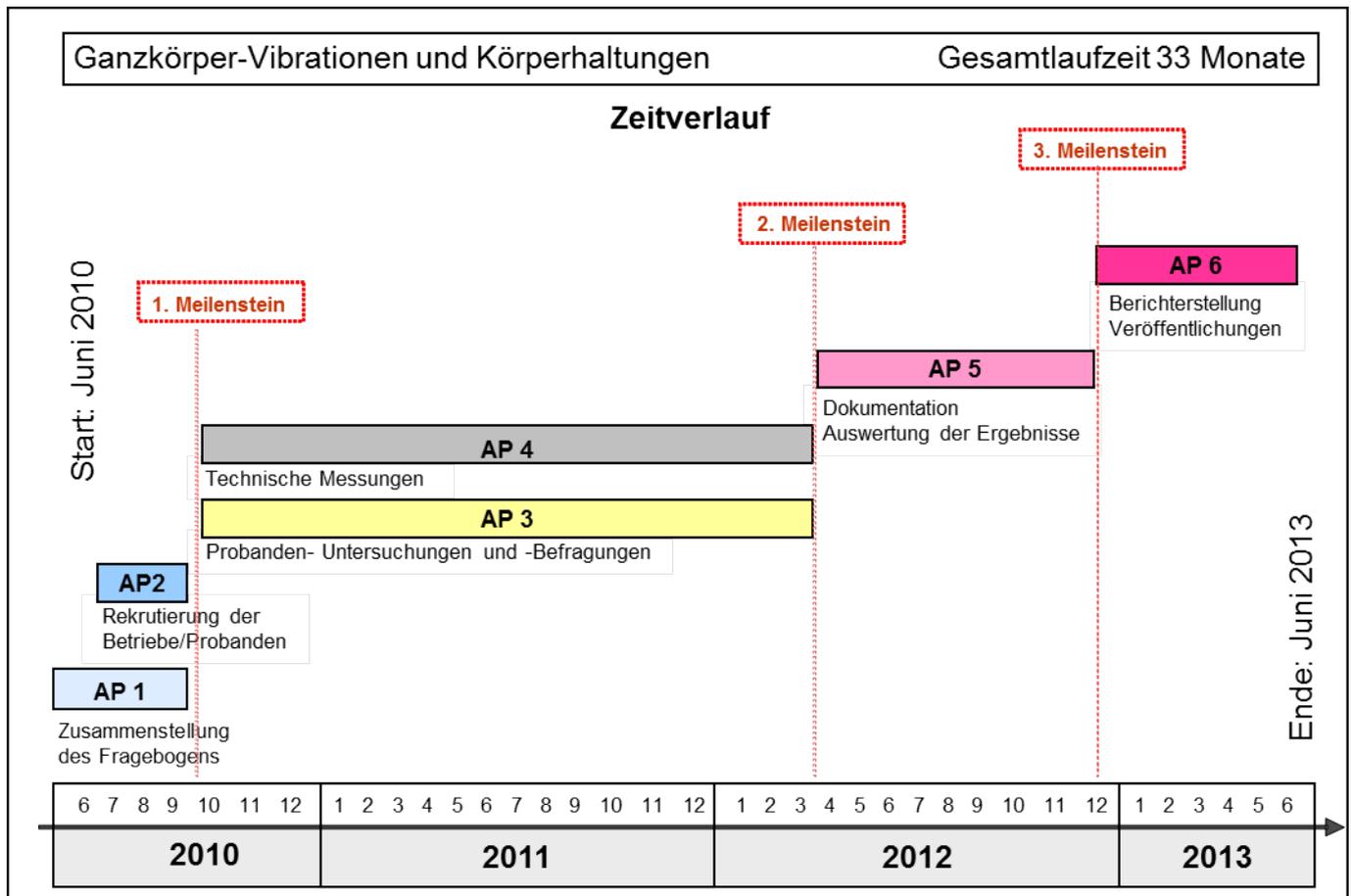


Abbildung 4: Tatsächlicher Arbeits- und Zeitverlauf für das Projekt

### 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- und 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:

Fahrzeuggruppe (Anzahl der Probanden)	Beispielbild für Fahrzeug	Beispielbild für Körper- haltung	Tätigkeit und Sitzhaltung
Busse und Lokomotive (12)			Transportieren von Passagieren oder Containern mit angelehntem Rücken
Krane (Portalkrane und Containerbrücken) (39)			Transportieren von Containern mit nach vorne geneigtem Rücken (von der hohen Kabinen nach unten schauend)
Erdbaumaschinen (26)			Transportieren von Materialien und Bauarbeiten (Baggern und Verdichten) mit angelehntem Rücken
Gabelstapler (25)			Transportieren von Materialien mit Vor- und Rückwärtsfahrten und teilweise verdrehtem Rücken

Abbildung 5: Die untersuchten Fahrzeuggruppen mit Beispielbildern und Beschreibung der Tätigkeit und Sitzhaltung

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 Probanden die Belas-

tungen durch GKV und KH gemessen. Darüber hinaus wurden bei 27 Probanden die Belastungen durch GKV und KH gemessen, ohne dass sie befragt oder untersucht worden sind. Diese Messergebnisse sind zwar nicht für die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Belastung und Beanspruchung genutzt worden, sie wurden aber herangezogen, um die 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 Gesamt-Belastungen an den Arbeitsplätzen abgeleitet.

Die Ermittlung der Beschwerden des Muskel-Skelett-Systems erfolgte einerseits durch die Beantwortung von Fragebögen zu subjektiv empfundenen Beschwerden, 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 soziodemographischen Aspekten.

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

Insgesamt sind folgende Angaben für die Analyse berücksichtigt worden:

- 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. Die 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. Es sind dennoch alle Probanden berücksichtigt worden, 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 A1 und B0 findet sich in der einfaktoriellen Anova ein signifikanter Wert im

Post-hoc Test. Daher wird das Alter in den weiteren Modellen als Confounder berücksichtigt werden.

Alle Teilnehmer sind seit mehr als 10 Jahren berufstätig. Die Probanden sind im Mittel in ihrem bisherigen Berufsleben 15 Jahre mit GKV belastet gewesen. Im aktuellen Betrieb waren sie im Median 15-20 Jahre tätig. Die Probanden haben angegeben, dass sie keine Rückenbeschwerden vor Aufnahme Ihrer Ausbildung gehabt haben, sodass zwei der oben genannten Einschluss-Kriterien (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

<b>Fahrzeuggruppe</b>	<b>Busse- Lokomotiven</b>	<b>Krane</b>	<b>Erdbau- Maschinen</b>	<b>Gabelstapler</b>
Anzahl der Probanden	12	39	26	25
Kategorie (Einheit)	Mittelwert (Standardabweichung)			
Alter (Jahre)	47,16 (6,38)	42,17 (8,33)	48,2 (8,41)	41,82 (8,33)
Größe (cm)	178,32 (7,82)	177,61 (7,07)	175,37 (10,5)	175,32 (7,08)
Gewicht (kg)	94,26 (18,53)	86,63 (11,46)	95,32 (16,39)	87,75 (11,53)
Body mass index (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)
Anzahl (Prozentangabe für Fahrzeuggruppe)				
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 %)
1xwöchentl. 1xmonatl.	2 (17 %)	6 (15 %)	2 (8 %)	5 (20 %)
nein, weniger 1xmonatl.	6 (50 %)	15 (38 %)	15 (58 %)	10 (40 %)
Rauchen(n)				
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 %)
Schulausbildung				
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 [Hermanns et al., 2008 und Raffler et al., 2010]. In der vorliegenden Untersuchung wurde auf die Erkenntnisse dieser Vorarbeiten zurückgegriffen. Darüber hinaus wurden vier Untersuchungsgruppen mit hohen/niedrigen Belastungen durch GKV bzw. ungünstiger 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

#### 4.2.1.1 - Methode (Ganzkörper-Vibration)

Die Messung und Analyse der GKV erfolgt auf der Grundlage der gültigen Normen [ISO 8041:2005 und VDI 2057-1:2002] 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. Zur Bestimmung der GKV-Belastung werden folgende Werte eingeführt, bzw. berechnet:

- Effektivwert
- Schwingungsgesamtwert
- Tages-Vibrationsexpositionswert A(8)



Abbildung 6: Beispiel für die Anbringung der Messsensoren für GKV

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 worden sind:

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

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 (ISO 2631-1: 1997):

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

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

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

Damit entspricht Gleichung (3) in den meisten Fällen auch dem Tages-Vibrationsexpositionswert, wie er nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung zu bilden ist [TRLV Vibrationen 2015].

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

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

Für den Fall, dass keine Angaben über Expositionstage zur Verfügung standen, wurden 220 Arbeitstage pro Jahr angenommen.

Zusammenfassend sind folgende GKV-Expositionsdaten analysiert worden:

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

#### 4.2.1.2 - Ergebnisse (Ganzkörper-Vibration)

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 worden sind. Die Einteilung erfolgt nach den Fahrzeuggruppen des Studienkollektivs.

Tabelle 2: Effektivwerte von frequenzbewerteten Beschleunigungen  $a_{wl}$  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 Einwirkungsauern wird aus den  $a_{wl}$  der Tages-Vibrationsexpositionswert  $A(8)$  nach Gleichung (3) gebildet.

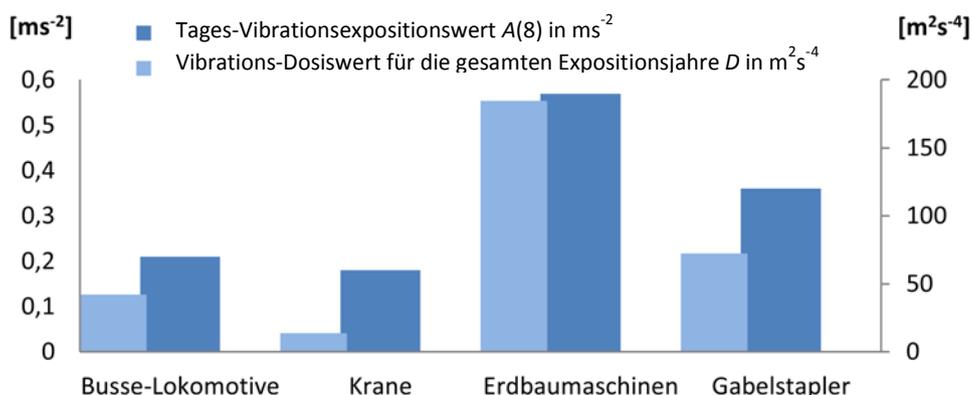
Fahrzeug  (Anzahl Probanden)	Messdauer [min]	Kennwerte der frequenzbewerteten Beschleunigung [ms <sup>-2</sup> ]				
		$a_{wx}$	$a_{wy}$	$a_{wz}$	$a_{v1,4}$	$A(8)$
<b>Bus (4)</b>	108 (9)	0,12 (0,01)	0,13 (0,01)	0,20 (0,01)	0,32 (0,01)	0,20 (0,02)
<b>Lokomotive (6)</b>	85 (22)	0,10 (0,04)	0,15 (0,04)	0,18 (0,03)	0,29 (0,04)	
<b>Kran (13)</b>	74 (13)	0,11 (0,04)	0,11 (0,05)	0,16 (0,11)	0,27 (0,14)	0,17 (0,05)
<b>Portalkran (6)</b>	98 (20)	0,21 (0,02)	0,11 (0,04)	0,17 (0,03)	0,37 (0,04)	
<b>Muldenkipper (8)</b>	83 (14)	0,32 (0,11)	0,43 (0,15)	0,50 (0,24)	0,91 (0,33)	
<b>Bagger (5)</b>	76 (14)	0,43 (0,10)	0,26 (0,08)	0,31 (0,14)	0,78 (0,17)	
<b>Radlader (2)</b>	91 (11)	0,52 (0,06)	0,58 (0,01)	0,43 (0,11)	1,18 (0,08)	0,59 (0,17)
<b>Planierraupe (3)</b>	88 (16)	0,34 (0,04)	0,25 (0,09)	0,42 (0,14)	0,73 (0,17)	
<b>Grader (1)</b>	71 ( )	0,22 ( )	0,25 ( )	0,28 ( )	0,54 ( )	
<b>Walze (1)</b>	50 ( )	0,24 ( )	0,38 ( )	0,27 ( )	0,69 ( )	
<b>Gabelstapler (9)</b>	79 (25)	0,24 (0,03)	0,23 (0,04)	0,27 (0,13)	0,56 (0,06)	0,35 (0,05)

Die Messdauern liegen im Mittel zwischen 50 Minuten für die Walze und 108 Minuten für die Busse, was ausgereicht hat, um die jeweiligen Arbeitsbedingungen repräsentativ zu erfassen. 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, und bei den Radladern und der Walze sind die Effektivwerte in y-Richtung am größten. Der Schwingungsgesamtwert liegt zwischen 0,27 m/s<sup>-2</sup> für Krane sowie 1,18 m/s<sup>-2</sup> 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 durch die verschiedenen Erdbaumaschinen stark, da die Belastungen durch die verschiedenen Maschinen wie erwartet sehr unterschiedlich ausfallen können.

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

## Vibrationsbelastungen



Fahrzeuggruppe	Busse-Lokomotiven	Krane	Erdbaumaschinen	Gabelstapler
Expositionszeit 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)
$A(8)$ [ $\text{ms}^{-2}$ ]	0,21 (0,02)	0,18 (0,04)	0,57 (0,15)	0,36 (0,03)
$A_{v1,4}(8)$ [ $\text{ms}^{-2}$ ]:	0,3 (0,04)	0,26 (0,07)	0,82 (0,22)	0,52 (0,05)
$D$ [ $\text{m}^2\text{s}^{-4}$ ]:	42 (79)	14 (16)	185 (115)	72 (74)
$D_{v1,4}$ [ $\text{m}^2\text{s}^{-4}$ ]	89 (144)	31 (42)	385 (214)	170 (252)

Tabelle 3: Kennwerte der GKV-Belastung nach Abschnitt 4.2.1.1. Angegeben sind Mittelwerte (Standardabweichungen) für die Probanden nach Fahrzeuggruppen.

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

Die Tabelle 3 zeigt auch, dass der Tages-Vibrationsexpositionswert 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  $D = 185 \text{ m}^2\text{s}^{-4}$  ( $D_{v1,4} = 385 \text{ m}^2\text{s}^{-4}$ ). Die Mittelwerte der Lebensdosiswerte sind zum Teil mit hohen Standardabweichungen verknüpft, weil in den Verteilungen einzelne, sehr hohe Werte vorliegen.

## 4.2.2 Körperhaltungen

### 4.2.2.1 Methode (Körperhaltungen)

Die KH der Probanden ist mit dem CUELA-System gemessen worden [Raffler et al. 2010, Hermanns et al. 2008], 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, sind die Mediane der Differenzen in der Neutral-Null-Stellung vor und nach der Messung untersucht worden, sie lagen je nach Körperwinkel zwischen 1,7° und 5,1°.

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



Körperregion der Sensoranbringung	Aus den Sensordaten abgeleitete Körperwinkel
Kopf	Kopf-Neigung (lateral/sagittal) Hals-Krümmung (lateral/sagittal) Hals-Torsion
Brustwirbelsäule (BWS) Lendenwirbelsäule (LWS)	BWS-Neigung (lateral/sagittal) Rumpf-Neigung (lateral/sagittal) Rückenkrümmung (lateral/sagittal) Rücken-Torsion
Oberschenkel	Hüftgelenk-Flexion, -Extension
Unterschenkel	Kniegelenk-Flexion, -Extension

Von den gemessenen Körperwinkeln sind nur diejenigen ausgewertet worden, die die Wirbelsäule betreffen. Diese elf Winkel sind der

Tabelle 4 zu entnehmen. Die detaillierte Beschreibung der einzelnen Winkeln ist in {ISO/TR 10687, 2012} angegeben. Um die Messwerte der Körperwinkel zu bewerten, sind diese in Tabelle 5 weiterhin in drei Kategorien (neutral, moderat, ungünstig) eingeteilt. „Neutral“ bedeutet hierbei, 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

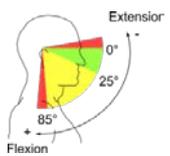
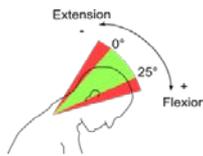
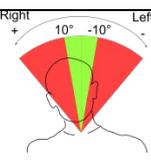
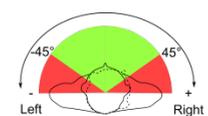
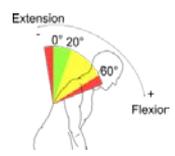
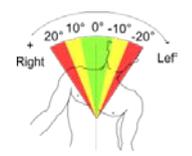
der Messbereiche der Körperwinkel beruht auf gültigen Normen für statische (Zwangs-) Haltungen [DIN EN 1005-4:2005; ISO 11226:2000].

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  $R_{DOF}$  bilden lässt [Raffler et al, 2010], der die Anteile nicht-neutraler KH zusammenfasst.

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

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  $R_{DOF}$  erhöht sich um eins. Der Index  $R_{DOF}$  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					
	Kopf-Neigung (sagittal)	Hals-Krümmung (sagittal)	Hals-Krümmung (lateral)	Hals-Torsion	BWS-Neigung (sagittal)	BWS-Neigung (lateral)
						
neutral	0° - 25° oder <0° gestützt	0° - 25°	-10° - 10°	-45° - 45°	0° - 20°	0° - 10°
moderat	25° - 85°				20°-60°	±10° - ±20°
ungünstig	< 0° oder > 85°	< 0° oder > 25°	< -10° oder > 10°	< -45° oder > 45°	< 0° oder > 60°	< -20° oder > 20°

Kategorie	Körperwinkel				
	Rumpf-neigung (sagittal)	Rumpf-neigung (lateral)	Rücken- krümmung (sagittal)	Rücken- krümmung (lateral)	Rücken-Torsion
neutral	0°- 20° oder <0° gestützt	0° - 10°	0° - 20°	0° - 10°	-10° - 10°
moderat	20° - 60°	±10° - ±20°	20° - 40°	±10° - ±20°	±10° - ±20°
ungünstig	< 0° oder > 60°	<-20° oder > 20°	< 0° oder > 40°	<-20 oder > 20°	<-10 oder > 10°

#### 4.2.2.2 Ergebnisse (Körperhaltungen)

Die Belastungen durch KH, die gemessen worden sind, sind in Abbildung 7 zusammengefasst. Aus diesen Messwerten lassen sich die Belastungen durch KH für das gesamte Studienkollektiv berechnen, die in Abbildung 8 dargestellt sind.

Die Verteilung der Messwerte ist in Abbildung 8 gemittelt über die vier Gruppen aus Abschnitt 2.1 dargestellt. In dieser Darstellung sind „moderate“ und „ungünstige“ Bereiche aus Tabelle 5 grau hinterlegt.

Durch das Vorbeugen der Kran- und Portalkranfahrer (siehe Abschnitt 2.1) aus Gruppe 2 liegen die Messwerte für die Körperwinkel in der sagittalen Ebene (Kopfneigung, Halskrümmung, die BWS- und Rumpf-Neigung) 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 Kopfneigung, die zu 88 % und 78 % im nicht-neutralen Bereich liegen.

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 Hals-Torsion 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 Rücken-Torsion der Gruppe 3, die in Abbildung 7 geringere Anteile im nicht-neutralen Bereich hat als Gruppe 4. In Abbildung 8 zeigen die Erdbaumaschinenfahrer (Gruppe 3) aber im Mittel von allen Gruppen die höchsten Werte für Rücken-Torsion im nicht-neutralen Bereich.

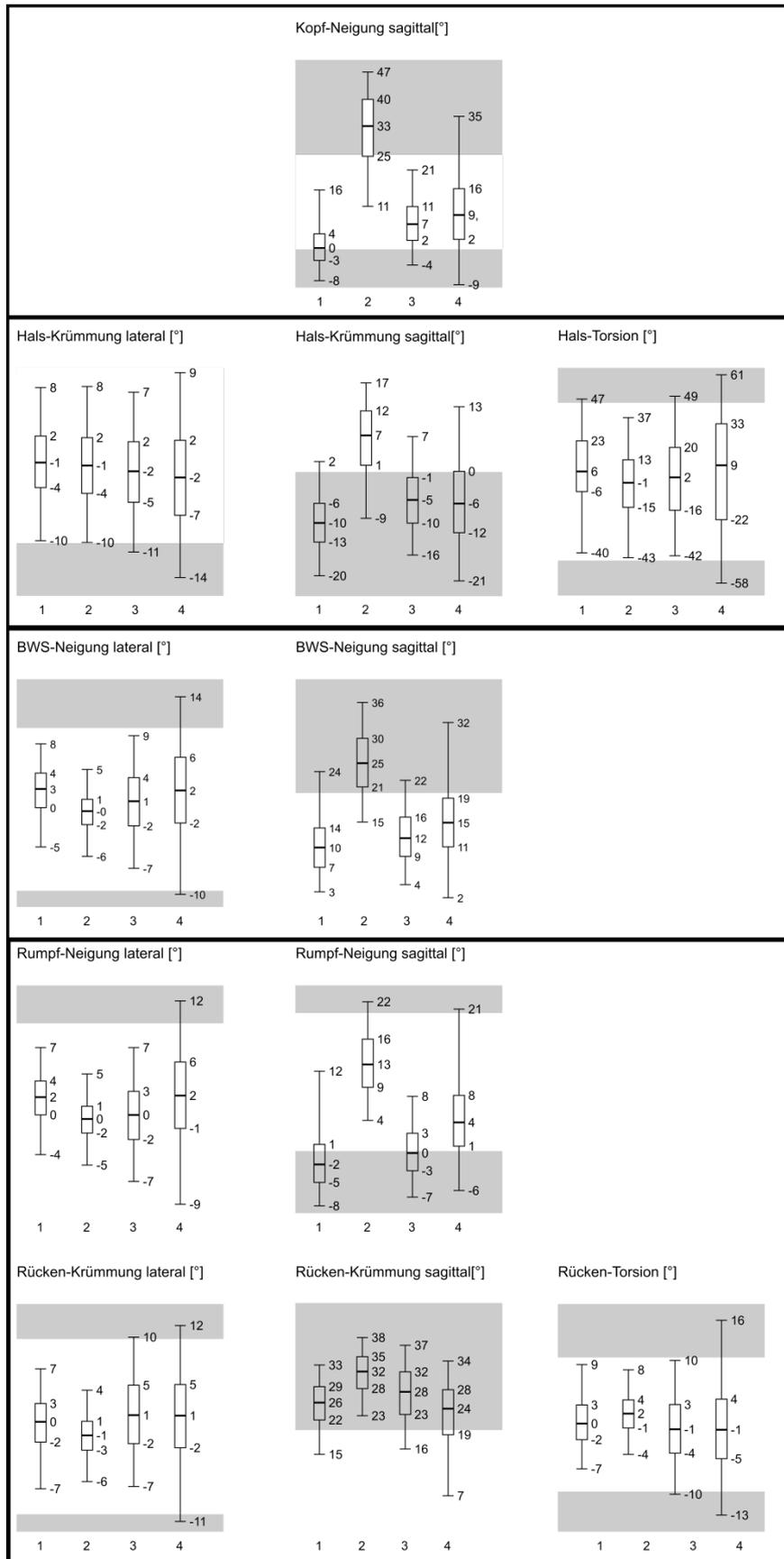


Abbildung 7: Erteilung der gemessenen Werte für die Körperwinkel der Probanden nach Gruppen der benutzten Fahrzeuge (Gruppe 1 Busse-Lokomotiven, Gruppe 2 Krane-Portalkrane, Gruppe 3 Erdbaumaschinen, Gruppe 4 Gabelstapler). Die Boxplots geben das 5., 25., 50., 75., und 95., Perzentil der Messwerte an. Nach Tabelle 5 sind Werte im neutralen Bereich ohne Hintergrund, nicht-neutrale Bereiche sind grau hinterlegt.

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.

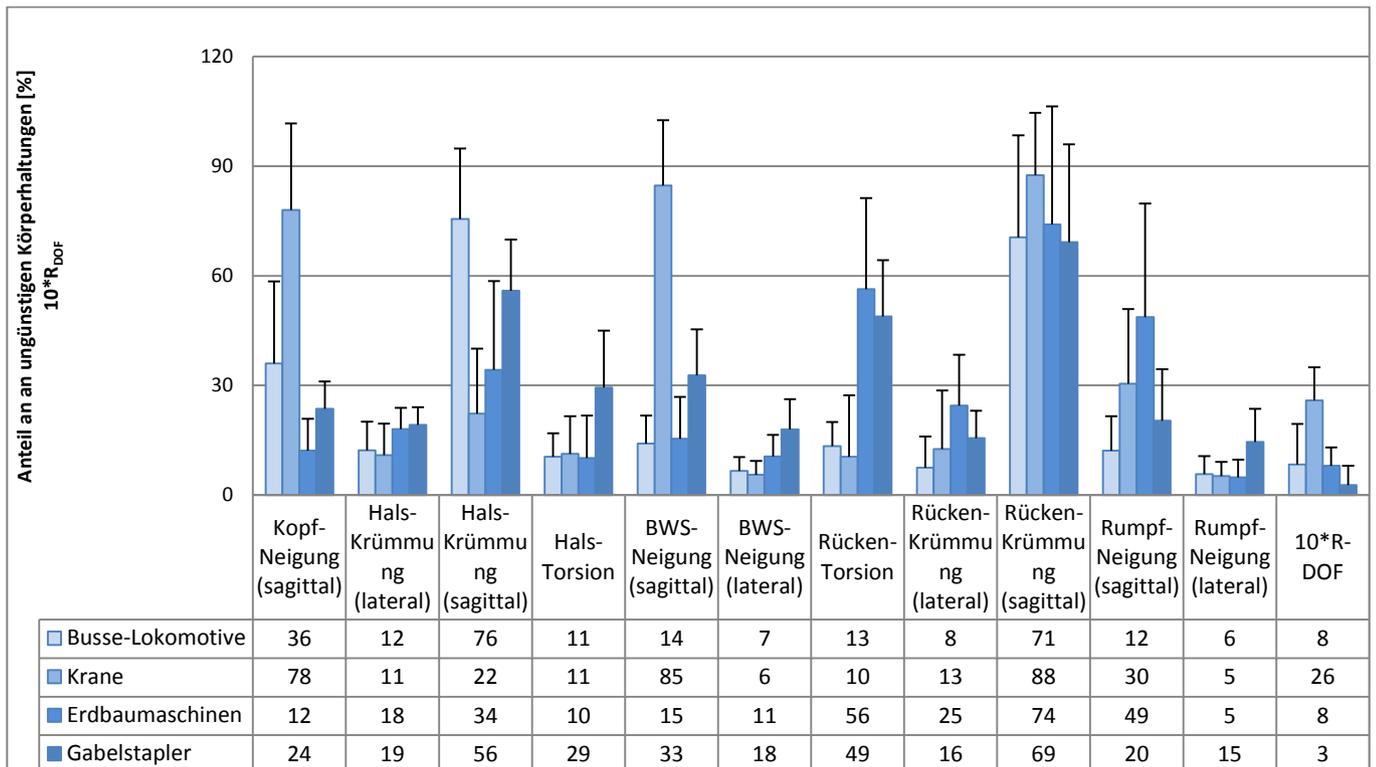


Abbildung 8: Zeitanteile in Prozent, in denen die angegebenen Körperwinkel im nicht-neutralen Bereich liegen und  $R_{DOF}$ . Angegeben sind Mittelwerte der Probanden nach Fahrzeuggruppen. Die Standardabweichungen sind als Fehlerbalken dargestellt. Die  $R_{DOF}$ -Werte sind mit dem Faktor 10 skaliert, damit sie auf derselben Skala dargestellt werden können, wie die Mittelwerte der Körperwinkel.

### 4.2.3 Kombinationsexposition von GKV und Körperhaltungen – Methode

#### 4.2.3.1 Methode (Kombinationsexposition von GKV und Körperhaltungen)

Um die Messwerte für KH und GKV in einem Kennwert zusammenzufassen, sind zwei Modelle untersucht worden, die auf der Bewertung der KH nach Tabelle 5 beruhen, und die Belastung durch KH und GKV linear kombinieren [Raffler et al. 2010].

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

Das Modell baut auf der Beschreibung von Gleichung (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 {EU-Directive 2002/44/EC, 2002} und unter Berücksichtigung der Erkenntnissen aus einer Reanalyse der epidemiologischen Studie {Notbohm G, 2009}, 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“  $a_{v1,4} \geq 1,0 \text{ ms}^{-2}$ . Es wird nun 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 eins erhöht. Dieser Index heißt nun  $R_{WBV-P}$ , da er GKV- und Haltungsdaten berücksichtigt (englisch: wbv „whole-body-vibration“; p „posture“), Er kann, wie der KH-Index Werte zwischen 0 und 11 annehmen:

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

#### 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. [2007] 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 11 Körperwinkel untersucht werden, ist  $a_{v1,4-p}$  der Mittelwert über 11 Kombinationsindizes von GKV und KH.

#### **4.2.3.2 Ergebnisse (Kombinationsexposition von GKV und Körperhaltungen)**

Kombiniert man die beiden gemessenen Belastungen zum Kennwert  $R_{WBV-P}$  nach Gleichung (6) und zum Kennwert  $a_{v1,4-p}$  nach Gleichung (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. Die 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  $a_{v1,4-p}$

Kombinationsexpositionen	Busse-Lokomotiven	Krane	Erdbau-Maschinen	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}

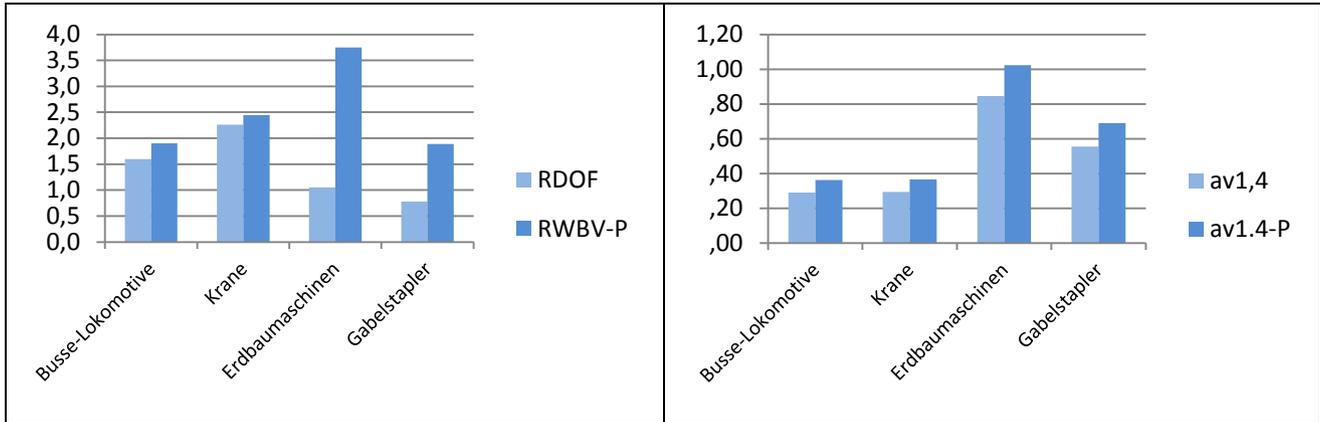


Abbildung 9: Links: Der Vergleich zwischen dem Körperhaltungsindex  $R_{DOF}$  und dem Kombinationsexpositionsindex  $R_{WBV-P}$ . Rechts: Der Vergleich zwischen dem Vibrationskennwert  $a_{v1,4}$  und dem Kombinationsexpositionsindex  $a_{v1,4-P}$ .

#### 4.2.4 Lastenhandhabung

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

Tabelle 7: Eigenangaben der Probanden über die Lastenhandhabung

Lastenhandhabung	Busse-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/Schieben	1 (8,3)	5 (12,8)	11 (42,3)	6 (24)

Maximale Belastungen wurden von Erdbaumaschinenfahrer durch „Heben“ (50%) und „Ziehen und Schieben“ (42,3%) angegeben.

## 4.3 Psychosoziale Belastungsfaktoren

### 4.3.1 Methode (Psychosoziale Belastungsfaktoren)

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 LWS, 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 ist zur Einschätzung der Skala zur Erfassung der psychosozialen Faktoren ein Cronbachs- $\alpha$ -Test durchgeführt worden. Werte zwischen  $\alpha = 0.7$  und  $\alpha = 0.9$  repräsentieren eine gute, zwischen  $\alpha = 0.6$  und  $\alpha = 0.7$  eine akzeptable und 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-prozentige 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 [Karasek1979] zu erfassen, wurde der Fragebogen zum Erleben von Intensität und Tätigkeitsspielraum in der Arbeit (FIT) [Richter et al. 2000] 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 [Karasek 1979] 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“ ( $\alpha = 0,79 - 0,85$ ) ist gut [Richter et al. 2000].

### **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. [Caplan et al. 1975] 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) [Rimann et al. 1997]. Weiterhin wird die „soziale Unterstützung“ durch Personen außerhalb der Arbeit und 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 [Zapf et al. 1983. Rimann et al. 1997].

### **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 vergleichbaren Arbeitsplatz zu bekommen. Das Antwortformat hat fünf Stufen, wobei zwei Items die sechste Antwort „weiß nicht“ zusätzlich ermöglichen. Die von Semmer 1984 angegebene interne Konsistenz ( $\alpha = 0,59$ ) der Skala ist schlecht.

### **Allgemeine Arbeitszufriedenheit**

Die allgemeine Arbeitszufriedenheit wurde mit der Kurzskala von Fischer und Lück (Fischer und Lück, 1972) 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 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 psychosozialen Faktoren und die entsprechenden Cronbachs- $\alpha$ -Werte.

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

Maximale Arbeitszufriedenheit wurde von den Busfahrer und Lokomotivführer angegeben, während die geringste Arbeitszufriedenheit bei den Erdbaumaschinenfahrern ermittelt wurde. Die geringste Arbeitsplatzunsicherheit ist bei den Bus- und Lokomotivführer ermittelt worden.

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.

	<b>Busse- Lokomotiven</b>	<b>Krane</b>	<b>Erdbau- maschinen</b>	<b>Gabel- stapler</b>	<b>Cron bachs-<math>\alpha</math></b>
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</b> Anzahl der Probanden (%)					
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</b> (schlecht 1 bis gut 5)					
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
<b>Arbeitsplatzunsicherheit</b> (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 (Medizinische Untersuchungen)

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, d. h., 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“ [Spallek et al. 2009]. Für die Untersuchung ist eine Schulung in der Methode sowie orthopädisches Basiswissen erforderlich.

Die fokus-Methode besteht aus zwei Teilen: dem Screening und einer sich 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, auch nur für einzelne Körperregionen eine Screening-Untersuchung 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“

[Spallek et al. 2009]. Im Fall von auffälligen Befunden in Screening oder Anamnese ergänzt die Funktionsdiagnostik das Screening durch „passive Beweglichkeitsprüfungen“ [Spallek et al. 2009] bei denen das ärztliche Personal den Patienten „manipuliert“ und Gelenke und Muskulatur hinsichtlich ihrer Funktionalität bewertet (siehe Abbildung 10).

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



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

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 (Medizinische Untersuchungen)

Die 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.

	Busse- 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 zusätzlich mit der deutschen Übersetzung [Caffier et al. 1999] des Nordic Questionnaires [Kuorinka et al. 1987] 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.

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

Basierend auf ein 11-Punkte Schmerzskala von Von Korff et al. 2000, wurde die Schmerzintensität abgefragt, wobei 0 „kein Schmerz“ und 10 „maximale Schmerzen“ darstellen sollte. Außerdem wurde die Arbeitsunfähigkeit während den letzten 12 Monaten aufgrund dieser Beschwerden erfragt.

### 4.5.1 Ergebnisse (Befragung)

Die Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse für die Beschwerden aus den Angaben der Probanden in den Fragebögen. Während die Maximalwerte im Oberkörperbereich bei den Nutzern von Kranen und Erdbaumaschinen zu sehen sind, zeigen Gabelstaplerfahrer Maximalwerte im Unterkörperbereich (Hüfte, Knie und Fußgelenke).

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.

<b>Beschwerden in den letzten 7 Tagen</b>	<b>Busse-Lokomotiven</b>	<b>Krane</b>	<b>Erdbau-Maschinen</b>	<b>Gabelstapler</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 12 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
<b>Hohe Schmerzintensität <math>\geq 5</math></b>	25,0	61,5	57,7	<b>72,0</b>
<b>Arbeitsunfähig wegen Rückenschmerzen</b>	0,0	<b>48,6</b>	26,9	20,8

## 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 muskuloskelettaler 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 12 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 Regressions-Analyse

Um diejenigen Variablen zu identifizieren, die für sich genommen schon einen Einfluss auf die Beschwerdedaten haben, werden 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 in der Anlage 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. ( $A(8) \times 10$  in Tabelle 11). Mit diesem Wert ergibt sich ein Odds-Ratio von 1,33 (Konfidenzintervall 1,03-1,72;  $p < 0,05$ ), was bedeutet, dass das Auftreten von Rückenbeschwerden in dieser Stichprobe mit Zunahme des  $A(8)$  von  $0,1\text{ m/s}^2$  um 33 % zunimmt. 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 1,18-2,5,  $p < 0,01$ ) 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 1xmonatl.		3,42 (1,28-9,1)*	
Rauchen	ja vs. nein	2,34 (1,02-5,36)*		
Schicht	mehrere vs. eine			4,35 (1,18-15,97)*
<b>Ganzkörper-Vibration</b>				
A(8)		17,69 (1,39-224,79)*		
A(8)x10		1,33 (1,03-1,72)*		
<b>Körperhaltung</b>				
BWS-Neigung (sagittal)			1,02 (1,01-1,04)**	
Hals-Krümmung (sagittal)			0,97 (0,95-0,99)**	
Hals-Torsion (lateral)		0,96 (0,92-0,99)*	0,96 (0,91-1)*	
Kopf-Neigung (sagittal)			1,02 (1-1,03)*	
R <sub>DOF</sub>			1,72 (1,18-2,5)**	
<b>Psychosoziale Faktoren</b>				
-				
<b>Lastenhandhabung</b>				
Heben	(ja vs. nein)	2,95 (1,2-7,24)*	5,19 (2,04-13,23)**	3,37 (1,28-8,85)*
Tragen	(ja vs. nein)	3,69 (1,38-9,86)**	3,28 (1,28-8,43)*	2,97 (1,07-8,24)*
Ziehen/Schieben	(ja vs. nein)	5,4 (1,79-16,27)**	2,8 (1,05-7,45)*	3,26 (1,09-9,72)*

## 5.2 Variablenauswahl

In diesem Schritt werden Belastungsdaten zusammengetragen, die nicht miteinander korrelieren. So ist  $R_{DOF}$  abhängig von den Anteilen im nicht-neutralen Bereich der einzelnen Körperwinkel. Aufgrund der des Ergebnisses der log. Regression ist  $R_{DOF}$  als Variable gewählt worden, 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 worden ist.

Neben den Belastungsdaten, die eine Korrelation mit Beschwerdedaten gezeigt haben (A(8),  $R_{DOF}$ , Heben(ja/nein)), sind weitere Belastungsdaten aus den Fragebögen in die Liste der möglichen Variablen aufgenommen wordenda für diese von anderen Autoren auch schon Zusammenhänge zu Muskel-Skelett-Beschwerden aufgezeigt werden konnten (z. B. Lang et al., 2012).

Darunter fallen neben soziodemographischen Daten wie Alter, Gewicht, Familienstand, Sport, Ausbildung, Gartenarbeit, Schichtarbeit, auch psychische Belastungsfaktoren wie Arbeitszufriedenheit, Arbeitskontrolle, Soziale Unterstützung, Arbeitsplatzunsicherheit.

### 5.3 Modellbildung - Ergebnis

Mit der Variablenliste aus Schritt 2 ist eine multivariate logistische Regressionsanalyse durchgeführt worden, wobei die Variable  $A(8) \times 10$ , als Korrelat für die GKV unabhängig vom Signifikanztest in die Modelle aufgenommen worden ist. Alle weiteren Variablen sind dann schrittweise überprüft worden und auf dem 5 % Signifikanz-Niveau in das Modell übernommen worden, 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  $A(8) \times 10$  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  $R_{DOF}$  hat keinen signifikanten Einfluss ergeben, 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)

12M-LWS			12M-AU		
Variable	Odds-Ratio (Konfidenzintervall)	p-Wert	Variable	Odds-Ratio (Konfidenzintervall)	p-Wert
$A(8) \times 10$	1,69 (1,18-2,40)	0,004	$A(8) \times 10$	1,08 (0,71-1,62)	0,726
$R_{DOF}$	1,63 (1,05-2,55)	0,030	$R_{DOF}$	2,04 (1,15-3,61)	0,014
			Heben	6,26 (2,16-18,11)	0,001
Test auf Wechselwirkung					
$R_{DOF} * A(8) \times 10$	1,19 (0,76-1,85)	0,361	$R_{DOF} * A(8) \times 10$	0,77 (0,47-1,25)	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 sind die folgenden 3 Modelle (Abschnitt 4.2.3) mittels einer logistischen Regression mit den Ergebnisvariablen 12M-LWS und 12M-AU verglichen worden:

Modell 1: beide Expositionen als separaten unabhängigen Variablen

Modell 2: eine Kombinationsbelastung als Kennwert  $R_{WBV-P}$  nach Gleichung (6)

Modell 3: eine Kombinationsbelastung als Kennwert  $a_{V1,4-P}$  nach Gleichung (7)

Mit Hilfe 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<sup>2</sup> 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<sup>2</sup> Wert, desto besser beschreibt das Modell den Zusammenhang.

Tabelle 13: Odds-Ration (OR) und 95%-Konfidenzintervalle (95 CI) sowie p-Werte für die Variablen in drei Modellen. Ergebnisvariablen sind das Auftreten von Lendenwirbelsäulenbeschwerden (12M-LWS) und Arbeitsunfähigkeit wegen Lendenwirbelsäulenbeschwerden letzten Jahr (12M-AU). Die Güte der Regression wird mit dem Akaike Informationskriterium (AIC) und dem Bestimmtheitsmaß nach Nagelkerke (R<sup>2</sup>) bestimmt.

12M-LWS	Variable	OR (95 CI)	P-Wert	AIC	R <sup>2</sup>
Modell 1	A(8)x10	1,70 (1,19-2,42)	0,003	136	0,137
	R <sub>DOF</sub>	1,69 (1,1-2,6)	0,017		
Modell 2	R <sub>WBV-P</sub>	1,37 (0,92-2,04)	0,121	141	0,032
Modell 3	A <sub>V1,4-P</sub>	2,92 (1,05-8,14)	0,04	141	0,057
<b>12M-AU</b>					
Modell 1	A(8)x10	1,22 (0,86-1,74)	0,257	118	0,129
	R <sub>DOF</sub>	1,97 (1,22-3,18)	0,005		
Modell 2	R <sub>WBV-P</sub>	2,34 (1,31-4,18)	0,004	113	0,162
Modell 3	A <sub>V1,4-P</sub>	0,75 (0,25-2,25)	0,614	125	0,004

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

Was die Variable 12M-AU betrifft, zeigen Modell 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). Bezüglich der Anpassungsgüte, beschreibt das zweite Modell mit dem Minimalwert für AIC (113) und dem Maximalwert für R<sup>2</sup> (0,162) den Zusammenhang zwischen AU und Kombinationsexposition am besten.

## 6. Diskussion

Die vorgestellten Ergebnisse zum statistischen Zusammenhang zwischen Belastung und Beanspruchung stellen noch keine Begründung für einen kausalen Zusammenhang dar, basiert doch die gesamte vorliegende Studie auf einem eher explorativen Gedanken. Es ist aber wichtig gewesen 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 [Schwarze et al. 1998] oder Lebensdosismodellen [Bovenzi et al. 2006, 2015] festgestellt worden ist, 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-Vibrationsexpositions-wert  $A(8)$  die GKV-Belastung besser beschreiben können als Lebensdosismodelle.

Diese Studie befindet sich auch nicht im Widerspruch zu [Schwarze et al. 1998], da nur ein Proband eine Lebensdosis erreicht hat, die nach [Schwarze et al. 1998] mit einem hohen Risiko für Rückenbeschwerden verbunden ist, und alle Probanden zum Zeitpunkt der Untersuchung beschwerdefrei gewesen sind.

Dass keine Zusammenhänge zu weiteren Belastungsdaten gefunden worden sind, kann auch ein Effekt der kleinen Stichprobe und der Tatsache sein, dass andere Belastungsdaten nicht mit derselben Genauigkeit erhoben worden sind, wie die GKV- und Körperhaltungsbelastung. Es lässt sich aber festhalten, dass auch andere Studien keinen Zusammenhang mit psychosozialen Belastungen gesehen haben [Bovenzi et al. 2006], während Lastenhandhabungen in einigen Fällen als belastender Faktor für Rückenbeschwerden genannt werden [Bovenzi et al. 2006, Lotters et al. 2003].

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

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

Bei der Auswertung wird ein Zusammenhang zwischen  $R_{DOF}$  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 [Rahmatalla et al. 2011] noch bessere Ergebnisse liefert. Die Analyse dieser Studie zeigt aber, dass mit  $R_{DOF}$  und  $R_{WBV-P}$  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  $R_{WBV-P}$  auch ein anderer Kennwert  $a_{v1,4-p}$  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. Auflistung der für das Vorhaben relevanten Veröffentlichungen, Schutzrechtsanmeldungen und erteilten Schutzrechte von nicht am Vorhaben beteiligten Forschungsstellen**

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

### 6.1. Eingeladene Vorträge

Raffler N, Göres B, Sayn D, Rissler J: Occupational posture analysis among Whole-body Vibration exposed crane operators. "5<sup>th</sup> international conference on Whole-body vibration injuries" in Amsterdam. Juni 2013. In: Program and abstract book (2013). 34

### 6.2. Zeitschriften- und Tagungsbeiträge

Raffler N, Hermanns I, Sayn D, Gores B, Ellegast R, Rissler J (2010) Assessing combined exposures of whole body vibration and awkward posture--further results from application of a simultaneous field measurement methodology Industrial health 48:638-644

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. Vortrag auf 4. VDI Tagung in Würzburg. Mai 2010. In: VDI-Berichte 2097. S. 103-113

Raffler N, Göres B, Sayn D, Rissler J: Ungünstige Arbeitsbedingungen eines Kehrfahrzeugführers durch Kombinationsbelastungen von Ganzkörper-Vibrationen und Körperhaltungen. Vortrag auf 5. VDI Tagung in Dresden. Mai 2013. In: VDI-Berichte 2190. S. 107-117

Raffler N, Rissler J, Ochsmann E, Schikowsky C, Kraus T: Körperhaltungen und Ganzkörper-Vibrationen- Eine epidemiologische Pilotstudie. Vortrag auf 6. VDI Tagung in Würzburg. April 2016. In: VDI-Berichte 2277. S. 149-168

Raffler N, Ellegast R, Kraus T, Ochsmann E (2015) Factors affecting the perception of whole-body vibration of occupational drivers: an analysis of posture and manual materials handling and musculoskeletal disorders. Ergonomics. DOI: 10.1080/00140139.2015.1051598

Raffler N, Rissler J, Ellegast R, Schikowsky C, Kraus, Ochsmann E (2017) Combined exposures of whole-body vibration and awkward posture: a cross sectional investigation among occupational drivers by means of simultaneous field measurements. Ergonomics DOI: 10.1080/00140139.2017.1314554

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

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

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

Durch die Ergebnisse dieser Pilotstudie können Kombinationswirkung der beiden Expositionen GKV und ungünstigen KH quantitativ beurteilt werden. Hiermit wird es vor allem im Bereich der Prävention möglich sein, in den Gefährdungsbeurteilungen [LärmVibrationsArbSchV 2005] die

Risiken für die Beschäftigten besser zu ermitteln. Schutzmaßnahmen können damit gezielt getroffen und ihre Wirkung kontrolliert werden.

## **9. Aktueller Umsetzungs- und Verwertungsplan**

Die Ergebnisse werden innerhalb der DGUV auf dem Fachgespräch physikalische Einwirkungen 2016 vorgestellt. Außerdem werden die Ergebnisse in der Präventionsleiterkonferenz oder dem Grundsatzausschuss Prävention der DGUV vorgelegt, nachdem der Abschlussbericht vorliegt.

Es soll eine weitere Publikation mit schwerpunktmäßig medizinischer Ausrichtung entstehen.

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.

## **10. Anhang/Anhänge**

- Flyer „Kombinationsexpositionen GKV und KH“
- Incomes-Outcomes Univariate Analyse

## 11. Literaturverzeichnis

- Bernard B (1997) Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors. 4676 Columbia Parkway. Cincinnati. OH 45226–1998
- Bovenzi M (2009) Metrics of whole-body vibration and Exposure-response relationship for low back pain in professional drivers: a prospective cohort study *International Archives of Occupational and Environmental Health* 82:893-917
- 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 (2006) An epidemiological study of low back pain in professional drivers *Journal of Sound and Vibration* 298:514-539
- 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. *International Archives of Occupational and Environmental Health* (2015) 88(4): 487–499.
- Brennscheidt F. Nöllenheidt C. Siefer A (2012) Zahlen - Daten - Fakten.
- 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
- Caplan R. Cobb S. French J. Harrison R. Pinneau S (1975) Job demands and worker health (NIOSH Publication Number 75-160).
- DIN EN 1005-4: 2005 Safety of machinery - Human physical performance - Part 4: Evaluation of working postures and movements in relation to machinery.
- EU-Directive 2002/44/EC The European Parliament and the Council of the European Union. On the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration) (sixteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). Directive 2002/44/EC. Official journal of the European Communities. 6th July 2002. L 117/13-19.
- Fischer, & Lück. (1972). Entwicklung einer Skala zur Messung von Arbeitszufriedenheit (SAZ). *Psychologie und Praxis*, 16, 63 – 76
- Hermanns I. Raffler N. Ellegast R. Fischer S. Göres B (2008) Simultaneous field measuring method of vibration and body posture for assessment of seated occupational driving tasks *Int J Ind Ergon* 38:255-263
- Hoy J. Mubarak N. Nelson S. Sweerts de Landas M. Magnusson M. Okunribido O. Pope M (2005) WBV and Posture as risk factors for low back pain among forklift truck drivers *Journal of sound and Vibration* 284:933-946
- ISO 11226: (2000) Ergonomics - Evaluation of static working postures.
- ISO 2631-1: 1997 Mechanical vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration -- Part 1: General requirements
- ISO 8041:2005 Human response to vibration - Measuring instrumentation.
- ISO/TR 10687:2012 Mechanical vibration-- Description and determination of seated postures with reference to whole-body vibration
- Karasek R (1979) Job Demands. Job Decision Latitude and Mental Strain: Implications for Job Redesign *Administrative Science Quarterly* 24:285-308 doi:10.2307/2392498
- Kuorinka I. Jonsson B. Kilbom A. Vinterberg H. Biering-Sorensen F. Andersson G. Jorgensen K (1987) Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms *Applied Ergonomics* 18:233 - 237
- LärmVibrationsArbSchV 2005- Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen
- Lotters F. Burdorf A. Kuiper J. Miedema H (2003) Model for the work-relatedness of low-back pain *Scand J Work Environ Health* 29:431-440

- Magnusson M. Pope MH. Okunribido OO (2004) LBP in drivers: the relative role of WBV. Posture and manual materials handling (MMH) Contract research report
- Notbohm G, Schwarze S, Albers M, Ganzkörperschwingungen und das Risiko bandscheibenbedingter Erkrankungen. (2009)Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin 44:327-335
- Raffler N. Hermanns I. Sayn D. Gores B. Ellegast R. Rissler J (2010) Assessing combined exposures of wholebody vibration and awkward posture--further results from application of a simultaneous field measurement methodology Industrial health 48:638-644
- Rahmatalla S. Jonathan DeShaw (2011) Predictive discomfort of non-neutral head-neck postures in fore-aft whole-body vibration Ergonomics 54(3):263-272.
- Richter P. Hemmann E. Merboth H. Fritz S. Hansgen C. Rudolf M (2000) Das Erleben von Arbeitsintensität und Tätigkeitsspielraum - Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zur orientierenden Analyse (FIT) Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie A&O 44:129-139 doi:10.1026//0932-4089.44.3.129
- 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. Zurich 1997
- Schäfer K. Rokosch F. Schick R. Hermanns I. Ellegast R (2006) Gleichzeitige Messung von Ganzkörper\_Schwingungen und Körperhaltungen Zentralblatt für Arbeitsmedizin. Arbeitsschutz und Ergonomie:329-342
- Schwarze S. Notbohm G. Dupuis H. Hartung E. Dose-response relationships between whole-body vibration and lumbal disk disease - A field study on 388 drivers of different vehicles. Journal of Sound and Vibration (1998) 215(4): 613-628.
- Semmer N (1984) Stressbezogene Tätigkeitsanalyse. Weinheim und Basel: Beltz
- Spallek. M.; Kuhn. W.: Funktionsorientierte körperliche Untersuchungssystematik: Die fokusc-Methode zur Beurteilung des Bewegungsapparates in der Arbeits- und Allgemeinmedizin. ecomed Medizin. Heidelberg 2009
- Tiemessen I. Hulshof C. Frings-Dresen M (2008) Low back pain in drivers exposed to whole body vibration: analysis of a dose-response pattern Occup Environ Med 65:667-675
- TRLV Vibrationen Technische Regel zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung. Ausgabe: März 2015. GMBI Nr. 25/26 vom 24. Juni 2015. S. 482.
- VDI 2057-1:2002 Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen
- Von Korff M. Jensen M. Karoly P (2000) Assessing global Pain severity by self-repost in clinical and health services research Spine 25:3140-3151
- 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

## Danksagung

Diese Studie ist durch die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (FP 306) gefördert worden. Die Autoren danken Mark Krichels, Christian Böser, Benno Göres, Detlef Sayn, Ingo Herrmanns, Rebekka Winkler für Ihre Beiträge zu diesem Projekt.

## Unterschriftenseite verpflichtend für Kooperationsprojekte

Projektnummer: FP 306

**Titel: Kombinationsexpositionen von Ganzkörper-Vibrationen und**

**Erklärung für das Berichtswesen in Kooperationsprojekten**

Hiermit erklären die Unterzeichnenden, dass der zum 24.11.2017 vorgelegte

**Abschlussbericht** mit allen Kooperationspartnern abgestimmt ist.

\_\_\_\_\_  
Datum:

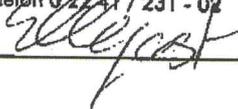
Name, Institution

\_\_\_\_\_  
Datum:

Name, Institution

Institut für Arbeitsschutz  
der Deutschen Gesetzlichen  
Unfallversicherung (IFA)  
Alte Heerstr. 111, 53757 Sankt Augustin  
Telefon 0 22 41 / 231 - 02





Datum: 23.11.2017

Name, Institution



UNIVERSITÄTSKLINIKUM Schleswig-Holstein  
Institut für Arbeitsmedizin, Prävention, BGM  
Prof. Dr. med. Elke Ochsmann  
Ratzeburger Allee 160, 23538 Lübeck

Datum: 23.11.2017

Name, Institution





Datum: 27.11.2017

Name, Institution

Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin  
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. T. Kraus  
Pauwelsstraße 30, D-52074 Aachen  
Tel.: (02 41) 80 88 881-0 Fax: 80 82 587

Anlage

**Logistische Regressionsanalyse zwischen individuellen Faktoren und Outcomes [OR (95 CI)]**

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

Anlage

**Logistische Regressionsanalyse zwischen Kenngrößen der Ganzkörper-Vibration und Outcomes [OR (95 CI)]**

	<b>12M-LWS</b>	<b>Screening positiv</b>	<b>Funktion positiv</b>	<b>12M-AU</b>	<b>Hohe Schmerzintensität</b>
<b>A (8)</b> Tages-Vibrationsexpositionswert	17,69 (1,39-224,79)*	4,04 (0,36-45,13)	1,02 (0,1-10,1)	0,32 (0,02-4,67)	1,88 (0,18-20,08)
<b>A<sub>v1.4</sub>(8)</b> Tages-Vibrationsexpositionswert mit Schwingungsgesamtwert	3,78 (0,77-18,63)	2,45 (0,5-12,13)	1,21 (0,26-5,58)	1,07 (0,23-5,07)	1,07 (0,23-5,07)
<b>D<sub>v</sub></b> Dosiswert für die gesamten Expositionsjahre	1,03 (0,98-1,08)	1,03 (0,98-1,08)	1 (0,96-1,05)	0,95 (0,89-1,01)	0,99 (0,95-1,03)
<b>D<sub>vv1.4</sub></b> Dosiswert für die gesamten Expositionsjahre mit Schwingungsgesamtwert	1,01 (0,99-1,03)	1,01 (0,99-1,03)	1 (0,98-1,02)	0,98 (0,95-1)	1 (0,98-1,02)
<b>A(8)x10</b>	1,33 (1,03-1,72)*	1,15 (0,9-1,46)	1 (0,8-1,26)	0,89 (0,68-1,17)	1,07 (0,84-1,35)

Anlage

**Logistische Regressionsanalyse zwischen Körperhaltung als nicht-neutrale Zeitanteile und R-Wert und Outcomes [OR (95 CI)]**

	<b>12M-LWS</b>	<b>Screening positiv</b>	<b>Funktion positiv</b>	<b>12M-AU</b>	<b>Hohe Schmerzintensität</b>
<b>BWS-Neigung (lateral)</b>	0,96 (0,91-1,02)	1,02 (0,97-1,08)	0,99 (0,94-1,04)	1 (0,95-1,06)	1 (0,95-1,06)
<b>BWS-Neigung (sagittal)</b>	1 (0,99-1,01)	0,99 (0,98-1)	0,99 (0,98-1,01)	1,02 (1,01-1,04)*	1 (0,99-1,02)
<b>Hals-Krümmung (lateral)</b>	0,98 (0,93-1,03)	1 (0,95-1,05)	0,99 (0,94-1,04)	0,96 (0,9-1,01)	1,03 (0,98-1,09)
<b>Hals-Krümmung (sagittal)</b>	0,99 (0,97-1)	1 (0,98-1,01)	0,99 (0,98-1,01)	0,97 (0,95-0,99)**	0,99 (0,97-1)
<b>Hals-Torsion lateral</b>	0,96 (0,93-0,99)*	0,99 (0,96-1,02)	1,01 (0,98-1,03)	0,96 (0,91-1)*	0,99 (0,96-1,02)
<b>Kopf-Neigung (sagittal)</b>	1 (0,99-1,02)	0,99 (0,98-1,01)	0,99 (0,98-1)	1,02 (1-1,03)*	1 (0,99-1,01)
<b>Rücken-Krümmung (lateral)</b>	1 (0,97-1,02)	1,01 (0,98-1,04)	1,04 (1-1,07)*	1 (0,97-1,03)	1,01 (0,98-1,04)
<b>Rücken-Krümmung (sagittal)</b>	1,01 (1-1,03)	1 (0,98-1,01)	0,99 (0,97-1)	1,02 (1-1,04)	1 (0,99-1,02)
<b>Rücken-Torsion (lateral)</b>	1 (0,98-1,01)	1,01 (0,99-1,02)	1,01 (0,99-1,02)	1 (0,98-1,01)	1,01 (0,99-1,02)
<b>Rumpf-Neigung (sagittal)</b>	1,01 (1-1,03)	1 (0,99-1,02)	1,01 (0,99-1,03)	1,01 (0,99-1,03)	1,01 (0,99-1,03)
<b>Rumpf-Neigung (lateral)</b>	0,96 (0,9-1,02)	1,02 (0,96-1,08)	0,98 (0,92-1,04)	0,95 (0,88-1,02)	1,01 (0,95-1,07)
<b>R<sub>Dof</sub></b>	1,06 (0,810-1,51)	0,89 (0,65-1,22)	0,89 (0,65-1,22)	1,66 (1,16-2,38)**	1,07 (0,78-1,48)

Anlage

**Logistische Regressionsanalyse zwischen Lastenhandhabung und Outcomes [OR (95 CI)]**

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

Anlage

**Logistische Regressionsanalyse zwischen psychosozialen Faktoren und Outcomes [OR (95 CI)]**

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

Anlage

## Anlage



### 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 diese 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

1. alle Teilnehmer befragen
2. alle Teilnehmer arbeitsmedizinisch untersuchen
3. einige Teilnehmer während der Arbeit messtechnisch begleiten.



### 1. 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

### 2. 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 (kann auch außerhalb der Arbeitszeit stattfinden)



### 3. 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 50 Jahre alt 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 Heben und Tragen ausgeübt haben.