

Aus dem Fachbereich Medizin  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt am Main

betreut am  
Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Umweltmedizin  
Direktor: Prof. Dr. David Groneberg

**Auswirkungen des langjährigen Lastkraftwagenfahrens auf die posturale  
Kontrolle**

Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der Humanmedizin  
des Fachbereichs Medizin  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt am Main

vorgelegt von  
Paul Andreas Troebs  
  
aus Bergisch Gladbach

Frankfurt am Main, 2017

Dekan:	Prof. Dr. Josef Pfeilschifter
Referent:	PD Dr. Daniela Ohlendorf
Korreferent:	Prof. Dr. Andrea Meurer
Tag der mündlichen Prüfung:	28.05.2018

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>6</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>8</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>10</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Funktionelle Anatomie des Stütz- und Bewegungssystems unter besonderer Berücksichtigung der Sitzposition .....</b>	<b>13</b>
1.1.1 Anatomie und Funktion des Stützapparates unter besonderer Berücksichtigung der Wirbelsäule und der unteren Extremität.....	14
1.1.2 Definition der posturalen Kontrolle und Funktionsweise des Bewegungssystems .....	23
1.1.3 Physiologie und Pathophysiologie der Sitzposition unter besonderer Berücksichtigung deren Auswirkungen auf die posturale Kontrolle.....	26
<b>1.2 Das Berufsbild des Lastkraftwagenfahrers unter besonderer Berücksichtigung gesundheitlicher Risikofaktoren.....</b>	<b>31</b>
1.2.1 Veränderungen im Güterverkehr mit Bezug auf das Berufsbild des Lastkraftwagenfahrers .....	31
1.2.2 Gesundheitliche Risikofaktoren des Lastkraftwagenfahrens unter besonderer Berücksichtigung des Bewegungsapparates.....	32
1.2.3. Strukturelle Defizite im Arbeits- und Gesundheitsschutz bei Lastkraftwagenfahrern .....	35
<b>1.3. Aktueller Literaturstand bezüglich der Auswirkungen des Lastkraftwagenfahrens auf die posturale Kontrolle .....</b>	<b>36</b>
<b>1.4. Arbeitshypothesen .....</b>	<b>37</b>
<b>2 Material und Methode.....</b>	<b>39</b>
<b>2.1 Material .....</b>	<b>39</b>
2.1.1 Probanden .....	39
2.1.2 Messsystem: Druckmessplatte .....	42
2.1.3 Fragebogen .....	42
<b>2.2 Methode .....</b>	<b>43</b>
2.2.1. Untersuchungsablauf .....	43

2.2.2.	Auswertungsparameter .....	44
2.2.3.	Statistische Auswertungsparameter .....	44
<b>3.</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>45</b>
<b>3.1.</b>	<b>Posturale Kontrolle.....</b>	<b>45</b>
3.1.1.	Statistische Auswertungsparameter .....	45
<b>3.2.</b>	<b>Vergleiche der posturalen Parameter mit Arbeitserfahrung / BMI ....</b>	<b>52</b>
<b>3.3.</b>	<b>Posturale Kontrolle in Korrelation zum Alter .....</b>	<b>53</b>
<b>3.4.</b>	<b>Posturale Kontrolle und konstitutionelle Faktoren.....</b>	<b>54</b>
3.4.1.	Einfluss des Körpergewichts .....	54
3.4.2.	Einfluss der Körpergröße.....	55
3.4.3.	Einfluss des BMIs.....	56
3.4.4.	BMI-Gruppierung .....	56
<b>3.5.</b>	<b>Posturale Kontrolle und sportliche Betätigung .....</b>	<b>58</b>
3.5.1.	Einfluss der sportlichen Aktivität .....	58
3.5.2.	Sportliche Aktivität und BMI .....	58
<b>3.6.</b>	<b>Rückenschmerzen als Einflussfaktor auf die posturale Kontrolle.....</b>	<b>59</b>
3.6.1.	Rückenschmerzen und posturale Kontrolle .....	59
3.6.2.	Rückenschmerzen und BMI-Gruppen .....	59
3.6.3.	Rückenschmerzen bei LKW-Fahrern bezüglich der Arbeitserfahrung ..	60
<b>3.7.</b>	<b>Arbeitserfahrung als Einflussfaktor auf die posturale Kontrolle .....</b>	<b>61</b>
3.7.1.	Arbeitsjahre und posturale Kontrolle.....	61
3.7.2.	Arbeitsjahre-Gruppen und posturalen Kontrolle .....	62
<b>3.8.</b>	<b>Arbeitsjahre-Gruppen und BMI-Gruppen .....</b>	<b>64</b>
<b>3.9.</b>	<b>Gruppen der Sportlichen Aktivität und Rückenschmerzen .....</b>	<b>65</b>
<b>4.</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>67</b>
<b>4.1.</b>	<b>Einfluss des Alters auf die posturale Kontrolle bei Lastkraftwagenfahrern .....</b>	<b>67</b>
<b>4.2.</b>	<b>Einfluss des BMIs auf die posturale Kontrolle bei Lastkraftwagenfahrern .....</b>	<b>68</b>
<b>4.3.</b>	<b>Einfluss der Arbeitserfahrung als Lastkraftwagenfahrer auf die posturale Kontrolle .....</b>	<b>72</b>
<b>4.4.</b>	<b>Einfluss von Rückenschmerzen auf die posturale Kontrolle bei Lastkraftwagenfahrern .....</b>	<b>74</b>

<b>4.5.</b>	<b>Einfluss von sportlicher Betätigung auf die posturale Kontrolle bei Lastkraftwagenfahrern .....</b>	<b>75</b>
<b>4.6.</b>	<b>Zusammenhang zwischen BMI und zunehmender Arbeitserfahrung bei Lastkraftwagenfahrern .....</b>	<b>76</b>
<b>4.7.</b>	<b>Zusammenfassende Analyse .....</b>	<b>77</b>
<b>4.8.</b>	<b>Material- und Methodenkritik .....</b>	<b>78</b>
	4.8.1. Materialkritik .....	78
	4.8.2. Methodenkritik .....	79
<b>4.9.</b>	<b>Ausblick .....</b>	<b>80</b>
<b>5.</b>	<b>Zusammenfassung/ Summary .....</b>	<b>83</b>
<b>6.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>87</b>
<b>7.</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>93</b>
<b>8.</b>	<b>Schriftliche Erklärung.....</b>	<b>97</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Wirbelsäule.....	15
Abbildung 2: Aufbau eines Lendenwirbels .....	16
Abbildung 3: Aufbau einer Zwischenwirbelscheibe .....	16
Abbildung 4: Hüftbein (Os coxae) der rechten Seite .....	18
Abbildung 5: Kraftbelastung im Becken im Stand auf zwei Beinen.....	20
Abbildung 6: Fußknochen des rechten Fußes .....	21
Abbildung 7: Stützstrahlen und Auflagepunkte des rechten Fußes.....	21
Abbildung 8: Podogramme des rechten Fußes .....	22
Abbildung 9: Krafteinwirkung am Becken im Sitzen .....	27
Abbildung 10: Neigungsgrad der Kreuzbeindeckplattentangente.....	28
Abbildung 11: Form der Wirbelsäule im Stand und im Sitzen .....	30
Abbildung 12: Einteilung der Lastkraftwagenfahrer nach Rückenschmerzen.....	40
Abbildung 13: Gruppeneinteilung nach Arbeitsjahren.....	40
Abbildung 14: Gruppeneinteilung nach BMI.....	41
Abbildung 15: Gruppeneinteilung der Lastkraftwagenfahrer nach sportlicher Betätigung.....	41
Abbildung 16: Druckmessplatte und Fußdruckprofil.....	42
Abbildung 17: Toleranzbereiche der sagittalen Schwankung in Bezug auf das Alter. ...	48
Abbildung 18: Toleranzbereiche der signifikanten Parameter der Fußdruckbelastung hinsichtlich des Alters .....	49
Abbildung 19: Toleranzbereiche der Schwankungsparameter hinsichtlich des Gewichts .....	49
Abbildung 20: Sagittale Schwankung in Korrelation zur Körpergröße. ....	50
Abbildung 21: Toleranzbereiche der Schwankungsparameter hinsichtlich des BMI. ...	50
Abbildung 22: Toleranzbereiche der Schwankungsparameter hinsichtlich der Arbeitsjahre. ....	51

Abbildung 23: Darstellung der Toleranzbereiche der signifikanten Fußdruckparameter hinsichtlich der Arbeitsjahre. ....	52
Abbildung 24: Toleranzbereich des BMI hinsichtlich der Arbeitsjahre.....	52
Abbildung 25: Vergleich der Schwankungsparameter zwischen den BMI-Gruppen. ...	57
Abbildung 26: Auftreten von Rückenschmerzen in den verschiedenen BMI-Gruppen.	60
Abbildung 27: Auftreten von Rückenschmerzen in den verschiedenen BMI-Gruppen.	61
Abbildung 28: Schwankungsparameter im Gruppenvergleich der Arbeitsjahre.....	63
Abbildung 29: Gruppenvergleich nach Arbeitsjahren hinsichtlich des BMI. ....	65
Abbildung 30: Verteilung der Rückenschmerzen zwischen den Sport-Gruppen.....	66

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Schätzgrößen der Auswertungsparameter der posturalen Kontrolle .....	45
Tabelle 2: Darstellung des Mittelwertes bzw. Medians des Toleranzbereichs Konfidenzintervalls der Messparameter der posturalen Kontrolle.....	46
Tabelle 3: Mittelwert und Standardabweichung von Alter, Größe Gewicht und BMI gemäß der Gruppeneinteilung nach Arbeitsjahren. ....	47
Tabelle 4: Mittelwert und Standardabweichung von Alter, Größe Gewicht und BMI gemäß der Gruppeneinteilung nach BMI. ....	47
Tabelle 5: P-Werte der Gruppenvergleiche der Arbeitsjahre und des BMIs hinsichtlich der Parameter der posturalen Kontrolle. ....	53
Tabelle 6: Korrelation zwischen dem Alter und den Parametern der posturalen Kontrolle.....	54
Tabelle 7: Korrelation zwischen dem Gewicht und den Parametern der posturalen Kontrolle.....	55
Tabelle 8: Korrelation zwischen der Körpergröße und den Parametern der posturalen Kontrolle.....	55
Tabelle 9: Korrelation zwischen dem BMI und den Parametern der posturalen Kontrolle.....	56
Tabelle 10: Die BMI-Gruppen in Bezug auf die Parameter der posturalen Kontrolle...	57
Tabelle 11: Parameter der posturalen Kontrolle im Gruppenvergleich der sportlichen Aktivität.....	58
Tabelle 12: Vergleich der Studienteilnehmer mit und ohne sportliche Betätigung in Bezug auf den BMI. ....	58
Tabelle 13: Gruppenvergleich zwischen Probanden mit und ohne Rückenschmerzen in Bezug auf die posturale Kontrolle. ....	59
Tabelle 14: Verteilung der Rückenschmerzen auf die verschiedenen BMI-Gruppen...	60
Tabelle 15: Verteilung des Auftretens von Rückenschmerzen auf die Arbeitsjahre- Gruppen. ....	61



Tabelle 16: Korrelation von Arbeitsjahren und den Parametern der posturalen Kontrolle.....	62
Tabelle 17: Parameter der posturalen Kontrolle in Bezug zu den Gruppen nach Arbeitsjahren. ....	63
Tabelle 18: Korrelation zwischen Arbeitsjahren und dem BMI.....	64
Tabelle 19: Vergleich der Gruppen nach Arbeitsjahren in Bezug auf den BMI. ....	64
Tabelle 20: Auftreten von Rückenschmerzen in der Gruppeneinteilung nach sportlicher Betätigung.....	65

## Abkürzungsverzeichnis

°	Grad
%	Prozent
>	größer als
<	kleiner als
≥	größer gleich
≤	kleiner gleich
±	Plus-Minus
Abb.	Abbildung
BMI	body mass Index (engl.) für Körpergewichtsindex
cm	Zentimeter
et al.	et alii (lat.) für "und andere"
h	Stunden
kg	Kilogramm
Hz	Herz
m	männlich
mm	Millimeter
Nr.	Nummer
SD	Standardabweichung
WBV	Whole Body Vibrations (engl.) für Ganzkörpervibrationen
WHO	World Health Organisation (engl.) für Weltgesundheitsorganisation
w	weiblich
ZNS	Zentrales Nervensystem

## 1 Einleitung

In vielen Bereichen unseres Lebens machen sich die Auswirkungen einer immer mehr globalisierten Welt bemerkbar. So ist es zur Gewohnheit geworden, dass man jederzeit und überall auf eine nahezu unbegrenzte Anzahl an Informationen Zugriff haben kann. Genauso ist es inzwischen auch selbstverständlich geworden viele Produkte des täglichen Bedarfs jederzeit verfügbar zu haben oder zeitnah im nächsten Geschäft kaufen zu können. Anders als zur Mitte des letzten Jahrhunderts ist es im 21. Jahrhundert keine Ausnahme mehr Produkte einzukaufen, die in weit entfernten Regionen der Welt produziert und die über weite Strecken transportiert worden sind. Um diese Transportprozesse möglichst effizient zu gestalten, werden verschiedene Transportmittel wie Lastkraftwagen, Flugzeuge, Schiffe und, Züge eingesetzt.

Viele Konsumgüter des täglichen Bedarfs werden in langen und komplexen Produktionsketten hergestellt. Hierbei werden Rohstoffe zwischen verschiedenen Produktionsstätten über teilweise große Entfernungen mit verschiedenen Transportmitteln transportiert. Je nach Transportstrecke werden verschiedene Fahrzeuge eingesetzt. Hierbei ist es auch üblich, mehrere unterschiedliche Transportmittel einzusetzen und die Güter zwischen den verschiedenen Transportmitteln zu verladen. Oder die Güter werden zunächst von der Produktionsstätte in ein Zwischenlager transportiert, bevor sie zur weiteren Verarbeitung zur nächsten Fabrik transportiert werden.

Diese Prozesse erfordern eine hohe Transportleistung. Die Transportleistung nimmt weltweit stetig zu. Besonders in Deutschland mit seiner großen Wirtschaftskraft ist diese Entwicklung gut zu beobachten. Zudem liegt Deutschland in der Mitte Europas, weshalb auch viele ausländische Transporte durch die Bundesrepublik führen. Seit der EU-Osterweiterung im Jahre 2004, mit der viele östliche Nachbarn Deutschlands, wie unter anderem Polen und Tschechien, in die europäische Union eingetreten sind, hat sich diese Entwicklung noch einmal verstärkt. Der größte Teil des Warentransportes erfolgt in Deutschland über die Straße mit Hilfe von Lastkraftwagen [1]. 73 % der Transportleistung wird in Deutschland von Lastkraftwagen getragen. Der Rest entfällt in wesentlich kleinerem Maße auf den Schienenverkehr, die Binnenschifffahrt und die Luftfracht. Dementsprechend ist die Straßeninfrastruktur in Deutschland stark ausgebaut. Das deutsche Straßennetz hat eine Länge von über 230.000 Kilometer, Hiervon entfallen

12.993 Kilometer auf die Bundesautobahnen, welche für den Straßenfernverkehr eine wesentliche Rolle spielen [2].

Die Speditionsbranche steht unter einem enormen wirtschaftlichen Druck. Die Konkurrenz im Güterkraftverkehr ist sehr groß und dementsprechend versuchen die Spediteure die Transportkosten möglichst gering zu halten. Dieses Ziel zu erreichen wird hauptsächlich auf zwei verschiedenen Wegen versucht zu erreichen. Zum einen werden möglichst viele Güter pro Lastkraftwagen transportiert. Zum anderen fahren die Lastkraftwagen möglichst lange auf der Straße und haben nur kurze Be- und Entladezeiten. Dies führt dazu, dass die Lastkraftwagen die meiste Zeit auf der Straße unterwegs sein sollen und möglichst geringe Standzeiten haben. Des Weiteren werden viele Transporte von Subunternehmern, zunehmend osteuropäische Speditionen, durchgeführt. Diese haben niedrigere Personallohnkosten als deutsche Speditionen und setzen dadurch diese unter wirtschaftlichen Druck [3].

Unter diesen Einflüssen leiden vor allem die Lastkraftwagenfahrer. Auf ihre Berufsgruppe wird der Zeitdruck übertragen. Dieser Zeitdruck führt zu Stress. Und dieser Stress wirkt sich unmittelbar auf den Gesundheitszustand der Lastkraftwagenfahrer aus. Viele Erkrankungen, die mit Stress assoziiert werden, sind häufig bei Lastkraftwagenfahrern zu finden. Hierzu zählen vor allem Erkrankungen des Bewegungssystems, Herz- und Kreislaufsystems sowie Stoffwechselerkrankungen.

Häufig leiden Lastkraftwagenfahrer auch unter Erkrankungen des Halte- und Bewegungsapparates. Durch die ständige und lang andauernde Sitzposition wird der menschliche Halteapparat besonders beansprucht und es wird vermutet, dass es zu pathologischen Anpassungsmechanismen an die Sitzposition im Halteapparat kommt. Im Stehen verfügt der Körper über verschiedene Mechanismen, um die Körperstabilität und das Gleichgewicht zu halten (posturale Kontrolle). Vermutet wird jedoch, dass es durch die mit dem Sitzen assoziierten muskulären und neurologischen Anpassungs- und Umbauprozessen zu Störungen der Stabilisierungsmechanismen kommt. In der Folge verschlechtert sich auch die posturale Kontrolle im Sinne einer Zunahme der Körperschwankungen. Dass sich langes Sitzen ungünstig auf die Körperstabilität auswirken kann, wurde bereits bei anderen Berufsgruppen mit überwiegend sitzender Tätigkeit festgestellt [4].

In dieser Forschungsarbeit sollen nun die Auswirkungen des langjährigen Lastkraftwagenfahrens auf den Bewegungsapparat von Lastkraftwagenfahrern untersucht werden. In diesem Zusammenhang sollen vor allem die Auswirkungen auf die posturale

Kontrolle analysiert werden und ob die Körperstabilität hierdurch beeinflusst wird. Hierfür wurden verschiedene Einflussfaktoren im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf die posturale Kontrolle untersucht. In diesem Zusammenhang wurde untersucht, ob sich eine Korrelation zwischen den gemessenen Parametern der posturalen Kontrolle und der Arbeitszeit als Lastkraftwagenfahrer, dem BMI, bestehenden Rückenschmerzen und sportliche Aktivität nachweisen lässt.

## **1.1 Funktionelle Anatomie des Stütz- und Bewegungssystems unter besonderer Berücksichtigung der Sitzposition**

Das menschliche Stütz- und Bewegungssystem lässt sich in einen aktiven und einen passiven Teil unterteilen. Das passive Stützsystem setzt sich aus dem Skelett, bestehend aus mehr als 200 einzelnen Knochen, und Skelettverbindungen (Gelenke, Bänder) zusammen. Das Skelett bestimmt maßgeblich die Form des Körpers. Auch dient es als Schutz der im Inneren des Körpers liegenden Organe und ist für die Körperhaltung und die Fortbewegung von essentieller Bedeutung [5-8].

Durch die Gelenke (Articulationes) zwischen einzelnen Segmenten des Skelettes können die Knochen in verschiedene Positionen zueinander gebracht werden. Entsprechend der funktionalen Anforderung kommen verschiedene Arten von Gelenken im Körper vor. Bandgelenke verbinden Knochen durch Bindegewebe, wie beispielsweise am Unterschenkel zwischen Tibia und Fibula. Es gibt Knorpelgelenke, wie sie unter anderem in der Symphyse im Becken oder in den Zwischenwirbelscheiben der Wirbelsäule vorkommen. Diese beiden Gelenke erlauben nur eine äußerst geringe oder sogar überhaupt keine Beweglichkeit über dem Gelenk. Gleichzeitig sorgen sie dadurch für eine größere Stabilität. Demgegenüber stehen die synovialen „echten“ Gelenke mit größerer Beweglichkeit. Ein solches Gelenk besteht typischerweise aus einem Gelenkkopf eines Knochens, der sich in die Gelenkpfanne des mit ihm artikulierenden Knochens einlagert. Beide Knochen sind an den Gelenkflächen mit Knorpel überzogen. Dadurch können Scher- und Druckbelastungen besser aufgenommen werden [5-7]. Synoviale Gelenke werden von einer Gelenkkapsel vollständig umschlossen. Diese Kapsel besteht aus einer äußeren zugfesten Faserschicht (Membrana fibrosa) und einer lockeren Innenschicht (Membrana synovialis) [5, 6]. Diese Innenschicht sezerniert die Synovialflüssigkeit,

welche den Spalt zwischen den Knochen ausfüllt und als Gleitmittel dient [5, 6, 8]. Durch zusätzliche Bänder, die an den beiden Knochen ansetzen und über das Gelenk verlaufen, wird das Gelenk zusätzlich stabilisiert. Während einer Bewegung begrenzen Bänder das Ausmaß der Beweglichkeit und sorgen gleichzeitig jedoch auch für mehr Stabilität [5-7]. Der aktive Stützapparat besteht aus der Skelettmuskulatur, den Sehnen und Faszien. Über die Sehnen sind die Muskeln mit den Knochen verbunden. Dadurch kann die Kraft des Muskels auf das Skelett übertragen werden [5, 6, 9]. Der Muskel hat mindestens einen Ursprung, verläuft über das zu überbrückende Gelenk und setzt distal davon mit einer Ansatzsehne an dem anderen Knochen an. So kann die Skelettmuskulatur gezielt gesteuert werden. Durch Anspannen kontrahiert sich der Muskel und verkürzt sich. Da der Muskel über die Sehne mit dem Knochen verbunden ist, verändert sich die Stellung des Gelenks oder wird in seiner Stellung stabilisiert. Häufig sind mehrere Muskeln in funktionellen Gruppen angeordnet, welche gleichzeitig aktiv sind und derselben Bewegungsausführung dienen [5, 6]. Diese Muskeln werden als Synergisten bezeichnet. Muskeln, die eine gegensätzliche Bewegung bewirken werden Antagonisten genannt [5, 9]. Die Funktion der Skelettmuskulatur besteht zum einen aus der Ausführung von gezielten Bewegungen. Zum anderen stabilisiert die Skelettmuskulatur den Körper, indem sie Haltearbeit leistet [3, 5].

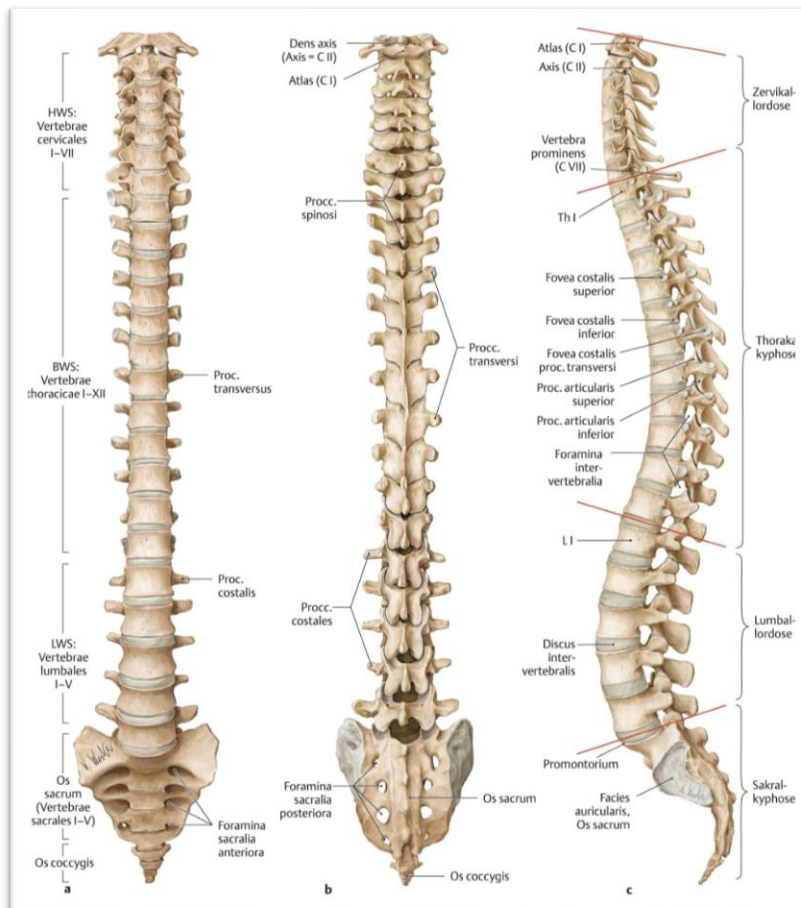
### **1.1.1 Anatomie und Funktion des Stützapparates unter besonderer Berücksichtigung der Wirbelsäule und der unteren Extremität**

In den folgenden Abschnitten werden nun Komponenten des Stützapparates beschrieben, welche für das Tragen des Körpergewichtes eine wichtige Rolle spielen. Hierzu zählen die Wirbelsäule, das Becken mit dem Hüftgelenk, die Beine sowie die Füße.

#### **1.1.1.1 Anatomie und Funktion der Wirbelsäule und der Rückenmuskulatur in Bezug auf die Körperstabilität**

Die Wirbelsäule (Abbildung 1) bildet das sogenannte Achsenskelett und verbindet die drei großen Körperhöhlen, Schädel-, Brust- und Bauchhöhle, miteinander. Sie ist mit den Extremitäten sowie den Rippen verbunden. Über die Wirbelsäule wird das Gewicht des

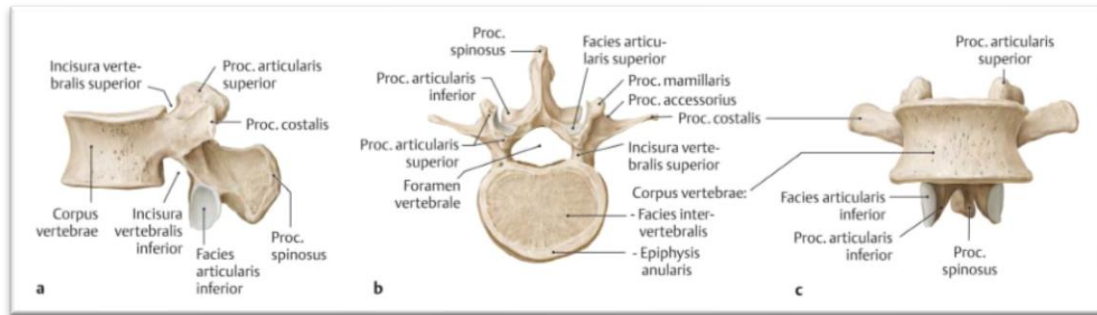
Kopfes, einem Teil des Rumpfes und der oberen Extremitäten über den Beckengürtel auf die Beine geleitet [5-7]. Sie wird aus den Wirbelkörpern und den Zwischenwirbelscheiben gebildet. Zudem sorgt ein die umgebender Bandapparat für Stabilität.



**Abbildung 1: Aufbau der Wirbelsäule**

a) Ansicht von ventral b) Ansicht von dorsal c) Ansicht von lateral [6].

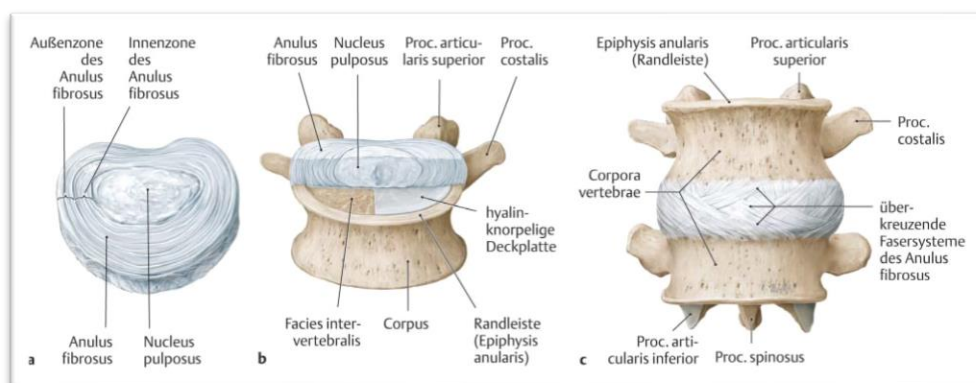
Die Wirbelsäule besteht aus 24 freien und acht bis zehn verwachsenen Wirbelkörpern (Vertebrae) (Abbildung 2). Die Wirbelkörper sind grundsätzlich ähnlich aufgebaut. Je nach Lokalisation unterscheiden sie sich jedoch voneinander, um an die lokalen Erfordernisse bestmöglich angepasst zu sein [5, 6].



**Abbildung 2: Aufbau eines Lendenwirbels**

a) Ansicht von links-lateral b) Ansicht von kranial c) Ansicht von ventral [6].

Zwischen den Wirbelkörpern liegen die 23 Zwischenwirbelscheiben (Disci vertebrales) (Abbildung 3a). Die Disci vertebrales befinden sich zwischen den Wirbelkörpern und sind mit ihnen verwachsen. Die Zwischenwirbelscheiben bestehen aus einem äußeren zugfesten Faserring (Anulus fibrosus) und einem nicht-komprimierbaren Gallertkern (Nucleus pulposus) [5-8]. Unter Belastung, wie beispielsweise bei einem axialen Stoß, erfüllt die Zwischenwirbelscheibe die Funktion eines Stoßdämpfers und verteilt den Druck gleichmäßig über die anliegenden Wirbelkörper [6-8]. Des Weiteren erhält die Wirbelsäule durch die Zwischenwirbelscheiben mehr Flexibilität und Bewegungsspielraum [6].



**Abbildung 3: Aufbau einer Zwischenwirbelscheibe**

Zwischenwirbelscheibe (Discus intervertebralis) a) Ansicht von kranial-ventral b) Ansicht von kranial-ventral mit Entfernung der vorderen Hälfte der Bandscheibe c) Ansicht von ventral [6].



Die Wirbel stehen über Gelenke miteinander in Verbindung (Intervertebralgelenke). Ein Bandapparat stabilisiert die Position der Wirbelkörper und die Intervertebralgelenke [5, 6].

Die Wirbelsäule weist vier Krümmungen auf. Diese lassen sich mit einer Doppel-S-Form innerhalb der Sagittalebene beschreiben. Die Krümmungen zeigen abwechselnd in dorsale (Kyphose) und ventrale (Lordose) Richtung [5, 7, 10]. Dieser Aufbau erfüllt die Funktion einer Feder, wodurch axiale Stöße durch eine Krümmungszunahme abgedämpft werden können [5, 6].

Die Rückenmuskulatur ermöglicht Bewegungen, wie Streckung, Drehung und Seitneigung, des Rumpfes. Gleichzeitig sichert die Rückenmuskulatur die Haltung der Wirbelsäule ab. Besonders unter Belastung kommt der Rückenmuskulatur eine wichtige Rolle bei der Stabilisierung der Wirbelsäule und des Rumpfes zu. Durch Verspannungen zwischen einzelnen Wirbeln wirken sie von außen einwirkenden deformierenden Kräften entgegen [5-7].

An der Rückenmuskulatur lässt sich die autochthone gegenüber der nicht-autochthonen Rückenmuskulatur abgrenzen. Während sich die autochthone Rückenmuskulatur während der Embryonalentwicklung unmittelbar am Rücken entwickelt, wandern die nicht-autochthonen Muskeln erst sekundär in den Rücken ein. Des Weiteren liegt die nicht-autochthone Rückenmuskulatur tiefer als die oberflächlich liegende nicht-autochthone Rückenmuskulatur. Zur nicht autochthonen Rückenmuskulatur zählen vor allem die Muskeln der Schulter und des Schultergürtels und verbinden den Rumpf mit den oberen Extremitäten[5, 6, 8].

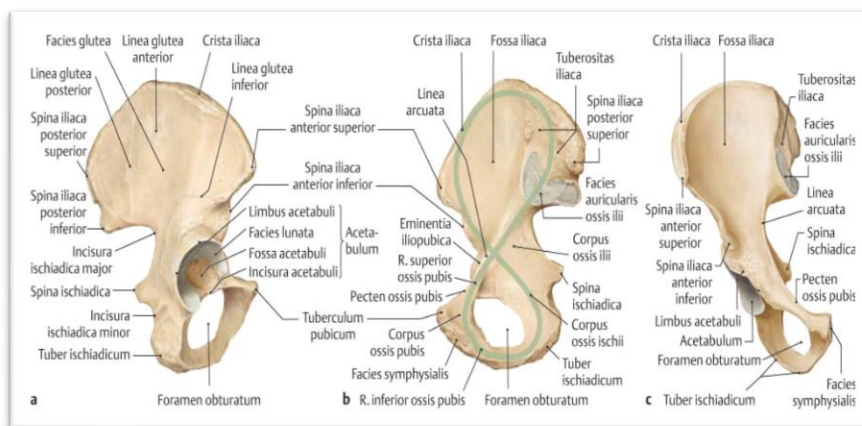
Die Muskeln der autochthonen Rückenmuskulatur lassen sich ferner in einen medialen und lateralen Trakt einteilen, welche jeweils in weitere Systeme unterteilt werden. Der mediale Trakt besteht zum einen aus dem spinalen System, dessen Muskeln zwischen den Processi spinosi der Wirbelkörper verlaufen und für eine Lateralflexion sowie der Dorsalextension des Rückens verantwortlich sind. Zum andern zählt das transversospinale System zum medialen Trakt. In diesem System verlaufen die Muskeln zwischen den Processi transversi zu den Processi spinosi. Durch diese Anordnung ermöglichen sie eine Rotation der Wirbelsäule und eine ipsilaterale Lateralflexion des Rumpfes[6-8].

Der laterale Trakt der autochthonen Rückenmuskulatur besteht aus drei Muskelsystemen, das sacropinale, spinotransversale und intertransversale System. Die Muskeln des sacrospinalen Systems verbinden die Wirbelsäule an den Processi transversi mit den

Rippen und unterstützen die Lateraleflexion und Dorsalextension des Rumpfes. Das spinotransversale System ermöglicht durch seinen Ansatz am Os occipitale am Kopf eine Seitneigung des Kopfes und eine Kopffrotation. Zuletzt zählt das intertransversale System zu dem lateralen Trakt. Die Muskeln setzen zwischen den Processi transversi der Wirbel an. Bei einseitiger Aktivierung dieses Systems wird eine ipsilaterale Lateralflexion des Halses und des Kopfes erreicht [6-8].

### 1.1.1.2 Anatomie und Funktion des Beckens und der Beine in Bezug auf die Körperstabilität

Der Beckengürtel (Abbildung 4) wird von den beiden Hüftbeinen (Ossae coxae) gebildet. Durch die Iliosakralgelenke sind diese mit dem Kreuzbein (Os sacrum) verbunden. Über die knorpelige Schambeinfuge (Symphysis pubica) sind die Hüftbeine miteinander verbunden und bilden zusammen mit dem Kreuzbein den Beckenring [7, 8]. Die Iliosakralgelenke sind durch einen kräftigen Bandapparat gesichert und dadurch in ihrer Bewegung stark eingeschränkt (Amphiarthrosen). Die Bänder erlauben nur eine äußerst geringe Beweglichkeit des Iliosakralgelenks innerhalb der Transversalachse. Die Symphyse als knorpelhafte Verbindung (Synchondrose) ermöglicht leichte Verschiebungen der beiden Hüftbeine gegeneinander sowie Rotationsbewegungen in der Transversalachse. Durch diese geringfügige Beweglichkeit des Beckengürtels wird die Stabilität erhöht. Gleichzeitig wird die Kraftübertragung in vertikaler Richtung verbessert [5, 6, 9].

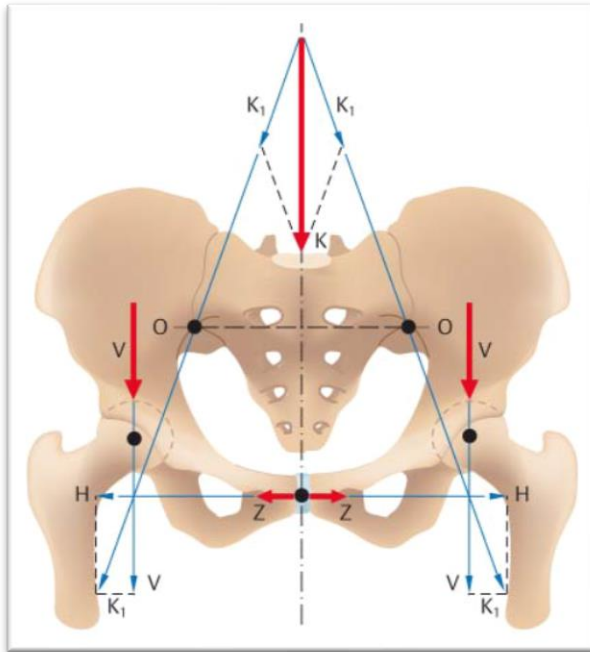


**Abbildung 4: Hüftbein (Os coxae) der rechten Seite**  
a) Ansicht von lateral b) Ansicht von medial c) Ansicht von ventral [6].

Die Hüftknochen sind so aufgebaut, dass die einwirkenden Kräfte bestmöglich über den gesamten Knochen verteilt werden. Die Masse des Knochens hat die Form einer asymmetrischen Acht. Die Hüftpfanne (Acetabelum), der knöcherne Anteil des Beckens des Hüftgelenks, liegt in dem Schnittpunkt der beiden Schleifen. Die größte Masse hat der Hüftknochen zwischen dem Iliosakralgelenk und dem Hüftgelenk. Dadurch kann die Last der oberen Körperregion und des Rumpfes bestmöglich auf die Beine übertragen werden [6, 8].

Das Hüftgelenk muss hierbei zeitgleich zwei Funktionen erfüllen. Zum einen muss es möglichst frei beweglich sein, um das Laufen zu ermöglichen. Zum anderen wird über das Hüftgelenk die Last von dem Acetabelum im Becken auf das Femur im Oberschenkel übertragen. Die Knochenstruktur des Femurs ist so aufgebaut, dass sie die Druckbelastung aufnehmen und nach kaudal weiterleiten kann. Dies gelingt durch die Spongiosatrabekel, welche vom kranialen Femurkopf über den Schenkelhals nach kaudal in den Femurschaft ziehen [6, 8].

Bei aufrechtem Gang wird das gesamte Gewicht des Kopfes, des Rumpfes und der oberen Extremität von den Beinen getragen. Dementsprechend ist es von großer Bedeutung, dass die Last gleichmäßig auf beide Beine übertragen wird und möglichst nur vertikal wirkende Kräfte entstehen. Allerdings kann es durch zahlreiche Einflussfaktoren, wie einer nicht ergonomischen Körperhaltung, Übergewicht oder Verletzungen, zu einer Umverteilung der Kräfte kommen. In Abbildung 5 ist die Kraftbelastung am Becken im Stehen dargestellt.



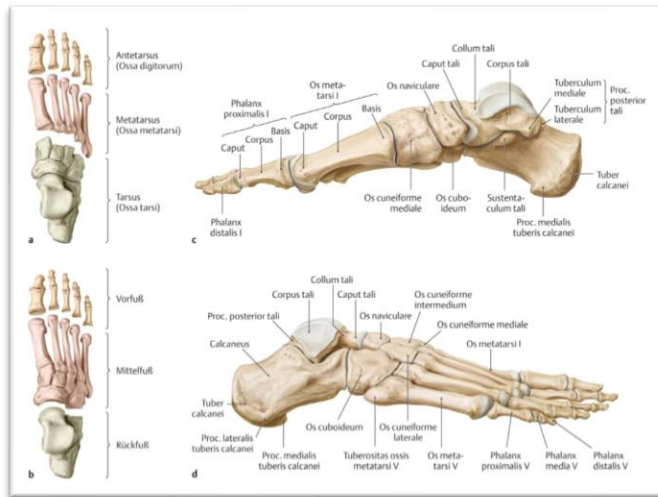
**Abbildung 5: Kraftbelastung im Becken im Stand auf zwei Beinen**

Das Gewicht der Körpermasse ( $K$ ) wird in zwei Teillasten ( $K_1$ ) aufgeteilt, die jeweils durch die Iliosakralgelenke verlaufen. Diese Kräfte wirken nach schräg lateral und erzeugen eine vertikal auf den Femurkopf wirkende Kraft. Schräg nach außen wirkenden Teilkräfte wiederum ergeben eine Kraft, die in vertikaler Richtung den Femurkopf belastet ( $V$ ) und eine (geringere) Horizontalkraft ( $H$ ), die eine Zugwirkung ( $Z$ ) auf die Symphyse entfaltet [6].

### 1.1.1.3 Anatomie und Funktion der Füße in Bezug auf die Körperstabilität

Als Träger des gesamten Körpergewichtes kommt den beiden Füßen eine wichtige Rolle in Bezug auf die Körperstabilität zu. Über die Beine wird das Körpergewicht jeweils an den Sprunggelenken auf die Füße übertragen. Gleichzeitig müssen die Füße die Krafteinwirkungen abfedern, die durch Stöße beim Laufen entstehen.

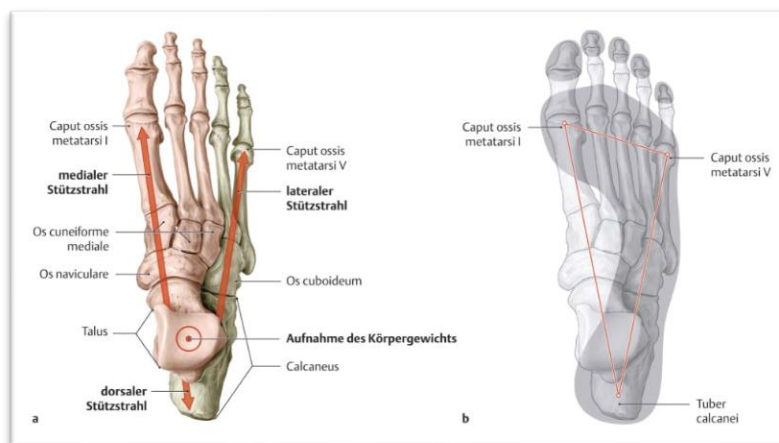
Der Fuß wird zum einen nach anatomischen Kriterien gegliedert. Hierbei wird zwischen einem medialen und lateralen Strahl unterschieden. Der mediale Strahl wird vom Talus, dem Os naviculare, den ossa cuneiforma und den Ossa metatarsi I-III gebildet. Der laterale Strahl setzt sich aus dem Calcaneus, Os cuboideum und den Ossa metatarsi IV-V zusammen. Zum anderen lässt sich der Fuß hinsichtlich der Funktion in drei Abschnitte Rückfuß, Mittelfuß und Vorfuß einteilen (Abbildung 6) [5, 7, 8].



**Abbildung 6: Fußknochen des rechten Fußes**

a) Anatomische Einteilung b) Klinische Einteilung c) Ansicht von medial d) Ansicht von lateral [6].

Die knöcherne Verbindung zwischen Unterschenkel und Fuß wird von der Tibia und dem Talus gebildet. Die beiden Knochen sind über das Sprunggelenk miteinander verbunden. Seitenbänder stabilisieren diese Verbindung [5, 6, 8]. Von der distalen Tibia wird die Kraft gleichmäßig über das Sprunggelenk auf den Talus übertragen. Von dort wird die Kraft über Fußstrahlen auf drei Auflagepunkte fortgeleitet. Abbildung 7 zeigt diese Kraftverteilung auf die Auflagepunkte. Beim Menschen sind dies das Tuber calcanei, das Caput des Os Metatarsi I und das Caput des Os metatarsi V [6, 8]. Dadurch, dass drei Auflagepunkte vorhanden sind, wird ein sicherer Stand gewährleistet.



**Abbildung 7: Stützstrahlen und Auflagepunkte des rechten Fußes**

a) Stützstrahlen des rechten Fußes b) Auflagepunkte des rechten Fußes [6].

An den drei Auflagepunkten entstehen Druckmaxima, die durch ein Podogramm erkennbar werden (Abbildung 8). Auch durch eine Verdickung der Hornhaut, die als Reaktion auf eine erhöhte mechanische Beanspruchung entsteht, kann die Druckverteilung durch klinische Inspektion des Fußes erkennbar sein [6].



**Abbildung 8: Podogramme des rechten Fußes**

a) Physiologische Fußwölbung (Pes rectus) b) Verlust des Quergewölbes (Pes transversoplanus = Spreizfuß) c) Verlust des Längsgewölbes (Pes planus = Plattfuß) [6].

Durch die Anordnung der Fußstrahlen bildet sich am Fuß plantar ein Quer- und ein Längsgewölbe. Die Knochen des Fußes sind untereinander durch Amphiarthrosen miteinander verbunden und erlauben nur ein sehr geringes Bewegungsausmaß. Durch ein Bändersystem über mehrere Etagen wird das Fußgewölbe in seiner Haltung stabilisiert. Zusätzlich unterstützen Muskeln die Verspannung und Stabilisierung des Fußgewölbes und können gleichzeitig durch aktive Kontraktion auf eine mechanische Belastung reagieren [6, 8]. Beim Laufen auf unebenen Untergrund werden durch das Fußgewölbe Stoßkräfte abgefedert, sodass selbst unter Belastung eine optimale Kraftableitung über die Kontaktpunkte auf den Untergrund möglich ist [6, 8].

## 1.1.2 Definition der posturalen Kontrolle und Funktionsweise des Bewegungssystems

Häufig wird der Begriff der posturalen Kontrolle mit den Begriffen „Balance“ oder „Gleichgewicht“ gleichgesetzt. Jedoch ist hiermit der Begriff „Posturale Kontrolle“ nur unzureichend beschrieben. Unter posturaler Kontrolle werden verschiedene körpereigene Mechanismen zusammengefasst, die notwendig sind, während einer Bewegung oder während der Einnahme einer bestimmten Haltung die Körperstabilität und das Gleichgewicht zu erhalten oder wieder zu erlangen [11, 12].

### 1.1.2.1 Definition der posturalen Kontrolle und Begriffserklärung unter Verwendung des Interaktionsmodells von *Shumway-Cook* und *Woollacott*

Unter der Verwendung von Modellen (Bezugsrahmenmodelle) gelingt es, die verschiedenen Einflussfaktoren der posturalen Kontrolle leichter zu analysieren [11]. Ein weit verbreitetes Modell zur Analyse der posturalen Kontrolle ist das Interaktionsmodell von *Shumway-Cook* und *Woollacott* [13]. In diesem Modell resultiert die posturale Kontrolle aus dem Zusammenspiel verschiedener Faktoren. Hierzu zählen das Individuum (Mensch), die Art der ausgeführten Aktivität und die Umwelt, in welcher die Aktivität ausgeführt wird [11, 13]. Besonders drei Teilaspekte hinsichtlich des Individuums sind hierbei hervorzuheben: Aktion (Motorik), Perzeption (Sensorik) und Informationsverarbeitung (Kognition). Unter der Aktion wird die Übertragung der Bewegungsinformation von dem Nervensystem auf die ausführende Muskulatur verstanden. Hierzu werden einerseits antizipativen Anpassungen gezählt, welche die Körperstabilität während gezielt ausgeführten Bewegungen reguliert. Andererseits gibt es die reaktive posturale Kontrolle, welche den Körper in unerwarteten Situationen, wie beispielsweise bei einem Sturz oder einem Stoß, stabilisiert [11].

Unter der Perzeption wird die Aufnahme, Verarbeitung und Weiterleitung der sensorischen Organe verstanden. Hierzu zählen der Visus, die Vestibularorgane sowie die Somatosensorik. All diese Organe sammeln Informationen, die für ausführende Strukturen zur Aufrechterhaltung der posturalen Kontrolle eine wichtige Rolle spielen. Der dritte Teilaspekt ist die Kognition. Das zentrale Nervensystem (ZNS) verwendet einen Teil seiner kognitiven Kapazität darauf, den Körper permanent an die Umgebung anzupassen. In diesem Zusammenhang werden unterbewusst Vorgänge initiiert, um sich

an Veränderungen in der Umwelt anzupassen. In diesem Zusammenhang wird auch von der „Multiple-Task Fähigkeit“ gesprochen. Dies bedeutet, dass die Aufmerksamkeit geteilt wird und der Fokus der Konzentration größtenteils entweder auf der Kontrolle des Gleichgewichtes oder auf der Durchführung von Bewegungen liegt [11].

Auch die Umwelt selbst ist ein Teil des Interaktionsmodells von *Shomway-Cook* und *Woolacott* [13] und ein relevanter Einflussfaktor auf die posturale Kontrolle. Als Umwelteinflüsse werden von *Huber* [11] die Bodenbeschaffenheit, die Ablenkung durch andere Aktivitäten, oder der Einsatz von Hilfsmitteln während der Aktivität genannt.

#### 1.1.2.2 Funktionsweise des menschlichen Bewegungssystems

Die menschliche Körperhaltung, Stabilität und Steuerung (posturale Kontrolle) wird durch eine Vielzahl an körpereigenen Systemen beeinflusst, um eine stabile Körperhaltung zu ermöglichen und zu unterstützen [14]. Diese Systeme unterliegen einer komplexen Steuerung, deren Funktionsweise bisher noch nicht abschließend verstanden wird.

Zu diesen Systemen zählen zum einen Anteile des muskuloskelettalen Halteapparates, wie die Muskeln, Gelenke und Knochen sowie die Sehnen. Zum anderen haben neuronale Systeme wie das Auge und der Gleichgewichtsapparat einen großen Anteil an der Körperstabilität [15]. Beide Systeme interagieren miteinander, wodurch ein fein aufeinander abgestimmtes System entsteht, das in der Lage ist bei allen Körperbewegungen das Körpergleichgewicht zu halten und bei Bedarf gegenregulierende Maßnahmen zu ergreifen. Dadurch ist es möglich die Körperstabilität zu erhalten und fließende Bewegungen ohne Stabilitätsverlust zu ermöglichen [16].

Die Körperhaltung und deren Steuerung orientieren sich hierbei an biomechanischen Daten der Propriozeptoren. Diese befinden sich an den Sehnen und Gelenken und geben Informationen über die körpereigene Belastung und Stellung der Gelenke [9, 17]. Dadurch wird es ermöglicht, dass die höheren Ebenen der sensomotorischen Systeme bereits während der Ausführung einer Bewegung eine Rückmeldung erhalten [9, 16, 17]. Unterstützt werden die Aufrechterhaltung der Körperstabilität und die Ausführung zielgerichteter Bewegungen unter anderem von dem visuellen System im Auge und okzipitalem Kortex und dem vestibulären System im Innenohr [9, 14, 17, 18].

Besonders entscheidend ist die Aufrechterhaltung der Körperstabilität bei dem Auftreten von externen Reizen. Hierzu zählen Stoßreize und Vibrationen, die beispielsweise bei



schwerer körperlicher Arbeit oder bei Arbeiten an großen Maschinen auftreten können. Diese Reize werden über Vibrationsrezeptoren der Tiefensensibilität, den Merkel-Zellen und Vater-Pacini-Körperchen wahrgenommen [17, 18].

Auf jeden äußeren Reiz muss der Körper adäquat reagieren können, um die Körperstabilität zu bewahren und nicht das Gleichgewicht zu verlieren [19]. Schon bei der Ausführung von alltäglichen Bewegungen, wie das Aufstehen aus dem Sitzen oder dem Laufen, sind diese Mechanismen essentiell [16]. Bei einem Ausfall oder einer Störung in einem dieser Systeme käme es wegen fehlerhafter zentraler Verarbeitung der Reize zu einer Störung der posturalen Kontrolle. So kommt es beispielsweise bei Parkinsonpatienten, bei denen die posturale Kontrolle ebenfalls gestört ist, zu einer zunehmenden Gangunsicherheit mit einer erhöhten Sturzgefahr, weil die bereits erwähnten Kontrollmechanismen nicht mehr zu einer adäquaten Stabilisierung des Körpers während der Bewegung führen [12].

Der Körperschwerpunkt unterliegt leichten Schwankungen in frontaler (5mm) und sagittaler (8mm) Ebene [20]. Auch die Schwankungen des Körperschwerpunktes (engl.: Centre of Pressure, COP) werden durch die zuvor bereits erwähnten Mechanismen reguliert [9]. Wird der Körperschwerpunkt über die Körperachse hinaus verlagert, kommt es zur Gegenregulierung durch die tiefe Rückenmuskulatur durch sogenannte statische Reflexe, um den Körper in einer stabilen Position zu halten [17]. Schwankungen in der frontalen Ebene (anterior/posterior) werden vor allem im Sprunggelenk zwischen Unterschenkel und Fuß ausgeglichen, während Schwankungen in der sagittalen Ebene (medial/lateral) durch Anpassungsmechanismen im Hüftgelenk ausgeglichen werden. Hierbei werden die Schwankungen in frontaler und sagittaler Richtung unabhängig voneinander kontrolliert und reguliert [21].

Besonders den Füßen als Träger des gesamten Körpergewichts kommt eine wichtige Rolle zu. Physiologisch sollte sich das Körpergewicht gleichmäßig über die Füße verteilen. Durch die gleichmäßige Druckverteilung wird eine einseitige pathologische Druckbelastung eines Fußabschnittes verhindert [22]. Zahlreiche Einflussfaktoren können jedoch eine nicht physiologisch und unausgeglichene verteilte Fußbelastung begünstigen, wodurch vor allem Rück- und Mittelfuß zu hohem Druck ausgesetzt werden. Zu diesen Einflussfaktoren zählen vor allem Übergewicht und Bewegungsmangel [22-23]. *Birtane et al.* [22] vermuteten bereits, dass durch Übergewicht das Gleichgewicht der Druckverteilung im Fuß durch Verlagerung des Körperschwerpunktes gestört wird. Bei einer Gewichtszunahme kommt es zu einer Verlagerung des Körperschwerpunktes

nach ventral [22]. In der Folge kommt es auch zu einer Umverteilung der Druckverteilung im Fuß. Dies zeigt sich in einer übermäßigen Belastung einzelner Fußabschnitte, besonders des Hinter- und des Mittelfußes. Dies wiederum beeinflusst die Kompensationsmechanismen der posturalen Kontrolle auf spinaler und neuronaler Ebene. Die Rückenmuskulatur, das Auge und der Gleichgewichtsapparat müssen die entstandene Fehlbelastung wieder ausgleichen [22, 24]. Dies geschieht unter anderem durch eine Änderung der Haltung im Körperstamm dadurch, dass der Tonus der stammnahen Muskulatur erhöht wird [25].

### **1.1.3 Physiologie und Pathophysiologie der Sitzposition unter besonderer Berücksichtigung deren Auswirkungen auf die posturale Kontrolle**

Die Sitzposition dient der Entspannung und Erholung, weil dadurch die Beine entlastet werden die unteren Extremitäten nicht mehr das gesamte Körpergewicht tragen müssen. In der Sitzposition wird die Rücken- und Nackenmuskulatur weniger beansprucht und kann sich erholen. Eine vollständige Entspannung der Rückenmuskulatur tritt jedoch erst in horizontaler Lage, im Liegen, auf [26]. Während kurzzeitiges Sitzen als Erholung wahrgenommen wird, kommt es bei längerem Sitzen in einer Zwangshaltung, wie beispielsweise bei Reisen im Bus oder im Flugzeug, zu einem Gefühl der Unbequemlichkeit [26]. Nach neueren Definitionen gelten als Sitztätigkeiten (engl. *sedentary behaviour*) solche Tätigkeiten, welche in sitzendender Position ausgeführt werden und mit einem geringen Energieverbrauch einhergehen [27].

Es gibt zahlreiche Erkrankungen, die mit einer langanhaltenden Sitzposition in Verbindung gebracht werden. Am häufigsten wird hierbei der Diabetes mellitus Typ 2 genannt [27]. Aber auch das Metabolische Syndrom, Adipositas, kardiovaskuläre Erkrankungen und Tumorerkrankungen werden mit lang andauernder Sitzposition in Verbindung gebracht [27-29].

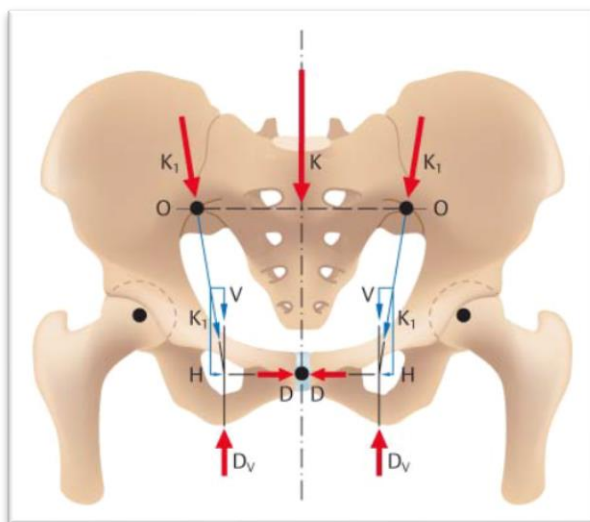
Es gibt jedoch bereits Lösungsansätze, durch die diese schädigenden Auswirkungen des langen Sitzens auf den Stoffwechsel reduziert werden können. So kann durch kurze Unterbrechungen der Sitztätigkeit und kurzer leichter sportlicher Betätigung ein positiver Einfluss auf den Stoffwechsel im Sinne eines günstigeren Plasmalipoproteinspiegels nachgewiesen werden [30, 31]. Im Gegensatz dazu konnten *Kim et al.* [32] bei Probanden

mit langfristiger Sitzposition eine Verschlechterung des Plasmalipoproteinspiegels nachweisen.

Die Sitzposition führt zu einer Reihe von Anpassungsvorgängen am muskuloskelettalen Apparat, die sich im Extremfall mit akuten Beschwerden äußern können. *Schoberth* [26] bezeichnet diese allerdings noch nicht als einen Schaden, weil die Beschwerden meistens reversibel sind sobald die Körperposition verändert wird. In den folgenden Abschnitten werden diese Veränderungen erläutert.

### 1.1.3.1 Bedeutung des Beckens für das Sitzen

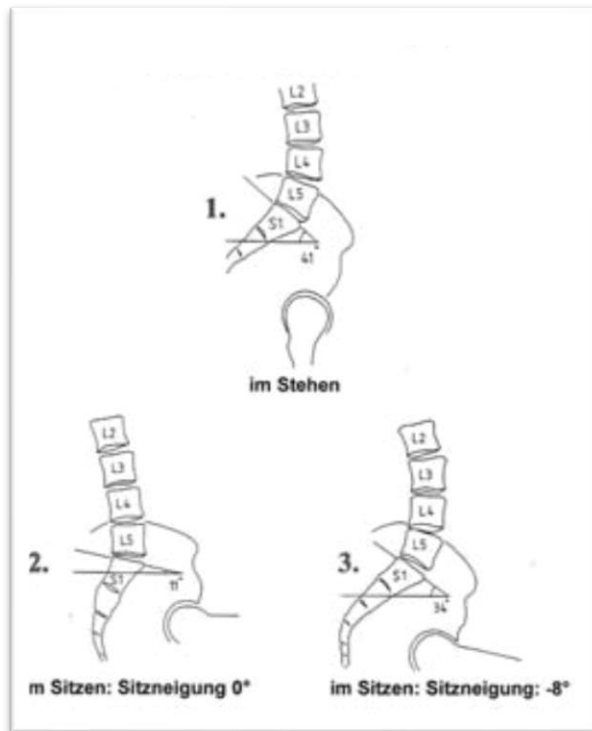
Beim Sitzen liegt das Becken mit den beiden Sitzbeinhöckern (*Tubera ischadica*) auf der Sitzfläche auf. Diese liegen medial der Iliosakralgelenke, weshalb es zu einer Kraftweiterleitung nach medial und nicht wie im Stand nach lateral kommt. Dadurch wirken nicht nur vertikale Kräfte, sondern auch Horizontalkräfte auf die Symphyse ein (Abbildung 9). In der Folge kommt es zu einem Auseinanderweichen der Symphyse [6]. Im Stehen liegt der Beckenneigungswinkel bei durchschnittlich  $41^\circ$  in der Sagittalebene. Bei diesem Winkel wird von einem sogenannten Normalbecken gesprochen [33].



**Abbildung 9: Kräfteinwirkung am Becken im Sitzen**

Das Becken liegt mit den beiden *Tubera ischadica* der Sitzfläche auf. Die von kranial einwirkenden Kräfte ( $K_1$ ) zielen vom Iliosakralgelenk nach medial auf die beiden *Tubera ischadica*. Hierdurch wirken Vertikalkräfte und Horizontalkräfte nach medial, wodurch der Druck auf die Symphyse ( $D$ ) erhöht wird [6].

Beim Sitzen auf einer horizontalen Fläche reduziert sich dieser Winkel auf  $11^\circ$  (Abbildung 10). Bei starker Hyperkyphose (Rundrückenbildung) kann es sogar zu einem negativen Winkelgrad kommen. Wenn die Sitzfläche um  $8^\circ$  nach anterior abgeneigt wird, kommt es zu einem höheren Neigungsgrad bis zu  $34^\circ$ . Dieser Wert entspricht fast dem Neigungswinkel im Stehen [34].



**Abbildung 10: Neigungsgrad der Kreuzbeindeckplattentangente**

1. Im Stehen 2. im Sitzen mit  $0^\circ$  Sitzneigung 3. im Sitzen mit  $8^\circ$  Sitzneigung [34].

### 1.1.3.2 Bedeutung der Wirbelsäule und Bandscheiben für das Sitzen

Schoberth [26] vermutet, dass die Schäden, die durch langes Sitzen entstehen, auf eine nicht-physiologische Wirbelsäulenform zurückzuführen sind. Während im Stand physiologisch die Wirbelsäule eine Lendenlordose aufweist, ist diese im Sitzen vollständig verschwunden wie Abbildung 11 zeigt. Andere Autoren konnten diese Hypothese inzwischen bestätigen [27, 29, 35].

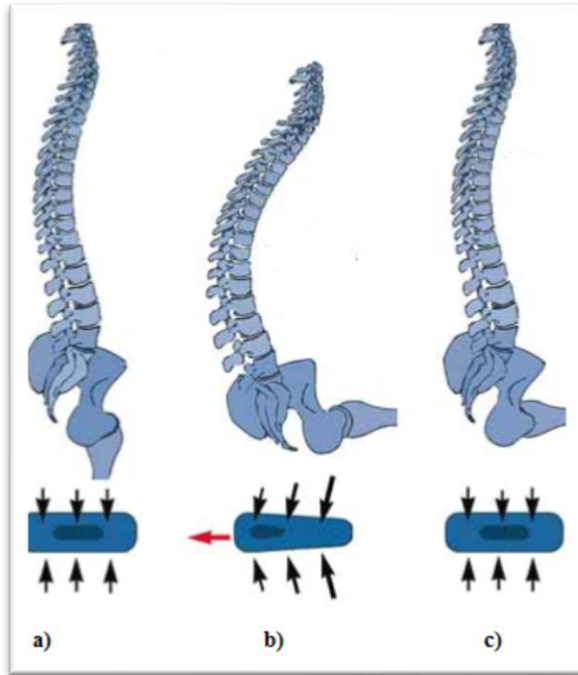
Das Becken bildet mit der Wirbelsäule eine funktionelle Einheit. Dadurch wirkt sich die Stellung des Beckens unmittelbar auf die Stellung der Wirbelsäule aus [35]. Durch das Sitzen kommt es zu einer Veränderung der Wirbelsäulenform, im Sinne des

Verschwindens der Lendenlordose und der Verformung in Richtung einer Kyphose, und zu einer erhöhten Belastung der Disci vertebrales [26]. Der Bandscheibeninnendruck steigt an.

Vor allem auf der dorsalen Seite des Discus kommt es durch den erhöhten Druck zu einer Degeneration des Faserringes und in Folge dessen zu einer Massenverlagerung. Dehnungsreize können dadurch nicht mehr adäquat kompensiert werden und äußern sich als Schmerzen [26]. *Schöne et al.* [34] sehen nicht in der Druckbelastung der Zwischenwirbelscheibe, sondern in der Zugbelastung des Anulus fibrosus die eigentliche schädigende Wirkung der Sitzposition. Aus diesem Grund wird von Orthopäden bei Patienten mit Bandscheibenvorfällen zur Wiedereingliederung in den Arbeitsalltag häufiger ein Stehpult statt eines ergonomischen Arbeitsstuhls verordnet [34]. *Wilke* [36] konnte diese Erhöhung des Bandscheibeninnendrucks in seiner Studie nicht nachweisen, es kam sogar zu einer Abnahme des intradiskalen Drucks. Auch *Battié* [37] sieht in der Degeneration der Bandscheibe nicht Umweltfaktoren als Ursache, sondern schreibt die degenerativen Veränderungen einer genetischen, nicht beeinflussbaren Ursache zu.

Vor allem beim Sitzen in Hyperkyphose kommt es in den lumbalen Abschnitten der Wirbelsäule zu einer großen Belastung der Wirbelsäule und Bänder. In der Folge verschleißt vor allem in diesem Segment die Disci vertebrales und Articulationes intervertebrales [35].

Die erhöhte Belastung der passiven Anteile des Halteapparates am Rücken wird als schmerzhaft wahrgenommen. Ursächlich hierfür sind Schmerzrezeptoren (Nozizeptoren) an den Wirbelgelenken und dem Bandapparat. In der kyphotischen Stellung der Wirbelgelenke werden die Nozizeptoren gedehnt und lösen einen Schmerzreiz aus. Als Reaktion auf den Schmerzreiz kommt es zu lokalen Muskelkontraktionen und Stellungsänderungen im Wirbelgelenk. Bei einer Stellung der Wirbelsäule in der Lordose (Abbildung 11) Stellung werden die Wirbelgelenke ineinander gestaut und es kommt ebenfalls zu einer Reizung der Nozizeptoren mit einer reaktiven Muskelaktivierung [26].



**Abbildung 11: Form der Wirbelsäule im Stand und im Sitzen**

Wirbelsäulenform und Druckbelastung der Zwischenwirbelscheiben a) im Stehen b) Sitzen in Kyphosestellung c) Sitzen in aufrechter Position [38].

### 1.1.3.3 Bedeutung der Muskulatur und Bänder für das Sitzen

Beim statischen Sitzen über einen längeren Zeitraum werden einzelne Muskelgruppen nur geringfügig beansprucht oder werden sogar überhaupt nicht eingesetzt. Im Gegensatz dazu werden im Stehen verschiedene Muskelgruppen aktiv [35]. Dies führt dazu, dass bei Menschen, die viel Zeit in sitzender Position verbringen, sich die Muskulatur in Rücken und in der Beckenregion zurückbildet beziehungsweise bei Kindern und Jugendlichen sich gar nicht erst adäquat entwickelt. In der Folge kann die Körperlast nicht getragen werden und eine aufrechte Körperhaltung ist nicht gewährleistet. Es kommt zu sogenannten Leistungsschwächen [26, 29, 34].

Gleichzeitig werden die Wirbelkörper, Bandscheiben und Bänder einer höheren Belastung ausgesetzt und es kommt in diesen Teilen des Halteapparates zu einer übermäßigen Beanspruchung. Dies äußert sich in Form von Rückenschmerzen.

Durch diese Entwicklung kommt es zu Belastungsschäden im muskuloskelettalen Apparat, welche sich unter anderem als Rückenschmerzen äußern [26, 34, 39].

Einfluss auf die posturale Kontrolle hat auch monotones Sitzen über einen längeren Zeitraum, wie es von Szeto [4] bei Büroangestellten untersucht worden ist. Es konnte in dieser Studie festgestellt werden, dass Personen, die lange Zeit sitzend vor dem Computer oder am Schreibtisch verbringen, häufiger über Rückenschmerzen klagen, als Personen, welche abwechslungsreichere Tätigkeiten ausübten [4].

Vergleichbare Ergebnisse zeigt auch die Studie von Thorp et al. [40]. Hierbei unterbrachen die Büroangestellten ihre Arbeit in sitzender Position für 30 Minuten und setzten ihre Arbeit im Stehen an einem an die Körpergröße angepassten Stehpult fort. Es zeigte sich, dass durch diesen Wechsel der Körperhaltung die Büroangestellten seltener unter Rückenschmerzen litten, während die Produktivität unverändert hoch blieb [40].

## **1.2 Das Berufsbild des Lastkraftwagenfahrers unter besonderer Berücksichtigung gesundheitlicher Risikofaktoren**

Im folgenden Abschnitt wird das Berufsbild von Lastkraftwagenfahrern beschrieben. Hierbei soll vor allem auf die Arbeitsbelastung und die Auswirkungen auf die Gesundheit eingegangen werden. Insbesondere Risikofaktoren, welche gesundheitliche Schäden des Halte- und Bewegungsapparates zur Folge haben, werden erläutert.

### **1.2.1 Veränderungen im Güterverkehr mit Bezug auf das Berufsbild des Lastkraftwagenfahrers**

Seit einigen Jahren nimmt der Güterverkehr in der Bundesrepublik Deutschland stetig zu. So zeigen Statistiken des Bundesverkehrsministeriums eine Zunahme des Verkehrsaufkommens im Güterkraftverkehr um 355 Millionen Tonnen auf 2245 Millionen Tonnen zwischen 2008 und 2014 [2]. Bis zum Jahr 2030 wird mit einer Zunahme auf bis zu 3639 Millionen Tonnen gerechnet. Zudem nimmt die durchschnittliche Transportentfernung zu. Diese stieg zwischen den Jahren 2000 und 2013 von 84 km auf über 96 km. Der größte Teil des Straßengüterverkehrsaufkommens liegt im Nahbereich. 79% des Gesamtaufkommens auf der Straße wird bis zu einer

Entfernung von 150 km transportiert, wobei hierbei 56% des Gesamtaufkommens auf einer Strecke bis zu 50 km transportiert wird [41].

Gleichzeitig steigt die Zahl der Beschäftigten in der Güterverkehrsbranche. Während im Jahr 2008 noch 433.000 Menschen im Güterverkehr arbeiteten, waren es im Jahr 2011 bereits 452.000 Menschen [2]. Die große Mehrheit der Lastkraftwagenfahrer ist männlich. Lediglich 1,7% der sozialversicherungspflichtigen Lastkraftwagenfahrer sind Frauen [1]. Der Anteil an deutschen Lastkraftwagenfahrern nimmt in den letzten Jahren leicht ab und wird durch einen immer größer werdenden Anteil ausländischer Fahrer ersetzt. In seiner Marktbeobachtung berichtet das *Bundesamt für Güterverkehr* [1] von einer Zunahme von 2,4% der ausländischen Berufskraftfahrer in Deutschland auf einen Anteil von insgesamt 13,3% zwischen den Jahren 2014 und 2015.

Lastkraftwagenfahrer arbeiten in der Woche durchschnittlich 62 Stunden, wobei hierbei 45 Stunden Fahrtzeit sind. Die restliche Zeit entfällt auf andere Arbeiten, wie das Be- und Entladen des Lastkraftwagens [42]. Seit April 2007 existiert ein europäisches Übereinkommen über die Arbeitszeiten von Lastkraftwagenfahrern. Dieses sieht vor, dass am Tag eine maximale Lenkzeit von neun Stunden erreicht werden darf. Gleichzeitig müssen die Fahrer eine ununterbrochene Ruhezeit von neun Stunden einhalten [43].

### **1.2.2 Gesundheitliche Risikofaktoren des Lastkraftwagenfahrens unter besonderer Berücksichtigung des Bewegungsapparates**

Lastkraftwagenfahrer sind im Vergleich zur übrigen Bevölkerung einer Reihe gesundheitlicher Risikofaktoren ausgesetzt [44]. Diese ergeben sich zum einen aus äußeren Umwelteinflüssen und zum anderen aus typischen Verhaltensweisen bezüglich Bewegung und Ernährung. Durch die stetige Zunahme des Güterkraftverkehrs werden auch die Lastkraftwagenfahrer einer zunehmenden Mehrbelastung ausgesetzt. [45]. Mit dieser Entwicklung geht auch die Entwicklung von Erkrankungen einher. In den folgenden Abschnitten werden die wichtigsten Punkte unter besonderer Berücksichtigung deren Einfluss auf die Körperstabilität erläutert.



### 1.2.2.1 Psychische Belastungen

Bei den psychischen Belastungen ist an erster Stelle der enorme Zeitdruck zu nennen, unter welchem die Lastkraftwagenfahrer leiden [42]. Die Speditionen stehen unter einem hohen wirtschaftlichen Druck und versuchen ihre Betriebskosten möglichst gering zu halten. In Folge dessen sind die Transportfahrten nach einem engen Zeitplan ausgerichtet, an den sich die Lastkraftwagenfahrer halten müssen. Dies führt dazu, dass sich durch den Zeitdruck Stress und eine erhöhte Müdigkeit bei den Fahrern einstellt [43]. In einer Befragung von Lastkraftwagenfahrern aus dem Jahr 2002 wurde Müdigkeit als häufigste Gesundheitsstörung genannt [42]. Auch aktuelle Studien bestätigen diese Erkenntnisse [43, 46]. Auch haben Lastkraftwagenfahrer teilweise unregelmäßige Arbeitszeiten und sind oft tagelang nur auf Autobahnen unterwegs, ohne zwischendurch nach Hause zu ihren Familien kommen zu können. Die Fahrer sind die meiste Zeit während ihrer Arbeit allein in ihrer Fahrerkabine isoliert und ohne soziale Unterstützung [3, 43, 45].

Als weitere psychische Belastung nennt *Ellinghaus [3]* das Ungleichgewicht zwischen hoher körperlicher Belastung und gleichzeitig geringer Belohnung im Sinne eines relativ niedrigen Einkommens und die fehlende Anerkennung ihrer geleisteten durch Vorgesetzte [3].

### 1.2.2.2 Übergewicht und Adipositas

Neben den psychischen Problemen leiden Lastkraftwagenfahrer auch häufig unter physischen Beschwerden [43, 46, 47]. Die wichtigsten gesundheitlichen Risikofaktoren, die häufig bei Lastkraftwagenfahrern vorkommen, sind Übergewicht und Fettleibigkeit [45-48]. Ein Grund hierfür ist Bewegungsmangel [48, 49]. Durch die langen Fahrzeiten ohne Pausen haben die Lastkraftwagenfahrer keine Möglichkeiten sich ausreichend zu bewegen oder sich sogar sportlich zu betätigen. Erschwerend kommt hinzu, dass Lastkraftwagenfahrer, teilweise berufsbedingt, ungesunde Ernährungsgewohnheiten im Sinne einer einseitigen und meist stark fetthaltigen Nahrung aufnehmen [45, 48, 50]. Die Fahrer können auf Grund des vorgegebenen Zeitdruckes kaum Pausen zum Essen einlegen. Oft mangelt es auf Autobahnraststätten an einem gesunden Versorgungsangebot [45]. *Lemke et al. [51]* stellten einen Zusammenhang zwischen erhöhten Cholesterinwerten und dem ungesunden Essverhalten her. Auch die unregelmäßigen Arbeits- und Schlafzeiten stellen Risikofaktoren für die Entwicklung von Übergewicht

bei Lastkraftwagenfahrern dar [52, 53]. Eine Studie von 2014 verglich das Essverhalten von Busfahrern, die tagsüber arbeiteten, und Fahrern, die nachts arbeiteten. Hierbei zeigte sich, dass die Busfahrer, die nachts arbeiteten, häufiger einen höheren BMI hatten [54]. Kardiovaskuläre und metabolische Erkrankungen, die mit einer unausgewogenen Ernährung und dem Übergewicht in Verbindung stehen, sind bei Lastkraftwagenfahrern weit verbreitet [46, 48, 55-57].

#### 1.2.2.3 Einfluss von Ganzkörpervibrationen (WBV)

Ganzkörpervibrationen (Whole-Body Vibrations, WBV), wie sie beim Bedienen von großen Maschinen oder beim Fahren von schweren Fahrzeugen wie Lastwagen oder Bussen auftreten, führen häufig zu Rückenschmerzen [58, 59]. Vor allem bei älteren Fahrzeugen ohne unzureichende Federung des Fahrersitzes sind die Fahrer einem erhöhtem Ausmaß an Ganzkörpervibrationen ausgesetzt [60]. Insbesondere in axialer Richtung werden die Vibrationen von der Straße über den Lastkraftwagen auf den Sitz und auf den Körper und hierbei vor allem auf die Wirbelsäule übertragen [61]. Als mögliche Folge der Ganzkörpervibrationen werden unter anderem neuronale Entzündungen im Rückenmark genannt, welche sich auch als Rückenschmerzen äußern [62]. Besonders bei langjähriger Exposition kommt es zu einer Zunahme der Intensität der Rückenschmerzen [63]. Des Weiteren geht mit den Ganzkörpervibrationen eine Reihe von Folgesymptomen einher, die sich nicht unmittelbar am Rücken und an der Wirbelsäule abspielen. Hierzu zählt unter anderem Ermüdung [64].

Die Auswirkungen von Ganzkörpervibrationen auf die posturale Kontrolle sind aktuell noch nicht ausreichend untersucht. Dass ein Einfluss auf die Körperstabilität besteht, wird jedoch angenommen [65].

#### 1.2.2.4 Erkrankungen des Stütz- und Bewegungsapparates

Erkrankungen des Bewegungsapparates sind bei Lastkraftwagenfahrern weit verbreitet [46]. Durch die Fahrtätigkeit des Lastkraftwagenfahrers wird die Muskulatur und der Stützapparat auf Grund der Anordnung der Steuerungsvorrichtungen des Lastkraftwagens nur einseitig beansprucht. Dadurch kommt es im langjährigen Verlauf zu einer Schiefhaltung des Körpers sowie zu Arthrosen. Dies äußert sich in Form von

Rückenschmerzen und Gelenksbeschwerden [43, 46, 66]. In einer Umfrage von *Ellinghaus* [3] gaben nur 20% der befragten Lastkraftwagenfahrer an, während der Fahrt frei von Beschwerden im Bewegungsapparat zu sein. Fast 60% äußerten oft oder manchmal an Rückenschmerzen oder Muskel- und Gelenksbeschwerden zu leiden. Besonders bei älteren Lastkraftwagenfahrern nahmen diese Beschwerden zu. Auch das berufsbedingte permanente Sitzen in aufrechter Position ohne Bewegungsausgleich hat gesundheitliche Folgen und führt häufig zu Rückenschmerzen [43, 46].

Vor allem Bandscheibenvorfälle kommen bei Lastkraftwagenfahrern häufig vor. Neben dem Sitzen über einen längeren Zeitraum tragen auch Ganzkörpervibrationen zu der Entwicklung von Bandscheibenvorfällen bei [67].

In vielen Ländern, darunter auch Deutschland, werden daher auch Bandscheibenvorfälle als Berufskrankheit bei Lastkraftwagenfahrern anerkannt [68, 69]

### **1.2.3. Strukturelle Defizite im Arbeits- und Gesundheitsschutz bei Lastkraftwagenfahrern**

Obwohl Lastkraftwagenfahrer erwiesenermaßen unter einer Vielzahl von gesundheitlichen Risikofaktoren leiden, ist für sie der Zugang zu Vorsorgemaßnahmen erschwert [70]. Ein Grund hierfür ist die Tatsache, dass Lastkraftwagenfahrer die meiste Zeit des Tages auf der Autobahn verbringen und meistens weit entfernt von ihrer Heimat unterwegs sind. Damit haben Lastkraftwagenfahrer nicht viele Möglichkeiten, ärztliche Vorsorgemaßnahmen, wie beispielsweise jährliche Gesundheitschecks, durchführen zu lassen [70].

Des Weiteren kommen strukturelle Probleme in dem Transportgewerbe hinzu, welche eine bessere Gesundheitsförderung für Lastkraftwagenfahrer erschweren. Speditionsunternehmen sind gesetzlich dazu verpflichtet sich an die gesetzlich festgeschriebenen Sicherheits- und Gesundheitsschutzrichtlinien zu halten. Allerdings zeigt sich gerade im Speditionsgewerbe eine schwierige Umsetzung. Dies liegt unter anderem daran, dass es in der Logistikbranche viele Klein-Unternehmen mit geringer Arbeitnehmerzahl gibt. Diese Unternehmen können im Unterschied zu größeren Unternehmen keine eigene Gesundheits- und Arbeitsschutzorganisation aufrechterhalten, welche die gesetzlichen Vorgaben zum Gesundheitsschutz umsetzen könnten. Besonders kleine Unternehmen vernachlässigen häufig aus wirtschaftlichen und organisatorischen

Gründen die Umsetzung der Sicherheits- und Gesundheitsrichtlinien. Folglich wird der Gesundheitsschutz vernachlässigt, um Kosten einzusparen und um wirtschaftlich konkurrenzfähig zu bleiben [70].

### **1.3. Aktueller Literaturstand bezüglich der Auswirkungen des Lastkraftwagenfahrens auf die posturale Kontrolle**

Einige Studien konnten bereits zeigen, dass das Steuern von Kraftfahrzeugen Auswirkungen auf einzelne Komponenten der Körperstabilität und der posturalen Kontrolle hat [16, 17, 20, 26]. *Albert et al.* [71] zeigten diesen Einfluss in ihrer Studie an Hand von Busfahrern. In dieser Studie wurde dargestellt, dass sich während der Fahrt die Körperhaltung nicht in Neutralposition befindet. In der Folge kommt es zu körpereigenen Kompensationsmechanismen im Sinne einer erhöhten Muskelaktivität [71].

Eine iranische Befragung aus dem Jahre 2014, welche das Auftreten von muskuloskelettalen Beschwerden zwischen Berufskraftfahrern und Büroangestellten verglich, zeigte, dass 78% der befragten Berufskraftfahrer unter Beschwerden des muskuloskelettalen Apparates litten. Demgegenüber wurden solche Beschwerden lediglich bei 55% der Büroangestellten angegeben [72].

Auch das Sitzen über einen längeren Zeitraum, wie es bei Lastkraftwagenfahrern vorliegt, beeinflusst die posturale Kontrolle. *Szeto et al.* [4] stellten eine erhöhte Aktivität der Nackenmuskulatur bei Büroangestellten fest, welche ihre Arbeit in sitzender Position und ohne eine Veränderung der Körperhaltung durchführten. Auch *Eriksen et al.* [73] zeigten die negativen Auswirkungen von langjährigem Sitzen im Sinne eines Anstieges des BMI. Die möglichen Auswirkungen von Rückenschmerzen auf die posturale Kontrolle werden schon seit Längerem diskutiert. *Gawda et al.* [24] konnten eine frontale und sagittale Schwankungszunahme bei Personen mit Rückenschmerzen nachweisen [24].

Auch durch Übergewicht wird die Körperstabilität beeinflusst [49, 55]. In vergleichenden Studien zwischen Normalgewichtigen und Übergewichtigen stellten *Colné et al.* [74] eine erhöhte medio-laterale Schwankungsbreite bei übergewichtigen Probanden im Vergleich zu Normalgewichtigen fest. Auch *Hue et al.* [39] belegten, dass zunehmendes Gewicht mit einer Verlagerung des Körperschwerpunktes nach frontal korreliert, was sich wiederum direkt auf die posturale Kontrolle und die Fußbelastung auswirkt [39].

## 1.4. Arbeitshypothesen

Die angeführten Studien haben bereits die gesundheitlichen Schäden des Lastkraftwagenfahrens aufgezeigt. Durch eine Vielzahl von Risikofaktoren, wie Übergewicht, langes Sitzen und dem damit verbundenen Bewegungsmangel, ist die Gesundheit von Lastkraftwagenfahrern in besonderem Maße gefährdet. Besonders das muskuloskelettale System wird durch langes Sitzen geschädigt, welches sich durch Rückenschmerzen äußert. Da die genannten Risikofaktoren einen Einfluss auf die posturale Kontrolle haben, soll nun in dieser Studie die Wirkung von Übergewicht, langem monotonen Sitzen und Rückenschmerzen in der Berufsgruppe der Lastkraftfahrer untersucht werden, auf die nachweislich alle Risikofaktoren zutreffen. Die Arbeitshypothesen, die dieser Studie zu Grunde liegen, sind folgende:

1. Mit zunehmendem Lebensalter kommt es zu einer Verschlechterung der posturalen Kontrolle, im Sinne einer Zunahme frontaler und sagittaler Schwankungen sowie einer unausgeglicheneren, prozentualen Fußbelastung in den Fußabschnitten in Relation zueinander.
2. Mit zunehmendem BMI kommt es zu einer Verschlechterung der posturalen Kontrolle, im Sinne einer Zunahme frontaler und sagittaler Schwankungen sowie einer unausgeglicheneren, prozentualen Fußbelastung in den Fußabschnitten in Relation zueinander.
3. Mit zunehmender Arbeitsdauer kommt es zu einer Verschlechterung der posturalen Kontrolle, im Sinne einer Zunahme frontaler und sagittaler Schwankungen sowie einer ungleichmäßigen, prozentualen Fußbelastung in den Fußabschnitten in Relation zueinander.
4. Mit zunehmenden Arbeitsjahren steigt der BMI bei Lastkraftfahrern.
5. Rückenschmerzen führen zu einer erhöhten prozentualen Belastung von Vor- oder Rückfuß, beziehungsweise zu einer einseitigen Belastung des linken oder rechten Fußes.

6. Geringe sportliche Betätigung führt bei Lastkraftwagenfahrern zu einer Verschlechterung der posturalen Kontrolle im Sinne einer Zunahme der frontalen und sagittalen Schwankung sowie einer ungleichmäßigen, prozentualen Fußbelastung in den Fußabschnitten in Relation zueinander.

7. Lastkraftwagenfahrer, die keiner sportlichen Betätigung nachgehen, weisen einen höheren BMI auf als Lastkraftwagenfahrer, die regelmäßig Sport treiben.

## 2 Material und Methode

### 2.1 Material

#### 2.1.1 Probanden

An der Studie haben 180 (m177/w3) zufällig ausgewählte berufstätige Lastkraftwagenfahrer im Alter zwischen 21 und 65 Jahren teilgenommen. Alle Studienteilnehmer waren subjektiv gesund. Der Altersdurchschnitt lag bei  $46,5 \pm 10,65$  Jahren. Mit Hilfe eines Fragebogens wurde die Arbeitsbelastung der Lastkraftwagenfahrer eruiert: Im Durchschnitt lag die Berufserfahrung bei 21 Jahren. Die geringste Berufserfahrung hatten Lastkraftwagenfahrer, welche erst seit einem Jahr arbeiteten. Die längste Berufserfahrung hatten Teilnehmer, welche schon bereits 45 Jahre als Lastkraftwagenfahrer arbeiteten. Pro Tag arbeiteten die Lastkraftfahrer durchschnittlich 11 Stunden (Median 11h) in sitzender Position in ihrer Fahrerkabine. Die Arbeitszeit für das Be- und Entladen des LKW wurde nicht näher eruiert. Während ihrer Arbeitszeit machten die Lastkraftfahrer zwischen 30 und 90 Minuten Pause (Median 60min). Die Wochenarbeitszeit betrug 57,3 Stunden ( $\pm 10,6$ h SD).

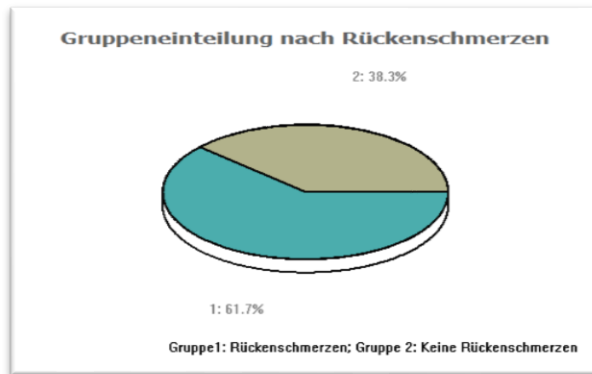
Ausgeschlossen von der Studie waren alle Lastkraftfahrer nach den folgenden Kriterien:

- (1) Akute, behandlungsbedürftige Erkrankungen, wie zum Beispiel akute fieberhafte Infekte.
- (2) Akute, behandlungsbedürftige Erkrankungen des Stütz- und Bewegungsapparates, wie beispielsweise ein Prolaps.
- (3) Lastkraftwagenfahrer, welche auf Grund fehlender Deutschkenntnisse, den Fragebogen nicht beantworten konnten.
- (4) Lastkraftfahrer, welche nicht hauptberuflich als Lastkraftwagenfahrer arbeiteten und nur im Rahmen einer anderen beruflichen Tätigkeit, wie beispielsweise Handwerker auf dem Weg zu einer Baustelle, einen Lastkraftwagen fahren.

Die Studienteilnehmer wurden mit Hilfe des Fragebogens hinsichtlich bestehender Rückenschmerzen in zwei Gruppen eingeteilt (Abbildung 12):

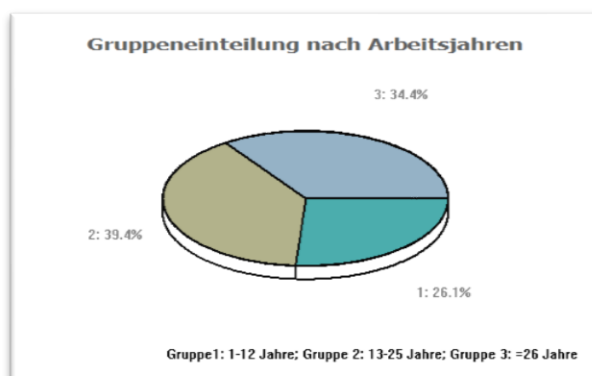
- (1) Lastkraftfahrer mit Rückenschmerzen
- (2) Lastkraftfahrer ohne Rückenschmerzen.

Des Weiteren wurde in einem Fragebogen die Häufigkeit der Rückenschmerzen (nie, täglich, wöchentlich, monatlich) eruiert, und ob eventuell bestehende Rückenschmerzen in ärztlicher Behandlung therapiert werden.



**Abbildung 12: Einteilung der Lastkraftwagenfahrer nach Rückenschmerzen.**

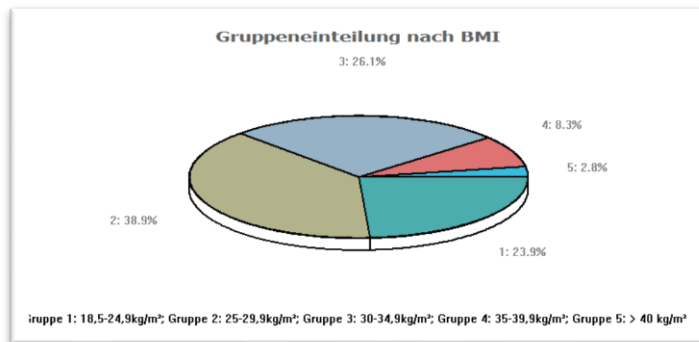
Die Studienteilnehmer werden gemäß ihren bereits geleisteten Arbeitsjahren in drei ungefähr gleich große Gruppen eingeteilt (Abbildung 13). In der ersten Gruppe befinden sich die Probanden, die bis zu 12 Jahre als Lastkraftfahrer gearbeitet haben. Die zweite Gruppe wird von Lastkraftfahrern mit 13-25-jähriger Berufserfahrung gebildet. In der dritten und letzten Gruppe sind alle Lastkraftfahrer mit 26 und mehr Arbeitsjahren vertreten.



**Abbildung 13: Gruppeneinteilung nach Arbeitsjahren.**

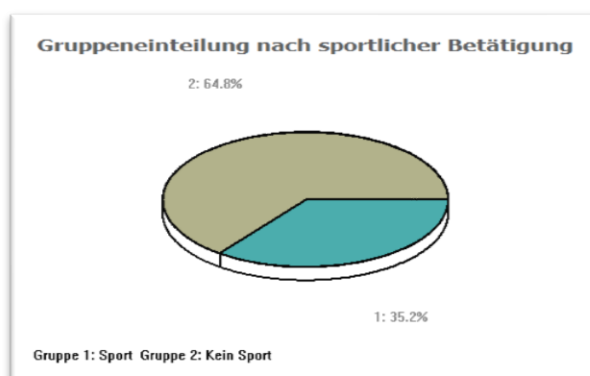


Genauso werden die Studienteilnehmer nach ihrem BMI in Gruppen nach Grundlage der Referenzwerte der Weltgesundheitsorganisation (WHO, World Health Organisation) [75] aufgeteilt (Abbildung 14). Demnach entstehen fünf Gruppen: Gruppe 1 (Normalgewicht) = BMI 18,5 – 24,9 kg/m<sup>2</sup>, Gruppe 2 (Prä-Adipositas) = BMI 25 – 29,9 kg/m<sup>2</sup>, Gruppe 3 (Adipositas I°) = BMI 30 – 34,9 kg/m<sup>2</sup>, Gruppe 4 (Adipositas II°) = BMI 35 – 39,9 kg/m<sup>2</sup> und Gruppe 5 (Adipositas III°) = BMI > 40 kg/m<sup>2</sup>.



**Abbildung 14: Gruppeneinteilung nach BMI.**

In dem Fragebogen wurden die Studienteilnehmer nach ihrer sportlichen Aktivität befragt. Sie konnten angeben, ob sie regelmäßig Sport treiben und falls ja, wie viele Stunden sie damit wöchentlich verbringen. In der ersten Gruppe befinden sich alle Personen, die keinen Sport treiben und in der zweiten Gruppe sind die Studienteilnehmer, die wöchentlich Sport treiben. Abbildung 15 stellt die Einteilung der Gruppeneinteilung nach sportlicher Betätigung dar.

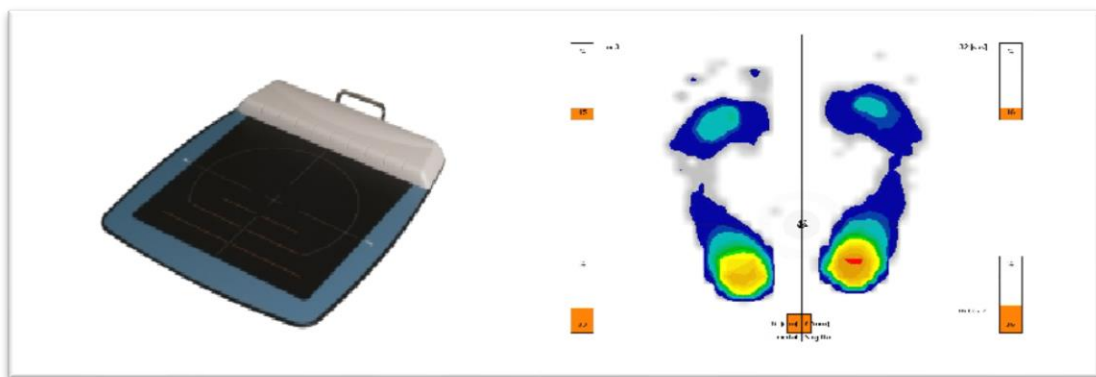


**Abbildung 15: Gruppeneinteilung der Lastkraftwagenfahrer nach sportlicher Betätigung.**

Alle Probanden nahmen freiwillig an der Studie teil. Für die Durchführung der Studie liegt ein genehmigter Ethikantrag der Goethe-Universität Frankfurt am Main (Nr.:134/14) vor.

### 2.1.2 Messsystem: Druckmessplatte

Für die Messungen der posturalen Kontrolle wurde die Druckmessplatte GP Multisens der Firma GeBioM (Münster, Deutschland) verwendet. Die Platte ist 45cm x 55cm groß bei einer Messfläche von 38,5cm x 38,5cm. Hierauf sind 2304 Widerstandssensoren angebracht. Dies entspricht 2 Sensoren pro cm<sup>2</sup>. Die Abtastfrequenz beträgt 200 Hz, wobei der Druck in der Messeinheit „Pascal“ (Kraft/Flächeneinheit) gemessen wird. Ein Modell der verwendeten Druckmessplatte und ein exemplarisches Fußdruckprofil illustriert Abbildung 16.



**Abbildung 16: Druckmessplatte und Fußdruckprofil**

a) Druckmessplatte GP Multisens GeBioM b) exemplarische Darstellung des Fußdruckprofils mit Fußdruckbelastung.

### 2.1.3 Fragebogen

Alle Studienteilnehmer mussten einen standardisierten Fragebogen ausfüllen, welcher für diese Studie konzipiert worden ist. Alle Fragen waren in deutscher Sprache gestellt. Lastkraftwagenfahrer, welche den Fragebogen nicht beantworten konnten, wurden von der Teilnahme an der Studie ausgeschlossen.

Zunächst wurde das Geschlecht, Größe und Gewicht der Probanden abgefragt. Das Gewicht der Probanden wurde zusätzlich mittels einer käuflich erworbenen Waage (Beurer BG 40, Glas-Diagnosewaage, Beurer Medical Ulm/Deutschland) überprüft. Im

anschließenden Teil des Fragebogens wurde das Arbeitsverhalten eruiert (Berufsjahre als Lastkraftwagenfahrer, Arbeitszeit, Pausen). Zusätzlich wurden körperliche Beschwerden und Erkrankungen, insbesondere des Muskel- und Skeletapparates, und eine eventuell eingeleitete Therapie abgefragt.

Ebenfalls wurden die Studienteilnehmer nach ihrer sportlichen Aktivität befragt. Hierbei konnten sie angeben, ob und falls ja wie viel Sport sie in der Woche treiben.

Ein Muster des verwendeten Fragebogens findet sich im Anhang (Anhang 1).

## **2.2 Methode**

### **2.2.1. Untersuchungsablauf**

Zuerst wurden alle Studienteilnehmer gewogen, um den Body-Mass Index (BMI) bestimmen zu können. Im Anschluss wurden die Lastkraftfahrer gebeten Schuhe und Strümpfe auszuziehen und sich barfuß in den Messbereich der Druckmessplatte zu stellen. Die Probanden wurden angewiesen sich mit beiden Füßen auf eine Linie zu stellen, damit beide parallel zueinander auf einer Höhe stehen. Die Lastkraftfahrer wurden angewiesen eine möglichst alltägliche habituelle Körperhaltung einzunehmen ohne zu versuchen mögliche Fehlhaltungen auszugleichen. Vor Beginn der eigentlichen Datenaufzeichnung wurden zunächst einige Probemessungen durchgeführt. Erst im Anschluss an diese Probemessungen wurde mit der eigentlichen Datenmessung begonnen. Die Messung der posturalen Kontrolle dauert jeweils 30 Sekunden. Insgesamt wurden fünf Messwiederholungen durchgeführt. Zwischen jeder dieser Messungen sollten die Probanden kurz entspannen und leichte Lockerungsübungen durchführen, um zu verhindern, dass die vorangegangene Messung Einfluss auf die Sensomotorik der folgenden Messung nimmt [76]. Für die statistische Auswertung wurden die Daten aller fünf Messwiederholungen gemittelt.

### **2.2.2. Auswertungsparameter**

Für diese Studie werden die folgenden Parameter der posturalen Kontrolle erhoben:

- (1) Schwankungen in frontaler (anterior/ posterior) und sagittaler (medial/ lateral) Richtung
- (2) Prozentuale Druckbelastung der vier Fußsegmente (Vorfuß links, Vorfuß rechts, Rückfuß links, Rückfuß rechts)
- (3) Prozentuale Druckbelastung zwischen Vorfuß und Rückfuß insgesamt
- (4) Prozentuale Fußdruckbelastung im Seitenvergleich zwischen linkem und rechtem Fuß

### **2.2.3. Statistische Auswertungsparameter**

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm BiAS Version 11.0 (2015). Die erhobenen Daten wurden auf Normalverteilung mittels Kolmogoroff-Smirnoff-Lillifors-Test getestet. Aufgrund der vorliegenden Normalverteilung oder Nicht-Normalverteilung der Daten, werden äquivalente Tests verwendet. Zunächst werden Toleranzbereiche berechnet (Mittel- bzw. Medianwert). Der Toleranzbereich beschreibt eine obere und untere Grenze, in denen sich 95% aller Normwerte der Probanden befinden. Daneben wurden zweiseitige 95%-Konfidenzintervalle berechnet, die die Genauigkeit des ermittelten Mittel-bzw. Medianwertes angeben. Korrelationen wurden durch einfache, lineare Korrelation nach Pearson oder Rang Korrelation nach Spearman & Kendall berechnet.

Für den Vergleich der verschiedenen Gruppen werden die Daten mit Hilfe des Kolmogoroff-Smirnoff Test auf Normalverteilung überprüft. Da die Daten nicht normalverteilt sind, kommt der Kruskal-Wallis-Test zum Einsatz. Sollte der p-Wert des Kruskal-Wallis-Tests  $p \leq 0,05$  sein, erfolgt der Conover-Iman-Vergleich mit anschließender Bonferroni-Holm-Korrektur der Daten. Das Signifikanzniveau liegt bei  $p \leq 0,05$

Zur Analyse der Korrelation zwischen den gemessenen Parametern wird der Spearman-Rho-Test eingesetzt und der Korrelationskoeffizient berechnet. Bei einem Korrelationskoeffizienten  $Rho < 0,2$  liegt eine schwache Korrelation zwischen den Parametern vor. Eine hohe Korrelation besteht bei  $Rho > 0,8$ .

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Posturale Kontrolle

##### 3.1.1. Statistische Auswertungsparameter

Wie der *Tabelle 1* zu entnehmen ist, liegt der Median der frontalen Schwankung bei 9,4mm und das erste bzw. dritte Perzentil (25% bzw. 75%) liegen bei 6,4 bzw. 13,2mm, während die sagittale Schwankung bei 16,4mm (12,6/ 20,5mm) liegt.

Der Median der prozentualen Fußdruckbelastung ist auf dem rechten Rückfuß mit 31,2% (27,4%/ 36,4%) am größten. Der Median des rechten Vorfußes beträgt 20,8% (17,7%/ 23,8%) und der des linken Rückfußes 27,3% (24,1%/ 30,8%). Am geringsten wird der linke Vorfuß mit 19,7% (16,8/ 22,4%) belastet. Im Seitenvergleich ist die prozentuale Belastung auf dem rechten Fuß größer als auf dem linken (rechter Fuß: Median 53,0% (47,8/ 57,8%); linker Fuß: Median 47,0% (42,2%/ 52,2%)). Der Rückfuß wird durchschnittlich stärker als der Vorfuß belastet mit 59,0% (55,6%/ 63,7%) zu 40,9%: (36,1%/ 44,4%).

**Tabelle 1:** Schätzgrößen der Auswertungsparameter der posturalen Kontrolle. Normalverteilte Parameter sind **fett** markiert.

	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Perzentile (1./3.)
<b>Frontale Auslenkung (mm)</b>	<b>11,05</b>	<b>8,18</b>	<b>9,4</b>	<b>6,4/ 13,2</b>
<b>Sagittale Auslenkung (mm)</b>	<b>17,01</b>	<b>7,13</b>	<b>16,2</b>	<b>12,6/ 20,5</b>
Vorfuß links (%)	19,65	3,12	19,7	16,8/ 22,4
Vorfuß rechts (%)	20,71	4,45	20,8	17,7/ 23,8
Rückfuß rechts (%)	32,04	4,46	31,2	27,4/ 36,4
Rückfuß links (%)	27,55	1,65	27,3	24,1/ 30,8
Linker Fuß (%)	47,23	1,62	46,9	42,2/ 52,2
Rechter Fuß (%)	52,71	1,63	53,0	47,8/ 57,8
Vorfuß (%)	40,33	6,65	40,9	36,1/ 44,4
Rückfuß (%)	59,6	6,64	59,0	55,6/ 63,7

Die Ergebnisse der Toleranzbereiche und der Konfidenzintervalle werden in *Tabelle 2* aufgeführt. Der Toleranzbereich der frontalen Schwankung liegt zwischen 5, 13mm und 27,23mm. Konfidenzintervall umfasst Schwankungen zwischen 9,85mm und 12,25mm. Die Messparameter der sagittalen Schwankungen lagen im Toleranzbereich zwischen 2,88mm und 31,12mm. Das Konfidenzintervall reicht von 15,95mm bis 18,05mm. Das Konfidenzintervall der linken Vorfußbelastung liegt zwischen 18,8% und 20,4% (Toleranzbereich 9,2- 31%). Beim rechten Vorfuß liegt das Konfidenzintervall zwischen 19,8% und 21,4% (Toleranzbereich 7,4.- 36,6%). Das Konfidenzintervall des linken Rückfußes liegt zwischen 26,6% und 28,2% (Toleranzbereich 9-45%). Beim rechten

Rückfuß liegt der Toleranzbereich zwischen 2,2 und 65,8%. Das Konfidenzintervall umfasst die Werte zwischen 30,6 und 32,6%. Die Messparameter des gesamten linken Fußes liegen zwischen 26,4% und 66,8%. Das Konfidenzintervall liegt zwischen 45,8 und 48%. Der Toleranzbereich des rechten Fußes reicht von 33,2 bis 73,6% (Konfidenzintervall 58,2 – 60,4%). Die untere Grenze des Toleranzbereichs der Vorfußbelastung ist 26,4% und die obere Grenze ist bei 66,8%. Das Konfidenzintervall ist zwischen 58,2% und 60,4%. Bei der Vorfußbelastung liegt der Toleranzbereich zwischen 23,2 und 61% und die Grenzen des Konfidenzintervalls liegen bei 39,6 und 41,6%. Der Toleranzbereich der Rückfußbelastung liegt zwischen 38% und 76%. Das Konfidenzintervall liegt zwischen 58,2 und 60,4%.

**Tabelle 2:** Darstellung des Mittelwertes bzw. Medians des Toleranzbereichs Konfidenzintervalls der Messparameter der posturalen Kontrolle.  
Kursiv dargestellte Daten sind nicht normal verteilt.

	Mittelwert / Median	Toleranzbereich Untere Grenze	Toleranzbereich Obere Grenze	Konfidenzintervall Linke Grenze	Konfidenzintervall Rechte Grenze
Frontale Auslenkung (mm)	11,06	-5,13	27,23	9,85	12,25
Sagittale Auslenkung (mm)	17,00	2,88	31,12	15,95	18,05
Vorfuß links (%)	<i>19,70</i>	9,2	31	18,80	20,40
Vorfuß rechts (%)	<i>20,8</i>	7,4	36,6	19,8	21,4
Rückfuß links (%)	<i>27,3</i>	9	45,2	26,6	28,2
Rückfuß rechts (%)	<i>31,2</i>	2,2	65,8	30,6	32,6
Linker Fuß (%)	<i>46,9</i>	26,4	66,8	45,8	48
Rechter Fuß (%)	<i>59</i>	33,2	73,6	58,2	60,4
Vorfuß (%)	<i>40,9</i>	23,2	61	39,6	41,6
Rückfuß (%)	<i>59</i>	38	76,8	58,2	60,4

In *Tabelle 3* sind die Mittelwerte und die Standardabweichung von Alter, Größe, Gewicht und BMI gemäß der Gruppeneinteilung nach Arbeitsjahren aufgeführt.

Die Studienteilnehmer mit der geringsten Berufserfahrung und wenigsten Arbeitsjahren in der ersten Gruppe hatten eine durchschnittliche Arbeitszeit von 6,3+/-3,1 Jahren und ein durchschnittliches Alter von 34,7 ± 9 Jahren. Die Studienteilnehmer in der zweiten Gruppe arbeiteten bereits durchschnittlich 20 ± 4,5 Jahre als Lastkraftwagenfahrer und waren im Schnitt 46,3 ± 7,1 Jahre alt. In der Gruppe 3 mit den erfahrensten Lastkraftwagenfahrern lag der Durchschnitt der Arbeitsjahre bei 34,35 ± 4,3 Jahren. In dieser Gruppe waren die Teilnehmer durchschnittlich 55,8 ± 4,3 Jahre alt.

**Tabelle 3:** Mittelwert und Standardabweichung von Alter, Größe Gewicht und BMI gemäß der Gruppeneinteilung nach Arbeitsjahren.

Arbeitsjahre	Mittelwert Alter (Jahre)	Mittelwert Größe (cm)	Mittelwert Gewicht (kg)	Mittelwert BMI (kg/m <sup>2</sup> )
<b>Gruppe 1</b>	34,7 ±9,0	179 ±7,5	91,3 ±22,9	28,3±6,0
<b>Gruppe 2</b>	46,35 ±7,1	178 ±6,4	91,15±21,1	28,64±5,9
<b>Gruppe 3</b>	55,8 ±4,3	179,2±6,9	97,6±16,2	30,4±4,8

In *Tabelle 4* sind die Mittelwerte und die Standardabweichung von Alter, Größe, Gewicht und BMI gemäß der Gruppeneinteilung nach dem BMI aufgeführt.

Auf Grundlage der BMI Klassifikation der Weltgesundheitsorganisation [75] wurden die Probanden in fünf Gruppen eingeteilt. 29,9% der Studienteilnehmer wurden in Gruppe 1 zugeordnet (Normalgewicht, BMI 18.5 - 24.9kg/m<sup>2</sup>) In Gruppe 2 (Prä-Adipositas) waren 38.9% der Studienteilnehmer mit einem BMI von 25 - 29.9kg/m<sup>2</sup>. Der dritten Gruppe (Adipositas °1, BMI 30 - 34.9kg/m<sup>2</sup>) wurden 26.1% der Lastkraftwagenfahrer zugeordnet und Gruppe 4 (Adipositas °2, BMI 35 - 39.9kg/m<sup>2</sup>) bestand aus 8.3% der Studienteilnehmer. 2,8% der Studienteilnehmer waren in der Gruppe 5 und hatten die hochgradigste Adipositas (Adipositas °3) mit einem BMI über 40kg/m<sup>2</sup>.

**Tabelle 4:** Mittelwert und Standardabweichung von Alter, Größe Gewicht und BMI gemäß der Gruppeneinteilung nach BMI.

BMI Gruppen	Mittelwert Alter (Jahre)	Mittelwert Größe (cm)	Mittelwert Gewicht (kg)	Mittelwert BMI (kg/m <sup>2</sup> )
<b>Gruppe I</b>	42,8 ±4,0	176,7 ±7,3	72,1±8,5	23,0±1,6
<b>Gruppe II</b>	47,7±10,6	179,4±6,2	88,8±7,5	27,6±1,4
<b>Gruppe III</b>	47,9±9,0	179,2±7,8	104,9±11,2	32,6±1,8
<b>Gruppe IV</b>	46,8±11,9	179,0±5,3	119,7,7±7,7	36,9±1,5
<b>Gruppe V</b>	48,4±13,3	179,0±6,0	155,0±27,3	48,2±6,6

### 3.1.2. Toleranzbereiche der sozio-ökonomischen Faktoren

Im folgenden Abschnitt werden die Toleranzbereiche der signifikanten Parameter der posturalen Kontrolle in Bezug auf die Einflussgrößen abgebildet. Zu den Einflussgrößen zählen das Alter, das Gewicht, die Körpergröße, der BMI sowie die Arbeitsjahre. Die Ergebnisse der nicht-signifikanten Messparameter werden in den darauffolgenden Abschnitten präsentiert.

Abbildung 17 zeigt die Toleranzbereiche der sagittalen Schwankung hinsichtlich des Alters.

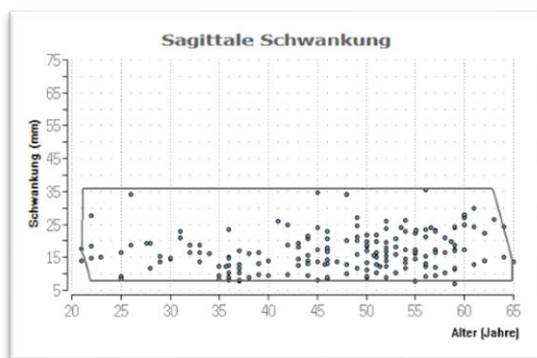


Abbildung 17: Toleranzbereiche der sagittalen Schwankung in Bezug auf das Alter.

Abbildung 18 bildet die Toleranzbereiche der signifikanten Parameter der Fußdruckbelastung hinsichtlich des Alters ab.

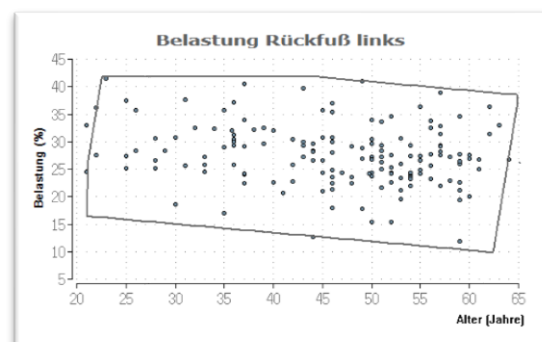
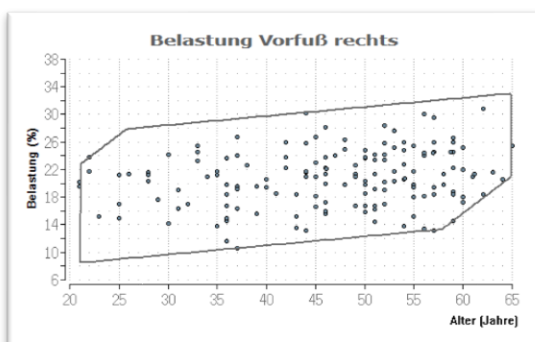


Abbildung 18a): Belastung des rechten Vorfußes    Abbildung 18b): Belastung des linken Rückfußes



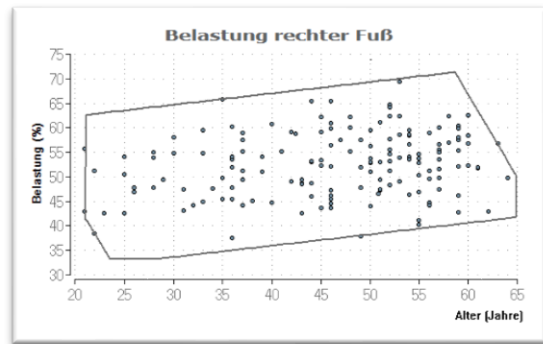
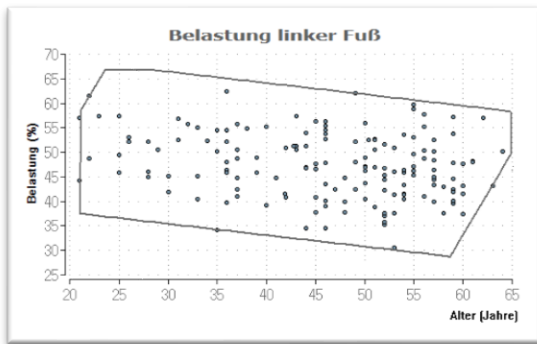


Abbildung 18c): Belastung des linken Fußes

Abbildung 18d): Belastung des rechten Fußes

Abbildung 18: Toleranzbereiche der signifikanten Parameter der Fußdruckbelastung hinsichtlich des Alters.

Die Toleranzbereiche der Schwankungsparameter in Bezug auf das Gewicht zeigt die Abbildung 19. Abbildung 19a zeigt den Toleranzbereich der frontalen Schwankung und Abbildung 19b den Toleranzbereich der sagittalen Schwankung.

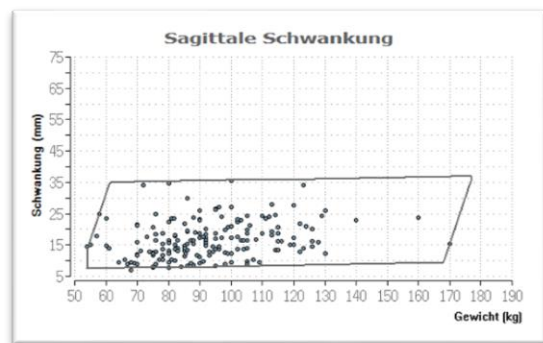
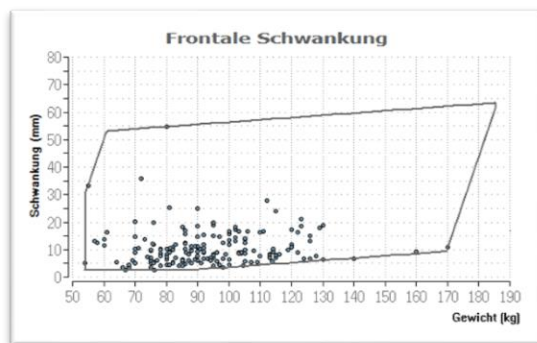
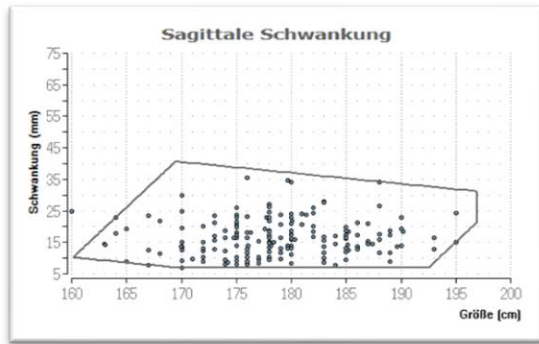


Abbildung 19: Toleranzbereiche der Schwankungsparameter hinsichtlich des Gewichts

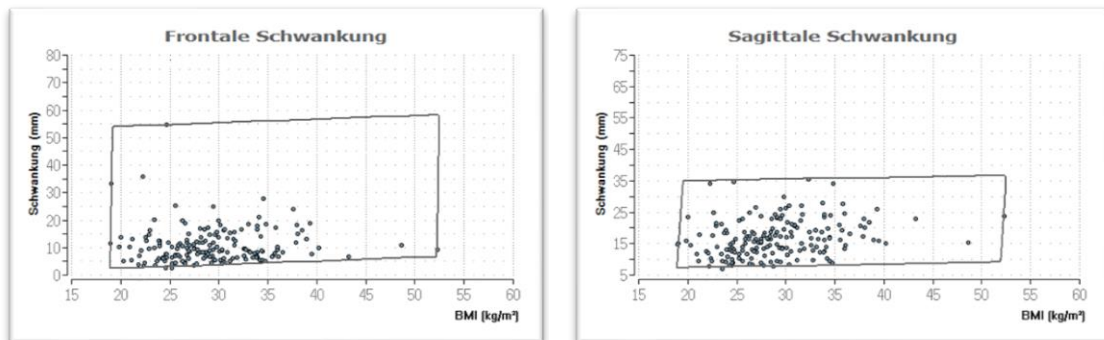
a) Frontale und b) sagittale Schwankung in Korrelation zum Gewicht (kg).

Der Toleranzbereich der sagittalen Schwankung in Bezug auf die Körpergröße ist in Abbildung 20 dargestellt.



**Abbildung 20: Sagittale Schwankung in Korrelation zur Körpergröße.**

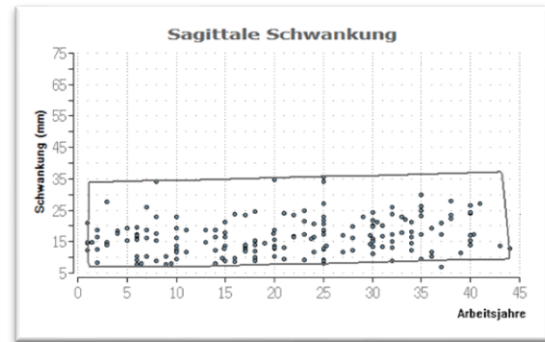
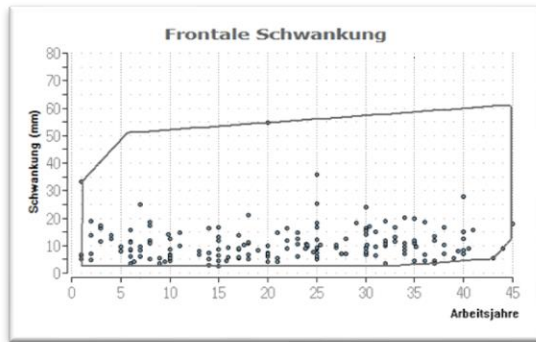
In Abbildung 21 sind die Toleranzbereiche der Schwankungsparameter in Bezug auf den BMI abgebildet. Abbildung 21a zeigt den Toleranzbereich hinsichtlich der frontalen Schwankung und Abbildung 21b den Toleranzbereich der sagittalen Schwankung.



**Abbildung 21: Toleranzbereiche der Schwankungsparameter hinsichtlich des BMI.**

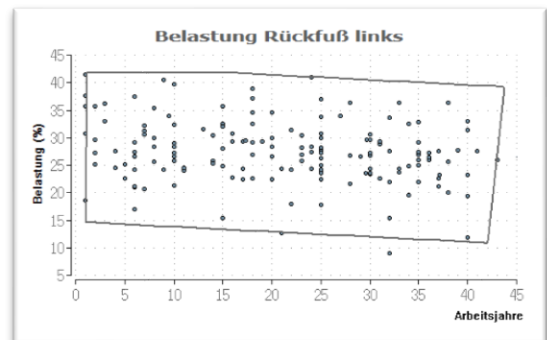
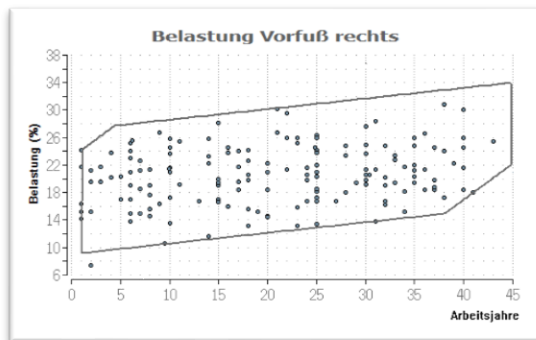
a) frontale und b) sagittale Schwankung in Korrelation zum BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

In Abbildung 22 werden die Toleranzbereiche der Schwankungsparameter in Bezug auf die Arbeitsjahre gezeigt. In Abbildung 25a ist der Toleranzbereich der frontalen Schwankung und in Abbildung 25b der sagittalen Schwankung abgebildet.



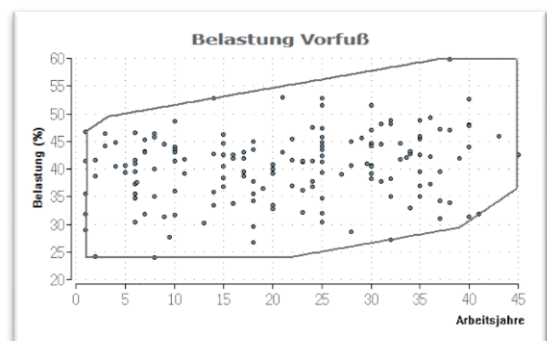
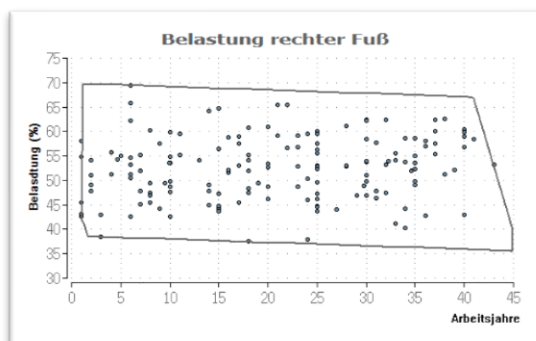
**Abbildung 22: Toleranzbereiche der Schwankungsparameter hinsichtlich der Arbeitsjahre.**  
a) Frontale und b) sagittale Schwankung.

Abbildung 23 stellt die Toleranzbereiche der signifikanten Parameter der Fußdruckbelastung in Bezug auf die Arbeitsjahre dar.



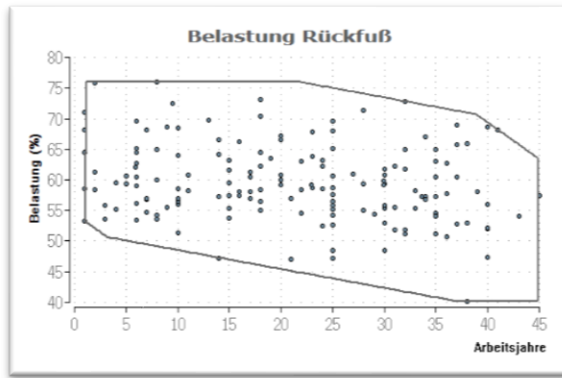
**Abbildung 23a):** Belastung des rechten Vorfußes

**Abbildung 23b):** Belastung des linken Rückfußes



**Abbildung 23c):** Belastung des rechten Fußes

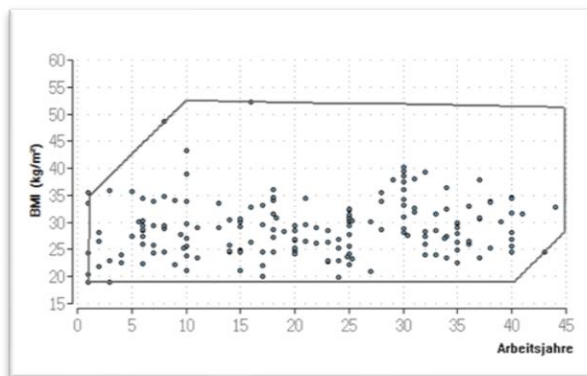
**Abbildung 23d):** Belastung des Vorfußes



**Abbildung 23e):** Belastung des Rückfußes

**Abbildung 23:** Darstellung der Toleranzbereiche der signifikanten Fußdruckparameter hinsichtlich der Arbeitsjahre.

Abbildung 24 zeigt den Toleranzbereich des BMI in Bezug auf die Arbeitsjahre.



**Abbildung 24:** Toleranzbereich des BMI hinsichtlich der Arbeitsjahre.

### **3.2. Vergleiche der posturalen Parameter mit Arbeitserfahrung / BMI**

*Tabelle 5* zeigt die p-Werte der Gruppenvergleiche des BMIs und der Arbeitsjahre hinsichtlich der Auswertungsparameter der posturalen Kontrolle. Hinsichtlich der Gruppenvergleiche der Arbeitsjahre zeigt sich gegenüber der frontalen ( $p \leq 0,04$ ) und sagittalen ( $p \leq 0,001$ ) eine Signifikanz. Die Parameter der Fußbelastung sind dagegen nicht signifikant ( $p \geq 0,05$ ).

In der Analyse des BMI in Bezug auf die Parameter der posturalen Kontrolle zeigt sich ebenfalls bei der frontalen ( $p \leq 0,04$ ) und sagittalen ( $p \leq 0,01$ ) Schwankung ein signifikanter Zusammenhang. Zwischen dem BMI und den Parametern der Fußdruckbelastung besteht keine Signifikanz ( $p \geq 0,05$ ).

**Tabelle 5:** P-Werte der Gruppenvergleiche der Arbeitsjahre und des BMIs hinsichtlich der Parameter der posturalen Kontrolle.

Signifikante p-Werte nach Bonferroni-Holm-Korrektur sind fett markiert.

	P-Wert (Arbeitsjahre)	P-Wert (BMI)
Frontale Auslenkung (mm)	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>
Sagittale Auslenkung (mm)	<b>0,001</b>	<b>0,01</b>
Vorfuß links (%)	0,18	0,49
Vorfuß rechts (%)	0,11	0,46
Rückfuß rechts (%)	0,79	0,94
Rückfuß links (%)	0,33	0,08
Linker Fuß (%)	0,15	0,35
Rechter Fuß (%)	0,18	0,37
Vorfuß (%)	0,07	0,17
Rückfuß (%)	0,07	0,48

### 3.3. Posturale Kontrolle in Korrelation zum Alter

In der Untersuchung der Korrelation zwischen dem Lebensalter der Studienteilnehmer und den Parametern der posturalen Kontrolle zeigte sich in Bezug auf die Schwankung eine signifikante Zunahme in der sagittalen Ebene ( $p \leq 0,01$ ). Der Rho-Wert lag bei 0,22 und die Effektstärke war kleiner als 0,2. In der frontalen Ebene war keine signifikante Zunahme der Schwankung mit zunehmendem Alter messbar ( $p \leq 0,19$ ).

Es zeigte sich bei der prozentualen Fußbelastung, dass eine signifikant erhöhte Belastung des rechten Vorfußes ( $p \leq 0,01$ ; Rho = 0,21, Effektstärke < 0,2) mit höherem Alter korreliert. Gleichzeitig nahm die Belastung des linken Rückfußes ( $p \leq 0,01$ ; Rho = -0,2, Effektstärke < 0,2) in höherem Alter ab.

Die prozentuale Belastung des rechten Fußes stieg mit fortschreitendem Alter ( $p \leq 0,02$ ; Rho = 0,18, Effektstärke < 0,2). Demgegenüber nahm die Belastung des linken Fußes ab ( $p \leq 0,01$ ; Rho = -0,18, Effektstärke < 0,2). Bei der Belastung des Vorfußes ( $p \leq 0,14$ ) und

Rückfußes ( $p \leq 0,13$ ) zeigten sich keine signifikante Korrelation der Messparameter bezüglich des Alters. Die Ergebnisse sind in *Tabelle 6* aufgelistet.

**Tabelle 6:** Korrelation zwischen dem Alter und den Parametern der posturalen Kontrolle. Signifikante p-Werte sind fett markiert.

	p-Wert	Rho	Effektstärke
Frontale Schwankung (mm)	0,2	0,1	<0,2
Sagittale Schwankung (mm)	<b>0,01</b>	0,22	<0,2
Vorfuß links (%)	0,7	-0,03	<0,2
Vorfuß rechts (%)	<b>0,01</b>	0,21	<0,2
Rückfuß rechts (%)	0,51	0,05	<0,2
Rückfuß links (%)	<b>0,01</b>	-0,2	<0,2
Linker Fuß (%)	<b>0,01</b>	-0,18	<0,2
Rechter Fuß (%)	<b>0,02</b>	0,18	<0,2
Vorfuß (%)	0,14	0,11	<0,2
Rückfuß (%)	0,13	-0,11	<0,2

### 3.4. Posturale Kontrolle und konstitutionelle Faktoren

#### 3.4.1. Einfluss des Körpergewichts

*Tabelle 7* zeigt die Korrelation der Messparameter hinsichtlich des Gewichts. In Bezug auf das Gewicht zeigten sich signifikante Korrelationen bei den Schwankungsparametern. In der frontalen Ebene ließ sich mit Hilfe des Spearman-Rho Tests ein Rho-Wert von 0,18 feststellen ( $p \leq 0,02$ , Effektstärke  $< 0,2$ ). In der sagittalen Ebene lag der Rho-Wert bei 0,3 ( $p \leq 0,01$ , Effektstärke 0,2-0,4).

Bei den übrigen gemessenen Parametern konnte keine signifikante Korrelation zwischen dem Körpergewicht und den Fußdruckparametern festgestellt werden.

**Tabelle 7:** Korrelation zwischen dem Gewicht und den Parametern der posturalen Kontrolle. Signifikante p-Werte sind fett markiert.

	p-Wert	Rho	Effektstärke
Frontale Schwankung (mm)	<b>0,02</b>	0,18	<0,2
Sagittale Schwankung (mm)	<b>0,01</b>	0,3	0,2 -0,4
Vorfuß links (%)	0,7	0,03	<0,2
Vorfuß rechts (%)	0,4	0,06	<0,2
Rückfuß rechts (%)	0,89	0,01	<0,2
Rückfuß links (%)	0,15	-0,11	<0,2
Linker Fuß (%)	0,32	-0,07	<0,2
Rechter Fuß%	0,3	0,08	<0,2
Vorfuß (%)	0,29	0,08	<0,2
Rückfuß (%)	0,3	-0,08	<0,2

### 3.4.2. Einfluss der Körpergröße

In der weiteren Analyse wurde die Korrelation zwischen der Körpergröße und den gemessenen Parametern der posturalen Kontrolle untersucht. *Tabelle 8* listet die entsprechenden Ergebnisse auf. Es zeigte sich keine signifikante Korrelation zwischen der sagittalen Schwankung und der Körpergröße ( $p \leq 0,07$ ; Rho = 0,14, Effektstärke < 0,2). In der Frontalebene konnte ebenfalls keine signifikante Korrelation zur Körpergröße gezeigt werden ( $p \leq 0,12$ ; Rho 0,12, Effektstärke <0,2).

Bei den Parametern der Fußdruckbelastung kam es auch zu keiner signifikanten Korrelation hinsichtlich der Körpergröße ( $p > 0,05$ ).

**Tabelle 8:** Korrelation zwischen der Körpergröße und den Parametern der posturalen Kontrolle. Signifikante p-Werte sind fett markiert.

<b>Korrelation Größe und posturale Kontrolle</b>	p-Wert	Rho	Effektstärke
Frontale Schwankung (mm)	0,12	0,12	<0,2
Sagittale Schwankung (mm)	0,07	0,14	<0,2
Vorfuß links (%)	0,1	-0,01	<0,2
Vorfuß rechts (%)	0,75	0,02	<0,2
Rückfuß rechts (%)	0,91	0,01	<0,2
Rückfuß links (%)	0,99	-0,001	<0,2
Linker Fuß (%)	0,84	-0,02	<0,2
Rechter Fuß%	0,7	0,03	<0,2
Vorfuß (%)	0,87	-0,011	<0,2
Rückfuß (%)	0,87	0,01	<0,2

### 3.4.3. Einfluss des BMIs

In *Tabelle 9* sind die p-Werte, der Rho-Korrelationskoeffizient und die Effektstärke zwischen dem BMI und den Parametern der posturalen Kontrolle aufgeführt. Mit Hilfe des Spearman-Rho-Tests konnten signifikante Korrelationen zwischen der frontalen ( $p \leq 0,04$ ) und sagittalen ( $p \leq 0,001$ ) Schwankung festgestellt werden. Bei der frontalen Schwankung betrug der Korrelationskoeffizient Rho 0,15 und die Effektstärke war kleiner 0,2. Bei der sagittalen Schwankung war Rho-Wert 0,29. Die Effektstärke lag bei 0,2-0,4.

Bei den Parametern der Fußdruckbelastung konnte bezüglich des BMI keine signifikante Korrelation festgestellt werden.

**Tabelle 9:** Korrelation zwischen dem BMI und den Parametern der posturalen Kontrolle. Signifikante p-Werte sind fett markiert.

Korrelation BMI – posturale Kontrolle	p-Wert	Rho	Effektstärke
Frontale Schwankung (mm)	<b>0,04</b>	0,15	< 0,2
Sagittale Schwankung (mm)	<b>0,001</b>	0,288	0,2-0,4
Vorfuß links (%)	0,49	0,051	< 0,2
Vorfuß rechts (%)	0,47	0,054	< 0,2
Rückfuß rechts (%)	0,95	0,005	< 0,2
Rückfuß links (%)	0,09	-0,127	< 0,2
Linker Fuß (%)	0,36	-0,069	< 0,2
Rechter Fuß (%)	0,38	0,065	< 0,2
Vorfuß (%)	0,17	0,102	< 0,2
Rückfuß (%)	0,17	-0,102	< 0,2

### 3.4.4. BMI-Gruppierung

In *Tabelle 10* sind die p-Werte der BMI-Gruppenvergleiche aufgelistet. Der Vergleich der BMI-Gruppen ergab Signifikanzen bei der frontalen ( $p \leq 0,04$ ) und der sagittalen ( $p \leq 0,001$ ) Schwankung. Bei beiden Parametern war dieser Unterschied zwischen den Gruppen 1 und 4 ( $p \leq 0,01$ ) zu verzeichnen, wohingegen eine Differenz des Medians bezüglich der frontalen Schwankung von 4,2mm (Gruppe 1: Median:7,6mm; 1./3.

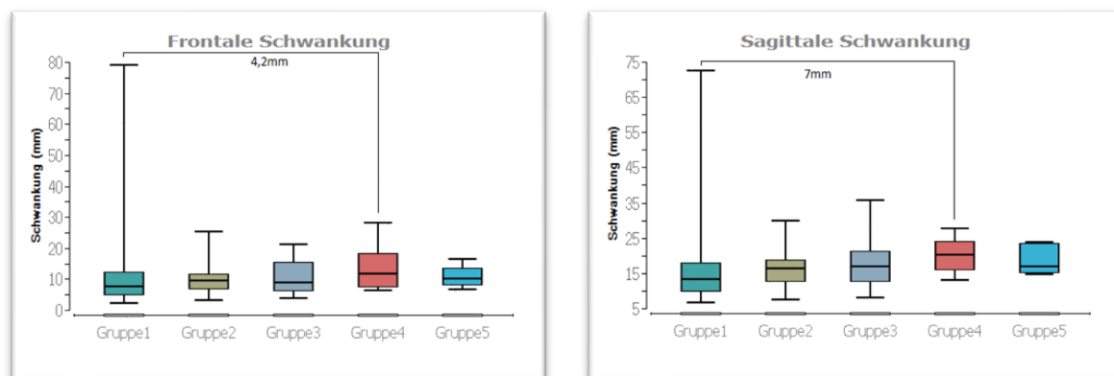


Perzentile: 5,2/12,4mm; Gruppe 4: Median: 11,8; 1./3.Perzentile: 7,6/18,2mm) und bei der sagittalen Schwankung von 7,0mm (Gruppe 1: 13,9mm (10,0/18,0); Gruppe 4: 20,2mm (16,2/24,0)) vorlag. Bei den Messparametern der Belastungsverteilung waren keine signifikanten Unterschiede feststellbar.

**Tabelle 10:** Die BMI-Gruppen in Bezug auf die Parameter der posturalen Kontrolle. Es wird immer der Median (M) und das 1. und 3. Perzentil (P) angegeben.

BMI-Gruppen	p-Wert	Gruppe I		Gruppe II		Gruppe III		Gruppe IV		Gruppe V	
		M	P	M	P	M	P	M	P	M	P
Frontale Schwankung (mm)	<b>0.04</b>	7.6	5.2/12.4	9.6	6.8/11.8	8.8	6.4/15.4	11.8	7.6/18.2	10.0	8.1/13.6
Sagittale Schwankung (mm)	<b>0.01</b>	13.0	10.0/18.0	16.4	12.6/18.8	17.2	4.0/21.0	20.2	16.2/24.0	16.8	15.2/23.4
Vorfuß links (%)	0.49	19.6	16.4/22.8	19.3	16.7/22.0	20.4	17.0/23.4	19.8	16.4/23.4	18.8	17.4/22.9
Vorfuß rechts (%)	0.46	16.6	18.2/23.8	20.3	16.8/24.6	21.4	18.0/23.4	21.4	20.2/24.6	20.6	17.4/23.0
Rückfuß rechts (%)	0.94	32.8	27.8/36.4	31.5	28.8/35.7	30.8	27.0/37.4	30.5	27.0/35.0	32.0	28.1/43.6
Rückfuß links (%)	0.08	27.6	24.2/30.8	27.3	24.4/31.7	27.2	23.0/30.0	27.0	23.0/30.6	26.8	19.7/28.9
Linker Fuß (%)	0.35	46.6	42.0/52.2	46.8	43.1/52.2	47.2	41.4/53.6	46.2	41.6/52.2	48.4	37.4/50.4
Rechter Fuß (%)	0.37	53.4	47.8/58.0	53.1	47.8/56.8	52.8	46.4/58.6	53.8	47.8/58.4	51.6	49.4/65.4
Vorfuß (%)	0.17	39.6	34.8/44.6	40.3	34.8/43.3	41.4	38.2/45.0	41.5	28.6/52.6	40.0	36.5/43.4
Rückfuß (%)	0.48	60.4	55.4/65.2	59.3	56.7/65.0	58.6	55.0/61.8	58.5	52.8/59.4	60.0	56.6/63.5

In Abbildung 25 sind die vergleiche der Schwankungsparameter zwischen den BMI-Gruppen dargestellt. Abbildung 25a) zeigt die frontale Schwankung mit einem signifikanten Unterschied von 4,2mm zwischen der BMI-Gruppe I und IV ( $p \leq 0,04$ ). Abbildung 25b stellt die sagittale Schwankung dar mit einem signifikanten Unterschied zwischen Gruppe I und IV von 7mm ( $p \leq 0,01$ ).



**Abbildung 25:** Vergleich der Schwankungsparameter zwischen den BMI-Gruppen.

a) Frontale und b) sagittale Schwankungen

### 3.5. Posturale Kontrolle und sportliche Betätigung

#### 3.5.1. Einfluss der sportlichen Aktivität

Insgesamt wurden gemäß den Antworten aus dem Fragebogen 63 Studienteilnehmer der Gruppe 1 (Sport) zugeordnet. 116 Studienteilnehmer wurden der Gruppe 2 (keine sportliche Betätigung) zugewiesen. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich der untersuchten Parameter der posturalen Kontrolle. *Tabelle 11* listet die p-Werte der Sport-Gruppenvergleiche auf.

**Tabelle 11:** Parameter der posturalen Kontrolle im Gruppenvergleich der sportlichen Aktivität.

Sportliche Aktivität	p-Wert	Gruppe 1 (JA)		Gruppe 2 (NEIN)	
		Median	Min/Max	Median	Min/Max
Frontale Schwankung (mm)	0,22	9,0	2,6/33,2	9,4	3,0/79,2
Sagittale Schwankung (mm)	0,68	15,4	7,0/29,8	16,6	7,8/72,4
Vorfuß links (%)	0,5	19,8	10/30	19,7	9,2/31
Vorfuß rechts (%)	0,79	21	7,4/30	20,5	7,4/36,6
Rückfuß rechts (%)	0,54	31	16,4/56,8	31,3	2,2/45,8
Rückfuß links (%)	0,97	27,2	9/41,4	27,5	11,2/45,2
Linker Fuß (%)	0,68	46,8	26,4/62,4	47	30,6/66,8
Rechter Fuß (%)	0,74	53,2	37,6/73,6	53	33,2/69,4
Vorfuß (%)	0,53	41,6	27,2/52,8	40,5	23,2/61
Rückfuß (%)	0,46	58,4	47,2/72,8	59,5	39/76,8

#### 3.5.2. Sportliche Aktivität und BMI

Im Vergleich der beiden Sport-Gruppen bezüglich des BMI konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (Tabelle 12:  $p \geq 0,74$ ).

**Tabelle 12:** Vergleich der Studienteilnehmer mit und ohne sportliche Betätigung in Bezug auf den BMI.

Sport Gruppe 1 = JA Gruppe 2 = Nein	p-Wert	Gruppe 1		Gruppe 2	
		Median	Min/Max	Median	Min/Max
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	0,74	29,04	18,94/40,23	28,41	19,81/56,74

### 3.6. Rückenschmerzen als Einflussfaktor auf die posturale Kontrolle

#### 3.6.1. Rückenschmerzen und posturale Kontrolle

Insgesamt gaben 111 (61,7%) der 180 Teilnehmer Rückenschmerzen zu haben. Der hier eingesetzte Mann-Whitney-U-Test samt Bonferroni-Holm-Korrektur besagte, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (existierende bzw. nichtexistierende Rückenschmerzen) hinsichtlich aller Messparameter vorlagen. In Tabelle 13 sind die Ergebnisse des Vergleiches der Gruppen mit und ohne Rückenschmerzen hinsichtlich der posturalen Kontrolle aufgelistet.

**Tabelle 13:** Gruppenvergleich zwischen Probanden mit und ohne Rückenschmerzen in Bezug auf die posturale Kontrolle. Signifikante Parameter sind nach Bonferroni-Hol-Korrektur fett gedruckt.

Rückenschmerzen	p-Wert	Gruppe 1		Gruppe 2	
		Median	Min/Max	Median	Min/Max
Gruppe 1: Ja					
Gruppe 2: Nein					
Frontale Schwankung (mm)	0.53	9,6	6,6/13,8	8,8	6.4/12.8
Sagittale Schwankung (mm)	0,14	16,8	13/20	14.6	12.1/19.1
Vorfuß links (%)	0,04	20	17,6/22.4	18.2	16/22
Vorfuß rechts (%)	0.37	21	17,6/24	20.4	17.8/23.2
Rückfuß rechts (%)	0.19	30.8	27.2/36	32.4	28.8/37.5
Rückfuß links (%)	0.49	27.4	24.2/30	27.2	23.1/32.6
Linker Fuß (%)	0.66	47	42.4/52.2	46.4	41.5/52.3
Rechter Fuß (%)	0.56	58.4	55.2//62.8	53.6	47.7/58.5
Vorfuß (%)	0.04	41.5	37/44.8	39.6	34.6/43.6
Rückfuß (%)	0,03	58.4	55.2/62.8	60.4	56.8/65.4

#### 3.6.2. Rückenschmerzen und BMI-Gruppen

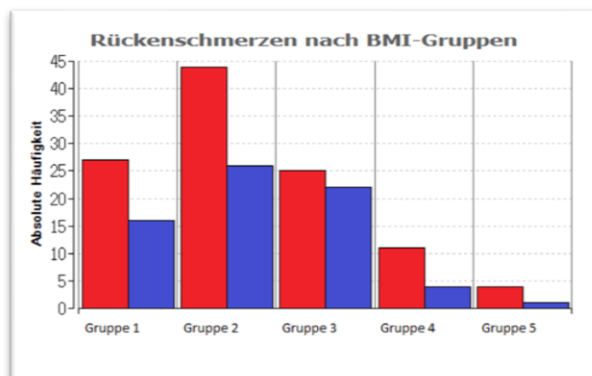
Die *Tabelle 14* zeigt die Verteilung der Rückenschmerzen auf die fünf verschiedenen BMI-Gruppen. In jeder Gruppe ist der Anteil der Studienteilnehmer mit Rückenschmerzen größer als der Anteil der Studienteilnehmer ohne Rückenschmerzen. In allen BMI-Gruppen war der Anteil der Lastkraftwagenfahrer mit Rückenschmerzen größer als der Anteil ohne Rückenschmerzen. Der größte Anteil an

Lastkraftwagenfahrern mit Rückenschmerzen befand sich in Gruppe 5 (80%). Den geringsten Anteil an Lastkraftwagenfahrern mit Rückenschmerzen hatte die BMI-Gruppe 3 (53%) In den Gruppen 1 und 2 litten jeweils 63% an Rückenschmerzen. In Gruppe 4 befanden sich 11 Studienteilnehmer (73%) mit Rückenschmerzen.

**Tabelle 14:** Verteilung der Rückenschmerzen auf die verschiedenen BMI-Gruppen. Es wird jeweils die absolute Anzahl der Studienteilnehmer in den Gruppen angegeben.

	BMI-Gruppen					Summe
	1	2	3	4	5	
Rückenschmerzen	27	44	25	11	4	111
Keine Rückenschmerzen	16	26	22	4	1	69
Summe	43	70	47	15	5	180

Abbildung 26 zeigt die Anzahl der Studienteilnehmer mit und ohne Rückenschmerzen in den jeweiligen Gruppen. In jeder Gruppe ist der Anteil der Studienteilnehmer mit Rückenschmerzen größer als der Anteil ohne Rückenschmerzen.



**Abbildung 26:** Auftreten von Rückenschmerzen in den verschiedenen BMI-Gruppen.

Die rote Säule stellt die Anzahl der Probanden innerhalb der Gruppen mit Rückenschmerzen dar. Blau beschreibt die Anzahl der Probanden ohne Rückenschmerzen

### 3.6.3. Rückenschmerzen bei LKW-Fahrern bezüglich der Arbeitserfahrung

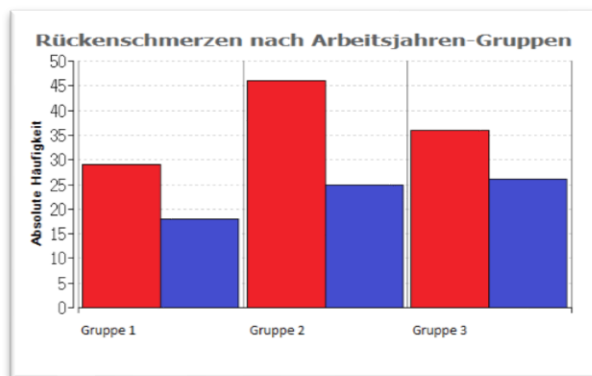
Tabelle 15 beschreibt, wie häufig Rückenschmerzen in den Gruppen nach Arbeitsjahren auftreten. In allen drei Gruppen war der Anteil der Lastkraftwagenfahrer mit Rückenschmerzen größer als der Anteil der Lastkraftwagenfahrer ohne Rückenschmerzen. Am häufigsten gaben Lastkraftwagenfahrer in der zweiten Gruppe an

unter Rückenschmerzen zu leiden (64% der Lastkraftwagenfahrer in Gruppe 2). In Gruppe 1 lag der Anteil der Lastkraftwagenfahrer mit Rückenschmerzen bei 61% und in Gruppe 3 bei 58%.

**Tabelle 15:** Verteilung des Auftretens von Rückenschmerzen auf die Arbeitsjahre-Gruppen. Es wird jeweils die absolute Anzahl der Studienteilnehmer in den Gruppen angegeben.

	Arbeitsjahre-Gruppen			Summe
	1	2	3	
Rückenschmerzen	29	46	36	111
Keine Rückenschmerzen	18	25	26	69
Summe	47	71	62	180

Das Säulendiagramm in Abbildung 27 stellt den Anteil von Lastkraftwagenfahrern mit und ohne Rückenschmerzen in den jeweiligen Gruppen dar.



**Abbildung 27:** Auftreten von Rückenschmerzen in den verschiedenen BMI-Gruppen.

Die rote Säule stellt die Anzahl der Probanden mit Rückenschmerzen dar. Der blaue Balken beschreibt die Anzahl der Probanden ohne Rückenschmerzen.

### 3.7. Arbeitserfahrung als Einflussfaktor auf die posturale Kontrolle

#### 3.7.1. Arbeitsjahre und posturale Kontrolle

Die Ergebnisse der Analyse der Korrelation zwischen den Arbeitsjahren und den gemessenen Parametern der posturalen Kontrolle zeigt *Tabelle 16*. Es bestand eine signifikante, positive Korrelation zwischen der frontalen Schwankung und einer Zunahme der Arbeitsjahre ( $p \leq 0,04$ ). Der Rho-Korrelationskoeffizient lag bei 0,151

(Effektstärke <0,2). Auch bei der sagittalen Schwankung bestand eine signifikante Korrelation ( $p \leq 0,01$ ; Rho-Korrelationskoeffizient = 0,242, Effektstärke 0,2-0,4).

Bei den Parametern der Fußdruckbelastung bestand eine Signifikanz bei der rechten Vorfußbelastung ( $p \leq 0,01$ ). Der Rho-Korrelationskoeffizient lag bei 0,21 (Effektstärke 0,2-0,4). Signifikante Korrelationen konnten auch bei der Belastung des linken Rückfußes ( $p \leq 0,01$ ; Rho-Korrelationskoeffizient = -0,18, Effektstärke < 0,2), des rechten Fußes ( $p \leq 0,04$ ; Rho = 0,156, Effektstärke < 0,2), der Vorfußbelastung ( $p \leq 0,01$ ; Rho = 0,18, Effektstärke < 0,2) und des Rückfußes ( $p \leq 0,02$ ; Rho = -0,18, Effektstärke < 0,2) nachgewiesen werden.

**Tabelle 16:** Korrelation von Arbeitsjahren und den Parametern der posturalen Kontrolle

<b>Korrelation Arbeitsjahre und posturale Kontrolle</b>	p-Wert	Rho	Effektstärke
Frontale Schwankung (mm)	<b>0,04</b>	0,15	<0,2
Sagittale Schwankung (mm)	<b>0,01</b>	0,24	0,2-0,4
Vorfuß links (%)	0,61	0,04	<0,2
Vorfuß rechts (%)	<b>0,01</b>	0,21	0,2-0,4
Rückfuß rechts (%)	0,95	-0,01	<0,2
Rückfuß links (%)	<b>0,01</b>	-0,18	<0,2
Linker Fuß (%)	0,06	-0,14	<0,2
Rechter Fuß (%)	<b>0,04</b>	0,16	<0,2
Vorfuß (%)	<b>0,01</b>	0,18	<0,2
Rückfuß (%)	<b>0,02</b>	-0,18	<0,2

### 3.7.2. Arbeitsjahre-Gruppen und posturalen Kontrolle

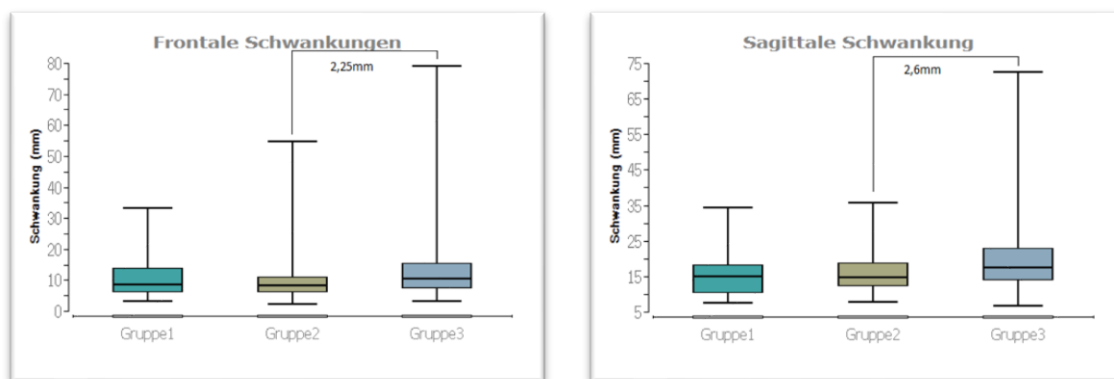
Tabelle 17 zeigt die p-Werte die Gruppenvergleiche der Arbeitsjahre in Bezug auf die Parameter der posturalen Kontrolle. Der Kruskal-Wallis Test bestätigte einen signifikanten Unterschied in der frontalen ( $p < 0,04$ ) und sagittalen ( $p \leq 0,001$ ) Schwankung.

Zwischen der Gruppe 2 und Gruppe 3 zeigte sich ein signifikanter Unterschied in Bezug auf die frontale ( $p \leq 0,01$ ) und sagittale ( $p \leq 0,001$ ) Schwankung.

**Tabelle 17:** Parameter der posturalen Kontrolle in Bezug zu den Gruppen nach Arbeitsjahren. Signifikante Parameter sind fett gedruckt.

Arbeitsjahre	p-Wert	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3	
		Median	Perzentile	Median	Perzentile	Median	Perzentile
Frontale Schwankung (mm)	<b>0,04</b>	<b>8,6</b>	<b>6,2/13,8</b>	<b>8,2</b>	<b>6,2/11,2</b>	<b>10,5</b>	<b>7,6/15,5</b>
Sagittale Schwankung (mm)	<b>0,001</b>	<b>15,0</b>	<b>10,4/18,4</b>	<b>14,8</b>	<b>12,4/18,8</b>	<b>17,4</b>	<b>14,0/22,9</b>
Vorfuß links (%)	0,18	19,6	17,4/22,2	18,8	16,8/22,0	20,5	15,7/23,7
Vorfuß rechts (%)	0,11	20,2	16,4/22,7	20,4	17,0/23,8,0	21,4	18,9/24,6
Rückfuß rechts (%)	0,79	30,8	27,4/37,0	32,8	27,2/36,4	30,8	27,7/35,4
Rückfuß links (%)	0,33	27,7	24,2/32,4	28,0	24,4/30,8	26,8	22,9/29,4
Linker Fuß (%)	0,15	48,8	44,8/52,6	47,0	41,6/52,6	46,4	41,5/50,3
Rechter Fuß%	0,18	51,2	47,4/55,2	53,0	47,4/58,4	53,6	49,7/58,4
Vorfuß (%)	0,07	40,4	35,6/43,6	40,4	36,2/43,0	42,5	37,1/46,2
Rückfuß (%)	0,07	59,6	56,2/64,4	59,6	57,0/63,5	57,5	53,7/62,8

Der Median der frontalen Schwankung zeigte einen kleineren Median in Gruppe 2 (8,2mm) als in Gruppe 3 (10.5 mm). So war der Median der frontalen Schwankung in Gruppe 3 2,25mm größer als in Gruppe 2. In der Sagittalebene war die mediane Schwankung in Gruppe 3 (17,4mm (14,0/22,9mm)) 2,6mm größer als in Gruppe 2 (4,8mm (12,4mm/18,8mm)). In Abbildung 28 sind die Vergleiche der Arbeitsjahre-Gruppen hinsichtlich der frontalen und sagittalen Schwankung als Box-Plot Diagramm dargestellt. Bei den Parametern der Fußdruckverteilung konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ( $p \geq 0,05$ ).



**Abbildung 28:** Schwankungsparameter im Gruppenvergleich der Arbeitsjahre. a) Frontale und b) sagittale Schwankungen.

### 3.8. Arbeitsjahre-Gruppen und BMI-Gruppen

Unter Verwendung des Spearman's-Rho-Tests wurde eine signifikante, positive Korrelation zwischen den Arbeitsjahren und dem BMI festgestellt ( $p \leq 0,02$ ). Mit der Zunahme der Arbeitsjahre kam es zu einem Anstieg des BMI. Die Effektstärke kleiner 0,2. Der p-Wert und der Rho-Korrelationskoeffizient sowie die Effektstärke sind in *Tabelle 18* dargestellt.

**Tabelle 18:** Korrelation zwischen Arbeitsjahren und dem BMI.

Korrelation Arbeitsjahre - BMI	p-Wert	Rho	Effektstärke
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	<b>0,02</b>	0,174	<0,2

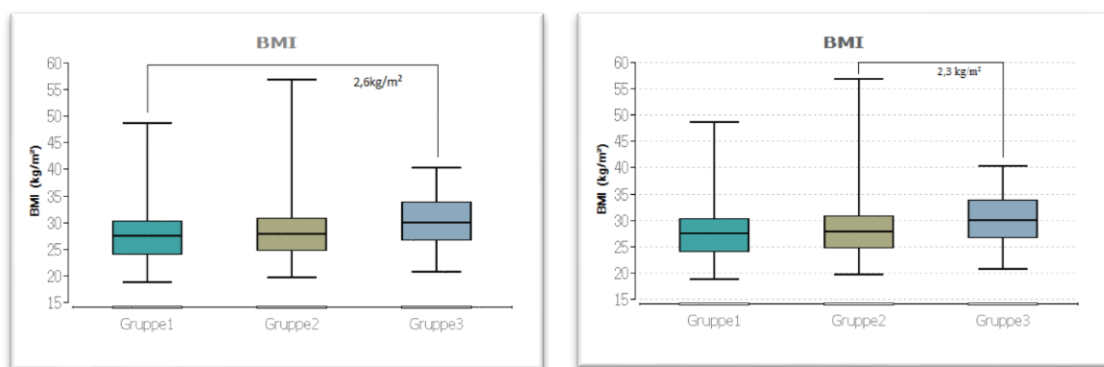
Der Vergleich (*Tabelle 19*) des BMIs der drei Arbeitsjahre-Gruppen ergab eine Signifikanz von  $p \leq 0,03$ . Der anschließende Conover-Iman-Vergleich eröffnete Gruppenunterschiede ( $p \leq 0,03$ ) zwischen den Gruppen 1 und 3 sowie den Gruppen 2 und 3. In der ersten Gruppe lag der Median bei 27,4kg/m<sup>2</sup> (23,9/30,3kg/m<sup>2</sup>), in der zweiten bei 27,7kg/m<sup>2</sup> (24,7kg/m<sup>2</sup>/30,9kg/m<sup>2</sup>) und in der dritten bei 30kg/m<sup>2</sup> (26,7kg/m<sup>2</sup>/33,9kg/m<sup>2</sup>). Somit ergab sich ein medianer Anstieg des BMIs um ca. 2,6kg/m<sup>2</sup> zwischen der ersten und dritten Altersgruppe. Zwischen der zweiten und dritten Gruppe stellte sich ein medianer Anstieg von 2,3kg/m<sup>2</sup> dar.

**Tabelle 19:** Vergleich der Gruppen nach Arbeitsjahren in Bezug auf den BMI. Signifikante Parameter sind fett gedruckt.

	p-Wert	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3	
		Median	Perzentile	Median	Perzentile	Median	Perzentile
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	<b>0,03</b>	27,48	23,9/30,3	27,7	24,7kg/m <sup>2</sup> /30,9	30	26,7/33,9

Die Box-Plots der Abbildung 29 verdeutlichen die signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen nach Arbeitsjahren in Bezug auf den BMI.





**Abbildung 29: Gruppenvergleich nach Arbeitsjahren hinsichtlich des BMI.**

a) Vergleich zwischen Gruppe 1 und 3 b) Vergleich zwischen Gruppe 2 und 3.

### 3.9. Gruppen der Sportlichen Aktivität und Rückenschmerzen

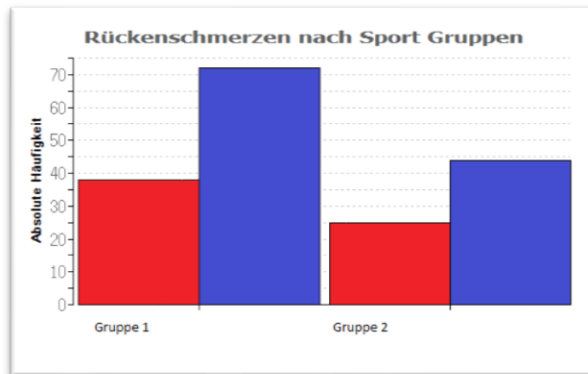
Table 20 beschreibt die Ergebnisse der Sportgruppenvergleiche in Bezug auf Rückenschmerzen. 38 (34,5%) Studienteilnehmer, die nach Angaben des Fragebogens Sport treiben, litten gleichzeitig auch unter Rückenschmerzen. 72 (65,5%) der Studienteilnehmer in der Sportgruppe gaben an nicht unter Rückenschmerzen zu leiden. In der Gruppe der Lastkraftwagenfahrer ohne sportliche Betätigung litten 25 (36,2%) unter Rückenschmerzen und 44 (63,8%) nicht. Die Ergebnisse wiesen jedoch keine Signifikanz auf ( $p \geq 0,94$ ). Die Ergebnisse sind in der *Abbildung 30* dargestellt.

**Tabelle 20:** Auftreten von Rückenschmerzen in der Gruppeneinteilung nach sportlicher Betätigung

	Rückenschmerzen		Summe
	JA	NEIN	
Sport JA	38	72	110
Sport NEIN	25	44	69
Summe	63	116	180

Abbildung 30 stellt die Verteilung der Rückenschmerzen zwischen den Gruppen der Lastkraftwagenfahrer mit und ohne sportliche Betätigung dar. Hierbei zeigt sich in beiden Gruppen (Gruppe 1: keine sportliche Betätigung; Gruppe 2: regelmäßige sportliche

Betätigung), dass der Anteil der Studienteilnehmer mit Rückenschmerzen in beiden Gruppen höher ist als die Anzahl der Studienteilnehmer ohne Rückenschmerzen.



**Abbildung 30: Verteilung der Rückenschmerzen zwischen den Sport-Gruppen.**

Gruppe 1 umfasst alle Studienteilnehmer ohne sportliche Aktivität. Gruppe 2 beinhaltet die Studienteilnehmer mit regelmäßiger sportlicher Aktivität. Die rote Säule stellt die Anzahl der Probanden mit Rückenschmerzen dar. Blau beschreibt den Anteil ohne Rückenschmerzen.

## **4. Diskussion**

### **4.1. Einfluss des Alters auf die posturale Kontrolle bei Lastkraftwagenfahrern**

In dieser Untersuchung konnte gezeigt werden, dass es mit zunehmendem Alter zu einer Verschlechterung der posturalen Kontrolle kommt. Bei den Studienteilnehmern kam es zu einer signifikanten ( $p \leq 0,01$ ) Korrelation zwischen der sagittalen Schwankung und höherem Alter. Auch in Hinblick auf die prozentuale Fußdruckbelastung kam es zu einer signifikanten Mehrbelastung des rechten Fußes ( $p \leq 0,02$ ) und hierbei insbesondere des rechten Vorfußes ( $p \leq 0,01$ ). Es kommt also zu einer Belastungsumverteilung auf den Vorfuß mit zunehmendem Alter. Damit kann Hypothese 1, eine Verschlechterung der posturalen Kontrolle mit zunehmendem Lebensalter, im Hinblick auf eine sagittale Schwankungszunahme und mit Bezug auf die einseitige Druckzunahme verifiziert werden.

Diese Veränderung könnte mit der einseitigen Beanspruchung des rechten Fußes beim Autofahren in Zusammenhang stehen. Während der Fahrt werden mit dem rechten Fuß das Gaspedal und das Bremspedal bedient. Die meisten modernen Lastkraftwagen sind mit einer automatischen Kupplung ausgestattet, sodass diese nicht mehr mit dem linken Fuß manuell getreten werden muss. Für den Fahrer bedeutet dies zunächst ein höherer Komfort während dem Fahren. Allerdings haben die Messungen gezeigt, dass es dadurch zu einer einseitigen Fußbelastung kommt. Langfristig resultiert also eine Fehlbelastung der Füße im Sinne einer ungleichmäßigen Fußbelastung. Gelenkbeschwerden und Gelenkverschleiß (Arthrosen) können als mögliche Auswirkungen dieser Fehlbelastung gesehen werden [43, 55]. Diese Erkrankungen bestehen häufig bei älteren Lastkraftwagenfahrern, wie es auch die Lastkraftwagenfahrer in dem Fragebogen angegeben haben. In dem Fragebogen dieser Studie wurden von den Lastkraftwagenfahrern als bestehende Vorerkrankungen häufig Hüftgelenk- und Kniegelenkarthrose sowie Bandscheibenvorfälle angegeben.

Es werden auch nur einzelne Muskelgruppen beansprucht, die für die Ausführung einer bestimmten Bewegung notwendig sind, wie in diesem Fall die untere (rechte) Extremität zum Bedienen des Gas- und Bremspedals. Andere Muskelgruppen werden in sitzender

Körperhaltung zur Steuerung des Lastkraftwagens dagegen wenig oder sogar überhaupt nicht benutzt und bilden sich in der Folge zurück (Atrophie).

Zu dieser für Lastkraftwagenfahrer spezifischen Überbeanspruchung kommen die mit einem höheren Lebensalter verbundenen degenerativen Veränderungen des Körpers erschwerend hinzu. Morphologische Umbauprozesse an den Muskeln und den dazugehörigen Nervenfasern führen dazu, dass die posturalen Reflexe abgeschwächt werden und Störreize nicht mehr so adäquat kompensiert werden können, wie dies bei jüngeren Menschen der Fall ist [77]. Auch nimmt mit zunehmendem Alter die Sehkraft ab, sodass das visuelle System als unterstützende Einheit für den Erhalt der Körperstabilität wegfällt. Dies führt bei älteren Menschen zu einer zunehmenden Körperschwankung [78].

Die Folgen einer einseitigen Überbelastung wurden auch von anderen Autoren [66, 68, 79] beschrieben. Die Überbelastung führt zu einer Entzündungsreaktion in der stark belasteten Struktur mit konsekutivem Gewebeumbau. Diese Umbauprozesse gehen mit Schmerzen einher und führen zu einer Leistungsminderung mit einer Bewegungseinschränkung und einer verschlechterten Kontrolle der Körperstabilität. Konkret kommt es zu einer Schwankungszunahme und einem erhöhten Sturzrisiko [79]. Auf der anderen Seite führt auch das Nichtbeanspruchen von Muskelgruppen zu körperlichen Schäden. Dies wird durch die Atrophie des Muskels sichtbar. In der Folge nimmt die Kraft des Muskels ab. Daraus ergeben sich ungünstige Folgen für den Stoffwechsel im Sinne eines mangelhaften Sauerstoffangebotes des Muskels [79].

## **4.2. Einfluss des BMIs auf die posturale Kontrolle bei Lastkraftwagenfahrern**

In dieser Studie konnte demonstriert werden, dass es mit zunehmenden BMI zu einer Verschlechterung einiger Parameter der posturalen Kontrolle kommt. Die Untersuchungen zwischen den BMI-Gruppen zeigten zwischen Gruppe 1 (Normalgewicht, BMI 18,5-24,9kg/m<sup>2</sup>) und Gruppe 4 (Adipositas 2°, BMI 35-39,9kg/m<sup>2</sup>) einen signifikanten Unterschied hinsichtlich der frontalen (4,2mm) und sagittalen (7mm) Schwankung. Ein erhöhter BMI geht also mit einer zunehmenden Schwankung in frontaler und sagittaler Ebene einher. Durch das Übergewicht wird der muskuloskeletale

Stütz- und Bewegungsapparat wesentlich stärker belastet als dies bei normalgewichtigen Menschen der Fall ist. In der Folge kommt es hinsichtlich des Bewegungsapparates zu Schäden an den Knochen und den Gelenken. Nicht nur bei Lastkraftwagenfahrern, sondern bei nahezu allen übergewichtigen Personen geht Übergewicht mit Gelenkverschleiß und Bewegungseinschränkungen einher [80]. Als eine Konsequenz dieser Schäden kann die erhöhte Schwankung gesehen werden, die auch in dieser Studie nachgewiesen wurde.

Übergewicht und Adipositas sind in der Berufsgruppe der Lastkraftwagenfahrer weit verbreitet, wie einerseits aus den Messungen des Körpergewichtes in dieser Studie geschlossen werden konnte und andererseits auch von anderen Autoren [42, 43, 48, 52] festgestellt werden konnte. Nur 23,9% der Studienteilnehmer hatten in dieser Studie ein Normalgewicht ( $BMI \leq 24,9 \text{ kg/m}^2$ ). Der Rest der Lastkraftwagenfahrer war mindestens übergewichtig oder litt an hochgradiger Adipositas (76,1%). Im Vergleich hierzu leiden nach der *Studie zur Gesundheit in Deutschland* [81] im Durchschnitt der Gesamtbevölkerung 67,1% der Männer und 53% der Frauen an Übergewicht (Gesamtdurchschnitt 60,05%). Damit liegt die Prävalenz von Adipositas bei Lastkraftwagenfahrern deutlich über dem Bundesdurchschnitt.

Diese Erkenntnis lässt sich unter anderem mit den ungesunden Ernährungsgewohnheiten von Lastkraftwagenfahrern erklären. Häufig ernähren sich Lastkraftwagenfahrer ungesund und unausgewogen. Oft besteht auf den Autobahnen und an den Autobahnraststätten lediglich ein sehr begrenztes Nahrungsangebot. Ein Angebot an frischen und gesunden Lebensmitteln besteht in den Restaurants nur begrenzt, wodurch eine ausgewogene Ernährung auf Autobahnraststätten erschwert wird [45, 82]. Auch dies begünstigt das Auftreten von Übergewicht. Entsprechend der unregelmäßigen Arbeitszeiten finden auch die Pausenzeiten in ungleichmäßigen Zeitabständen. Dementsprechend findet keine geregelte Nahrungsaufnahme zu festen Uhrzeiten statt. Dies begünstigt die Entwicklung von Übergewicht zusätzlich [43, 45].

Das Berufsbild des Lastkraftwagenfahrers ist mit Bewegungsmangel assoziiert. Die Fahrer sitzen den größten Teil ihrer Arbeitszeit am Lenkrad in der Fahrerkabine und verbringen häufig auch ihre Pausen und den Feierabend in der Fahrerkabine. Durch diese räumliche Enge ist der Bewegungsspielraum der Lastkraftwagenfahrer im Vergleich zu anderen Berufsgruppen reduziert.

Lastkraftwagenfahrer verbrauchen durch ihren eingeschränkten Bewegungsfreiraum und ihre monotone Sitzposition weniger Energie als dies bei anderen Berufsgruppen der Fall

ist. Dass Sitzen mit einem reduzierten Energiebedarf verbunden ist, haben *Bergouigan et al.* [28] bereits nachgewiesen. Entsprechend der langen Zeit in Sitzposition haben Lastkraftwagenfahrer einen reduzierten Energieumsatz. Bei unveränderter nicht angepasster Nahrungsmenge kann dies zu einem positiven Energieumsatz mit der Entwicklung von Übergewicht führen.

In dem Arbeitsumfeld der Lastkraftwagenfahrer ist es schwierig diese ungesunden Gewohnheiten zu ändern, beziehungsweise den Lastkraftwagenfahrern Angebote zur Gewichtsreduzierung zukommen zu lassen. Dieses Problem könnte möglicherweise dadurch verbessert werden, dass unmittelbar an den Autobahnraststätten, wo die Lastkraftwagenfahrer für gewöhnlich ihre Pausen und Ruhezeiten verbringen, Sportangebote geschaffen werden. Dadurch könnte den Lastkraftwagenfahrern die Möglichkeit gegeben werden sich als Ausgleich für die lange und starre Sitzposition auf dem Fahrersitz sportlich zu betätigen [83]. Für dieses Angebot müsste die Infrastruktur der Autobahnraststätten angepasst oder ausgebaut werden. Inwiefern dies unter Berücksichtigung finanzieller und räumlicher Möglichkeiten umsetzbar ist, muss in zukünftigen Machbarkeitsstudien genauer eruiert werden.

Zudem wird bereits an Konzepten gearbeitet, welche es den Lastkraftwagenfahrern ermöglicht in der Fahrerkabine Sport zu treiben [83].

Die Lastkraftwagenfahrer sollten für einen gesunden Lebensstil über gesunde Ernährung geschult werden, um ein verstärktes Bewusstsein für ihre Gesundheit zu schaffen. Hierbei spielen die Restaurants auf den Autobahnraststätten eine wichtige Rolle. Diese sollten sich bemühen, den Lastkraftwagenfahrern gesunde, kalorienarme und ausgewogene Mahlzeiten anzubieten. Dass die Lastkraftwagenfahrer diese Angebote zur Gesundheitsförderung gerne annehmen würden und für eine Änderung ihres Lebensstils bereit sind, wurde bei einigen Umfragen belegt [36, 41, 43]. Gleichzeitig zeigt ein Bericht der deutschen gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) [84], dass Sportangebote gerne von Lastkraftwagenfahrern angenommen werden. Die Angebote werden zu Beginn häufig und intensiv genutzt. Im weiteren Verlauf der Studie zeigte sich jedoch, dass die Nutzung und die Teilnehmerzahlen von solchen Sportangeboten bereits nach kurzer Zeit drastisch zurückgeht [84].

Das Ergebnis der vorliegenden Studie korreliert mit den Resultaten anderer Studien, wie beispielsweise *Hamilton* [85] bei Arbeitern mit hohem BMI festgestellt hat. Auch dort kam es mit zunehmenden BMI zu einer Zunahme der Körperschwankung [85]. *Birtane et al.* [22] nennen als Erklärung für die zunehmende Schwankung durch das Übergewicht

die entstehende ventrale Verlagerung des Körperschwerpunktes, der durch die zunehmende Schwankung kompensiert werden muss. Auch die Analyse von *Fabris de Souza* [80] konnte die Veränderungen auf die posturale Kontrolle durch Übergewicht nachweisen. Er wies mit Hilfe von Bildgebung mit Übergewicht assoziierte morphologische Veränderungen, unter anderem Arthrose an der Wirbelsäule und den Gelenken der unteren Extremitäten nach [80].

Einen Lösungsansatz zur Verminderung von Übergewicht bei Lastkraftwagenfahrern zeigt die Feldstudie von *Thiese et al.* [86]. Hierbei wurde den teilnehmenden Lastkraftwagenfahrern unter anderem Informationen über eine gesunde Ernährung und eine telefonisch gestützte Beratung über gesunde Ernährung angeboten. Am Ende der Studie konnte eine signifikante Gewichtsabnahme bei fast allen Lastkraftwagenfahrern nachgewiesen werden [86].

Auch *Puhkala* [87] zeigte, dass es bei Lastkraftwagenfahrern, die an einem Programm zur Gewichtsreduktion mit regelmäßiger Betreuung und Kontrolle teilnahmen, zu einer signifikanten Abnahme des Gewichts innerhalb von 12 Monaten kam. Allerdings konnte nach 24 Monaten in einer Follow-Up Studie keine weitere signifikante Gewichtsreduktion gemessen werden [87]. Entscheidend für einen dauerhaften Erfolg der Gewichtsreduktion scheint also die permanente Kontrolle und Betreuung der Lastkraftwagenfahrer zu sein. Wie die Studie von *Puhkala* [87] zudem zeigt, gestaltet sich dies auf Grund der schwierigen Erreichbarkeit der Lastkraftwagenfahrer schwierig. Damit bestätigen diese Resultate die Ergebnisse der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung [84].

Signifikante Auswirkungen eines zunehmenden BMI auf die Parameter der Fußdruckbelastung konnten in dieser Studie nicht gemessen werden. Es wäre zu erwarten gewesen, dass der zunehmende BMI neben veränderten Schwankungen auch zu einer einseitigen Fußbelastung eines einzelnen Fußabschnittes führt. Möglicherweise finden andere Kompensationsmechanismen in anderen Regionen des Körpers an der Wirbelsäule oder am Becken statt. Dies könnte zu einer Veränderung anderer Parameter der posturalen Kontrolle kommen, welche in dieser Studie nicht gemessen wurden. Um diesen Zusammenhang zu untersuchen sollten deshalb weitere Studien mit Messung anderer Parameter der posturalen Kontrolle, wie beispielsweise Haltungparameter der Wirbelsäule, durchgeführt werden.

Hypothese 2 kann somit im Hinblick auf eine Zunahme der frontalen und sagittalen Schwankung verifiziert werden. Jedoch muss sie bezüglich der Parameter der Fußdruckbelastung falsifiziert werden.

### **4.3. Einfluss der Arbeitserfahrung als Lastkraftwagenfahrer auf die posturale Kontrolle**

Zwischen der Gruppe der Lastkraftwagenfahrer mit 13 bis 25-jähriger Berufserfahrung (Gruppe 2) und der Gruppe mit 26 und mehr Arbeitsjahren (Gruppe 3) zeigte sich ein signifikanter Anstieg der Schwankungszunahme in frontaler (2,3mm) und sagittaler (2,6mm) Ebene. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass das langjährige Lastkraftwagenfahren mit einer Verschlechterung der posturalen Kontrolle im Sinne einer Schwankungszunahme einhergeht. Als Erklärung kann der zunehmende BMI in der dritten Gruppe gegenüber den anderen beiden Gruppen mit weniger Arbeitsjahren gesehen werden. Auch das langjährige Sitzen könnte die posturale Kontrolle mit einer Schwankungszunahme beeinflussen [29].

Durch das langjährige Sitzen in gleicher Sitzposition wird die Sitzmuskulatur einseitig beansprucht und es kommt zu den bereits erwähnten Anpassungs- und Umbauprozessen [6, 26, 34, 35].

Das langjährige Sitzen schädigt den Körper, wie es andere Autoren gezeigt haben [27]. Nach aktuellen Studien [31, 40] wird Arbeitern, die den Großteil ihrer Arbeitszeit sitzend verbringen, empfohlen, zwischendurch kurze Pausen einzulegen und sich mit leichten körperlichen Übungen zu betätigen. Diese Empfehlung ist für die Berufsgruppe der Lastkraftwagenfahrer auf Grund des schwierigen Arbeitsumfeldes in der Praxis leider nur sehr schwer umzusetzen. Bei enormem Zeitdruck reduzieren die Lastkraftwagenfahrer ihre Pausen auf die minimal vorgeschriebene Zeit oder unterschreiten sogar die gesetzlichen Pausenvorschriften, um die Vorgaben ihrer Vorgesetzten erfüllen zu können. Dementsprechend haben die Lastkraftwagenfahrer kaum Zeit, ihre Pausen für einen Bewegungsausgleich zu nutzen.

Ein anderer Einflussfaktor auf die posturale Kontrolle bei Lastkraftwagenfahrern ist das Exponiertsein gegenüber Ganzkörpervibrationen (WBV). Diese wurden bereits von anderen Autoren für eine Verschlechterung der posturalen Kontrolle verantwortlich



gemacht [61 88]. Diese Vibrationen treten während der Fahrt auf und scheinen die somatosensorischen, visuellen und vestibulären Steuerungsmechanismen der posturalen Kontrolle zu stören [88]. Mit zunehmender Expositionszeit durch diese Vibrationen werden also diese Kompensationsmechanismen gestört. Vor allem bei kleineren Fahrzeugen sind die Fahrer einer hohen Intensität der Ganzkörpervibrationen ausgesetzt. Bei größeren Lastkraftwagen nimmt die Wirkung der Ganzkörpervibrationen auf den Körper ab [89]. In Verbindung mit der Exposition von Ganzkörpervibrationen werden auch Erkrankungen des Stützapparates gebracht. *Lan et al.* [67] stellten einen Zusammenhang von einem erhöhten Vorkommen von Bandscheibenvorfällen und der Exposition gegenüber Ganzkörpervibrationen her.

Zur Reduzierung der Übertragung der Vibrationen von dem Lastwagen auf den Körper wurde bereits an verschiedenen Konzepten gearbeitet. Unter anderem wird durch eine Änderung des Designs und der Federung des Fahrersitzes versucht, die Auswirkungen der Ganzkörpervibrationen auf den Körper zu reduzieren. So erreichen die Vibrationen nur noch abgeschwächt den Körper [90]. Durch ergonomische Sitze wird die Wirbelsäule in eine annähernd physiologische Form gebracht und die Belastung der Wirbelsäule in sitzender Position möglichst reduziert [90].

Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen nach Arbeitsjahren hinsichtlich einer Zunahme der Fußbelastung in einem Fußabschnitt konnte nicht gezeigt werden. Obwohl in dieser Studie eine signifikante Korrelation zwischen dem zunehmenden Alter und einer erhöhten Belastung des rechten Fußes gezeigt werden konnte, war dieser Zusammenhang zwischen den verschiedenen Arbeitsjahren-Gruppen nicht nachweisbar. Es scheint, dass vielmehr ein zunehmendes Lebensalter und nicht die Anzahl der Arbeitsjahre als Lastkraftwagenfahrer zu einer einseitigen Fußdruckbelastung führt. Langjähriges Lastkraftwagenfahren scheint somit für sich alleine genommen kein Einflussfaktor auf diese Parameter der posturalen Kontrolle zu haben.

Somit muss Hypothese 3 in Bezug auf die Schwankungszunahme verifiziert und hinsichtlich der prozentualen Belastungsverteilung falsifiziert werden.

#### **4.4. Einfluss von Rückenschmerzen auf die posturale Kontrolle bei Lastkraftwagenfahrern**

Diese Studie konnte eine weite Verbreitung von Rückenschmerzen bei Lastkraftwagenfahrern nachweisen. Knapp 62% der Studienteilnehmer gaben an, Rückenschmerzen zu haben. Allerdings konnten keine objektivierbaren Unterschiede zwischen den Lastkraftwagenfahrergruppen mit und ohne Rückenschmerzen hinsichtlich der gemessenen Parameter der posturalen Kontrolle festgestellt werden. Damit muss Hypothese 4 abgelehnt werden.

Rückenschmerzen sind zunächst ein unspezifischer Ausdruck einer Fehlhaltung oder Fehlbelastung im muskuloskelettalen Apparat ohne Bezug zu einer konkreten Struktur im Rücken. Die Ursachen können multikausal sein und sie sind nicht zwingend mit einem Schaden an Skelett oder Bindegewebe assoziiert.

Die teilnehmenden Lastkraftwagenfahrer dieser Studie waren zum größten Teil adipös, litten unter Bewegungsmangel und trieben nur selten oder gar keinen Sport. Alle diese Faktoren können das Auftreten von Rückenschmerzen begünstigen. Obwohl in dieser Studie keine objektivierbaren Veränderungen hinsichtlich der gemessenen Parameter der posturalen Kontrolle nachweisbar waren, ist zu vermuten, dass andere Kompensationsmechanismen bestehen und andere Messparameter, die in dieser Studie nicht erhoben worden sind, verändert sind.

Wie vergleichende Studien zwischen Lastkraftfahrern und der Normalbevölkerung bereits gezeigt haben [91], leiden Lastkraftfahrer häufiger an Rückenschmerzen. Auch die bereits aufgeführten Risikofaktoren für Rückenschmerzen werden von anderen Autoren genannt [70, 92].

In einer israelischen Studie bei Busfahrern werden als Maßnahmen zur Reduzierung von Rückenschmerzen einige Vorschläge genannt. Hier wurde empfohlen, zu versuchen das Stresslevel abzusenken, indem die Arbeitszeiten arbeitnehmerfreundlicher mit geregelten Arbeitszeiten und Pausen gestaltet werden. Außerdem sehen die Autoren Anpassungen des Fahrersitzes mit besserer Federung als hilfreich zur Vermeidung von Rückenschmerzen an. Es wird die Möglichkeit von regelmäßiger sportlicher Aktivität erwähnt [93]. Inwiefern diese Empfehlungen auch für Lastkraftwagenfahrer umgesetzt werden können, ist jedoch fraglich.

In nachfolgenden Untersuchungen sollte genauer untersucht werden, ob andere Parameter der posturalen Kontrolle, wie beispielsweise Haltungparameter der Wirbelsäule, von Rückenschmerzen beeinflusst und verändert werden.

#### **4.5. Einfluss von sportlicher Betätigung auf die posturale Kontrolle bei Lastkraftwagenfahrern**

Zwischen den beiden Gruppen mit und ohne sportliche Betätigung konnten weder bei der Körperschwankung noch bei der Fußdruckbelastung ein statistisch messbarer Unterschied zwischen Lastkraftwagenfahrern, die regelmäßig Sport treiben und Lastkraftwagenfahrer ohne sportliche Betätigung, gemessen werden. Folglich wird die Hypothese 6 falsifiziert. Auch hinsichtlich des BMI konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden ( $p \geq 0,74$ ). Damit muss auch die Hypothese 7 falsifiziert werden.

Der größte Teil der teilnehmenden Lastkraftwagenfahrer ging laut den Antworten des Fragebogens keiner sportlichen Betätigung nach (64%). Dass die Mehrheit der untersuchten Lastkraftwagenfahrer keinen Sport betreibt, kann zum einen mit dem hohen zeitlichen Druck und dem damit verbundenen Stress, der auf den Fahrern lastet [3, 45, 46], erklärt werden. Lastkraftwagenfahrer sind viel unterwegs, weit entfernt von ihrem Wohnort und verbringen ihre Pausen und Ruhezeiten meistens auf Raststätten von Autobahnen. Dort besteht keine Möglichkeit Fitnessstudios oder andere Einrichtungen zur sportlichen Betätigung zu besuchen. Durch diese strukturellen Gegebenheiten wird es den Lastkraftwagenfahrern stark erschwert regelmäßig Sport zu treiben.

Es wäre davon auszugehen, dass in der Gruppe ohne regelmäßige sportliche Aktivität und dem damit verbundenen Bewegungsmangel Auswirkungen auf die Körperstabilität gemessen werden könnten. Wie *Low et al.* [94] in ihrer Studie zeigen konnten, werden durch Gleichgewichtsübungen die Schwankungen reduziert. Die Autoren betonen auch, dass durch Krafttraining kein positiver Effekt auf die Körperstabilität nachgewiesen werden konnte [94]. Andere Autoren konnten den positiven Einfluss von Sport auf die Körperstabilität, im Sinne einer geringeren Schwankung des Körperschwerpunktes, nachweisen [95, 96].

Ein möglicher Grund, warum in dieser Studie keine objektiv messbaren Unterschiede zwischen den beiden Gruppen nachweisbar waren, könnte die Art der Einteilung in die beiden Gruppen sein. Die Lastkraftwagenfahrer wurden nach subjektiven Angaben des Fragebogens den Gruppen zugeordnet. Damit konnten die Studienteilnehmer selbst festlegen, wie sie sportliche Betätigung definieren. Eine objektive Evaluation nach festgelegten Kriterien, wie beispielsweise eine festgelegte Mindestzeit der sportlichen Betätigung, ein definierter Energieumsatz oder eine minimale Herzfrequenz, fand nicht statt.

#### **4.6. Zusammenhang zwischen BMI und zunehmender Arbeitserfahrung bei Lastkraftwagenfahrern**

Es zeigte sich ein signifikanter (stetig ansteigender) Zusammenhang zwischen langer Berufszeit als Lastkraftfahrer und Zunahme des BMIs. Zwischen der Gruppe mit der geringsten Arbeitszeit als Lastkraftwagenfahrer (Gruppe 1: 1-12 Arbeitsjahre) und der Gruppe mit den meisten Arbeitsjahren (Gruppe 3:  $\geq 26$  Arbeitsjahre) stieg der BMI um  $2,6\text{kg/m}^2$  an. Zwischen der Gruppe 2 (13-25 Arbeitsjahre) und der Gruppe 3 stieg der BMI um  $2,3\text{kg/m}^2$  an.

Hypothese 3 kann somit verifiziert werden. Lastkraftfahrer sind nachweislich zum Großteil übergewichtig.

Lastkraftwagenfahrer haben sehr unregelmäßige und lange Arbeitszeiten. Oft können sich die Lastkraftwagenfahrer nicht aussuchen, zu welcher Uhrzeit sie ihre Pausen einlegen. Dies liegt unter anderem an den strikten Zeitvorgaben der Speditionen. So kommt es, dass die Essenszeiten der Lastkraftwagenfahrer jeden Tag stark variieren und damit keine regelmäßige Nahrungsaufnahme, wie sie bei anderen Berufsgruppen mit regelmäßigen Arbeitszeiten und strukturiertem Tagesablauf stattfindet, möglich ist.

Auch andere Autoren konnten diesen Zusammenhang belegen [1, 48, 62]. Als Erklärungen für die weite Verbreitung von Übergewicht bei Lastkraftfahrern werden vor allem der Bewegungsmangel durch langes mehrstündiges Sitzen in der Fahrerkabine und ungesunde Ernährung genannt [3, 48, 55].

In dieser Studie waren insgesamt weniger als ein Viertel der Probanden normalgewichtig (23,6%), wohingegen mehr als ein Drittel der untersuchten Lastkraftfahrer unter

hochgradiger (Adipositas °1-3) Adipositas litten (37,2%). Der Anteil adipöser Probanden ist mit 76,1% höher als in ähnlichen Studien, in denen der Anteil übergewichtiger bei 67% (einschließlich Prä-Adipositas (Gruppe2)) lag [48]. In einer Studie bei amerikanischen Fernfahrern von *Hege* [97] wurde dieser Zusammenhang mit den langen täglichen Arbeitszeiten, Stress und dem hohen Zeitdruck erklärt. Auch die unregelmäßigen Arbeitszeiten begünstigen das Auftreten von Übergewicht bei Lastkraftwagenfahrern [53].

#### **4.7. Zusammenfassende Analyse**

Diese Studie hat gezeigt, dass bei der Berufsgruppe der Lastkraftwagenfahrer eine Vielzahl von Risikofaktoren bestehen, die Einfluss auf die posturale Kontrolle nehmen. Teilweise sind diese Risikofaktoren durch äußere Einflüsse, wie beispielsweise hoher Konkurrenzdruck in der Logistikbranche verursacht. Hierbei sind vor allem der hohe Zeitdruck und der damit verbundene Stress zu nennen, unter dem die Lastkraftwagenfahrer leiden.

Mit dem Berufsbild des Lastkraftwagenfahrers sind lange Arbeitszeiten, ein isolierter Arbeitsplatz ohne viel zwischenmenschliche Interaktion, unregelmäßige Pausen mit unregelmäßigen und kurzen Schlafzeiten, ungesunde Essgewohnheiten sowie eine lange Abwesenheit von zu Hause und der Familie verbunden. Alle diese Faktoren sind für sich alleine genommen bereits Risikofaktoren für das Auftreten von Übergewicht und in Folge dessen auch für das Auftreten von Schäden am Stütz- und Halteapparat. Erschwerend kommt der Bewegungsmangel durch zu wenig Sport oder Bewegung hinzu. Demzufolge ist es naheliegend, dass ein Großteil der Studienteilnehmer an Übergewicht oder sogar pathologischer Adipositas (1°-3°) litt. Durch Übergewicht (BMI nach den Kriterien der WHO [75]  $\geq 25\text{kg/m}^2$ ), wird die Körperstabilität beeinflusst. Mit zunehmenden BMI konnte in dieser Studie eine Störung der posturalen Kontrolle durch eine Schwankungszunahme in frontaler und sagittaler Ebene beobachtet werden.

Lastkraftwagenfahrer verbringen ihre gesamte Arbeitszeit ausschließlich im Sitzen, abgesehen von relativ kurzen Zeiten für das Be- und Entladen des Lastkraftwagens. Es konnte mit dieser Studie gezeigt werden, dass durch diese Zwangshaltung, die über einen sehr langen Zeitraum, bei langer täglicher Arbeitszeit und über einen langjährigen

Zeitraum aufrecht gehalten wird, die posturale Kontrolle gestört wird. Bei den untersuchten Lastkraftwagenfahrern kam es mit zunehmenden Arbeitsjahren als Lastkraftwagenfahrer zu einer Schwankungszunahme in frontaler und sagittaler Ebene. Mit der langjährigen Sitzposition und der weiten Verbreitung von Übergewicht bei Lastkraftwagenfahrern sind auch Rückenschmerzen assoziiert. Die Mehrheit der befragten Lastkraftwagenfahrer gab an, unter Rückenschmerzen zu leiden. Allerdings konnte kein objektiv messbarer Nachweis erbracht werden, dass sich diese Schmerzen im Sinne einer Schonhaltung auf die posturale Kontrolle auswirken.

Viele der in dieser Studie untersuchten Faktoren nehmen Einfluss auf die posturale Kontrolle. In welchem Ausmaß die einzelnen Faktoren sich gegenseitig beeinflussen oder sich ihr Einfluss auf die posturale Kontrolle verstärkt oder aufhebt, ist mit dieser Studie nicht untersucht worden.

## **4.8. Material- und Methodenkritik**

### **4.8.1. Materialkritik**

#### **4.8.1.1. Auswahl der Studienteilnehmer**

Die Studienteilnehmer waren Lastkraftwagenfahrer, die eine Autobahnraststätte einer vielbefahrenen Autobahn in Deutschland für ihre Ruhepausen in der Nacht aufgesucht haben. Die Rekrutierung der Studienteilnehmer erfolgte über einen Zeitraum von drei Monaten. An jedem Tag, an dem Messungen für die Studie auf dem Rastplatz durchgeführt wurden, wurden alle sich auf den Rastplatz befindenden Lastkraftwagenfahrer gefragt, ob sie an der Studie teilnehmen möchten. Hierbei wurden die Ausschlusskriterien dieser Studie beachtet.

Eine Stärke dieser Studie ist die hohe Anzahl von teilnehmenden Lastkraftwagenfahrern. Damit bilden die Teilnehmer in dieser Studie sehr repräsentativ die Berufsgruppe der Lastkraftwagenfahrer ab. Die Studienteilnehmer wurden direkt an ihrem Arbeitsplatz für die Studienteilnahme gewonnen und es fand keine Selektion durch Vorgesetzte statt.

#### 4.8.1.2. Fragebogen

Mit Hilfe des Fragebogens wurden die Studienteilnehmer nach ihren Arbeitszeiten, Pausen, gesundheitlichen Beschwerden und sportlicher Betätigung befragt. Hierbei konnten die Studienteilnehmer teilweise ihre Antworten in eigenen Worten aufschreiben oder aus vorgegebenen Antworten wählen.

Vor allem durch die frei gegebenen Antworten blieb den Studienteilnehmern ein Interpretationsspielraum. So konnten die Studienteilnehmer selbst festlegen, welche Zeit sie als Arbeitszeit auffassen und ob sie ihre Ruhezeiten und Pausen zu der Arbeitszeit hinzuzählen. Auch bei der Frage nach sportlicher Betätigung wurden keine festen Definitionen genannt, nach denen körperliche Übungen definiert sind. Möglicherweise ist durch diesen Umstand zu erklären, warum es zu keinen messbaren Unterschieden zwischen den beiden Gruppen nach sportlicher Betätigung gekommen ist. Andere externe Einflussfaktoren, wie beispielsweise eine eventuell vorbestehende Berufsausbildung oder die Ausstattung des Lastkraftwagens mit gefedertem Fahrersitz, wurden in dem Fragebogen nicht abgefragt.

#### 4.8.1.3. Messung der posturalen Kontrolle

Die Messung der Posturographie wurde mit der Druckmessplatte GP Multisens der Firma GeBioM (Münster, Deutschland) durchgeführt. Für die Durchführung korrekter Daten ist das vorherige Kalibrieren unbedingt notwendig.

Die gemessenen Daten wurden nach Abschluss der Messungen manuell von der Betriebssoftware in eine Exceltabelle zur weiteren Bearbeitung und Analyse übertragen. Hierbei kann es potentiell zu Übertragungsfehlern kommen.

### 4.8.2. Methodenkritik

Unmittelbar vor Beginn der Posturographie wurden die Studienteilnehmer gewogen. Damit wurde gewährleistet, dass das tatsächliche Gewicht, was sie zudem auf dem Fragebogen angegeben haben stimmte und zur Berechnung des BMI verwendet werden konnte.

Um möglichst korrekte Ergebnisse der Fußdruckbelastung zu bekommen, ist es notwendig, dass die Probanden barfuß in einer möglichst habituellen Körperhaltung in dem Messbereich der Druckmessplatte stehen. Ebenfalls sollte darauf geachtet werden,

dass die Probanden zwischen den einzelnen Messungen kurz pausieren. Dadurch soll verhindert werden, dass die Messungen durch zu langes Stehen verfälscht werden [76]. Der Arbeitsalltag von Lastkraftwagenfahrern spielt sich fast ausschließlich in sitzender Körperposition in der Fahrerkabine ab. Die Messungen der Fußdruckbelastung und der Körperschwankung wurden in dieser Studie jedoch im Stehen außerhalb des Lastkraftwagens durchgeführt. Die Posturographie fand also nicht in einer Körperposition statt, die die Studienteilnehmer während ihrer eigentlichen Arbeit einnehmen. Die Ergebnisse dieser Studie sind also mit diesem Hinweis zu beurteilen.

Die Lastkraftwagenfahrer in dieser Studie wurden nur zu einem einmaligen Zeitpunkt vermessen. Dementsprechend lassen sich keine Aussagen über langfristige Veränderungen und Vergleiche bezüglich der gemessenen Parameter der posturalen Kontrolle treffen.

Eine Stärke dieser Studie ist, dass die Lastkraftwagenfahrer hinsichtlich des BMI, der Arbeitsjahre, Rückenschmerzen und Sport in verschiedene Gruppen eingeordnet wurden. Dadurch konnten die verschiedenen Faktoren unabhängig voneinander hinsichtlich ihres Einflusses auf die posturale Kontrolle analysiert werden.

#### **4.9. Ausblick**

Mit dieser Studie kann belegt werden, dass Übergewicht unter Lastkraftfahrern weit verbreitet ist. Dies wirkt sich auch auf die posturale Kontrolle aus, da es zu einer Zunahme der frontalen und sagittalen Schwankungen kommt. Ferner scheint langjährige Arbeit als Lastkraftwagenfahrer und damit verbunden langjähriges Sitzen in aufrechter monotoner Position die posturalen Kontrollmechanismen zu stören. Es kommt dadurch zu einer Schwankungszunahme. In anderen Studien konnten bereits die Einflussfaktoren Übergewicht und langes Sitzen auf die posturale Kontrolle festgestellt werden. In dieser Studie konnte nachgewiesen werden, dass das Zusammenspiel der beiden Einflussfaktoren, Übergewicht und langjähriges Sitzen, auf die posturale Kontrolle bei Lastkraftwagenfahrern zu einer signifikanten Verschlechterung der posturalen Kontrolle in Form einer Zunahme frontaler und sagittaler Schwankungen führt. Es kommt also vermutlich zu einer Störung des neuronalen und oder des muskuloskelettalen Systems, wie es bereits ebenfalls von *Oullier et al.* [14] vermutet worden ist. Die genauen kausalen



pathologischen Mechanismen müssen in weiteren Studien untersucht werden. Diese Steuerungsmechanismen der posturalen Kontrolle sind komplex und bisher nicht vollständig verstanden.

Auswirkungen von Rückenschmerzen auf die posturale Kontrolle ließen sich dagegen nicht objektivierbar messen. Dennoch sollte das weit verbreitete Problem von Rückenschmerzen bei Lastkraftwagenfahrern weiter untersucht werden, da Rückenschmerzen ein Ausdruck einer Läsion des Stützapparates sein können und dementsprechend untersucht und therapiert werden sollten. Mit dem Ziel, Arbeitsausfälle und Frühberentung auf Grund von Rückenschmerzen zu vermeiden, sollten weitere Studien durchgeführt und Gesundheitsförderprogramme etabliert werden.

Aus den vorliegenden Daten kann geschlossen werden, dass sich die posturale Kontrolle von Lastkraftfahrern durch die lange Arbeit in sitzender Position langfristig verschlechtert. Die Hersteller von Fahrersitzen haben auf diese Erkenntnisse schon vor Jahren reagiert und diese in die Entwicklung neuer ergonomischer Fahrersitze einfließen lassen. Die Fahrersitze wurden ergonomisch verbessert und mit guten Federungen ausgestattet [83]. Dieser Fortschritt sollte weiterverfolgt werden und neu entwickelte Fahrersitze auf ihre Effizienz hinsichtlich einer Verbesserung der posturalen Kontrolle und einer Reduktion muskuloskelettaler Beschwerden evaluiert werden.

Die Rolle von monotonem Sitzen über einen längeren Zeitraum und die zweifelsfrei nachgewiesenen negativen Auswirkungen des langen Sitzens auf den Stoffwechsel [27] und den Stützapparat [34] sollten in weiteren Studien untersucht werden. Diese Studie bietet einen Ausgangspunkt für weitere Studien, die mögliche relevante Strukturen des Stütz- und Bewegungsapparates detektieren und deren Bedeutung für die posturale Kontrolle erklären.

Die gesundheitlichen Risiken, die mit dem Beruf des Lastkraftwagenfahrers in Verbindung stehen, wurden schon in zahlreichen Studien [42, 43, 47-49] erkannt und konnten auch in dieser Studie eindrucksvoll bestätigt werden. Hieraus ergibt sich der Auftrag, den Lastkraftwagenfahrern trotz des schwierigen Umfeldes, möglichst gute Präventionsmöglichkeiten und speziell auf Lastkraftwagenfahrer angepasste Angebote zur Gesundheitsförderung zukommen zu lassen. Vor allem die Gewichtsreduktion und die Stressreduktion sollten hierbei im Fokus für Entwicklung von Gesundheitsprogrammen für Lastkraftwagenfahrer stehen. So haben es auch andere Autoren gefordert [52]. Ein Vorschlag von *Greenfield* [98] ist die Ausstattung der Lastkraftwagenfahrer mit mobilen Geräten zur Messung von Vitalparametern, wie

beispielsweise die Blutzuckermessung und Blutdruckmessung. Hierdurch könnte möglicherweise die Entwicklung von Erkrankungen frühzeitig erkannt werden und dementsprechend auch früher behandelt werden.

Effiziente Gesundheitsförderprogramme, die die besondere Arbeitssituation von Lastkraftwagenfahrern und die strukturellen Probleme der Logistikbranche berücksichtigen, sollten Gegenstand weiterer Studien sein. Ein zentraler Aspekt sollte hierbei die Stressreduktion und der enorme Zeitdruck, unter dem die Lastkraftwagenfahrer stehen, sein. Dies wird als Hauptverursacher gesundheitlicher Probleme von Lastkraftwagenfahrern gesehen. Relevante gesundheitliche Risikofaktoren sind der Bewegungsmangel durch zu wenig Sport, die monotone Sitzposition sowie ungesundes Essen [31]. Auch hier muss an weiteren Konzepten gearbeitet werden, um den Gesundheitszustand von Lastkraftwagenfahrern zu verbessern.

## 5. Zusammenfassung/ Summary

In der vorliegenden Arbeit sollte der Einfluss von langjährigem Lastkraftwagenfahren auf die posturale Kontrolle untersucht werden. Hierzu wurden die Auswirkungen verschiedener Einflussfaktoren, die mit langjährigem Lastkraftwagenfahren assoziiert sind, im Hinblick auf die posturale Kontrolle analysiert. In diesem Rahmen wurden auf einer Autobahnraststätte in Deutschland 180 (179m/1w) Lastkraftwagenfahrer im Alter von 21 bis 65 Jahren mit einer Berufserfahrung von 1 bis 45 Jahren untersucht. Mit Hilfe eines Fragebogens wurden Informationen über die Arbeitszeit und den Gesundheitszustand der Lastkraftwagenfahrer, wie beispielsweise bestehende Rückenschmerzen oder Sportverhalten, erhoben. Für die Messung der Parameter der posturalen Kontrolle in habitueller Standposition wurde die Druckmessplatte GP Multisens der Firma GeBioM (Münster, Deutschland) verwendet. Es wurde die prozentuale Druckverteilung im Vorfuß-Rückfußbereich für den linken und rechten Fuß gemessen. Des Weiteren konnte die Körperschwankung in frontaler (anterior/posterior) und sagittaler (medial/lateral) Ebene aufgezeichnet werden. Dadurch lassen sich unter anderem Rückschlüsse auf eine Verlagerung des Körperschwerpunktes ziehen.

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe des Statistikprogrammes BiAS Version 11.0 (2015). Die erhobenen Daten wurden unter Verwendung des Kolmogoroff-Smirnoff-Lillifors-Tests auf Normalverteilung getestet. Das Signifikanzniveau lag bei  $\alpha=5\%$ . Daneben wurde ein zweiseitiges 95%-Konfidenzintervall sowie der Toleranzbereich der Daten berechnet. Da keine Normalverteilung der Daten vorlag, wurde der Kruskal Wallis Test mit anschließender Bonferoni-Holm Korrektur zum Vergleich der Daten eingesetzt. Die Korrelationen wurden durch einfache, lineare Korrelation nach Pearson oder Rang-Korrelation nach Spearman & Kendall berechnet. Die Studienteilnehmer wurden zusätzlich gemäß ihres BMI, ihrer bereits als Lastkraftwagenfahrer geleisteten Arbeitsjahre, nach bestehenden Rückenschmerzen und nach sportlicher Betätigung jeweils verschiedenen Gruppen zugeordnet. Die Gruppen wurden anschließend hinsichtlich der gemessenen Parameter miteinander verglichen.

In Bezug auf ein zunehmendes Alter konnte eine signifikant zunehmende sagittale Schwankung ( $p \leq 0,01$ ) sowie eine erhöhte Belastung des rechten Fußes ( $p \leq 0,01$ ) gemessen werden.

Im Vergleich zwischen normalgewichtigen und übergewichtigen Lastkraftwagenfahrern zeigten sich signifikante Unterschiede hinsichtlich der gemessenen Parameter der posturalen Kontrolle. Es konnte beobachtet werden, dass es mit zunehmenden BMI zu einer erhöhten Schwankung in frontaler ( $p \leq 0,04$ ) und sagittaler ( $p \leq 0,001$ ) Ebene kommt. Hinsichtlich der Fußdruckbelastung kam es zu keinen signifikanten Veränderungen zwischen den BMI-Gruppen.

Lastkraftwagenfahrer mit mehr Arbeitsjahren zeigten erhöhte frontale und sagittale Körperschwankungen. Es lag eine signifikante, positive Korrelation zwischen der frontalen Schwankung und einer Zunahme der Arbeitsjahre ( $p \leq 0,04$ ) vor. Auch bei der sagittalen Schwankung bestand eine signifikante Korrelation ( $p \leq 0,01$ ). Lediglich bei der Belastung des rechten Vorfußes konnte eine signifikante Korrelation nachgewiesen werden ( $p \leq 0,01$ ), während bei den anderen Parametern der Fußbelastung keine signifikante Korrelation belegt werden konnte. Im Gruppenvergleich nach Arbeitsjahren zeigte sich, dass mit ansteigenden Arbeitsjahren als Lastkraftwagenfahrer zu einem Anstieg des BMI kommt.

Im Vergleich von Lastkraftwagenfahrern mit und ohne Rückenschmerzen waren keine signifikanten Unterschiede bei den gemessenen Parametern der posturalen Kontrolle nachweisbar. Auch bei der Analyse des Einflusses von sportlicher Aktivität auf die posturale Kontrolle konnte kein Unterschied zwischen der Gruppe mit sportlicher Aktivität und ohne sportliche Aktivität gemessen werden.

Mit dieser Studie konnten die gesundheitsgefährdenden Einflüsse des Lastkraftwagenfahrens auf die posturale Kontrolle nachgewiesen werden. Vor allem das langjährige Sitzen und der erhöhte BMI haben einen Einfluss auf die Körperstabilität und stören die Kompensationsmechanismen der Aufrechterhaltung der posturalen Kontrolle. Die genauen Steuerungsmechanismen der Körperstabilität sind sehr komplex und wurden in dieser Studie nicht im Einzelnen analysiert. Um welche konkreten Strukturen es sich handelt, die durch das langjährige Lastkraftwagenfahren gestört werden, kann mit den Ergebnissen dieser Studie nicht erfasst werden.

## Summary

The following study aimed to analyze the influence of long term truck driving on postural control. For this reason, the effects of several risk factors, which are associated with truck driving, have been examined on their impact on parameters of postural control. 180 truck drivers (179m/1f) between 21 and 65 years took part in this study. The truck drivers had a work experience between one and 45 years. The examinations were performed on a motorway rest area in Germany. First, all participants had to fill in a questionnaire about their working conditions and health status. Parameters of postural control were collected using a foot pressure plate (GP Multisens, GeBioM (Münster, Germany)). With this the average pressure distribution in each segment of the foot and unilateral high pressure in a single segment of the foot can be measured. Furthermore, frontal and sagittal sway of the body can be detected.

The statistical evaluation of the parameters was conducted with the statistical program BiAS (Version 11.0, 2015). Parameters were tested on normal distribution using the Kolmogoroff-Smirnoff-Lillifors-Test. The significance level was set at  $p \leq 0.05$ . Furthermore, a both-sided 95%-confidence interval and the tolerance range of the data were calculated. For data analysis, the Kruskal-Wallis-Test was used as the data was not normally distributed. If the p-value of the Kruskal-Wallis-Test was  $p \leq 0.05$  the Conover-Iman-Comparison and afterwards the Bonferroni-Holm-correction was employed. Correlations of the data were calculated using Pearson's correlation or Spearman & Kendall's correlation.

In addition, subjects were divided in groups depending on their BMI, their number of working years, existing back pain and physical exercise. The samples were compared to each other with regard to the parameters of postural control.

Concerning an increase of age there was an increase of sagittal sway ( $p \leq 0.01$ ) and an increase of pressure in the right foot ( $p \leq 0.01$ ). Furthermore, an increased BMI correlates with a significant increase of frontal ( $p \leq 0.04$ ) and sagittal ( $p \leq 0.001$ ) sway. By contrast, due to plantar foot pressure distribution no significant differences between truck drivers with normal weight and overweighted truck drivers could be measured.

Participants, who worked longer as a truck driver, showed a higher sway in frontal ( $p \leq 0.04$ ) and sagittal plane ( $p \leq 0.01$ ). The comparison of the five BMI groups with the numbers of years working as a truck driver demonstrated that an increase of working years lead to an increased BMI. The majority of participating truck drivers suffered from

back pain (61%). However, no significant differences due to the parameters of the postural control could be measured. In the same way, no influence of physical exercise on the postural control could be detected.

The exact mechanisms that lead to body stability are very complex and were not individually analyzed in this study. Hence, this study does not capture which exact structures of the body and mechanisms of the postural control are influenced by long term truck driving.

Moreover, this study evaluated the harmful influence of truck driving on the postural control. Especially overweight and long term sitting in an upright position influence the postural control. This study demonstrated that increasing working years and increasing BMI lead to an increase in frontal and sagittal postural sway. Furthermore, the amount of working years correlates with the heights of body weight and back pain.

In this way, this study might be a basis for further studies, which analyse the mechanisms of the human body influenced by long term sitting and overweight.

## 6. Literaturverzeichnis

1. Bundesamt für Güterverkehr. Marktbeobachtung Güterverkehr. Köln, 2016:10-30.
2. Radke S. Verkehr in Zahlen 2016-2017: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2016:84-85; 240-43; 347.
3. Ellinghaus D, Steinbrecher J. Eine Untersuchung über die Beziehungen zwischen Lkw- und Pkw-Fahrern. UNIROYAL-Verkehrsuntersuchung. Hannover: Continental AG, 2002.
4. Szeto GP, Straker LM, O'Sullivan PB. A comparison of symptomatic and asymptomatic office workers performing monotonous keyboard work--1: neck and shoulder muscle recruitment patterns. *Man Ther* 2005;**10**(4):270-80 doi: 10.1016/j.math.2005.01.004.
5. Mutschler E, Schaible H-G, Vaupel P. Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen. 6 ed. Stuttgart, 2007.
6. Aumüller G, Aust G, Doll A. Anatomie. 2 ed. Stuttgart: Aumüller, G; Aust, G; Doll, A, 2010.
7. Benninghoff A, Drenckhahn D. Anatomie. München: Urban&Fischer Verlag/ Elsevier GmbH, 2008.
8. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus -LernAtlas der Anatomie- Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4 ed. Stuttgart: Schünke, M.; Schulte, E.; Schumacher, U., 2014.
9. Brenner B. Physiologie. 7., vollst. überarb. und erw. Aufl. ed. Stuttgart u.a.: Thieme, 2014.
10. Harrasser N, Salzmann M, Berger N, Ringel F, Buchmann N, Bieberthaler P. Facharztwissen Orthopädie Unfallchirurgie. Berlin: Springer, 2016.
11. Huber M. Posturale Kontrolle - Grundlagen. *neuroraha* 2016;**08 (04)**:158-62 doi: 10.1055/s-0042-118059.
12. Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, Paul JP. What is balance? *Clin Rehabil* 2000;**14**(4):402-6
13. Shumway-Cook A, Woollacott M. Motor Control. 4 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2011.
14. Comerford MJ, Mottram SL. Movement and stability dysfunction--contemporary developments. *Man Ther* 2001;**6**(1):15-26 doi: 10.1054/math.2000.0388.
15. Comerford MJ, Mottram SL. Functional stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction. *Man Ther* 2001;**6**(1):3-14 doi: 10.1054/math.2000.0389.
16. Dewar R, Claus AP, Tucker K, Johnston LM. Perspectives on postural control dysfunction to inform future research: A Delphi study for children with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2016 doi: 10.1016/j.apmr.2016.07.021.
17. Schmidt RF, Lang F, Thews† G. Physiologie des Menschen : mit Pathophysiologie. In: Schmidt RF, ed. Springer-Lehrbuch. 29., vollst. neu bearb. und aktualisierte Aufl. ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2005:341-42.
18. Klinke R, R. B. Physiologie. 6 ed. Stuttgart: Thieme, 2010.
19. Oullier O, Ludovic M, Stoffregen T, Boostma R, Bardy B. Variability in Postural Dynamics. *Human KInetics* 2006:25-47
20. Götz-Neumann. Physiologie des menschlichen Gangbildes (II). 4 ed. Stuttgart, 2016.
21. Winter D, Eng P. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait&Posture* 1995;**3**:193-214

22. Birtane M, Tuna H. The evaluation of plantar pressure distribution in obese and non-obese adults. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2004;**19**(10):1055-9 doi: 10.1016/j.clinbiomech.2004.07.008.
23. Hills AP, Hennig EM, Byrne NM, Steele JR. The biomechanics of adiposity--structural and functional limitations of obesity and implications for movement. *Obes Rev* 2002;**3**(1):35-43
24. Gawda P, Dmoszynska-Graniczka M, Pawlak H, et al. Evaluation of influence of stretching therapy and ergonomic factors on postural control in patients with chronic non-specific low back pain. *Ann Agric Environ Med* 2015;**22**(1):142-6 doi: 10.5604/12321966.1141384.
25. Eysel-Gosepath K, McCrum C, Epro G, Bruggemann GP, Karamanidis K. Visual and proprioceptive contributions to postural control of upright stance in unilateral vestibulopathy. *Somatosens Mot Res* 2016;**33**(2):72-8 doi: 10.1080/08990220.2016.1178635.
26. Schoberth H. *Orthopädie des Sitzens*. Berlin: Springer, 1989.
27. Engeroff T, Füzeki E. *Körperliche Aktivität und Gesundheit*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2017.
28. Bergouignan A, Rudwill F, Simon C, Blanc S. Physical inactivity as the culprit of metabolic inflexibility: evidence from bed-rest studies. *J Appl Physiol* (1985) 2011;**111**(4):1201-10 doi: 10.1152/jappphysiol.00698.2011.
29. Tremblay MS, Colley RC, Saunders TJ, Healy GN, Owen N. Physiological and health implications of a sedentary lifestyle. *Appl Physiol Nutr Metab* 2010;**35**(6):725-40 doi: 10.1139/H10-079.
30. Altenburg TM, Rotteveel J, Dunstan DW, Salmon J, Chinapaw MJ. The effect of interrupting prolonged sitting time with short, hourly, moderate-intensity cycling bouts on cardiometabolic risk factors in healthy, young adults. *J Appl Physiol* (1985) 2013;**115**(12):1751-6 doi: 10.1152/jappphysiol.00662.2013.
31. Chastin SF, Egerton T, Leask C, Stamatakis E. Meta-analysis of the relationship between breaks in sedentary behavior and cardiometabolic health. *Obesity (Silver Spring)* 2015;**23**(9):1800-10 doi: 10.1002/oby.21180.
32. Kim IY, Park S, Chou TH, Trombold JR, Coyle EF. Prolonged sitting negatively affects the postprandial plasma triglyceride-lowering effect of acute exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2016;**311**(5):E891-E98 doi: 10.1152/ajpendo.00287.2016.
33. Eder M, Tilscher H. *Schmerzsyndromeder Wirbelsäule*. Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis. Stuttgart: Hippokrates, 1991.
34. Schön FA, Preim D. Feldstudie zum dynamischen Sitzen unter verschiedenen Arbeitsplatzbedingungen. *Zentralblatt der Arbeitsmedizin* 2009;**59**:44-45
35. Schön F, Preim D, Keller D. Studie über das Ausmaß der Beckenrückdrehung beim Sitzen in Abhängigkeit vom Sitzneigungswinkel mit Hilfe eines neuen digitalen Winkelmessers. *Zentralblatt der Arbeitsmedizin* 2012;**62**:216-25
36. Wilke HJ, Neef P, Caimi M, Hoogland T, Claes LE. New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine (Phila Pa 1976)* 1999;**24**(8):755-62
37. Battié MC, Videman T, Kaprio J, et al. The Twin Spine Study: contributions to a changing view of disc degeneration. *Spine J* 2009;**9**(1):47-59 doi: 10.1016/j.spinee.2008.11.011.
38. Schäfler HR. *Ergonomie am Arbeitsplatz*. Secondary Ergonomie am Arbeitsplatz 2017. <http://docplayer.org/126154-Ergonomie-am-arbeitsplatz-buero-design-printsystems-papeterie-druck-copy-shop.html>.



39. Hue O, Simoneau M, Marcotte J, et al. Body weight is a strong predictor of postural stability. *Gait Posture* 2007;**26**(1):32-8 doi: 10.1016/j.gaitpost.2006.07.005.
40. Thorp AA, Kingwell BA, Owen N, Dunstan DW. Breaking up workplace sitting time with intermittent standing bouts improves fatigue and musculoskeletal discomfort in overweight/obese office workers. *Occup Environ Med* 2014;**71**(11):765-71 doi: 10.1136/oemed-2014-102348.
41. Flämig H. Entwicklung des Straßengüterverkehrs in Deutschland. Secondary Entwicklung des Straßengüterverkehrs in Deutschland [Web Page] 18.01.2017 10:26. <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/292087/>.
42. Schmucker U, Seifert C, Haasper G, et al. Unfälle, Erkrankungen und Verletzungen im Güterkraftverkehr. Konsequenzen für die medizinische Versorgung und Prävention. *Der Unfallchirurg* 2012;**115**(11):1022-33
43. Michaelis M. Gesundheitsschutz und Gesundheitsförderung von Berufskraftfahrern. Forschung Projekt F 2038. Dortmund, Berlin, Dresden: BAuA, 2008.
44. Apostolopoulos Y, Lemke MK, Hege A, et al. Work and Chronic Disease: Comparison of Cardiometabolic Risk Markers Between Truck Drivers and the General US Population. *J Occup Environ Med* 2016;**58**(11):1098-105 doi: 10.1097/JOM.0000000000000867.
45. Nolle T. Mobile Berufe—Eine Untersuchung der Arbeitsbedingungen und der Ernährung im Hinblick auf die Gesundheit. Dortmund: Dissertation, 2005.
46. Michaelis M, Rose U. Betriebliche Gesundheitsförderung für Berufskraftfahrer. *Prävention und Gesundheitsförderung* 2011;**6**(1):40-47
47. Birdsey J, Sieber WK, Chen GX, et al. National Survey of US Long-Haul Truck Driver Health and Injury: health behaviors. *J Occup Environ Med* 2015;**57**(2):210-6 doi: 10.1097/JOM.0000000000000338.
48. Rosso GL, Montomoli C, Candura SM. Poor weight control, alcoholic beverage consumption and sudden sleep onset at the wheel among Italian truck drivers: A preliminary pilot study. *Int J Occup Med Environ Health* 2016;**29**(3):405-16 doi: 10.13075/ijomeh.1896.00638.
49. Rosso GL, Perotto M, Feola M, Bruno G, Caramella M. Investigating obesity among professional drivers: the high risk professional driver study. *Am J Ind Med* 2015;**58**(2):212-9 doi: 10.1002/ajim.22400[published Online First: Epub Date]].
50. Puhkala J, Kukkonen-Harjula K, Aittasalo M, et al. Lifestyle counseling in overweight truck and bus drivers - Effects on dietary patterns and physical activity. *Prev Med Rep* 2016;**4**:435-40 doi: 10.1016/j.pmedr.2016.08.012.
51. Lemke MK, Apostolopoulos Y, Hege A, Wideman L, Sonmez S. Work, sleep, and cholesterol levels of U.S. long-haul truck drivers. *Ind Health* 2016 doi: 10.2486/indhealth.2016-0127.
52. Olson R, Thompson SV, Wipfli B, et al. Sleep, Dietary, and Exercise Behavioral Clusters Among Truck Drivers With Obesity: Implications for Interventions. *J Occup Environ Med* 2016;**58**(3):314-21 doi: 10.1097/JOM.0000000000000650.
53. Lemke MK, Hege A, Perko M, Sönmez S, Apostolopoulos Y. Work patterns, sleeping hours and excess weight in commercial drivers. *Occup Med (Lond)* 2015;**65**(9):725-31 doi: 10.1093/occmed/kqv080.
54. Balieiro LC, Rossato LT, Waterhouse J, Paim SL, Mota MC, Crispim CA. Nutritional status and eating habits of bus drivers during the day and night. *Chronobiol Int* 2014;**31**(10):1123-9 doi: 10.3109/07420528.2014.957299.
55. Thiese MS, Moffitt G, Hanowski RJ, Kales SN, Porter RJ, Hegmann KT. Commercial Driver Medical Examinations: Prevalence of Obesity, Comorbidities, and

- Certification Outcomes. *J Occup Environ Med* 2015;**57**(6):659-65 doi: 10.1097/JOM.0000000000000422.
56. Mansur AeP, Rocha MA, Leyton V, et al. Risk Factors for Cardiovascular Disease, Metabolic Syndrome and Sleepiness in Truck Drivers. *Arq Bras Cardiol* 2015;**105**(6):560-5 doi: 10.5935/abc.20150132.
  57. Ronchese F, Bovenzi M. [Occupational risks and health disorders in transport drivers]. *G Ital Med Lav Ergon* 2012;**34**(3):352-9
  58. Kim JH, Zigman M, Aulck LS, Ibbotson JA, Dennerlein JT, Johnson PW. Whole Body Vibration Exposures and Health Status among Professional Truck Drivers: A Cross-sectional Analysis. *Ann Occup Hyg* 2016;**60**(8):936-48 doi: 10.1093/annhyg/mew040.
  59. Bovenzi M. A longitudinal study of low back pain and daily vibration exposure in professional drivers. *Ind Health* 2010;**48**(5):584-95
  60. Jonsson PM, Rynell PW, Hagberg M, Johnson PW. Comparison of whole-body vibration exposures in buses: effects and interactions of bus and seat design. *Ergonomics* 2015;**58**(7):1133-42 doi: 10.1080/00140139.2014.961568.
  61. Blood RP, Yost MG, Camp JE, Ching RP. Whole-body Vibration Exposure Intervention among Professional Bus and Truck Drivers: A Laboratory Evaluation of Seat-suspension Designs. *J Occup Environ Hyg* 2015;**12**(6):351-62 doi: 10.1080/15459624.2014.989357.
  62. Zeeman ME, Kartha S, Winkelstein BA. Whole-body vibration induces pain and lumbar spinal inflammation responses in the rat that vary with the vibration profile. *J Orthop Res* 2016;**34**(8):1439-46 doi: 10.1002/jor.23243.
  63. Bovenzi M. Metrics of whole-body vibration and exposure-response relationship for low back pain in professional drivers: a prospective cohort study. *Int Arch Occup Environ Health* 2009;**82**(7):893-917 doi: 10.1007/s00420-008-0376-3.
  64. Troxel WM, Helmus TC, Tsang F, Price CC. Evaluating the Impact of Whole-Body Vibration (WBV) on Fatigue and the Implications for Driver Safety. *Rand Health Q* 2016;**5**(4):6
  65. Orr R. The effect of whole body vibration exposure on balance and functional mobility in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Maturitas* 2015;**80**(4):342-58 doi: 10.1016/j.maturitas.2014.12.020.
  66. Layne DM, Rogers B, Randolph SA. Health and gender comparisons in the long-haul trucking industry: a pilot study. *AAOHN J* 2009;**57**(10):405-13 doi: 10.3928/08910162-20090916-01.
  67. Lan FY, Liou YW, Huang KY, Guo HR, Wang JD. An investigation of a cluster of cervical herniated discs among container truck drivers with occupational exposure to whole-body vibration. *J Occup Health* 2016;**58**(1):118-27 doi: 10.1539/joh.15-0050-FS.
  68. Petit A, Roquelaure Y. Low back pain, intervertebral disc and occupational diseases. *Int J Occup Saf Ergon* 2015;**21**(1):15-9 doi: 10.1080/10803548.2015.1017940.
  69. Verbraucherschutz BdJu. Berufskrankheiten Verordnung. In: Verbraucherschutz BdJu, ed. Berlin, 1997.
  70. Lange J, Groth J. Sicherheits- und Gesundheitsschutzdefizite im Speditionsgewerbe. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft GmbH, 2005.
  71. Albert WJ, Everson D, Rae M, Callaghan JP, Croll J, Kuruganti U. Biomechanical and ergonomic assessment of urban transit operators. *Work* 2014;**47**(1):33-44 doi: 10.3233/WOR-131683.
  72. Mozafari A, Vahedian M, Mohebi S, Najafi M. Work-related musculoskeletal disorders in truck drivers and official workers. *Acta Med Iran* 2015;**53**(7):432-8

73. Eriksen D, Rosthøj S, Burr H, Holtermann A. Sedentary work--associations between five-year changes in occupational sitting time and body mass index. *Prev Med* 2015;**73**:1-5 doi: 10.1016/j.ypmed.2014.12.038.
74. Colne P, Frelut ML, Peres G, Thoumie P. Postural control in obese adolescents assessed by limits of stability and gait initiation. *Gait Posture* 2008;**28**(1):164-9 doi: 10.1016/j.gaitpost.2007.11.006.
75. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser* 2000;**894**:i-xii, 1-253
76. Wollny R. *Bewegungswissenschaft. Ein Lehrbuch in 12 Lektionen.* 2 ed. Aachen: Meyer&Meyer, 2007.
77. Granacher U, Gollhofer A, Zahner L. *Kraft und posturale Kontrolle im Alter: Auswirkungen von Training.* Bern: Schweizerischer Fitness- und Gesundheitscenterverband, 2010.
78. Prado JM, Stoffregen TA, Duarte M. Postural sway during dual tasks in young and elderly adults. *Gerontology* 2007;**53**(5):274-81 doi: 10.1159/000102938.
79. Luick R. *Betriebliche Gesundheitsförderung.* 1 ed. Wiesbaden: Springer, 2014.
80. Fabris de Souza SA, Faintuch J, Valezi AC, et al. Postural changes in morbidly obese patients. *Obes Surg* 2005;**15**(7):1013-6 doi: 10.1381/0960892054621224.
81. Mensink GBM. Adipositas und Übergewicht in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt* 2013;**56**:786-94 doi: 10.1007/s00103-012-1656-3.
82. Gill PE, Wijk K. Case study of a healthy eating intervention for Swedish lorry drivers. *Health Educ Res* 2004;**19**(3):306-15 doi: 10.1093/her/cyg030.
83. Tauber A. *Ingenieure müssen denken wie dicke Brummifahrer.* Welt 2014.
84. Backhaus C, Becker J, Jubit K, Bautz R, Felten C. "Fahr dich Fit" - Erfahrungen aus der Umsetzung eines niederschweligen Bewegungsangebotes für LKW-Fahrer/-innen auf Raststätten. In: DGUV, ed. *DGUV Report 2/2014.* Berlin: DGUV, 2014:47-54.
85. Hamilton M, Strawderman L, Hale B, Babski-Reeves K. Effects of BMI and task parameters on postural sway during simulated small parts assembly. *Ergonomics* 2015;**58**(3):504-12 doi: 10.1080/00140139.2014.972468.
86. Thiese MS, Effiong AC, Ott U, et al. A Clinical Trial on Weight Loss among Truck Drivers. *Int J Occup Environ Med* 2015;**6**(2):104-12
87. Puhkala J, Kukkonen-Harjula K, Mansikkamäki K, et al. Lifestyle counseling to reduce body weight and cardiometabolic risk factors among truck and bus drivers--a randomized controlled trial. *Scand J Work Environ Health* 2015;**41**(1):54-64 doi: 10.5271/sjweh.3463.
88. Mani R, Milosavljevic S, Sullivan J. The effect of occupational whole body vibration on standing balance: A systematic review. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2010;**40**:698-709
89. Mayton AG, Jobes CC, Gallagher S. Assessment of whole-body vibration exposures and influencing factors for quarry haul truck drivers and loader operators. *Int J Heavy Veh Syst* 2014;**21**(3):241-61 doi: 10.1504/IJHVS.2014.066080
90. Lin F, Crowther Z, Makhsous M. Reducing whole-body vibration of vehicle drivers with a new sitting concept. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2004;**7**:5111-4 doi: 10.1109/IEMBS.2004.1404412.
91. Anderson JE, Govada M, Steffen TK, et al. Obesity is associated with the future risk of heavy truck crashes among newly recruited commercial drivers. *Accid Anal Prev* 2012;**49**:378-84 doi: 10.1016/j.aap.2012.02.018|.

92. Fedotova IV, Bobokha MA. [The influence of ergonomic characteristics of the work place on the prevalence of pain syndrome in vocational drivers]. *Gig Sanit* 2015;**94**(1):72-6
93. Alperovitch-Najenson D, Santo Y, Masharawi Y, Katz-Leurer M, Ushvaev D, Kalichman L. Low back pain among professional bus drivers: ergonomic and occupational-psychosocial risk factors. *Isr Med Assoc J* 2010;**12**(1):26-31
94. Low DC, Walsh GS, Arkesteijn M. Effectiveness of Exercise Interventions to Improve Postural Control in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analyses of Centre of Pressure Measurements. *Sports Med* 2017;**47**(1):101-12 doi: 10.1007/s40279-016-0559-0.
95. Glofcheskie GO, Brown SH. Athletic background is related to superior trunk proprioceptive ability, postural control, and neuromuscular responses to sudden perturbations. *Hum Mov Sci* 2017;**52**:74-83 doi: 10.1016/j.humov.2017.01.009|.
96. Orr R, Raymond J, Fiatarone Singh M. Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults : a systematic review of randomized controlled trials. *Sports Med* 2008;**38**(4):317-43
97. Hege A, Apostolopoulos Y, Perko M, Sönmez S, Strack R. The Work Organization of Long-Haul Truck Drivers and the Association With Body Mass Index. *J Occup Environ Med* 2016;**58**(7):712-7 doi: 10.1097/JOM.0000000000000734
98. Greenfield R, Busink E, Wong CP, et al. Truck drivers' perceptions on wearable devices and health promotion: a qualitative study. *BMC Public Health* 2016;**16**:677 doi: 10.1186/s12889-016-3323-3

## 7. Anhang

### Anhang 1: Fragebogen



Institut für Arbeitsmedizin,  
Sozialmedizin und  
Umweltmedizin

*Direktor: Prof. Dr. David Groneberg*



### **Studie über den Einfluss des Lastkraftwagenfahrens auf die Körperstatik und die posturale Kontrolle**

Sehr geehrter Teilnehmer,

vielen Dank, dass Sie bei unserer Studie teilnehmen.

Es werden keine persönlichen Daten erhoben, die Rückschlüsse auf Ihre Identität zulassen. Alle Daten werden vertraulich behandelt.

---

Lfd. Nummer:

**Geschlecht:**     Männlich

Weiblich

**Geburtsdatum (TT.MM.JJJJ):** .....

**Größe (cm):** .....

**Gewicht (kg):**.....

**1)Wie viele Jahre arbeiten Sie insgesamt als LKW-Fahrer?**

**2)Wie viele Stunden arbeiten Sie insgesamt pro Woche?**

**3)Wie viele Stunden arbeiten Sie durchschnittlich pro Tag  
(ohne Pausen)?**

**4)Wie lange machen Sie am Tag Pause?**

**5)Haben Sie Rückenbeschwerden / -schmerzen?**

- Ja, wie oft?
  - oRegelmäßig (täglich, fast täglich)
  - o1 -2 mal pro Woche
  - o1-2 mal pro Monat

Nein (bitte mit Frage 8 weitermachen)

**6)Waren Sie wegen den Schmerzen in ärztlicher Behandlung?**

- Ja,  
Wurde eine Diagnose gestellt? Welche?

.....

- Nein

**7) Wenn ja, welche Behandlung(en) wurde(n) durchgeführt?  
(Mehrfachnennung möglich)**

- OP
- Medikamente (auch Schmerzspritzen)
- Physiotherapie
- Andere (Korsett, Schuheinlagen, etc.)

**8) Wie viele Stunden in der Woche treiben Sie Sport?**

- Ich treibe keinen Sport.
- Ich treibe Sport:
  - 1 - 2 Stunden
  - 3 - 4 Stunden
  - 5 - 7 Stunden

**9) Machen Sie spezielles Rückentraining?**

- Ja, (welches?)

.....

- Nein

**10) Nehmen Sie ärztliche Vorsorgeuntersuchungen wahr?**

Ja, welche?

.....

Nein

***Vielen Dank für Ihre Teilnahme!***



## 8. Schriftliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Medizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Dissertation mit dem Titel

### **Einfluss und Auswirkungen des langjährigen Lastkraftwagenfahrens auf die posturale Kontrolle**

in dem Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Goethe Universität in Frankfurt am Main

unter Betreuung und Anleitung von PD Dr. Daniela Ohlendorf ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe. Darüber hinaus versichere ich, nicht die Hilfe einer kommerziellen Promotionsvermittlung in Anspruch genommen zu haben.

Ich habe bisher an keiner in- oder ausländischen Universität ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht. Die vorliegende Arbeit wurde bisher nicht als Dissertation eingereicht.

Vorliegende Ergebnisse der Arbeit wurden in folgenden Publikationsorganen veröffentlicht:

*Ohlendorf D, Troebs P, Lenk A et al.: Postural sway working years and BMI in healthy truck drivers: an observational study. BMJ Open. 2017.*

*Lenk A, Troebs P, Wanke E et al.: Einfluss des Lastkraftwagenfahrens auf die Oberkörperstatik und den BMI. Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie. 01/2017. Band 67, Seiten 1-7*

---

(Ort, Datum)

(Unterschrift)