

DIU Dresden International University

Studiengang Management Sicherheit und Gesundheit
bei der Arbeit (MSGa)

Masterarbeit

Thema:

Ermittlung der Belastung beim Entladen von Wechselbrücken
bei [REDACTED] und das Erstellen einer
Verfahrensanweisung für zukünftige Beurteilungen

vorgelegt von: B. Eng. Andrea Prudenti

geboren am: 06.12.1986 in Herford

Matrikelnummer: 7010575

zur

Erlangung des akademischen Grades

Master of Science

1. Gutachter: Dr.-Ing. Christiane Kamusella

2. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Martin Schmauder

eingereicht am: 30.08.2021

Kurzfassung

Gemäß der Gefährdungsbeurteilung sind die Arbeitsplätze hinsichtlich ihrer Gefährdungsfaktoren zu bewerten. Bestandteil dessen ist ebenso die Beurteilung der physischen Belastungen. Diese können auf unterschiedliche Weise erfasst werden. In der betrieblichen Praxis werden sehr oft die Leitmerkmalmethoden (LMM) zur Beurteilung der physischen Belastung angewendet. Im Zuge des MEGAPHYS-Projekts wurden bestehende LMM überarbeitet sowie neue LMM zur Erfassung weiterer Arbeitsprozesse entwickelt.

Im Verlauf der vorliegenden Masterthesis wurden die physischen Belastungen in den Arbeitsbereichen des Entladens und Beladens beispielhaft mit Hilfe der LMM ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass eine hohe biomechanische Belastung in beiden Arbeitsbereichen vorhanden ist.

Das subjektive Empfinden der Mitarbeiter wurde anhand eines selbst entwickelten Fragebogens ermittelt. Die körperlichen Beschwerden und das Empfinden hinsichtlich der Arbeitsorganisation standen im Mittelpunkt dieser Erhebung.

Anschließend wurden Maßnahmen, die zu einer Reduktion der physischen Belastung führen, abgeleitet. Hierfür wurde ein Katalog an möglichen Maßnahmen entwickelt, welcher der Geschäftsleitung vorgestellt werden kann.

Zum Abschluss wurde eine Verfahrensanweisung für das Erstellen der LMM für den Entlader und Belader erstellt. Anhand dieser sollen die Fachkräfte für Arbeitssicherheit bei ■■■ zukünftig die örtlichen Erhebungen der physischen Belastung mit Hilfe der LMM selbstständig durchführen. Hierfür wurde zugleich eine LMM Multi E erstellt, anhand welcher mehr als 24 Teiltätigkeiten einer Belastungsart erfasst und automatisch berechnet werden.

Abstract

Based on the concept of risk assessment, workplaces are to be evaluated concerning existing risk factors. This also includes the assessment of physical strain. Physical strain can be made measurable in different ways. In operational practice, the Key Indicator Method (KIM) is very often used to assess physical strain. Within the scope of the MEGAPHYS project, existing KIMs were revised and new KIMs developed to record additional work processes.

The physical strains pertaining to unloading and loading tasks were determined based on the KIM. The results show that a high biomechanical strain is present in both work areas.

The subjective feeling of the employees was assessed using a self-developed questionnaire. The physical complaints and the perception regarding the established work procedures were the focus of this survey.


Subsequently, measures leading to a reduction in physical strain were derived from the results of the study. To limit the effects of physical strain, a catalog of possible measures to be presented to the management was developed.


Finally, handling instructions were drawn up for the preparation of the KIM for unloading and loading tasks. Based on these instructions, the occupational safety specialists at ■■■ are to independently carry out local surveys examining physical strain with the help of the KIM. A KIM Multi E was compiled for this purpose, where more than 24 partial activities of a loading task type were recorded and automatically calculated.


Formblatt Exposé Abschlussarbeit

Studiengang:	MSGA 19	
<input type="checkbox"/> Bachelorarbeit	<input checked="" type="checkbox"/> Masterarbeit	
Studierender:	Andrea Prudenti	
Matrikelnummer:	7010575	
Arbeitstitel der Thesis:	Ermittlung der Belastung beim Entladen von Wechselbrücken bei [REDACTED] und das Erstellen einer Verfahrensweisung für zukünftige Beurteilungen	
Erstgutachter:	Dr.-Ing. Christiane Kamusella	
Zweitgutachter:	Prof. Dr.-Ing. Martin Schmauder	
Betreuer*: <small>(*falls abweichend vom Gutachter)</small>		
Exposé		
1. Ausgangssituation		
<p>Bisher wurde die physische Belastung beim Entladen von Wechselbrücken mit Hilfe der Leitmerkmalmethode Version 2001 beurteilt. Die bisherigen Ergebnisse entsprechen nicht mehr den aktuellen Forschungs- und Wissensstand. Es fehlen Erkenntnisse, um methodisch noch gezielter und effizienter, bei der Beurteilung der physischen Belastung vorzugehen.</p>		
2. Zielsetzung		
<p>Eine Beurteilung nach einem Anwendungsverfahren soll für das Entladen von Wechselbrücken erfolgen. Dabei soll ein Anwendungsverfahren gewählt werden, dass sich für zukünftige Beurteilung von Arbeitsplätzen leicht im Unternehmen anwenden lässt. Hierbei sind neueste Erkenntnisse aus dem Projekt „Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastung am Arbeitsplatz – MEGAPHYS“ der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) an den ausgewählten Arbeitsplätzen zu berücksichtigen. Weiterhin ist das Entladen von Wechselbrücken in unterschiedliche Arbeitsschritte zu unterteilen. Die Lastgewichte sind dabei in verschiedenen Gewichtskategorien zu clustern. Am Ende soll eine Verfahrensweisung erstellt werden, die den örtlichen Fachkräften für Arbeitssicherheit bei [REDACTED] ermöglicht, eine Beurteilung nach Leitmerkmalmethode selbstständig durchzuführen. Mögliche Maßnahmen, die zu einer Verbesserung der Situation führen könnten, sollen aufgezeigt und bewertet werden.</p>		
3. Vorgehensweise		
<ul style="list-style-type: none"> - Auswahl von Arbeitsplätzen nach verschiedenen Kriterien zur Einbeziehung in die Belastungsanalyse - Durchführen von Arbeitsablaufanalysen - Ermitteln methodischer Schritte für die Ergonomiebewertung - Beurteilen der physischen Belastung für ausgewählte Arbeitsplätze nach den aktuellen Wissenstand - Zusammenfassen der Ergebnisse - Erstellen einer Verfahrensweisung - Mögliche Maßnahmen ableiten und bewerten 		

Formblatt Exposé Abschlussarbeit


Student


Erstgutachter


Zweitgutachter

Nicht vom Studierenden auszufüllen

Das Exposé wurde vom Wissenschaftlichen Leiter freigegeben am:

Sonstige Anmerkungen/Auflagen:

Vorwort

Ich habe mich aufgrund meines persönlichen Interesses hinsichtlich der ergonomischen Aspekte eines Arbeitsplatzes dazu entschieden, im Rahmen meiner Masterarbeit dazu beizutragen, die physische Belastung mithilfe der neuen LMM zu ermitteln. Ein besonderer Ansporn für mich war, eine Verfahrensanweisung mit Hilfe des MEGAPHYS-Projekts zu erstellen, die daraufhin Anwendung bei den örtlichen Fachkräften für Arbeitssicherheit findet.

Generell muss ich sagen, dass sich mit den neu überarbeiteten LMM verschiedene Arbeitsprozesse deutlich detaillierter darstellen lassen. Es besteht nun die Möglichkeit, nach einer Start- und Zielkörperhaltung die Ausführung zu bewerten. Allerdings hätten dem praktischen Nutzer mehr Hinweise gegeben werden können, die in dem sehr umfassenden MEGAPHYS-Bericht zu finden sind. Überdies hätte die Definition der Einstufung nach gelegentlich, häufig und ständig in der LMM angegeben werden können. Dieses muss sich leider jeder Nutzer eigenverantwortlich aus dem Bericht aneignen. Weiterhin wäre eine Erweiterung der Multi LMM E auf mehr als 24 Teiltätigkeiten sinnvoll gewesen.

Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen bedanken, die mir während meiner Masterarbeit stets zur Seite standen und mich unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt meiner Betreuerin, Frau Dr.-Ing. Christiane Kamusella, die mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand und mir wertvolle Hinweise zur Erstellung meiner Masterarbeit gegeben hat.

Ebenfalls möchte ich mich bei meinen Arbeitskollegen Thomas Achillius und Yasar Kocas bedanken, die mir bei der Erstellung der Masterarbeit und der Vorbereitung auf das Kolloquium tatkräftig geholfen haben.

Abschließend möchte ich meiner Familie wie meinen Freunden, die mir während meiner Masterarbeit stets viel Motivation und Energie gegeben haben, meinen Dank ausdrücken. Besonders meiner Ehefrau möchte ich einen großen Dank aussprechen, die immer eine Stütze war und mir während der Masterarbeit den Rücken freigehalten hat.

Inhalt

Kurzfassung.....	I
Abstract.....	II
Vorwort.....	V
Inhalt.....	VI
1 Einleitung.....	8
1.1 Problemstellung.....	8
1.2 Zielsetzung.....	8
1.3 Vorgehensweise und Aufbau.....	9
2 Theoretische Grundlagen.....	11
2.1 Gefährdungsbeurteilung physischer Belastungen.....	11
2.2 Vorgehen bei der Bewertung physischer Belastung nach den speziellen Screeningverfahren.....	15
2.3 Stellschraubenkonzept.....	20
3 Beschreibung der zu untersuchenden Arbeitsplätze und Tätigkeiten.....	22
3.1 Entladung Wechselbrücke.....	22
3.2 Beladung Wechselbrücke.....	25
4 Ermittlung physischer Belastungen an der Wechselbrücke beim Entladen und Beladen.....	28
4.1 Aufbereitung der notwendigen Daten.....	28
4.2 Einstufung der Körperhaltung nach den Lastfällen.....	34
4.3 Einstufung der weiteren Leitmerkmale nach den Lastfällen.....	36
4.4 Ermittlung der Tagesdosis für HHT anhand der Teiltätigkeiten und ihren Teildosen.....	41
4.5 Ermittlung der Ganzkörperkraft und daraus resultierenden Mischbelastung	45
4.6 Arbeitsunfähigkeitsprofil XXXXXXXXXX	47
4.7 Erstellen einer Verfahrensanweisung für zukünftige Bewertungen physischer Belastungsarten HHT.....	49

5	Erhebung des subjektiven Empfindens der Mitarbeiter anhand eines Fragebogens.....	52
5.1	Vorgehensweise bei der Erhebung und Auswertung.....	54
5.2	Ergebnisse der Evaluation für die Arbeitsorganisation	55
5.3	Ergebnisse der Evaluation der körperlichen Beschwerden.....	56
5.4	Folgen physischer Belastung durch manuelle Lastenhandhabung.....	58
6	Anwendung des Stellschraubenkonzeptes und daraus ableitende Maßnahmen.....	60
6.1	Ursachen für die hohe physische Belastung beim Entlader.....	60
6.2	Ursachen für die hohe physische Belastung beim Beladen.....	61
6.3	Potential für Stellschrauben beim Entladen.....	61
6.4	Potential für Stellschrauben beim Beladen.....	66
7	Fazit und Ausblick.....	70
	Literaturverzeichnis.....	72
	Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	76
	Abbildungsverzeichnis	78
	Tabellenverzeichnis	79
	Anlagenverzeichnis.....	80
	Eidesstattliche Erklärung	100

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Die Bewertung der physischen Belastungen bei [REDACTED] ([REDACTED]) wurde mithilfe der Leitmerkmalmethoden aus dem Jahr 2001 vorgenommen. Diese LMM sind für die Anwendung homogener Lastfälle geeignet. Bei [REDACTED] handelt es sich allerdings infolge der verschiedenen Ausführungsbedingungen, Körperhaltungen und verschiedenen Lasten, die gehandhabt werden müssen, um eine heterogene biomechanische Belastung. Aufgrund der hohen Hebe- und Umsetzvorgänge von teils 3.000 Paketen pro Schicht hätte eine Extrapolation der Zeitwichtung erfolgen müssen (BAuA, 2007). Daraus resultiert eine falsche Beurteilung der physischen Belastung für die Arbeitsplätze bei [REDACTED]. Weiterhin sind die angewendeten LMM veraltet, da diese bereits im Jahr 2019 seitens der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) überarbeitet worden sind.

Bei [REDACTED] werden im europäischen Logistiknetzwerk verschiedene Arten von Wechselbrücken verwendet. Diese weichen sowohl hinsichtlich der Abmessungsmaße als auch bezüglich des Aufbaus in den Wechselbrücken ab. Des Weiteren sind an den diversen Standorten bei [REDACTED] verschiedene Arbeitsplatzvoraussetzungen vorzufinden. An einigen veralteten Standorten werden die Wechselbrücken mit mobilen Rollenbändern entladen und beladen. An neuen und großen Standorten werden überwiegend Teleskopförderer eingesetzt, die sich jedoch zum Teil in ihrer Länge unterscheiden. Für diese verschiedenen Zusammensetzungen von Wechselbrücke und Arbeitsplatzvoraussetzungen bedarf es einer Erhebung der physischen Belastungen. In den bisherigen Berechnungen der physischen Belastungen wurden die variierenden Wechselbrücken und Arbeitsplatzvoraussetzungen nicht mitberücksichtigt.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Masterthesis ist es, die neuen LMM aus dem Projekt „Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz“ (MEGAPHYS) pilothaft an den Arbeitsplätzen Entlader und Belader für den Standort Bielefeld anzuwenden. An dem Standort Bielefeld sind an allen Arbeitsbereichen des Entladers

und Beladers Teleskopförderer installiert. Die ankommenden und ausgehenden Wechselbrücken an diesem Standort variieren sehr stark. Folglich soll hier die Betrachtung an einer Wechselbrücke, die im weiteren Verlauf ZZ-Wechselbrücke genannt wird, durchgeführt werden. Diese Wechselbrücke ist das neueste Modell und soll in Zukunft verstärkt zum Einsatz kommen. Weiterhin soll eine strukturierte und detaillierte Vorgehensweise ausgearbeitet werden, damit diese anschließend als Grundmaßstab für weitere Beurteilungen von Arbeitsplätzen bei ■■■■ angewendet werden kann. Diesbezüglich soll eine Verfahrensanweisung erstellt werden, in der die wichtigsten Schritte aufgezeigt werden, welche bei der Erhebung der physischen Belastung mit den LMM beachtet werden müssen. Die Masterarbeit soll daraufhin als Grundlage dienen, um mit der ■■■■-Geschäftsleitung die Arbeitsplätze, bei denen Handlungsbedarf besteht, zu optimieren.

1.3 Vorgehensweise und Aufbau

Die Zielsetzung soll anhand der in Abbildung 1.1 dargestellten Vorgehensweise erreicht werden. In Kapitel zwei wird auf die theoretischen Grundlagen eingegangen, die für die vorliegende Masterarbeit relevant sind. Anschließend werden in Kapitel drei die zu untersuchenden Arbeitsplätze erläutert und die dadurch resultierenden Teiltätigkeiten sowie daraus folgenden Belastungsarten beschrieben. Kapitel vier wiederum beschreibt die Ermittlung der physischen Belastungen an der Wechselbrücke. Hierbei sollen alle Untersuchungen und daraus ableitende Ergebnisse dargestellt werden. In dem darauffolgenden fünften Kapitel wird die Erfassung des subjektiven Empfindens der Mitarbeiter erfolgen. Dafür sollen Fragebögen erstellt werden, die den Mitarbeitern in den Arbeitsbereichen Entladen und Beladen von Wechselbrücken ausgehändigt werden. Daraufhin findet die Aufbereitung und Darstellung des Ergebnisses statt. Mit Hilfe des Stellschraubenkonzeptes sollen in Kapitel sechs Maßnahmen aufgezeigt werden, die zu einer Reduktion der biomechanischen Belastung führen. Die Arbeit endet in Kapitel sieben mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick, in dessen Rahmen zukünftige Schritte aufgezeigt werden.

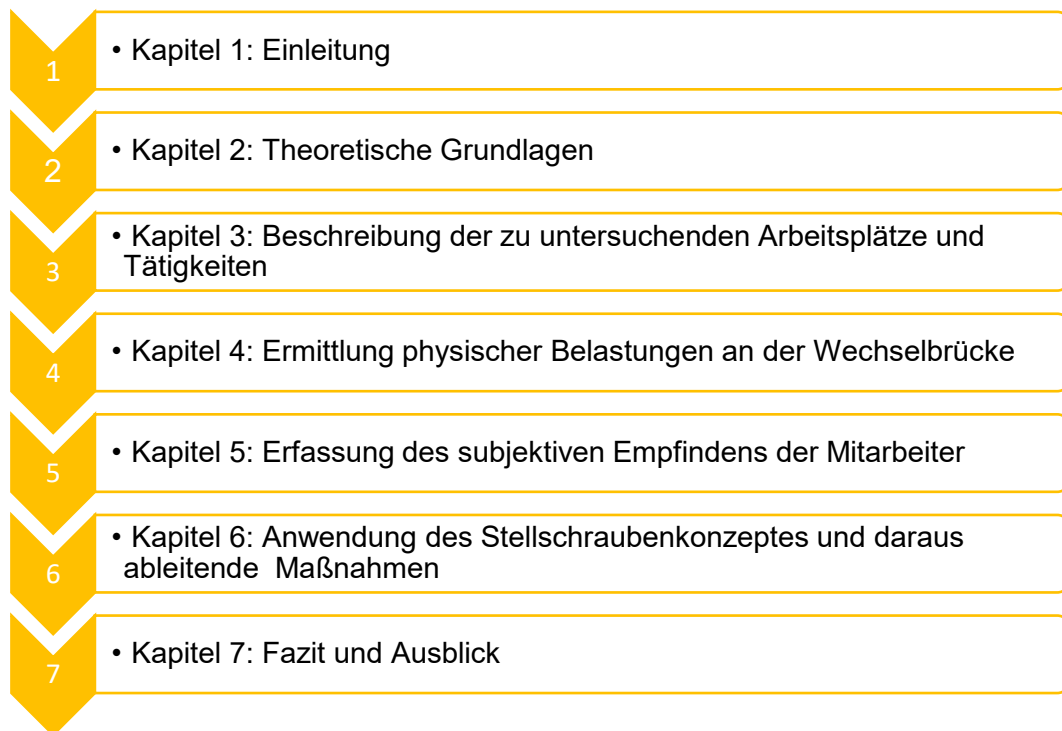


Abbildung 1.1: Vorgehensweise dieser Masterthesis

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Gefährdungsbeurteilung physischer Belastungen

Gemäß Paragraph drei Absatz eins Arbeitsschutzgesetz ist es die Grundpflicht des Arbeitgebers, eine Gefährdungsbeurteilung für jeden Arbeitsplatz zu erstellen. Im Zuge dessen sollen Gefährdungen für jeden Arbeitsplatz analysiert und bewertet werden. Der Arbeitgeber ist verpflichtet, alle erforderlichen Maßnahmen zur Erhaltung der Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten umzusetzen. Diese Maßnahmen sind in regelmäßigen Abständen auf ihre Wirksamkeit zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen (Arbeitsschutzgesetz, 1996).

Mit Hilfe der in Abbildung 2.1 dargestellten zehn Gefährdungsfaktoren sind die vorhandenen Arbeitsplätze im Betrieb auf mögliche Gefährdungen zu untersuchen (BAuA, 2021).

1	• Mechanische Gefährdungen
2	• Elektrische Gefährdungen
3	• Gefahrstoffe
4	• Biologische Arbeitsstoffe
5	• Thermische Gefährdungen
6	• Gefährdungen durch physikalische Einwirkungen
7	• Gefährdungen durch Arbeitsumgebungsbedingungen
8	• Gefährdungen durch physische Belastungen
9	• Psychische Faktoren
10	• Arbeitszeitgestaltung

Abbildung 2.1: Übersicht der zehn Gefährdungsfaktoren (Eigene Darstellung in Anlehnung an BAuA, 2021)

Die daraus resultierenden Schutzmaßnahmen sind nach dem STOP-Prinzip zu wählen (vgl. Abbildung 2.2). Der erste Schritt besteht darin, die Gefahrenquelle zu beseitigen bzw. zu eliminieren. Das kann etwa durch das Ersetzen von Gefahrstoffen durch weniger kritische Stoffe erfolgen. Sofern dies nicht möglich ist, ist die

Gefahrenquelle durch technische Schutzmaßnahmen zu beseitigen. Diesbezüglich sind alle technischen Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik zu berücksichtigen. In einem weiteren Schritt wird geprüft, ob organisatorische Maßnahmen, wie z. B. Unterweisungen, zu einer Reduktion der Gefährdungen führen können. Die Prüfung der Maßnahmen endet mit dem Umsetzen persönlicher Maßnahmen, wie z. B. das Einführen von Schutzbrillen bei vorhandener Restgefährdung (Berufsgenossenschaft Verkehr, 2021).

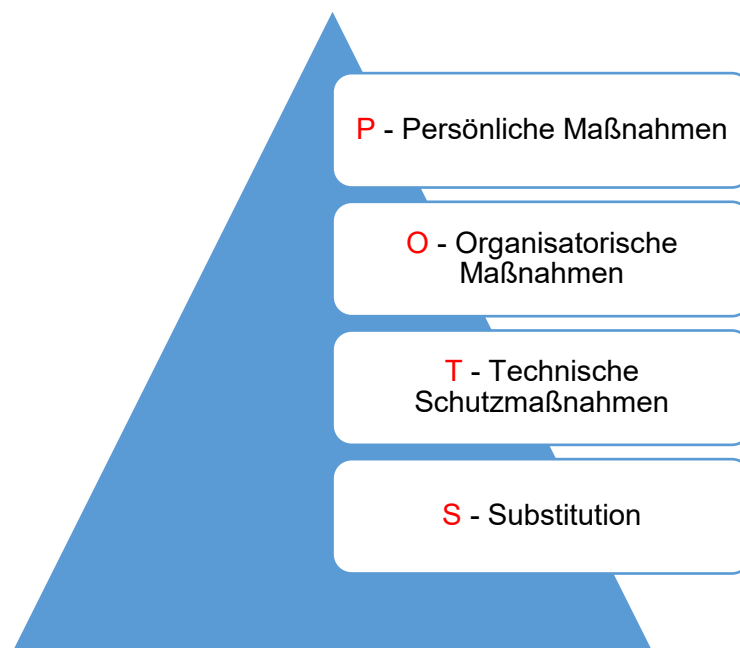


Abbildung 2.2: Maßnahmenhierarchie nach dem STOP-Prinzip (eigene Darstellung, in Anlehnung an Berufsgenossenschaft Verkehr 2021)

MEGAPHYS

Seit dem Jahr 2013 ist eine der Prioritäten der Deutschen Gemeinsamen Arbeitsschutzstrategie, Muskel-Skelett-Erkrankungen zu vermeiden. Hierfür sollten Methoden entwickelt und zur Verfügung gestellt werden, die zur Verwirklichung des Ziels beitragen. Im Zuge dessen wurden im Rahmen des Gemeinschaftsprojekt MEGAPHYS drei neue LMM entwickelt und die bestehenden LMM überarbeitet. Im Rahmen des Projekts sind die neuen Leitmerkmal-methode-Ganzkörperkräfte (LMM-GK), Leitmerkmal-methode-Körperhaltung (LMM-KH) und die Leitmerkmal-methode-Körperfortbewegung (LMM-KB) entwickelt worden, die nun in der Praxis an mehreren Arbeitsplätzen Anwendung finden. Die bestehenden Leitmerkmalme-

thoden-Ziehen und Schieben (LMM-ZS), Leitmerkalmethode Manuelle Arbeitsprozesse (LMM-MA) und die Leitmerkalmethode-Heben, Halten, Tragen (LMM-HHT) wurden überarbeitet. Zusätzlich ist eine Leitmerkalmethode, die zur Erfassung mehrerer Teiltätigkeiten einer Belastungsart dient, entwickelt worden (LMM-Multi E) (BAuA, 2019a).

Die oben genannten sechs Leitmerkalmethoden wurden in 40 verschiedenen Unternehmen erprobt. Dabei unterstützen mehr als 200 betriebliche Akteure, die dazu beigetragen haben, dass mehr als 600 Tätigkeitsbewertungen entstanden sind. Es sollte geprüft werden, ob die Anwendbarkeit dieser Methoden die Teiltätigkeit gut abbilden kann und zugleich die Belastung bei der Tätigkeit widerspiegelt. Hierfür wurden die betrieblichen Akteure befragt. Darüber hinaus sind 808 Arbeitnehmer befragt und körperlich untersucht worden. Anhand der Untersuchungen sollte festgestellt werden, ob Arbeitnehmer, die einer hohen Risikobelastung ausgesetzt sind, eher körperliche Beschwerden aufweisen als Arbeitnehmer mit einer geringeren körperlichen Belastung. Mit den Befragungen sollte das subjektive Empfinden der Arbeitnehmer im Hinblick auf die körperliche Belastung der Tätigkeit ermittelt werden (BAuA, 2019a).

Spezielles Screening nach LMM-HHT

Die LMM-HHT ist für das Heben, Halten und Tragen von Lasten ≥ 3 Kilogramm (kg) vorgesehen. Demzufolge sind in der LMM Lastgewichtsklassen erst ab 3 kg aufgeführt. Sollten allerdings bei Lasten < 3 kg typische Umsetzvorgänge zu sehen sein, kann die LMM-HHT ebenfalls verwendet werden. Hierbei ist die Lastwichtung 3 für Männer und 4 für Frauen zu wählen. Lasten können Gegenstände, Tiere oder Personen sein. Arbeitsvorgänge wie das Heben und das Umsetzen eines Gegenstandes auf eine andere Position, das Halten einer Last auf einer bestimmten Position für eine Dauer von > 5 Sekunden oder das Tragen einer Last mit einer Wegstrecke > 2 Meter (m) können mit der LMM-HHT dargestellt werden (BAuA, 2019b).

Mit der LMM-HHT werden Lastgewicht, Lastaufnahmebedingung, Körperhaltung mit Zusatzpunkten, ungünstige Ausführungsbedingungen, Arbeitsorganisation und Zeitwichtungen erfasst. Die Lastaufnahmebedingung berücksichtigt, ob die Lastaufnahme einhändig oder beidhändig erfolgt. Im Rahmen der überarbeiteten LMM-

HHT wurde überdies weiteren Körperhaltungen anhand von Piktogrammen Rechnung getragen. Ferner sind verschiedene Wichtungen nach Start- und Zielkörperhaltung definiert worden. Somit lassen sich einzelne Tätigkeiten genauer zuordnen. Des Weiteren können Zusatzpunkte für die Körperhaltung, wie z. B. für Rumpfvordrehung oder Hände über Schulterhöhe, vergeben werden. Anhand der ungünstigen Ausführungsbedingungen können unter anderem Hand-/Armstellungen, klimatische Bedingungen usw. berücksichtigt werden (BAuA, 2020a).

Die Zeitwichtung resultiert aus der Anzahl der Hebe- und Umsetzvorgänge. Diese lässt sich interpolieren und mathematisch wie folgt errechnen (BAuA, 2020b):

$$ZW(n_{\text{HHT}}) = 0,56 + 0,44 \times \left(\frac{n_{\text{HHT}}}{5}\right)^{0,5}$$

ZW = Zeitwichtung

n_{HHT} = Häufigkeit (Anzahl) der HHT-Vorgänge

Die Tagesdosis für die Teiltätigkeit wird wie folgt ermittelt (BAuA, 2020a):

Wirksames Lastgewicht

+ Lastaufnahmebedingung

+ Summe Körperhaltung

+ Ungünstige Ausführungsbedingung

+ Arbeitsorganisation

= Summe Merkmalswichtungen bzw. Intensität x Zeitwichtung

= Punktwert für die Tagesdosis

Mit Hilfe des Punktwertes der Tagesdosis kann die Tätigkeit anhand der Risikobeurteilung eingestuft werden. Daraus erfolgt die Notwendigkeit von Maßnahmen, die bei Bedarf umzusetzen sind (vgl. Abbildung 2.3) (BAuA, 2020a).


Anhand des errechneten Punktwertes und der folgenden Tabelle kann eine grobe Beurteilung vorgenommen werden:					
Risiko	Risiko-bereich	Belastungs-höhe ¹⁾	a) b)	Wahrscheinlichkeit körperlicher Überbeanspruchung Mögliche gesundheitliche Folgen	Maßnahmen
	1	< 20 Punkte	gering	a) Körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich b) Gesundheitsgefährdung nicht zu erwarten	Keine
	2	20 - < 50 Punkte	mäßig erhöht	a) Körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. b) Ermüdung, geringgradige Anpassungsbeschwerden, die in der Freizeit kompensiert werden können	Für vermindert belastbare Personen sind Maßnahmen zur Gestaltung und sonstige Präventionsmaßnahmen sinnvoll.
	3	50 - < 100 Punkte	wesentlich erhöht	a) Körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich b) Beschwerden (Schmerzen) ggf. mit Funktionsstörungen, meistens reversibel, ohne morphologische Manifestation	Maßnahmen zur Gestaltung und sonstige Präventionsmaßnahmen sind zu prüfen.
	4	≥ 100 Punkte	hoch	a) Körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. b) Stärker ausgeprägte Beschwerden und / oder Funktionsstörungen, Strukturschaden mit Krankheitswert	Maßnahmen zur Gestaltung sind erforderlich. Sonstige Präventionsmaßnahmen sind zu prüfen.

Abbildung 2.3: Risikobeurteilung für physische Belastung (BAuA, 2020a, S. 4)

Spezielles Screening nach LMM-GK

Die LMM-GK wird angewendet, wenn hohe Kräfte aufgebracht werden müssen. Dabei erfolgt die Krafterleitung größtenteils über die Hände und wird über Rücken, Beine und Füße weitergeleitet. Hierbei kann eine Kraftausübung aufgrund der hohen Kräfte nicht im Sitzen erfolgen (BAuA, 2019b).

Die Berechnung der Tagesdosis erfolgt durch die Beurteilung der Aktionskraft, Symmetrie der Kraftaufwendung, Körperhaltung, ungünstige Ausführungsbedingungen und der Arbeitsorganisation. Dies wird anschließend wie bei der LMM-HHT mit der Zeitwichtung multipliziert. Die Symmetrie der Kraftaufwendung ist dabei analog der Lastaufnahmebedingung bei der LMM-HHT (BAuA, 2019c).

Für die Erfassung der Aktionskraft ist es hilfreich, dass die Tätigkeit vom Beurteiler selbst ausgeübt wird, da diese nach dem subjektiven Empfinden festgelegt wird. Natürlich kann die Bewertung der Aktionskraft ebenso im Wege von Beobachtungen erfolgen (BAuA, 2019b).

2.2 Vorgehen bei der Bewertung physischer Belastung nach den speziellen Screeningverfahren

Um eine genaue Ermittlung der physischen Belastungen zu erzielen, muss der zu bewertende Arbeitsablauf nach Teiltätigkeiten gegliedert werden. Eine Teiltätigkeit resultiert aus unterschiedlichen Lastgewichten, verschiedenen Körperhaltungen sowie unterschiedlichen Ausführungsbedingungen. Diese Teiltätigkeiten sind den diversen Belastungsarten der LMM zuzuordnen. Demnach ergibt sich für jede Teiltätigkeit eine eigenständige LMM (vgl. Abbildung 2.4).



Abbildung 2.4: Vorgehensweise nach speziellen Screeningverfahren (eigene Darstellung)

LMM Multi E

Ein Aufsummieren der Teildosis bei LMM HHT und LMM GK würde zu einer Überschätzung der körperlichen Belastung führen. Bei diesen Belastungsarten wird von einer nichtlinearen Zeitwichtung ausgegangen. Anhand der nichtlinearen Zeitwichtung sollen sowohl Tätigkeiten mit einer geringen Intensität und hoher Zeitspanne als auch Tätigkeiten mit hohen Intensitäten und geringen Zeitanteilen erfasst werden (vgl. Abbildung 2.5). Der Abbildung 2.5 ist die schematische Darstellung der Zusammenfassung für die Wichtung der Zeitanteile bei nichtlinearer Zeitwichtung zu entnehmen (BAuA, 2019b).

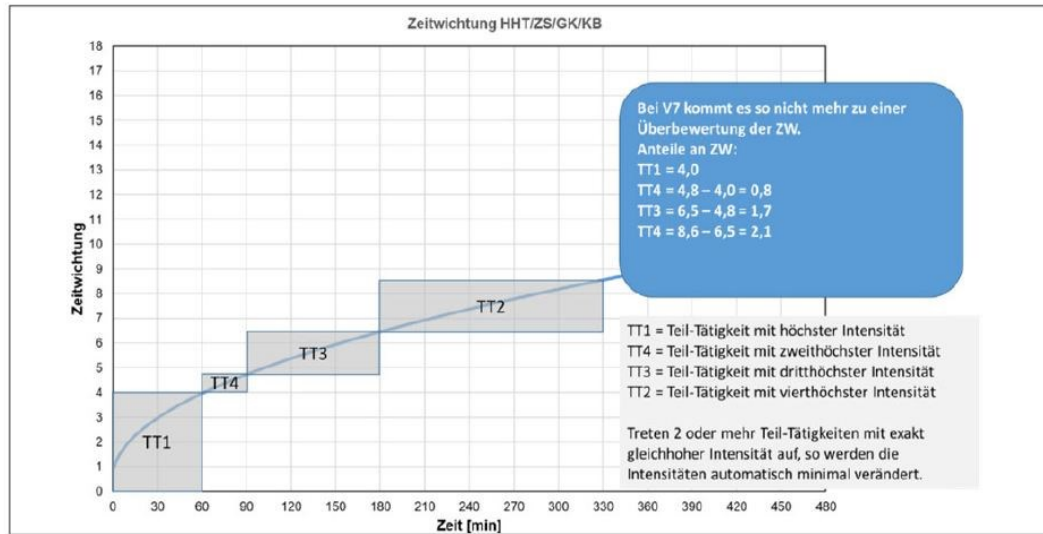


Abbildung 2.5: Darstellung nichtlinearer Zeitwichtung (BAuA, 2019b, S.234)

Die Teildosis wird mit der LMM Multi E zu einer Tagesdosis aggregiert. Das Zusammenführen der Teildosis zu einer Tagesdosis erfolgt pro Belastungsart. Hier können bis zu 24 Teiltätigkeiten durch Eingabe der Belastungsart, Zeitdauer, Zeitwichtung sowie Intensität erfasst und zu einem Gesamtpunktwert errechnet werden. Die Zeitdauer der Teiltätigkeit wird benötigt, wenn eine Extrapolation der Teiltätigkeit auf acht Stunden erfasst werden soll (BAuA, 2019d).

Bei mehr als 24 Teiltätigkeiten kann mit folgender Formel ein Gesamtpunktwert für eine Belastungsart errechnet werden (BAuA, 2020b):

$$PW_{\text{Ges}} = \sum_{i=1}^n (I_i \times ((0,56 + 0,44 \times (\sum_{j=1}^i t_j)^{0,5}) - (0,56 + 0,44 \times (\sum_{j=1}^{i-1} t_j)^{0,5})))$$

Vereinfacht dargestellt gestaltet sich die Formel zur Ermittlung des Gesamtpunktwertes pro Belastungsart wie folgt (BAuA, 2020b):

$$PW_1 = I_1 \times ZW(t_1)$$

$$PW_2 = I_2 \times (ZW(t_1+t_2) - ZW(t_1))$$

$$PW_3 = I_3 \times (ZW(t_1+t_2+t_3) - ZW(t_1+t_2))$$

$$PW_4 = I_4 \times (ZW(t_1+t_2+t_3+t_4) - ZW(t_1+t_2+t_3))$$

$$PW_n = \dots$$

$$PW_{\text{Ges}} = PW_1 + PW_2 + PW_3 + PW_4 + PW_n$$

PW = Punktwert der Teiltätigkeit

ZW = Zeitwichtung der Teiltätigkeit

I = Intensität der Teiltätigkeit

t = Dauer der Teiltätigkeit

Für die Berechnung der Tagesdosis müssen zunächst die Intensitäten der Teiltätigkeiten der Größe nach sortiert werden. Hierbei wird mit der höchsten Intensität begonnen, da diese Teildosis zur Errechnung der Tagesdosis erhalten bleibt. Weiterhin bedarf es sowohl der Zeitwichtung der Teiltätigkeit als auch der Dauer der Teiltätigkeiten. Diese lassen sich wie folgt ermitteln (BAuA, 2020b):

$$ZW_{ni} = 0,56 + 0,44 \times (t^{0,5})$$

$$t = \text{Häufigkeit} \times \frac{1}{5} \text{ [min]}$$

Mischbelastung

Zum jetzigen Zeitpunkt können verschiedene Tagesdosen aus unterschiedlichen Belastungsarten nicht zusammengeführt werden. Hierfür mangelt es noch an einer geeigneten Methode, die jedoch zukünftig durch die noch in der Entwicklung befindliche Leitmerkmalermethoden Mischbelastung (LMM-MB) erfasst werden soll. Nichtsdestoweniger liegt eine Konzeption auf Grundlage von Expertenschätzungen vor, die es zulässt, Belastungen unterschiedlicher Belastungsarten differenziert nach Körperregion darzustellen. Diese Konzeption wird als Matrix-Modell dargestellt (vgl. Abbildung 2.6) (Kamusella, 2020).

Belastungsart (LMM-Bezeichnung)	Nacken und ober- er Rücken	Schultern und Ober- arme	Unterarme und Hände	Unterer Rücken bis Hüfte	Knie/ Füße	Herz- Kreislauf/ Energie- umsatz
HHT	mäßig	stark	mäßig	stark	mäßig	stark
ZS	stark	stark	mäßig	stark	mäßig	stark
MA	mäßig	mäßig	stark			
KB		mäßig		mäßig	mäßig	stark
GK	stark	stark	stark	stark	mäßig	mäßig
KH Teil A Rückenhaltung	mäßig			stark	mäßig	mäßig
KH Teil B Schulter/Oberarm	stark	stark	mäßig			mäßig
KH Teil C Knie-/Beinbelastungen				mäßig	stark	mäßig

Abbildung 2.6: Matrix-Modell für die Mischbelastung (Kamusella, 2020, S.34)

Das Matrix-Modell für die Mischbelastung umfasst eine Basisbelastung und Zuschläge für weitere Belastungen. Die Basisbelastung betrachtet die Belastungsart mit dem höchsten Punktwert in jeder Körperregion. Diese wird anschließend jeweils als führende Belastung angegeben. Bei verschiedenen Belastungsarten werden die einzelnen Körperregionen abweichend belastet. Daraus folgt, dass sich unterschiedliche Körperregionen unterschiedlich schnell erholen. Da Überlagerungen verschiedener Belastungsarten an den individuellen Körperregionen entstehen können, wurden Zuschläge weiterer Belastungen definiert, die abhängig von den Effektstufen differenter Belastungsarten sind. Diese Effektstufen sind wie folgt definiert (Kamusella, 2020):

- stark wirkende Zweitbelastung: Die Belastung wirkt mit einem hohen Gewicht auf die Körperregion = Inkrement: 0,5 → Sockelbetrag: 1
- mäßig wirkende Zweitbelastung: Die Belastung wirkt mit einem begrenzten Gewicht auf die Körperregion = Inkrement: 0,2 → Sockelbetrag: 0,5
- kein wesentliches Zusammenwirken: Keine wesentliche Belastung auf die Körperregion = Inkrement: 0 → Sockelbetrag: 0

Nach der Übertragung der Inkremente bzw. Gewichtsmultiplikatoren ergibt sich folgende Matrix (vgl. Abbildung 2.7).

INTERNER KONZEPTENTWURF													
© ArbMedErgo / Institut ASER e.V. / BAuA													
Leitmerkmalmethode zur Beurteilung und Bewertung von Mischbelastungen (LMM MB)													
Belastungsart	LMM-Punkte <small>gerundet auf ganze Zahlen hier eintragen</small>	Zielregion											
		Nacken und oberer Rücken		Schulter und Oberarm		Unterarm und Hand		Unterer Rücken bis Hüfte		Knie / Füße		Herz-Kreislauf / Energieumsatz	
		Faktor	Teilpunkte	Faktor	Teilpunkte	Faktor	Teilpunkte	Faktor	Teilpunkte	Faktor	Teilpunkte	Faktor	Teilpunkte
HHT		0,2	0	0,5	0	0,2	0	0,5	0	0,2	0	0,5	0
ZS		0,5	0	0,5	0	0,2	0	0,5	0	0,2	0	0,5	0
MA		0,2	0	0,2	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0
KB		0	0	0,2	0	0	0	0,2	0	0,2	0	0,5	0
GK		0,5	0	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0,2	0	0,2	0
KH1 Rücken		0,2	0	0	0	0	0	0,5	0	0,2	0	0,2	0
KH2 Schulter/Arme		0,5	0	0,5	0	0,2	0	0	0	0	0	0,2	0
KH3 Knie/Füße		0	0	0	0	0	0	0,2	0	0,5	0	0,2	0
Gesamtbewertung Mischbelastung		0		0		0		0		0		0	
		Nacken und oberer Rücken		Schulter und Oberarm		Unterarm und Hand		Unterer Rücken bis Hüfte		Knie / Füße		Herz-Kreislauf / Energieumsatz	
		Zielregion											

Abbildung 2.7: Matrix für die Mischbelastung mit Inkrementen (Kamusella, 2020, S. 36)

Im weiteren Verlauf sind die Gesamtpunktwerte der einzelnen Belastungsarten mit den unterschiedlichen Inkrementen zu multiplizieren. Nach dieser Berechnung wird bei der Belastungsart, die für eine Körperregion dominiert, das Inkrement durch den Sockelbetrag ersetzt.

2.3 Stellschraubenkonzept

Die Belastungssituation lässt sich anhand von verschiedenen Belastungsmerkmalen optimieren. Die Einflussgrößen repräsentieren die spezifische Belastungssituation, anhand der die spezifischen Belastungsmerkmale einer Belastungssituation, auch Stellschrauben genannt, so weit verändert werden, bis die Belastungsalternativen in der Wirkungskontrolle ein niedrigeres Risiko ergeben. Mögliche Stellschrauben sind mit den Parametern Lastgewicht, Lastaufnahmebedingung, Körperhaltung, Ausführungsbedingung, Arbeitsorganisation und Zeitwichtung verbunden.

Eine Optimierung der Arbeitssituation kann mithilfe mehrerer Stellschrauben erfolgen. Dabei werden alle Stellschrauben analysiert und daraus ableitend Maßnahmen entwickelt sowie implementiert. Im Anschluss daran erfolgt eine Wirkungskontrolle, mit der eine erneute Risikobewertung ermittelt werden kann. Hieraus ableitend müssen mögliche Stellschrauben weiter angepasst werden, bis gemäß der Risikobeurteilung keine weiteren Maßnahmen notwendig sind (Kamusella, 2020).

3 Beschreibung der zu untersuchenden Arbeitsplätze und Tätigkeiten

3.1 Entladung Wechselbrücke

Die ZZ-Wechselbrücke hat einen Zwischenboden auf 0,72 m Höhe. Dieser Zwischenboden lässt sich in ca. 1 m langen Einzelsegmenten öffnen und an der Seitenwand der Wechselbrücke mit Hilfe eines Bügels sichern. Die Wechselbrücke ist 2,75 m hoch und 7,42 m lang.

Das Entladen der Wechselbrücken ist vom Zeitumfang her eine Teilzeitbeschäftigung. Pro Tagesschicht werden etwa vier Wechselbrücken mit ca. 3.000 Paketen in vier Stunden von einem Mitarbeiter entladen. An diesem Arbeitsplatz werden generell nur männliche Beschäftigte eingesetzt. Die Pakete können ein Lastgewicht von bis zu 70 kg aufweisen.

Bei dem in Abbildung 3.1 dargestellten Arbeitsplatz wird die ZZ-Wechselbrücke mit Hilfe eines vorhandenen Teleskopförderers entladen, welcher in seiner Höhe und Länge elektrisch verstellbar ist. Der Entlader beginnt, die Wechselbrücke oberhalb des Zwischenbodens zu entladen, wo sich 70 Prozent der Gesamtpakete in der Wechselbrücke befinden. Anschließend werden die schweren Pakete > 31,5 kg, sperrige Sendungen und Pakete mit einer Länge > 1,50 m, im weiteren Verlauf der Masterarbeit irreguläre Pakete genannt, auf eine dafür vorgesehene Rutsche, die in der Höhe aufgrund der Absturzgefahr auf 1 m begrenzt ist, separiert. Die irregulären Pakete befinden sich dabei meist auf dem Zwischenboden. Dieser Arbeitsvorgang erfolgt bei schweren Paketen unter Zuhilfenahme eines weiteren Mitarbeiters. Die irregulären Pakete durchlaufen einen separaten Kreislauf, in dem diese noch mal gesondert von weiteren Angestellten bearbeitet werden. Daraufhin wird der Zwischenboden hochgekippt und gegen unbeabsichtigtes Herunterklappen gesichert. Anschließend werden die Pakete unterhalb des Zwischenbodens entladen, wo sich 30 Prozent der Gesamtpakete der Wechselbrücke befinden. Nachdem die Wechselbrücke komplett ausgeladen worden ist, erhält der Mitarbeiter vom Bereichsleiter eine Anweisung, welche Wechselbrücke er als Nächstes entladen kann. Zum Teil werden Wechselbrücken auch mit zwei Beschäftigten gleichzeitig entladen, sodass hier eine gegenseitige Unterstützung erfolgen kann.

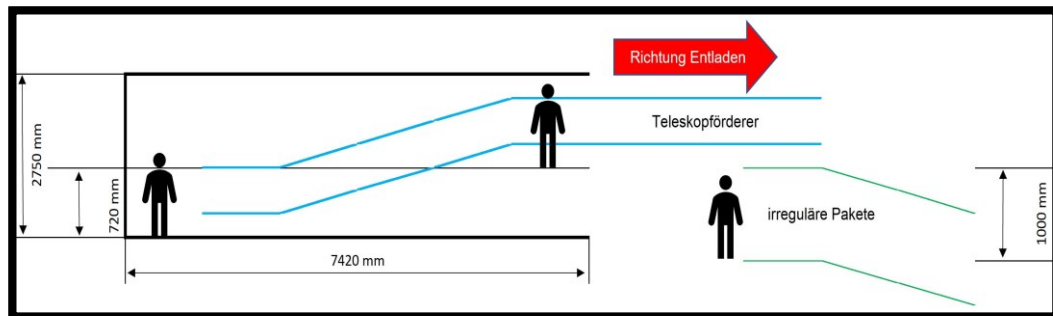






Abbildung 3.1: Seitenansicht Entladevorgang (eigene Darstellung)

Anhand einer umfangreichen Videoanalyse sind die Arbeitsabläufe beim Entladen und Beladen im Zuge dieser Masterarbeit analysiert worden. In Tabelle 3.1 sind alle Arbeitsabläufe, die im Zuge des Entladens zu Stande kommen, visualisiert. Aus der Arbeitsanalyse wird ersichtlich, dass alle Arbeitsvorgänge Hebe- und Umsetzvorgänge sind. Lediglich das Anheben des Zwischenbodens wird durch eine Ganzkörperkraft ausgeübt.

Tabelle 3.1: Übersicht Arbeitsvorgänge beim Entladen

Arbeitsablauf	Arbeitsaufgabe	Häufigkeit	Belastungsart
1	Aufnehmen der Pakete 	ca. 2.829	HHT

2	<p>Absetzen der Pakete</p> 	ca. 2.829	HHT
3	<p>Absetzen der irregulären Pakete</p> 	ca. 171	HHT
4	<p>Ankippen der Zwischenböden</p> 	ca. 64	GK

In den Arbeitsabläufen 1 und 2 (vgl. Tabelle 3.1) wird das Heben und Absetzen der Pakete auf dem Teleskopförderer veranschaulicht. Der Arbeitsablauf drei zeigt, wie die irregulären Pakete separiert werden. Dafür werden diese, wie bereits beschrieben, in eine separate Rutsche gelegt, die in der Höhe auf 1 m begrenzt ist. Folglich ist der Mitarbeiter gezwungen, sich stark nach vorne bzw. nach unten zu beugen. Der Arbeitsabschnitt 4 verdeutlicht, wie der Mitarbeiter den Zwischenboden hochhebt und anschließend ankippt. Der Zwischenboden wird daraufhin mit

Hilfe eines Bügels gegen unbeabsichtigtes Herunterfallen gesichert. In einer Wechselbrücke sind 16 Zwischenböden vorhanden, sodass hier beim Entladen von 4 Wechselbrücken in der Summe 64 Zwischenböden angehoben und angekippt werden müssen.

3.2 Beladung Wechselbrücke

Das Beladen der Wechselbrücken ist ebenfalls eine Teilzeitbeschäftigung. Diesbezüglich werden pro Tag ca. zwei Wechselbrücken mit ca. 1.200 Paketen in 4 Stunden von einem Mitarbeiter beladen. Diese Arbeitstätigkeit wird ausschließlich von männlichen Beschäftigten ausgeübt. Dabei werden Pakete mit einem Gewicht von bis zu 70 kg beladen.

Der Beladeprozess beginnt in einer leeren Wechselbrücke. Zu Beginn wird mit Hilfe des Teleskopförderers der Bereich unterhalb des Zwischenbodens beladen. Im Anschluss daran wird der Zwischenboden entriegelt und auf ein am Zwischenboden befestigtes schwenkbares Stützbein abgelegt. Sodann wird der Bereich oberhalb des Zwischenbodens beladen. Hierbei ist darauf zu achten, die Pakete möglichst so zu verladen, dass durch die verladenen Pakete eine T-Fuge entsteht (vgl. Abbildung 3.2). Diese dient der besseren Stabilität der Paketmauer. Die irregulären Pakete werden durch weitere Mitarbeiter auf den Teleskopförderer gelegt, sodass der Mitarbeiter diese auf dem Zwischenboden verladen kann. Dies erfolgt bei schweren Paketen unter Zuhilfenahme eines weiteren Mitarbeiters. Wenn die Wechselbrücke voll beladen ist, wechselt der Mitarbeiter selbstständig zu einer neuen Wechselbrücke, wo der Beladeprozess wie oben beschrieben neu beginnt.

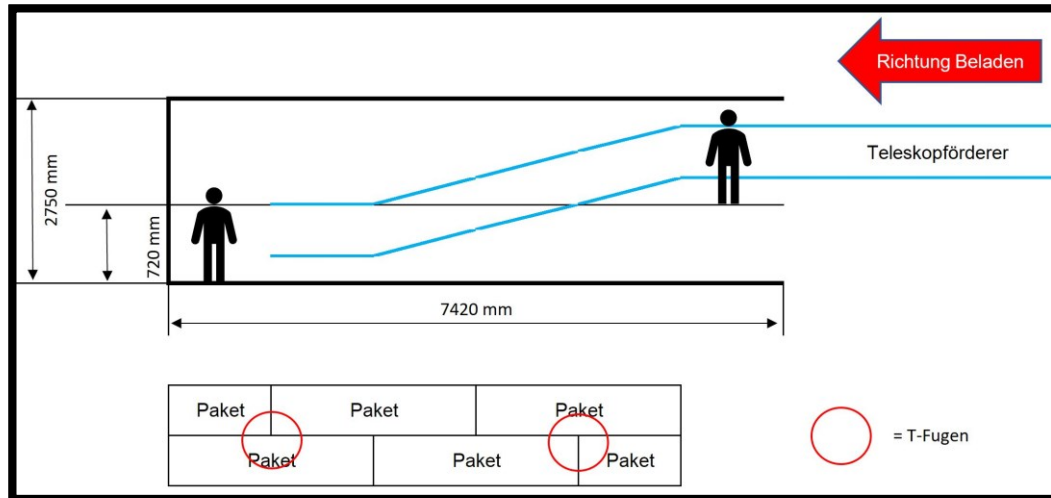





Abbildung 3.2: Seitenansicht Beladevorgang (eigene Darstellung)

In Tabelle 3.2 werden alle Arbeitsabläufe beim Beladen dargestellt. Wie beim Entladen sind auch hier die Belastungsarten HHT und GK vorhanden.

Tabelle 3.2: Übersicht Arbeitsvorgänge Beladen

Arbeitsablauf	Arbeitsaufgabe	Häufigkeit	Belastungsart
1	Aufnehmen der Pakete 	ca. 1.200	HHT

2	<p>Absetzen der Pakete</p> 	ca. 1.200	HHT
3	<p>Absetzen der Zwischenböden</p> 	ca. 32	GK

In dem Arbeitsablauf 1 wird bildlich dargestellt, wie der Mitarbeiter das Paket vom Teleskopförderer anhebt. Der zweite Arbeitsablauf wiederum zeigt das Absetzen des Paketes unterhalb des Zwischenbodens. Dabei wird anhand des Bildes die schlechte Körperhaltung verdeutlicht. Das letzte Bild in Arbeitsschritt drei veranschaulicht das Absetzen der Zwischenböden.

4 Ermittlung physischer Belastungen an der Wechselbrücke beim Entladen und Beladen

4.1 Aufbereitung der notwendigen Daten

Die Belastungsdaten wurden zu Beginn nach den formalen methodischen Anforderungen des genutzten Belastungsverfahrens aufbereitet. Dazu wurden bestimmte Cluster gebildet.

Lastgewichte

Um das vorhandene Lastgewicht nach den Lastgewichtsklassen der LMM-HHT zu clustern, wurden bei ■■■ ca. 576.000 Paketdaten erfasst und analysiert. Dabei wurden die unterschiedlichen Lastklassen hinsichtlich ihrer Häufigkeiten ermittelt. Hieraus resultierte die prozentuale Gewichtsverteilung für jedes Lastgewicht. Mit Hilfe dieser Daten war es möglich, für das Entladen und Beladen die Zeitwichtung für die einzelnen Lastgewichtsklassen zu bestimmen. Diese ist für die Ermittlung der physischen Belastung nach Teiltätigkeiten und Lastklassen notwendig. Darüber hinaus wurde zwischen Normalpaketen, die mit Hilfe des Teleskopförderers gehandhabt werden und irregulären Paketen differenziert (vgl. Tabelle 4.1 und 4.2). In Tabelle 4.1 ist die Verteilung der Lastgewichte für das Entladen aufgeführt.

Tabelle 4.1: Verteilung Lastgewicht bei dem Entladen

Lastgewichte	Anzahl in %	Gesamtanzahl	Normalpakete	Irreguläre Pakete
< 3 kg	43,18	1.295	1.293	2
3 kg – 5 kg	13,56	407	397	10
....
> 40 kg	0,19	6	0	6
Total	100	3.000	2.829	171

In der folgenden Tabelle 4.2 sind die Lastgewichte für den Arbeitsbereich Beladen befindlich.

Tabelle 4.2: Verteilung Lastgewicht bei dem Beladen

Lastgewichte	Anzahl in %	Gesamtanzahl	Normalpakete	Irreguläre Pakete
< 3 kg	43,18	518	517	1
3 kg – 5 kg	13,56	163	159	4
....
> 40 kg	0,19	2	0	2
Total	100	1.200	1.131	69

Unterschiedliche Lastfälle in der Wechselbrücke

Beim Entladen und Beladen der Wechselbrücke kommt es aufgrund der Höhe von 2,75 m und eines Zwischenbodens zu unterschiedlichen Körperhaltungen und Zusatzbedingungen wie z. B. Rumpfdrehung, Lastschwerpunkt körperfern, Hände über Schulterhöhe sowie Hände zwischen Ellenbogen und Schultern. Daraus resultieren in den unterschiedlichen Körperhaltungen teils verschiedene Ausführungs- und Lastaufnahmebedingungen. Um alle Körperhaltungen und die dazugehörigen Zusatzbedingungen (in Form von Zusatzpunkten) zu erfassen, wurde die Wechselbrücke in sechs unterschiedliche Höhen geclustert (vgl. Abbildung 4.1). Daraus folgen sechs unterschiedliche Lastfälle, die nach LMM-HHT für die unterschiedlichen Lastklassen berücksichtigt werden müssen.

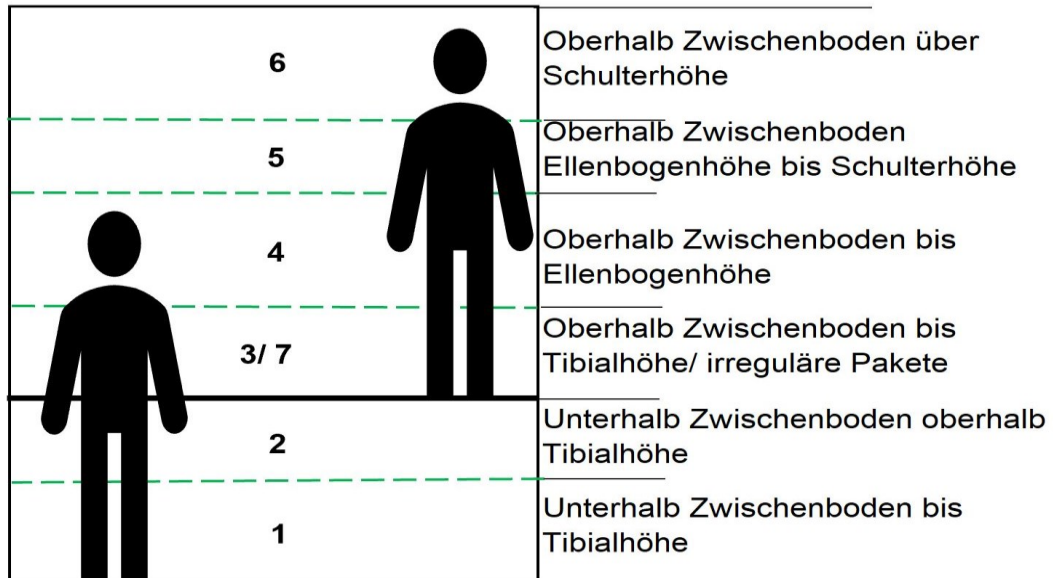


Abbildung 4.1: Unterteilung der Wechselbrücke nach unterschiedlichen Lastfällen

Mit Lastfall sieben wird der Arbeitsablauf des Hebens und Umsetzen der irregulären Pakete dargestellt. Dieser unterscheidet sich vom Lastfall drei beim Absetzen der irregulären Pakete erheblich, da diese wie bereits beschrieben nicht mit Hilfe des Teleskopförderers entladen werden.

Bei bestimmten Arbeitshöhen entstehen unterschiedliche Körperhaltungen. Im Lastfall eins, drei und sieben arbeitet der Mitarbeiter in einer stark nach vorne gebeugten Körperhaltung, um die Lasten von Bodenhöhe aufzuheben. Zusätzlich ist eine zu geringe Bewegungsfläche unterhalb des Zwischenbodens vorhanden. Bei Lastfall zwei und vier befindet der Mitarbeiter sich wiederum in einer leicht nach vorne gebeugten Körperhaltung. Auch hier ist die Bewegungsfläche unterhalb des Zwischenbodens als kritisch zu bewerten. Bei den Lastfällen fünf und sechs sind Zusatzbedingungen wie das Arbeiten zwischen Ellenbogenhöhe und Schulter sowie für das Arbeiten über Schulterhöhe zu berücksichtigen.

Ableitung von Körperhaltungen aus körpermaßbezogenen Ladehöhen

Um eine möglichst genaue Höheneinstufung nach Tibial-, Ellenbogen- und Schulterhöhe vorzunehmen, wurde eine Altersanalyse der Mitarbeiter, die beim Entladen und Beladen beschäftigt sind, vorgenommen. Hierbei wurden die Beschäftigten nach Altersgruppen der Norm DIN 33402-2 (DIN 33402-2, 2005) geclustert. In der DIN 33402-2 (DIN 33402-2, 2005) sind verschiedene geschlechtsbezogene

Körpermaße nach Altersgruppen für die Perzentilklassen 5, 50, 95 ersichtlich. Die Höheneinstufung dient zur Ermittlung der Anzahl an Paketen in einzelnen Körperhaltungsklassen für jeden Lastfall. Demzufolge sind folgende Altersgruppen prozentual beim Entladen und Beladen beschäftigt:

- 18 – 25 Jahre = 16,96 %
- 26 – 40 Jahre = 54,46 %
- 41 – 60 Jahre = 28,57 %
- 61 – 65 Jahre = 0 %

Demnach befinden sich mehr als 50 % der Beschäftigten in der Altersklasse von 26 – 40 Jahre. Um eine möglichst große Mitarbeitergruppe darzustellen, wurden die Körpermaße für die Altersklasse 26 – 40 Jahre berücksichtigt. Dabei wurden die Werte nach dem 50. Perzentil gewählt, um die Körpermaße möglichst nach einem mittelgroßen Beschäftigten zu wählen. Demzufolge ergeben sich die folgenden relevanten Körpermaße:

- Tibialhöhe über Standfläche 0,46 m (DIN 33402-2, 2005, S. 14)
- Ellenbogenhöhe über Standfläche 1,1 m (DIN 33402-2, 2005, S. 12)
- Schulterhöhe über Standfläche 1,465 m (DIN 33402-2, 2005, S. 11)

Insoweit resultieren für die unterschiedlichen Lastfälle folgende relevante Höheneinstufungen in der Wechselbrücke:

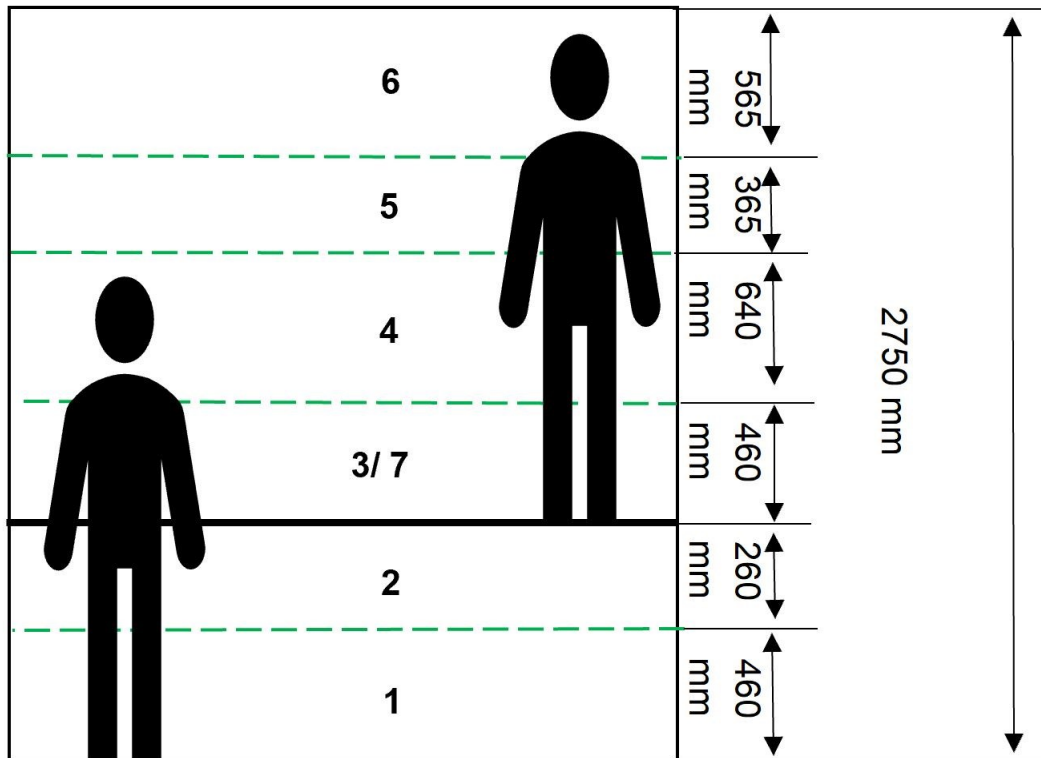


Abbildung 4.2: Lastfälle nach den Körpermaßen

Aus diesen Höhenstufen konnten Haltungen prognostiziert und zusammengefasst werden.

Anzahl der Pakete nach Lastfällen

Mit Hilfe der ermittelten prozentualen Verteilung der Lastgewichte und der Höhenginstufung der Lastfälle konnte die Zeitwichtung für jeden Lastfall und jede Lastklasse berechnet werden. Diesbezüglich ist berücksichtigt worden, dass sich 30 % der Pakete unterhalb des Zwischenbodens und 70 % der Pakete oberhalb des Zwischenbodens befinden. Die Berechnung der Paketanzahl soll mathematisch für den Lastfall 1 < 3 kg des Entladers dargestellt werden:

- Lastfall 1 (unterhalb Zwischenboden bis Tibialhöhe):
 - o 0,72 m Höhe unterhalb Zwischenbodens/ 30 % Anzahl der Pakete = 1 % sind 0,024 m → 0,46 m Tibialhöhe/ 0,024 m = ca. 19,2 % Paketanteil unterhalb des Zwischenbodens bis Tibialhöhe
 - o 1293 Normalpakete (< 3 kg) / 100 % × 19,2 % = ca. 248 Pakete

Dementsprechend ergibt sich folgende prozentuale Verteilung der Anzahl an Paketen für das Entladen (vgl. Tabelle 4.3).

Tabelle 4.3: Verteilung der Pakete nach den Lastfällen für den Entlader

	< 3 kg	3 kg – 5 kg	....	> 40 kg
Verteilung in %	43,18	13,56	....	0,19
Gesamtanzahl	1.295	407	....	6
Normalpakete	1.293	397	....	0
Lastfall 1 = 19,2 %	248	76	....	0
Lastfall 2 = 10,8 %	140	43	....	0
Lastfall 3 = 11,6 %	150	46	....	0
Lastfall 4 = 22,1 %	286	88	....	0
Lastfall 5 = 12,6 %	163	50	....	0
Lastfall 6 = 19,5 %	252	77	....	0
Lastfall 7 = 4,2 %	2	10	....	6

Tabelle 4.4 zeigt die Verteilung der Pakete für das Beladen.

Tabelle 4.4: Verteilung der Pakete nach den Lastfällen für den Belader

	< 3 kg	3 kg – 5 kg	....	Über 40 kg
Verteilung in %	43,18	13,56	....	0,19
Gesamtanzahl	518	163	....	2
Normalpakete	517	159	....	0
Lastfall 1 = 19,2 %	99	30	....	0
Lastfall 2 = 10,8 %	56	17	....	0
Lastfall 3 = 11,6 %	60	18	....	0
Lastfall 4 = 22,1 %	114	35	....	0

Lastfall 5 = 12,6 %	65	20	....	0
Lastfall 6 = 19,5 %	101	31	....	0
Lastfall 7 = 4,2 %	1	4	....	2



Mit Hilfe der unterschiedlichen Anzahl der Pakete für jeden Lastfall und jedes Lastgewicht kann in der LMM-HHT die Zeitwichtung bestimmt werden.







4.2 Einstufung der Körperhaltung nach den Lastfällen

Anhand der in Tabelle 4.5 und 4.6 dargestellten Körperhaltungen wird sehr schnell deutlich, dass beim Be- und Entladen viele Lastfälle sehr ungünstig sind.

Beim Entladen fallen insbesondere die Lastfälle eins, drei und sieben durch eine stark nach vorne gebeugte Körperhaltung sehr negativ auf. Der vorhandene Teleskopförderer wurde in den meisten Fällen von den Mitarbeitern auf der Höhe des Zwischenbodens bzw. Containerbodens positioniert und nicht auf die ideale Arbeitshöhe verfahren. Daraus resultiert trotz höhenverstellbaren Teleskopförderers meist auch eine ungünstige Körperhaltung. Weiterhin waren in allen Lastfällen eine Rumpfvordrehung und eine körperferne Lastschwerpunkt erkennbar. Darüber hinaus ist der Lastfall sechs durch das Anheben der Pakete über Schulterhöhe als sehr schädlich zu bewerten.



Tabelle 4.5: Körperhaltung in den unterschiedlichen Lastfällen beim Entladen













Lastfall	Startkörperhaltung	Zielkörperhaltung	Zusatzpunkte	Σ Körperhaltung
1			(Gelegentliche Rumpfvordrehung, Lastschwerpunkt häufig körperfern) $\Sigma = 4$	14
2			(Gelegentliche Rumpfvordrehung, Lastschwerpunkt gelegentlich körperfern) $\Sigma = 2$	7

3			(Gelegentliche Rumpfverdrehung, Lastschwerpunkt häufig körperfern) $\Sigma = 4$	14
4			(Gelegentliche Rumpfverdrehung, Lastschwerpunkt gelegentlich körperfern) $\Sigma = 2$	7
5			(Gelegentliche Rumpfverdrehung, Lastschwerpunkt gelegentlich körperfern, Hände häufig zwischen Ellenbogen und Schulter) $\Sigma = 3$	6
6			(Gelegentliche Rumpfverdrehung, Lastschwerpunkt häufig körperfern, Hände häufig über Schulterhöhe) $\Sigma = 6$	11
7			(Gelegentliche Rumpfverdrehung, Lastschwerpunkt häufig körperfern) $\Sigma = 4$	14

Beim Beladen sind ebenfalls Rumpfverdrehung, Lastschwerpunkt und das Arbeiten über Schulterhöhe als negativ zu bewerten. Beim Beladen ist die Höhenverstellung durch den Belader auf die nahezu ideale Arbeitshöhe positiv aufgefallen. Trotz der nahezu idealen Höhe bedurfte es einer leicht gebeugten Körperhaltung zum Greifen der Pakete.

Tabelle 4.6: Körperhaltung in den unterschiedlichen Lastfällen beim Beladen

Lastfall	Startkörperhaltung	Zielkörperhaltung	Zusatzpunkte	Σ Körperhaltung
1			(Gelegentliche Rumpfverdrehung, Lastschwerpunkt häufig körperfern) $\Sigma = 4$	14

2			(Gelegentliche Rumpfverdrehung, Lastschwerpunkt gelegentlich körperfern) $\Sigma = 2$	7
3			(Gelegentliche Rumpfverdrehung, Lastschwerpunkt häufig körperfern) $\Sigma = 4$	14
4			(Gelegentliche Rumpfverdrehung, Lastschwerpunkt gelegentlich körperfern) $\Sigma = 2$	7
5			(Gelegentliche Rumpfverdrehung, Lastschwerpunkt gelegentlich körperfern, Hände häufig zwischen Ellenbogen und Schulter) $\Sigma = 3$	6
6			(Gelegentliche Rumpfverdrehung, Lastschwerpunkt häufig körperfern, Hände häufig über Schulterhöhe) $\Sigma = 6$	11
7			(Gelegentliche Rumpfverdrehung, Lastschwerpunkt gelegentlich körperfern) $\Sigma = 2$	12

4.3 Einstufung der weiteren Leitmerkmale nach den Lastfällen

In Tabelle 4.7 ist die Bewertung der weiteren Leitmerkmale für das Entladen dargestellt.

Der Belastungswechsel findet sowohl beim Entladen als auch beim Beladen gar nicht statt. In beiden Arbeitsbereichen erfolgen nahezu lediglich Hebe- und Umsetzvorgänge. Dementsprechend resultiert aus den beiden Arbeitsbereichen eine einseitig dynamische Belastung. Überdies sind die Arbeiten mit sehr vielen Hebe- und Umsetzvorgängen und einem sehr hohen Arbeitstempo verbunden. Demzufolge wurde die Arbeitsorganisation in allen Lastfällen als sehr kritisch bewertet.

Weiterhin sind die Pakete angesichts der fehlenden Griffe sowie der unterschiedlichen Größen und Formen schlecht zu greifen, sodass die Kraftübertragung nicht optimal ist. Ferner ist aufgefallen, dass die Handstellung teilweise sehr schlecht war. Die Arbeitsfläche unterhalb des Zwischenbodens ist aufgrund des geschlossenen Zwischenbodens und dem vorhandenen Teleskopförderer in Arbeitsnähe sehr eingeschränkt. In Lastfall sieben ist die Lastaufnahmebedingung infolge der teilweise sperrigen irregulären Pakete daher negativ bewertet worden. Ferner sind im Sommer in der Wechselbrücke aufgrund der Sonneneinstrahlung und des fehlenden Luftaustauschs zum Teil sehr hohe Temperaturen zu messen. In den Wechselbrücken sind zudem keine Heizungen vorhanden, sodass der Arbeitsplatz auch im Winter als klimatisch ungünstig zu bewerten ist.

Tabelle 4.7: Übersicht der Merkmalswichtungen bei dem Entladen

Lastfall	Lastaufnahmebedingung	Σ Körperhaltung	Ausführungsbedingung	Arbeitsorganisation
1	1	14	(Hand gelegentlich am Ende des Beweglichkeitsbereichs, Kraftübertragung eingeschränkt, Umgebungsbedingungen eingeschränkt, räumliche Bedingungen eingeschränkt) $\Sigma = 4$	4
2	1	7	(Hand gelegentlich am Ende des Beweglichkeitsbereichs, Kraftübertragung eingeschränkt, Umgebungsbedingungen eingeschränkt, räumliche Bedingungen eingeschränkt) $\Sigma = 4$	4

3	1	14	(Hand gelegentlich am Ende des Beweglichkeitsbereichs, Kraftübertragung eingeschränkt, Umgebungsbedingungen eingeschränkt) $\Sigma = 3$	4
4	1	7	(Hand gelegentlich am Ende des Beweglichkeitsbereichs, Kraftübertragung eingeschränkt, Umgebungsbedingungen eingeschränkt) $\Sigma = 3$	4
5	0	6	(Kraftübertragung eingeschränkt, Umgebungsbedingungen eingeschränkt) $\Sigma = 2$	4
6	1	11	(Hand gelegentlich am Ende des Beweglichkeitsbereichs, Kraftübertragung eingeschränkt, Umgebungsbedingungen eingeschränkt) $\Sigma = 3$	4
7	2	14	(Hand gelegentlich am Ende des Beweglichkeitsbereichs, Kraftübertragung eingeschränkt, Umgebungsbedingungen eingeschränkt, Erschwernis durch Halten/ Tragen) $\Sigma = 5$	4

Tabelle 4.8 bietet eine Übersicht der Merkmalswichtungen für das Beladen.

Tabelle 4.8: Übersicht der Merkmalswichtungen beim Beladen

Lastfall	Lastaufnahmebedingung	Σ Körperhaltung	Ausführungsbedingung	Arbeitsorganisation
1	0	14	(Hand gelegentlich am Ende des Beweglichkeitsbereichs, Kraftübertragung eingeschränkt, Umgebungsbedingungen eingeschränkt, räumliche Bedingungen eingeschränkt) $\Sigma = 4$	4
2	0	7	(Hand gelegentlich am Ende des Beweglichkeitsbereichs, Kraftübertragung eingeschränkt, Umgebungsbedingungen eingeschränkt, räumliche Bedingungen eingeschränkt) $\Sigma = 4$	4
3	0	14	(Hand gelegentlich am Ende des Beweglichkeitsbereichs, Kraftübertragung eingeschränkt, Umgebungsbedingungen eingeschränkt) $\Sigma = 3$	4
4	0	7	(Hand gelegentlich am Ende des Beweglichkeitsbereichs, Kraftübertragung	4

			eingeschränkt, Umgebungsbedingungen eingeschränkt) $\Sigma = 3$	
5	0	6	(Hand häufig am Ende des Beweglichkeitsbereichs, Kraftübertragung eingeschränkt, Umgebungsbedingungen eingeschränkt) $\Sigma = 4$	4
6	0	11	(Hand häufig am Ende des Beweglichkeitsbereichs, Kraftübertragung eingeschränkt, Umgebungsbedingungen eingeschränkt) $\Sigma = 4$	4
7	2	12	(Hand gelegentlich am Ende des Beweglichkeitsbereichs, Kraftübertragung eingeschränkt, Umgebungsbedingungen eingeschränkt) $\Sigma = 3$	4

Beim Beladen konnte infolge der richtigen Höheneinstellung des Teleskopförderers die Last in allen Lastfällen stets beidhändig aufgenommen werden. Die Handstellung in den Lastfällen fünf und sechs befanden sich nahezu immer am Ende der Beweglichkeitsgrenze. Dies beruht auf dem Umstand, dass die Pakete im oberen Bereich der Wechselbrücke genau positioniert und dabei teilweise mit einer leichten Kraftübertragung über die Handfläche gedrückt werden müssen.

4.4 Ermittlung der Tagesdosis für HHT anhand der Teiltätigkeiten und ihren Teildosen

Um die Tagesdosis für das Ent- und Beladen zu berechnen, wurden die Teiltätigkeiten anhand von 52 unterschiedlichen LMM-HHT bewertet. Beim Entladen befinden sich von den 52 Teiltätigkeiten zwei im roten Risikobereich. Hauptgrund hierfür sind Hebe- und Umsetzvorgänge von irregulären Paketen > 35 kg, wobei einige sogar über 40 kg wogen. Lastmassen > 40 kg werden gemäß LMM-HHT mit einer Lastwichtung von 100 und folglich mit der Risikokategorie Rot bewertet. Im gelben Risikobereich befinden sich 28 Teiltätigkeiten, sodass sich 22 Teiltätigkeiten im grünen Risikobereich bewegen (vgl. Tabelle 4.9)

Tabelle 4.9: Belastung beim Entladen, absteigend sortiert nach der Teildosis

Nr.	Teiltätigkeit	Teildosis
1	Lastfall 7 > 40 kg	130,2
2	Lastfall 7 bei 35,1 – 40 kg	100,0
....
18	Lastfall 3 bei 3,1 – 5 kg	55,2
19	Lastfall 2 < 3 kg	54,9
....
51	Lastfall 5 bei 15,1 – 20 kg	31,0
52	Lastfall 7 < 3 kg	23,5

Beim Beladen ist eine Teiltätigkeit dem roten Bereich zuzuordnen. Dies wird ebenfalls durch Lastfall sieben bei > 40 kg verursacht. Des Weiteren sind sieben Teiltätigkeiten im gelben und 44 Teiltätigkeiten im grünen Risikobereich zu verorten (vgl. Tabelle 4.10).

Tabelle 4.10: Belastung beim Beladen, absteigend sortiert nach der Teildosis

Nr.	Teiltätigkeit	Teildosis
1	Lastfall 7 > 40 kg	101,4

....
5	Lastfall 3 < 3 kg	56,2
6	Lastfall 6 < 3 kg	55,8
....
51	Lastfall 7 bei 3,1 – 5 kg	23,8
52	Lastfall 7 < 3 kg	18,2

Insbesondere beim Entladen ist aufgefallen, dass sich die überwiegenden Teiltätigkeiten im roten und dunkelgelben Risikobereich bewegen. Beim Beladen hingegen befinden sich die meisten Teiltätigkeiten im dunkelgrünen Risikobereich.

Um nun eine Tagesdosis dieser 52 Teiltätigkeiten zu kalkulieren, wurde eine Excel-basierte Berechnungstabelle erstellt, da die von der BAuA zur Verfügung gestellte LMM-Multi-E eine Begrenzung auf 24 Teiltätigkeiten aufweist.

In der erstellten Excel-Tabelle müssen lediglich die Teiltätigkeiten, Häufigkeiten und Intensität pro Teiltätigkeiten eingegeben werden. Anhand der hinterlegten Formeln werden die Zeitwichtung, der Punktwert und die Dauer der zur ermittelnden Teiltätigkeit ermittelt. Zugleich wird nach dem Sortieren der Intensität, beginnend mit der höchsten Intensität, ein Gesamtpunktwert für die Belastungsart berechnet (vgl. Tabelle 4.11 und 4.12). Auf diese Weise wird eine zukünftige Betrachtung weiterer Arbeitsabläufe bei ■■■ mit vielen unterschiedlichen Teiltätigkeiten ermöglicht.

In Tabelle 4.11 wird die Gesamtbelastung beim Entladen aufgezeigt.

Tabelle 4.11: Belastung für den Entlader, absteigend sortiert nach der Intensität

Nr.	Teiltätigkeit	Häufigkeit	Zeitwichtung	Intensität	Punktwert	Dauer Teiltätigkeit	Punktwert Teiltätigkeit
-----	---------------	------------	--------------	------------	-----------	---------------------	-------------------------

Ermittlung physischer Belastungen an der Wechselbrücke beim Entladen und Beladen

1	Lastfall 7 > 40 kg	6	1	125	130,2	1,2	130,2
2	Lastfall 7 bei 35,1 – 40 kg	5	1	100	100	1	17,1
....
18	Lastfall 7 bei 10,1 – 15 kg	31	1,7	33	54,6	6,2	6,4
19	Lastfall 7 bei 5,1 – 10 kg	32	1,7	31	51,9	6,4	5,8
....
51	Lastfall 5 bei 3,1 – 5 kg	50	2	16	31,2	10	1,5
52	Lastfall 5 < 3 kg	163	3,1	15	46,1	32,6	4,5
Tages- dosis							441,7

Beim Entladen ist auf Basis der 52 Teiltätigkeiten ein Gesamtpunktwert von 441,7 ermittelt worden. Dieser Punktwert liegt dementsprechend deutlich über 100 (mehr als ein Vierfaches) und befindet sich somit in einem tiefroten Risikobereich.

Ausschlaggebend hierfür sind die sehr hohen Lastgewichte und Zeitwichtung ebenso wie die ungünstige Körperhaltung und Arbeitsorganisation.

In Tabelle 4.12 ist die Tagesdosis für das Beladen zu sehen.

Tabelle 4.12: Belastung für den Belader, absteigend sortiert nach der Intensität

Nr.	Teiltätigkeit	Häufigkeit	Zeitwichtung	Intensität	Punktwert	Dauer Teiltätigkeit	Punktwert Teiltätigkeit
1	Lastfall 7 > 40 kg	2	0,8	121	101,4	0,4	101,4
....
5	Lastfall 3 bei 25,1 - 30 kg	3	0,9	46	41,4	0,6	3,2
6	Lastfall 7 bei 25,1 - 30 kg	8	1,1	46	51,4	1,6	7,6
....
51	Lastfall 5 < 3 kg	65	2,1	17	36,5	13	3,4
52	Lastfall 4 < 3 kg	114	2,7	17	45,2	22,8	5,6
Tagesdosis							292,6

Durch die geringere Zeitwichtung ist die Tagedosis bei dem Beladen mit 292,6 Gesamtpunkten geringer als bei dem Entladen. Dennoch liegt auch diese Tätigkeit in einem tiefroten Bereich. Daraus folgt, dass diese beiden Arbeitsplätze unter den vorhandenen Bedingungen so nicht weiter ausgeübt werden können. Auf lange Sicht ist insofern eine Schädigung des Muskel-Skelett-Systems sehr wahrscheinlich.

4.5 Ermittlung der Ganzkörperkraft und daraus resultierenden Mischbelastung

Da sowohl beim Entladen als auch Beladen aus dem Anheben bzw. Absetzen und Ankippen des Zwischenbodens eine Ganzkörperkraft resultiert, wurde diese Tätigkeit mit der LMM-GK beurteilt.

Ganzkörperkraft

Um diese Belastung zu ermitteln, wurde mit Hilfe einer Waage das Gewicht von 15 kg für jeweils ein Zwischenbodenelement ermittelt. Bei der Ausübung der Tätigkeit war zu erkennen, dass die Kraftausübung über Oberkörper, Rumpf und Beine erfolgte. Aufgrund dieser Kraftausübung lassen sich die vorhandenen Kräfte nach der Borg-Skala des MEGAPHYS-Projekts als sehr hoch einstufen (BAuA, 2019b). Weiterhin waren eine Rumpfvordrehung und das Arbeiten über Schultern deutlich erkennbar (vgl. Anlage 1 und 2).

Eine Teildosis bei dieser Teiltätigkeit liegt für das Entladen bei 66 Punkten und bei dem Beladen bei 48,3 Punkten. Diese beiden Tagesdosen sind in Anbetracht des geringen Zeitanteils an der Gesamttätigkeit viel zu hoch. Dies wird insbesondere durch das hohe Gewicht des Zwischenbodens und die schlechte Körperhaltung verursacht.

Zusammenführen der Mischbelastungen

Um beide Belastungsarten zusammenzuführen, wurden die Tagesdosen der einzelnen Körperregionen ermittelt. Bei dem Aggregieren der Belastungen ist aufgefallen, dass die Belastung HHT durch die ermittelte Tagesdosis in allen Körperregionen sich als führende Belastung hervorhebt.

In Tabelle 4.13 werden die Tagesdosen der einzelnen Körperregionen für das Entladen dargestellt.

Tabelle 4.13: Mischbelastung beim Entladen

		Zielregion													
Belastungsart	LMM Punkte	Nacken und oberer Rücken		Schulter und Oberarm		Unterarm und Hand		Unterer Rücken bis Hüfte		Knie/ Füße		Herz-Kreislauf/ Energieumsatz			
		HHT	GK	HHT	GK	HHT	GK	HHT	GK	HHT	GK	HHT	GK		
	441,7	0,2	66	220,9	33	0,5	33	0,2	33	0,5	33	0,2	13,2	0,5	13,2
Σ		253,9		474,7		253,9		474,7		234,1		454,9			

Alle Körperregionen werden beim Entladen sehr stark beansprucht. Insbesondere in den Körperregionen Schulter, Oberarme sowie unterer Rücken bis zur Hüfte wird dies sehr stark verdeutlicht.

Tabelle 4.14 gibt die Tagesdosen beim Beladen wieder.

Tabelle 4.14: Mischbelastung beim Beladen

		Zielregion													
Belastungsart	LMM Punkte	Nacken und oberer Rücken		Schulter und Oberarm		Unterarm und Hand		Unterer Rücken bis Hüfte		Knie/ Füße		Herz-Kreislauf/ Energieumsatz			
		HHT	GK	HHT	GK	HHT	GK	HHT	GK	HHT	GK	HHT	GK		
	292,6	0,2	48,3	146,3	24,2	0,5	24,2	0,2	24,2	0,5	24,2	0,2	9,7	0,5	9,7
Σ		292,6		146,3		146,3		146,3		146,3		146,3		146,3	

Σ		170,5	316,8	170,5	316,8	156	302,3
----------	--	-------	-------	-------	-------	-----	-------

Analog wie beim Entladen werden die Körperregionen Schulter, Oberarme sowie unterer Rücken bis Hüfte sehr stark beansprucht.

Diese starken Belastungen und die nicht vorhandenen Erholungspausen für die einzelnen Körperregionen sind für das Ent- und Beladen als äußerst kritisch zu bewerten.

4.6 Arbeitsunfähigkeitsprofil [REDACTED]

In Kooperation mit einer gesetzlichen Krankenversicherung, bei der ca. 70 % der Beschäftigten bei [REDACTED] in Bielefeld versichert sind, wurde ein Arbeitsunfähigkeitsprofil (AU-Profil) für die Kalenderjahre 2018, 2019 und 2020 erstellt. Anhand dieser AU-Profile lässt sich die prozentuale Verteilung der unterschiedlichen Krankheitsarten für Arbeitsunfähigkeitstage entnehmen. Die Arbeitsunfähigkeitsprofile spiegeln die hohe Belastung des Muskel-Skelett-Systems wider, da in allen drei Kalenderjahren die häufigste Ursache für Arbeitsunfähigkeit eine Erkrankung am Muskel-Skelett-System bildete.

Abbildung 4.3 illustriert das Arbeitsunfähigkeitsprofil für das Kalenderjahr 2018 (Gesetzliche Krankenversicherung, 2018)

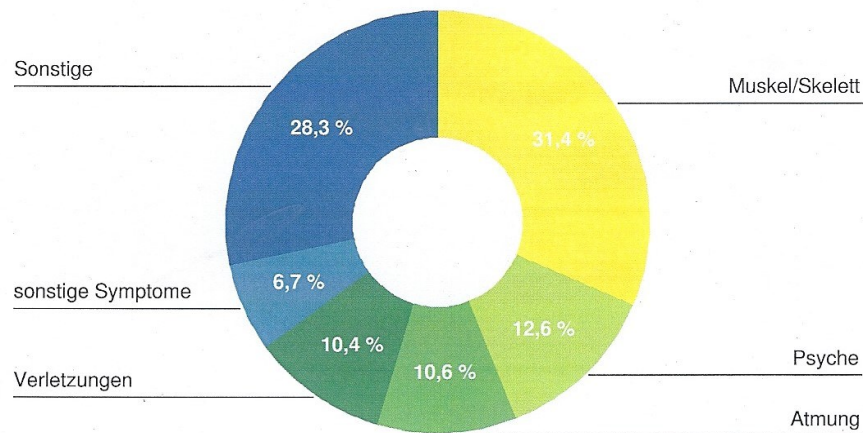


Abbildung 4.3: Arbeitsunfähigkeitsprofil 2018 (Gesetzliche Krankenversicherung, 2018)

In diesem Jahr betrug der Anteil an Erkrankungen am Muskel-Skelett-System 31,4 %.

In Abbildung 4.4 wird das Arbeitsunfähigkeitsprofil für das Kalenderjahr 2019 dargestellt (Gesetzliche Krankenversicherung, 2019)

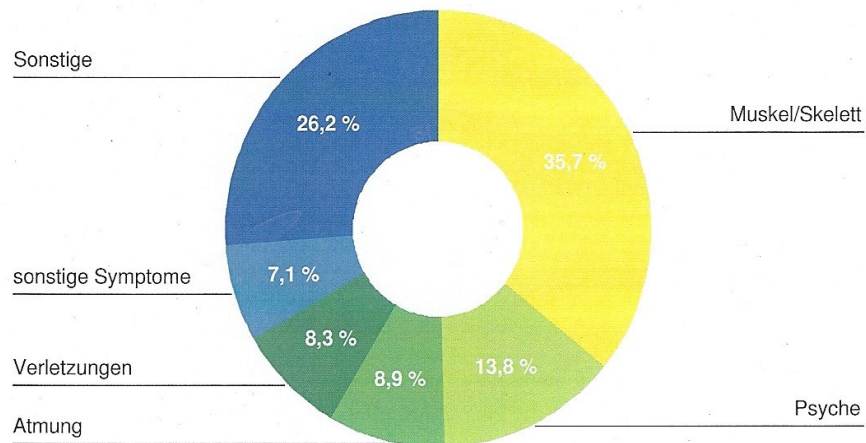


Abbildung 4.4: Arbeitsunfähigkeitsprofil 2019 (Gesetzliche Krankenversicherung, 2019)

Für das Kalenderjahr 2019 ist zu erkennen, dass der prozentuale Anteil mit 35,7 % noch mal deutlich höher als im Jahr 2018 war.

Die nachfolgende Abbildung 4.5 gibt das aktuelle Arbeitsunfähigkeitsprofil aus dem Kalenderjahr 2020 wieder (Gesetzliche Krankenversicherung, 2020)

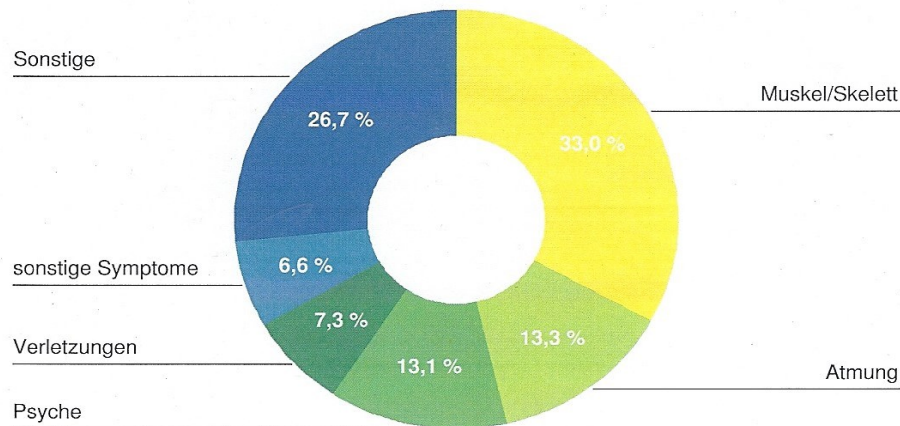


Abbildung 4.5: Arbeitsunfähigkeitsprofil 2020 (Gesetzliche Krankenversicherung, 2020)

Im Kalenderjahr 2020 ist der prozentuale Anteil der Muskel-Skelett-Erkrankung mit 33 % wieder leicht rückläufig gewesen.

Anhand der drei Kalenderjahre ist erkennbar, dass die häufigste Arbeitsunfähigkeitsart mit einem Anteil von ca. 33,4 % eine Erkrankung am Muskel-Skelett-System ist. Darüber hinaus geht aus dem Bericht hervor, dass dieser Wert höher als im bundesweiten Branchenvergleich lag. Dieser betrug ca. 28 %. Wird der Wert allerdings branchenübergreifend verglichen, liegt er für Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems bei ca. 23,4 % (BAuA, 2020c). Die AU-Profile spiegeln die Ergebnisse der durchgeführten Berechnung nach den LMM wider. Diese Werte verdeutlichen, dass die Tätigkeiten bei ■■■■, aber auch in der gesamten Branche, mit einer starken biomechanischen Belastung verbunden sind.

4.7 Erstellen einer Verfahrensanweisung für zukünftige Bewertungen physischer Belastungsarten HHT

Die Verfahrensanweisung soll die grundlegenden Schritte zur Ermittlung physischer Belastungen beim Handling an Wechselbrücken nach dem speziellen Screening der BAuA aufzeigen. Anhand dieser soll den Fachkräften für Arbeitssicherheit

bei ■■■■ demonstriert werden, welche notwendigen Analysen und Recherchen für die Erstellung der LMM notwendig sind. Diese Verfahrensanweisung soll im weiteren Verlauf dargestellt werden:

1. Die Arbeitsabläufe sind im ersten Schritt nach den Belastungsarten der LMM zu clustern. Aus den unterschiedlichen Arbeitsabläufen resultieren verschiedene Teiltätigkeiten, die nach den LMM betrachtet werden müssen.
2. Die Pakete sind nach den vorhandenen Lastgewichten der LMM zu gliedern. Dabei ist es von besonderer Bedeutung, dass die Lasten nach den Lastgewichten sowie nach den Normalpaketen und irregulären Paketen gruppiert werden.
3. Die Wechselbrücke ist nun nach den verschiedenen Körperhaltungen, Ausführungsbedingung, Lastaufnahmebedingung und der Arbeitsorganisation in verschiedene Höhen zu unterteilen. Durch die Höheneinteilung kommen unterschiedliche Teiltätigkeiten zustande.
4. Nun ist die Altersstruktur der Belegschaft zu bestimmen. Anhand dieser hat daraufhin die Eingruppierung nach Alter und Perzentilstärke gemäß „DIN 33402-2, Ergonomie – Körpermaße der Menschen“ zu erfolgen.
5. Mit Hilfe der ermittelten prozentualen Verteilung der Lastgewichte und der Höheneinstufung der Lastfälle kann die Zeitwichtung unterhalb und oberhalb des Zwischenbodens für jedes Lastgewicht und jeden Lastfall bestimmt werden.
6. Die Tagesdosis ist nun anhand der erstellten Excel-basierten LMM Multi E zu ermitteln.
7. Sofern unterschiedliche Belastungsarten vorhanden sind, müssen diese Mischbelastungen zusammengeführt werden.

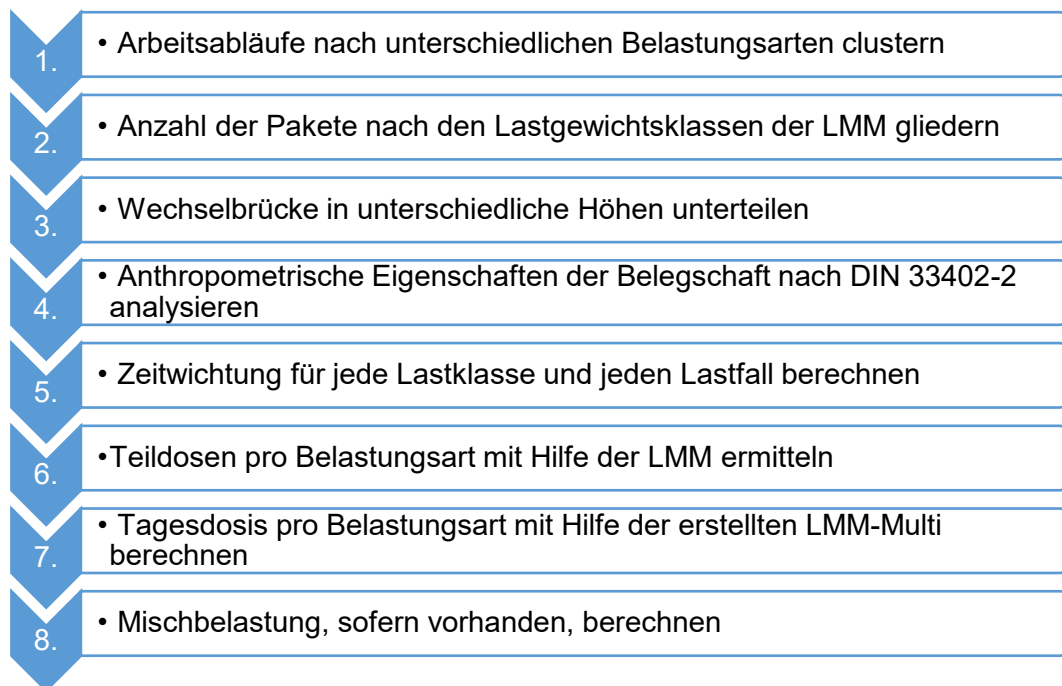


Abbildung 4.6: Verfahrensanweisung für das Erstellen der LMM

5 Erhebung des subjektiven Empfindens der Mitarbeiter anhand eines Fragebogens

Wie bereits Kapitel 4 gezeigt hat, befindet sich die physische Belastung nach den LMM des MEGAPHYS-Projekts deutlich im roten Risikobereich. Mit Hilfe der Masterarbeit sollte zugleich das subjektive Empfinden der Mitarbeiter beim Beladen und Entladen evaluiert werden. Infolgedessen wurde im Zuge dieser Thesis ein Fragebogen entwickelt (vgl. Tabelle 5.1).

Tabelle 5.1: Fragebogen zur Erhebung des subjektiven Empfindens der Mitarbeiter

<u>Persönliche Angaben</u>	bis 21	22-30	31-40	41-50	über 50
	Jahre	Jahre	Jahre	Jahre	Jahre
Ihr Alter:					
	bis zu 1 Jahr	2-5 Jahre	6-10 Jahre	11-20 Jahre	über 20 Jahre
Seit wann arbeiten Sie bei ██████ ?					

<u>Angaben zur Arbeitsorganisation</u>	Entladen	Beladen			
In welchem Arbeitsbereich sind Sie beschäftigt?					
	bis zu 1 Jahr	2-5 Jahre	6-10 Jahre	11-20 Jahre	über 20 Jahre
Wie lange machen Sie diese Tätigkeit schon?					
	immer	oft	Manchmal	selten	nie/fast nie
Haben Sie bei Ihrer Arbeit Zeitdruck?					
Empfinden Sie Ihre Arbeit als anstrengend?					
Fühlen Sie sich nach der Arbeit erschöpft?					
Wie oft müssen Sie schwere Pakete alleine heben und absetzen?					

Sind Sie bei Ihrer Arbeit Hitze oder Kälte ausgesetzt?					
Können Sie jederzeit eine Pause machen?					

Angaben zu körperlichen Beschwerden

Haben Sie Beschwerden im Bereich des unteren Rückens?					
Haben Sie Beschwerden im Bereich des oberen Rückens?					
Haben Sie Beschwerden im Bereich der Schultern?					
Haben Sie Beschwerden im Bereich des Nackens?					
Haben Sie Beschwerden im Bereich des Beckens?					
Haben Sie Beschwerden im Bereich der Beine?					
Haben Sie Beschwerden im Bereich der Arme?					
Haben Sie andere körperliche Beschwerden durch Ihre Tätigkeit? Kurzbeschreibung					
Haben Sie Verbesserungsvorschläge, um die Arbeit leichter zu gestalten? Kurzbeschreibung					

In den oben dargestellten Fragebögen sollten sowohl Aspekte der Arbeitsorganisation als auch körperliche Beschwerden berücksichtigt werden.

5.1 Vorgehensweise bei der Erhebung und Auswertung

Das Vorhaben wurde zu Beginn sowohl mit der Personalabteilung als auch mit dem Betriebsratsvorsitzenden und dem Abteilungsleiter besprochen. Die Umfrage fand für jeden Mitarbeiter anonym statt und basierte auf einer freiwilligen Basis. Um dennoch eine hohe Teilnahme zu erzielen, wurden die Mitarbeiter, die an der Umfrage teilgenommen haben, mit Präsenten belohnt. Dies führte dazu, dass 39 von 88 Mitarbeitern, demnach ca. 44,32 %, an der Umfrage partizipierten.

Die Auswertung fand anlehnend an die Borg-Skala statt. Die Borg-Skala ist eine Schätzskaala, die das subjektive Empfinden bei körperlichen Anstrengungen einer Person während einer Leistung zuverlässig und valide bestimmen soll (Deutsches Ärzteblatt, 2004).

Überdies ist die Borg-Skala in verschiedene Stufen klassifiziert, die zur Hilfestellung zur Bewertung des subjektiven Belastungsempfindens dienen. Diese unterschiedlichen Stufen repräsentieren die unterschiedlichen subjektiven Empfindungen von Personen bei körperlichen Anstrengungen. Das Belastungsempfinden resultiert aus Kenngrößen wie z. B. Schmerzen, Herzfrequenz und Atmung (Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 2004).

Die Fragebögen wurden mit Hilfe einer Fünf-Stufenskala ausgewertet. Dabei wurden anhand der Auswahlmöglichkeiten in den Fragebögen Punkte vergeben (vgl. Abbildung 5.1). Die beiden Erhebungsparameter Arbeitsorganisation und körperliche Beschwerden wurden für den Arbeitsbereich beim Entladen und Beladen getrennt ausgewertet. Des Weiteren sind die beiden Erhebungsaspekte nach Altersbereich und Betriebszugehörigkeit jeweils für das Entladen und Beladen evaluiert worden. Allerdings wurden Alters- oder Betriebszugehörigkeitsbereiche, bei denen eine Teilnahme von nur einem Fragebogen abgedeckt worden ist, nicht mitberücksichtigt. Weiterhin ist zu erwähnen, dass Mitarbeiter an der Umfrage teilgenommen haben, die sowohl im Entlade- als auch Beladebereich eingesetzt werden. Die Wertung dieser Fragebögen ist insofern beim Entladen und beim Beladen berücksichtigt worden. Im weiteren Verlauf werden die Ergebnisse nach Arbeitsbereich und nicht nach Betriebszugehörigkeit oder Alter dargestellt. Vielmehr sind diese in der Anlage 4 befindlich.

		Gesamt
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich	1
selten: 2 Punkte	Hellgelb	2
manchmal: 3 Punkte	Gelb	3
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb	4
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich	5

Abbildung 5.1: Skala für die Evaluation der Fragebögen

5.2 Ergebnisse der Evaluation für die Arbeitsorganisation

Es wurden insgesamt 22 Fragebögen für den Beladebereich ausgewertet (vgl. Abbildung 5.2).

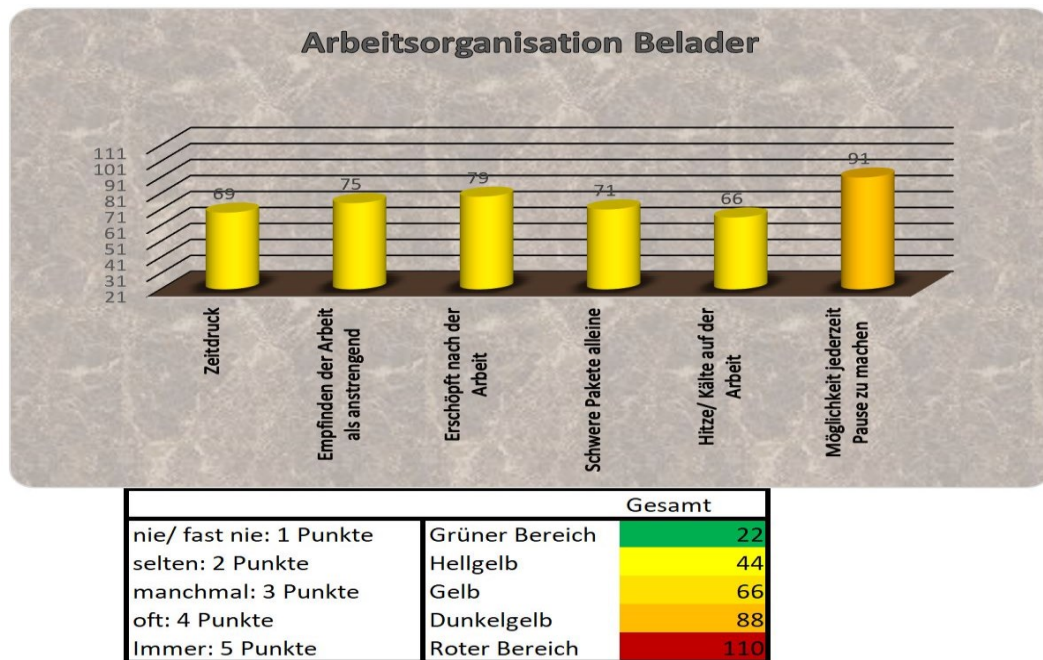


Abbildung 5.2: Ergebnisse der Evaluation der Arbeitsorganisation beim Beladen

Die Erhebungsparameter bei der Arbeitsorganisation beim Beladen befinden sich allesamt im gelben Bereich. Lediglich der Parameter „Möglichkeit jederzeit Pause zu machen“ liegt im dunkelgelben Bereich.

Auffallend war dies in dem Altersbereich 41 – 50 Jahre (vgl. Anlage 5). Weiterhin war der Bewertungsparameter „Fühlen Sie sich nach der Arbeit erschöpft?“ besonders beim Beladen < 22 Jahre hoch (vgl. Anlage 4).

Die Arbeitsorganisation beim Entladen wurde mit Hilfe von 21 Fragebögen evaluiert (vgl. Abbildung 5.3).

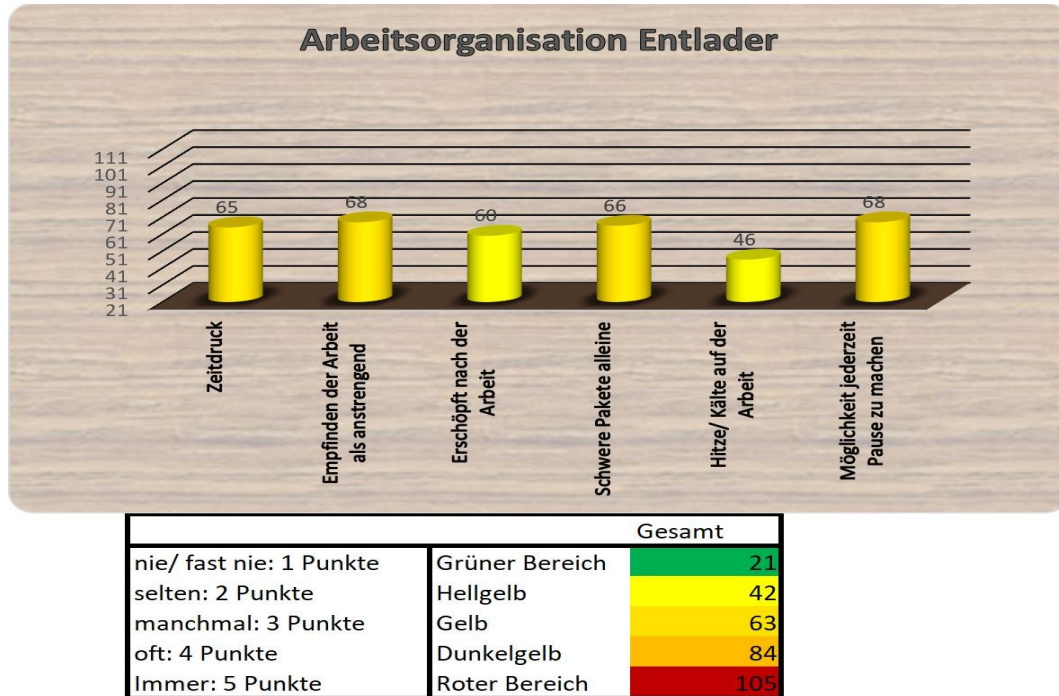


Abbildung 5.3: Ergebnisse der Evaluation der Arbeitsorganisation bei dem Entlader

Beim Entladen befinden sich die Erhebungsparameter im hellgelben bzw. im gelben Bereich. Im Allgemeinen ist der Entladebereich hinsichtlich der Arbeitsorganisation besser bewertet worden.

5.3 Ergebnisse der Evaluation der körperlichen Beschwerden

Die Evaluation hinsichtlich der körperlichen Beschwerden für das Beladen ist der Abbildung 5.4 zu entnehmen.

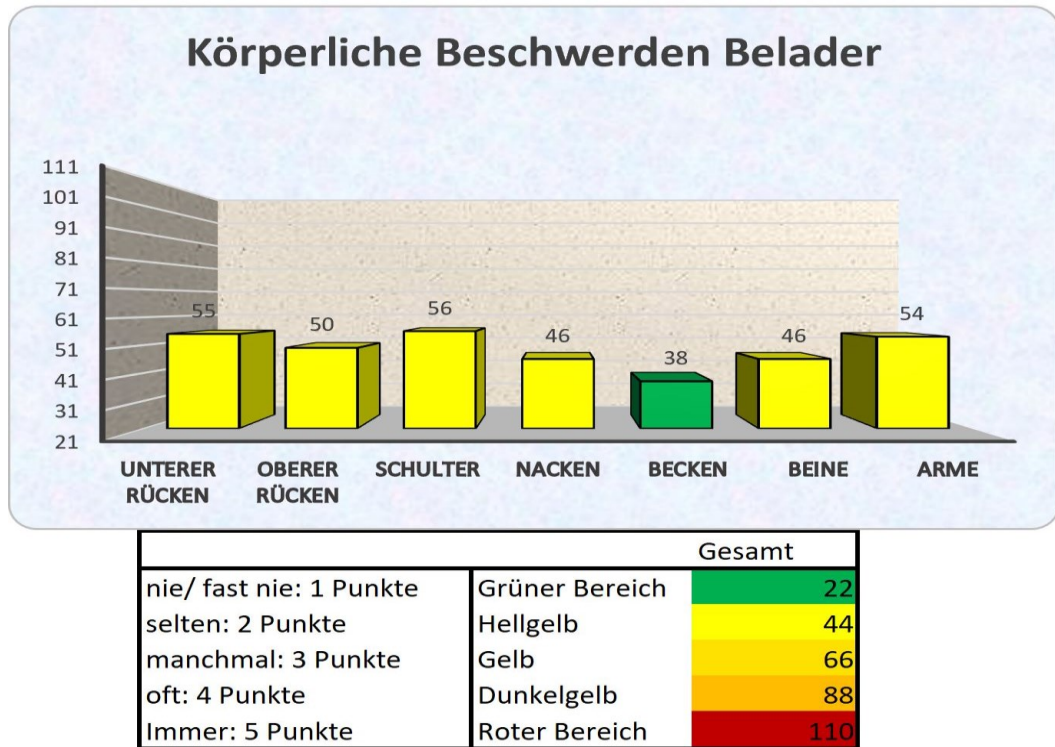


Abbildung 5.4: Ergebnisse der Evaluation der körperlichen Beschwerden beim Beladen

Die körperlichen Beschwerden spiegeln nicht die hohe Tagesdosis wider. In Anbetracht der ermittelten sehr hohen Tagesdosen für das Beladen sind die empfundenen körperlichen Beschwerden deutlich geringer ausgefallen.

In Abbildung 5.5 sind die körperlichen Beschwerden bei Mitarbeitern aus dem Entladebereich aufgeführt.

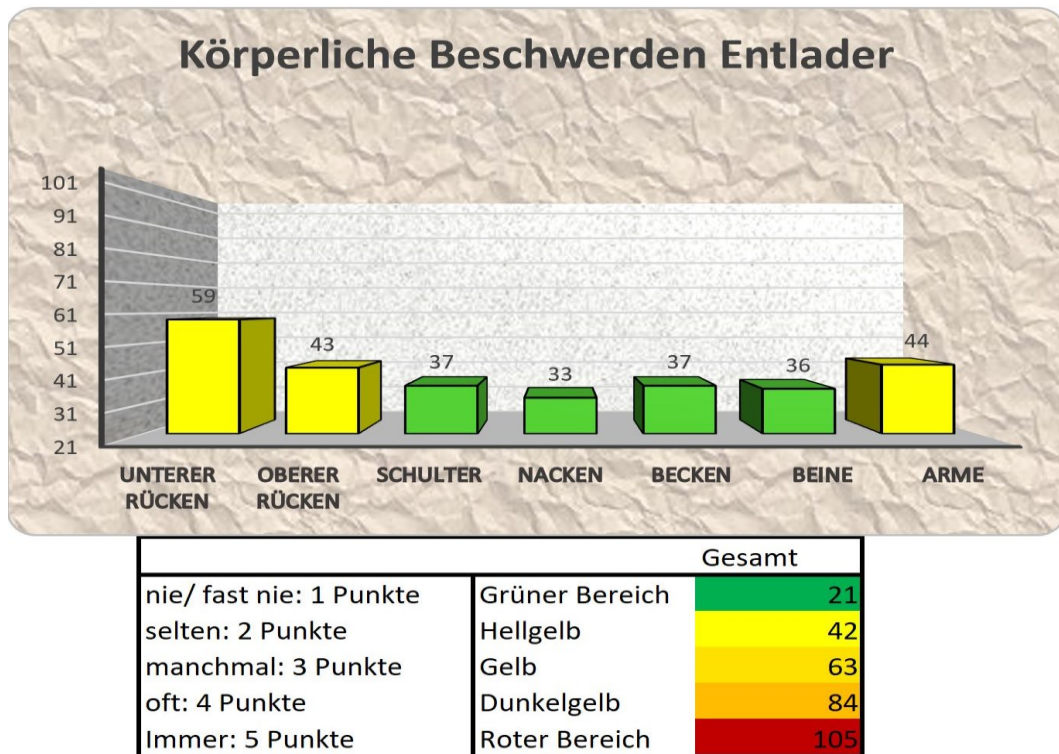


Abbildung 5.5: Ergebnisse der Evaluation der körperlichen Beschwerden beim Entladen

Ange­sichts der sehr hohen Tagesdosis beim Entladen sind die empfun­de­nen kör­per­lichen Bes­chwer­den als gering zu bewerten. Beson­ders auffal­lend ist, dass die empfun­de­nen kör­per­lichen Bes­chwer­den beim Entladen gerin­ger als beim Bela­den sind, obwohl die ermit­telte Tagesdosis beim Entladen doch deut­lich höher ist.

Beson­ders gerin­ger sind die Ergeb­nisse bei dem Entladen und Bela­den > 41 – 50 Jahre in allen Erhebungspunkten ausge­fallen (vgl. Anlage 4). Wer­den aller­dings die Ergeb­nisse hinsicht­lich der Betriebszugehörigkeit verglichen, wird sehr schnell ersicht­lich, dass die Ergeb­nisse der < 1 Jahr Betriebszugehörigkeit deut­lich gerin­ger ausfallen im Vergleich zu der Mitarbeitergruppe, die bereits 2 – 5 Jahre bei ■■■■ beschäftigt ist (vgl. Anlage 4).

5.4 Folgen physischer Belastung durch manuelle Lastenhandhabung

Heben, Halten und Tragen führen zu einer biomechanischen Beanspruchung im Bereich des unteren Rückens sowie der unteren und oberen Extremitäten (vgl. Abbildung 5.6).

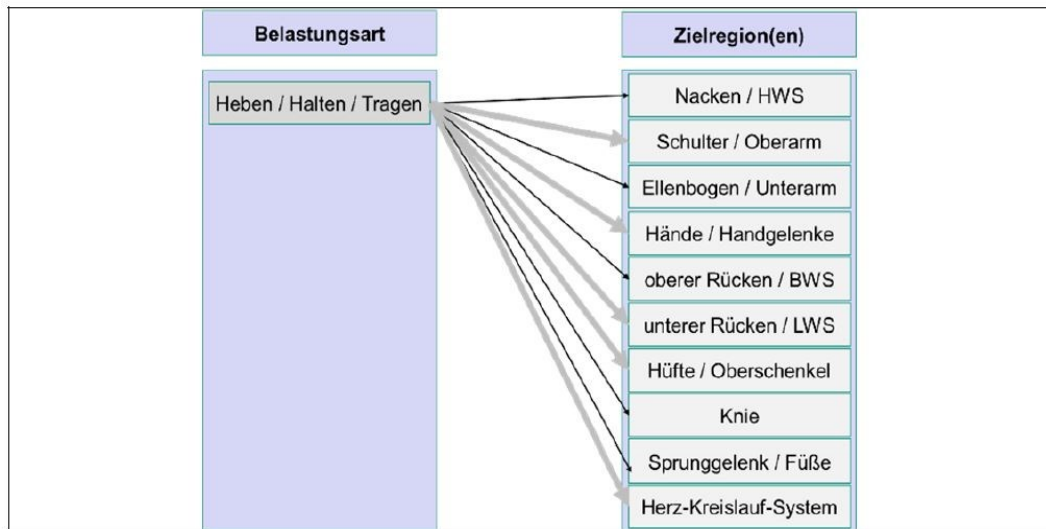


Abbildung 5.6: Körperregionen für physische Belastung durch HHT (BAuA, 2019b, S.57)

In Abbildung 5.6 stellen die dickfarbigen Pfeile die Hauptzielregion da. Die Höhe der Belastung ist sehr individuell und abhängig von den eigenen persönlichen Voraussetzungen wie konstitutionelle Faktoren, Trainingszustand oder Erfahrung in der ausgeübten Tätigkeit (BAuA, 2019b).

Häufig hohe Belastungen des Rückens und der Gelenke führen zu akuten Gesundheitsbeeinträchtigungen, durch z. B. plötzlich auftretende Schmerzen im Bereich des Rückens oder der Hände. Darüber hinaus können durch eine hohe Anzahl an manuellen Lastenhandhabungen Arbeitsunfälle hervorgerufen werden.

Wird eine Belastung über einen längeren Zeitraum ausgeübt, führt dies zu chronischen Gesundheitsschädigungen, wie z. B. bandscheibenbedingte Erkrankung der Lendenwirbelsäule oder der Kniegelenke (BAuA, 2019b).

Ferner können bei permanenter hoher Belastung die Gelenke in Form von Arthrosen geschädigt werden. Durch eine hohe Belastung wird nicht nur das Muskel-Skelett-System belastet, sondern auch das Herzkreislaufsystem. Als Folge dessen können ebenso chronische Erkrankungen wie Hypertonie verursacht werden (DGUV, 2016).

6 Anwendung des Stellschraubenkonzeptes und daraus ableitende Maßnahmen

In diesem Kapitel sollen die Ursachen für die hohe Belastung beim Be- und Entladen erläutert werden. Weiterhin sollen anhand des Stellschraubenkonzeptes Maßnahmen aufgezeigt werden, die zu einer Reduktion der Belastung führen würden.

6.1 Ursachen für die hohe physische Belastung beim Entlader

Die hohe Belastung für die hoch physische Belastung von 441,7 Gesamtpunkten ist auf mehrere Faktoren zurückzuführen. Hauptausschlaggebend ist die sehr hohe Anzahl an Paketen, die von einem Mitarbeiter in einer 4-Stunden-Schicht umgesetzt werden muss. Aus der hohen Anzahl resultiert gleichsam in der LMM eine hohe Zeitwichtung, die sich als Multiplikator der Merkmalswichtungen auswirkt. Weiterhin sind die hohen Gewichte ein erhebliches Problem. Ab > 40 kg wird eine Lastwichtung von 100 für die Merkmalswichtungen berücksichtigt. Daraus folgt, dass selbst, wenn nur eine Last > 40 kg in den besten Arbeitsplatzvoraussetzungen angehoben werden muss, sich ein Risikofaktor von 100 ableitet und damit Umgestaltungsmaßnahmen vonnöten sind. Die Mitarbeiter bei ████ werden geschult, schwere Pakete durch Zuhilfenahme eines weiteren Mitarbeiters anzuheben. Zwar wird dies von einigen Mitarbeitern umgesetzt, doch es wurde bei der Erhebung ebenfalls beobachtet, dass dies von vielen Mitarbeitern aufgrund der hohen Anzahl an Paketen und dem Zeitmangel nicht realisiert wird. Weiterhin ist die Körperhaltung beim Entladen in sehr vielen Bereichen des ZZ-Containers sehr ungünstig. Zum Teil müssen Pakete von dem Boden oder über Schulterhöhe angehoben werden, was sich sehr negativ auf die Körperhaltung auswirkt. Die Körperhaltung kann je nach Art der Wechselbrücke oder von dem vor Ort eingesetzten Equipment deutlich schlechter ausfallen. Bei den Videoaufnahmen ist aufgefallen, dass der Teleskopförderer in der Höhe nicht richtig vom Mitarbeiter positioniert wurde. Dieser befand sich die meiste Zeit des Entladevorgangs auf der Höhe des Zwischenbodens, was zu einer schlechteren Körperhaltung führt. Da die Pakete in der Paketmauer sehr gut verkeilt sind, müssen beim Entladen teilweise sehr hohe Kräfte aufgebracht werden, um diese Pakete zu lösen. Im Zuge dessen kommt es gelegentlich zu einer schlechten Handarmstellung. Weiterhin sind die klimatischen

Voraussetzungen, vor allem im Sommer, mit sehr hohen Temperaturen ausgesprochen schlecht. Folglich wird das Herzkreislaufsystem in einem sehr hohen Maß beansprucht. Aufgrund der sehr hohen Stückzahl an Paketen und des nicht vorhandenen Belastungswechsels wird der Mitarbeiter stark einseitig dynamisch belastet. Dies resultiert in einer sehr schlechten Arbeitsorganisation für den Arbeitnehmer. Darüber hinaus müssen schwere Zwischenböden in einer ungünstigen Körperhaltung angehoben und in einer Endposition gesichert werden.

6.2 Ursachen für die hohe physische Belastung beim Beladen

Die Anzahl an Paketen, die ein Mitarbeiter beim Beladen umsetzen muss, ist zwar nicht so hoch wie beim Entlader, dennoch mit ca. 1.200 Hebe- und Umsetzvorgängen entsprechend stets zu hoch. Auch in diesem Arbeitsbereich wurde beobachtet, dass schwere Pakete zum Teil alleine angehoben werden. Die Körperhaltung ist ebenso hier in vielen Bereichen des ZZ-Containers sehr ungünstig. Der Teleskopförderer befand sich im überwiegenden Teil des Beladevorgangs in der Arbeitshöhe eingestellt. Nichtsdestoweniger müssen Pakete auf den Boden und über Schulterhöhe verladen werden. Die Pakete werden in der Wechselbrücke so verladen, dass sich eine feste formschlüssige Paketmauer ergibt. Dies hat zur Folge, dass über Schulterhöhe, wo die Mitarbeiter zum Teil in einer ungünstigen gestreckten Körperhaltung arbeiten, sehr häufig eine ungünstige Hand-/Armstellung eingenommen wird. Wie beim Entlader sind die klimatischen Bedingungen hier, insbesondere im Sommer, sehr kritisch. Gleichmaßen folgt aus der engen Taktfolge an zu beladenden Paketen und dem Fehlen von Belastungswechseln eine sehr stark einseitig dynamische Belastung für den Mitarbeiter. Mithin ist auch hier die Arbeitsorganisation beim Beladen als schlecht zu bewerten.

6.3 Potential für Stellschrauben beim Entladen

Die Ergebnisse aus der im Kapitel 4 ermittelten Gesamtbewertung haben verdeutlicht, dass der Arbeitsplatz des Entladers einer hohen biomechanischen Belastung ausgesetzt ist und dieser grundsätzlich optimiert werden muss. Diesbezüglich sind mehrere Stellschrauben anzupassen, um das Ergebnis in einen grünen akzeptablen Risikobereich zu führen.

Stellschraube Zeitwichtung:

Die Anzahl der Hebe- und Umsetzungsvorgänge ist ein entscheidender Auslöser für das hohe Gesamtergebnis. Die Zeitwichtung muss organisatorisch mit dem Einsatz von mehr Mitarbeitern in dem Entladebereich deutlich gesenkt werden. Die Hebe- und Umsetzungsvorgänge sollten hier eine Gesamtanzahl von 750 nicht überschreiten. Auf diese Weise würde die Zeitwichtung, welche gleichzeitig dem Multiplikator der resultierenden Merkmalswichtungen entspricht, gesenkt werden.

Zeitwichtung „Alt“ → > 11,3	Zeitwichtung „Neu“ → 6
-----------------------------	------------------------

Stellschraube Lastwichtung:

Das Produktportfolio von ■■■ umfasst leichte Pakete < 1 kg ebenso wie schwere Pakete ≤ 70 kg. Da besonders durch schwere Lasten eine hohe Druckkraft auf die Lendenwirbelsäule wirkt, werden die Lasten in der LMM mit > 40 kg mit einem Punktwert von 100 berücksichtigt. Daraus resultiert zugleich ein Gesamtpunktwert, der nicht mehr im grünen Risikobereich liegen kann.

Dem Stand der Technik ist bei dem Ableiten von Maßnahmen zwingend Rechnung zu tragen. Der Einsatz von Vakuumhebern würde das Heben und Umsetzen von schweren Lasten eliminieren. Die derzeitigen Vakuumheber ermöglichen es, dass Lasten bis zu 300 kg aufgenommen werden können (Schmalz, 2021a).

Der Einsatz der Vakuumheber ist bei Lasten ≥ 10 kg, unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens, zu empfehlen. Dadurch würden Lasten ≥ 10 kg in der LMM HHT ausscheiden. Allerdings sind diese Lasten mit Hilfe der LMM MA weiterhin zu berücksichtigen.

Eine organisatorische Maßnahme, durch welche Lasten > 10 kg aus dem Produktportfolio eliminiert werden, würde ebenfalls zu einer Verringerung der Lastwichtung führen. Allerdings würde sich dies negativ auf dem Wettbewerbsmarkt auswirken.

Max. Lastwichtung „Alt“ → 100	Max. Lastwichtung „Neu“ → 6
-------------------------------	-----------------------------

Stellschraube Körperhaltung:

In der ZZ-Wechselbrücke sind beim Entladen durch die unterschiedlichen Höhen verschiedene Körperhaltungen vorhanden. Unterhalb der Tibialhöhe wird mit der Körperhaltung 10 die ungünstigste Körperhaltung erzielt. Darüber hinaus werden Pakete oberhalb der Schultern beladen, wofür Zusatzpunkte berücksichtigt werden.

Das Auslagern des Entladeprozesses in die Logistikhalle wäre eine organisatorische Maßnahme, welche die Körperhaltung deutlich verbessern würde. Hierbei könnten Rollcontainer mit Hilfe eines Hubtisches, der idealerweise in den Boden verbaut wäre, den Rollcontainer stets auf die ideale Höhe positionieren. Der Hubtisch muss allerdings so in den Boden der Lagerhalle verbaut werden, dass dieser auch beim Entladen des Rollcontainers über Schulterhöhe den Rollcontainer in der Höhe nach unten verfahren kann. Alternativ wären ebenso Gitterboxen mit abnehmbaren Seitenwänden möglich. Diese Gitterboxen sollten bis Ellenbogenhöhe 50. Perzentil Mann 26 – 40 Jahre bei 1,10 m in der Höhe begrenzt sein. Diese sollte anschließend mit Hilfe eines Hubtisches oder einer weiteren geeigneten Hebehilfe in der Arbeitshöhe optimal positioniert werden. Die Hebehilfen könnten jedoch durch den Einsatz angepasster Vakuumheber ersetzt werden (vgl. Anlage 5). Letztere sind besonders für das ergonomische Aufnehmen von Werkstücken aus tiefen Lagen geeignet (Schmalz, 2021b).

Überdies würden die Zusatzpunkte für gelegentliche Rumpfvordrehung und Handstellung gelegentlich über Schulterhöhe entfallen. Es ist nicht ganz ausgeschlossen, dass der Lastschwerpunkt beim Entladen des Rollcontainers bzw. der Gitterbox stets optimal ist. Insbesondere in der Mitte des Rollcontainers bzw. der Gitterbox könnte der Lastschwerpunkt gelegentlich körperfern sein.

Tabelle 6.1: Stellschraube Körperhaltung beim Entladen nach Optimierung

Max. Körperhaltung „Alt“ → 10	Körperhaltung „Neu“ → 0
Max. Zusatzpunkte „Alt“ → 6	Zusatzpunkte „Neu“ → 1
Max. Gesamtpunkt „Alt“ → 14	Max. Gesamtpunkte „Neu“ → 1

Stellschraube Lastaufnahmebedingung:

Durch das Positionieren der Pakete auf die ideale Höhe mittels der Hubtische würde die Lastaufnahmebedingung so realisiert werden, dass diese beidhändig und symmetrisch erfolgen kann. Bei der Erhebung ist besonders hervorgehoben, dass irreguläre Pakete häufig aufgrund ihrer Größe nicht symmetrisch und teilweise einhändig gehoben werden. Dies würde mit dem Einsatz von Vakuumhebern für > 10 kg Pakete ebenfalls vermieden werden.

Lastaufnahmebedingung „Alt“ → 1	Lastaufnahmebedingung „Neu“ → 0
---------------------------------	---------------------------------

Stellschraube ungünstige Ausführungsbedingung:

Die klimatischen und räumlichen Bedingungen in der ZZ-Wechselbrücke sind sehr unvorteilhaft. Die Temperatur würde sich durch das Auslagern des Entladeprozesses in der Logistikhalle deutlich verbessern. So würde der Luftaustausch aufgrund der Höhe der Logistikhalle und der vorhandenen Hallentore deutlich optimiert werden. Weiterhin könnte die Temperatur vor allem im Sommer durch den Einsatz von Klimageräten gesenkt werden. Der Entladeprozess in der Logistikhalle müsste ebenfalls so gestaltet werden, dass der Mitarbeiter genügend Platz zum Entladen hat. Ferner würde den ungünstigen Hand-/Armstellungen bei richtiger Positionierung der Gitterbox bzw. des Rollcontainers vorgebeugt werden. Lediglich die Kraftübertragung bliebe bei den Paketen durch die fehlenden Griffe als eingeschränkt zu bewerten.

Tabelle 6.2: Stellschraube Ausführungsbedingung beim Entladen nach Optimierung

Max. Hand-/Armstellung „Alt“ → 1	Max. Hand-/Armstellung „Neu“ → 0
Max. Kraftübertragung „Alt“ → 1	Max. Kraftübertragung „Neu“ → 1
Umgebungsbedingung „Alt“ → 1	Umgebungsbedingung „Neu“ → 0
Max. räumliche Bedingung „Alt“ → 1	Max. räumliche Bedingung „Neu“ → 0
Halten/ Tragen „Alt“ → 1	Halten/ Tragen „Neu“ → 0
Max. Gesamtpunkte „Alt“ → 5	Max. Gesamtpunkte „Neu“ → 1

Stellschraube Arbeitsorganisation:

Die Reduktion der Zeitwichtung führt zugleich zu einer Verbesserung der Arbeitsorganisation. Weiterhin führt der Vakuumheber dazu, dass ein Belastungswechsel erfolgt. Dieser könnte durch andere Tätigkeiten, wie z. B. das Schieben der Gitterbox bzw. des Rollcontainers mittels eines elektrischen Flurförderzeuges, bestärkt werden.

Arbeitsorganisation „Alt“ → 4	Arbeitsorganisation „Neu“ → 0
-------------------------------	-------------------------------

Gesamtergebnis nach Anwendung des Stellschraubenkonzeptes:

Das in Tabelle 6.3 errechnete Ergebnis zeigt, dass es selbst beim Entladen möglich ist, den grünen Risikobereich zu erreichen.

Tabelle 6.3: Tagesdosis beim Entladen nach Optimierung

Zeitwichtung „Alt“ → > 11,3	Zeitwichtung „Neu“ → 6
Max. Lastwichtung „Alt“ → 100	Max. Lastwichtung „Neu“ → 6
Max. Gesamtpunkte Körperhaltung „Alt“ → 14	Max. Gesamtpunkte Körperhaltung „Neu“ → 1
Lastaufnahmebedingung „Alt“ → 1	Lastaufnahmebedingung „Neu“ → 0
Max. Gesamtpunkte Ausführungsbedingung „Alt“ → 5	Max. Gesamtpunkte Ausführungsbedingung „Neu“ → 1
Arbeitsorganisation „Alt“ → 4	Arbeitsorganisation „Neu“ → 0
Gesamtpunkte „Alt“ Entladen → 441,7	Gesamtpunkte „Neu“ Entladen → 48

Mit Hilfe der oben aufgeführten Maßnahmen würden die Ganzkörperkräfte für das Anheben der Zwischenböden vollends beseitigt werden. Das positive Ergebnis wird allerdings nicht nur durch eine Maßnahme, sondern durch einen Maßnahmenkatalog erzielt, wobei sämtliche Maßnahmen aufeinander abgestimmt sein müssen. Weiterhin könnte dies im Wege einer verkürzten Angebotsvorsorge von 36

auf 12 Monate als organisatorische Maßnahme nochmal positiv entgegenwirken (BAuA, 2016).

Generell muss die Arbeitsweise beim Entladen bei [REDACTED] schnellstens überarbeitet werden. Der optimierte Gesamtpunktwert spiegelt allerdings nur die manuelle Lastenhandhabung wider. Die Benutzung der Vakuümheber und das Fahren mit Hilfe eines elektrischen Flurförderzeuges müssen separat betrachtet werden.

6.4 Potential für Stellschrauben beim Beladen

Beim Beladen ist es ebenfalls notwendig, den Arbeitsplatz aufgrund der Gesamtpunktebewertung von 292,6 zu optimieren. Hier wird nun nach dem gleichen Prinzip für das Stellschraubenkonzept wie beim Entladen vorgegangen.

Stellschraube Zeitwichtung:

Wie beim Entladen muss die Zeitwichtung verringert werden. Diese sollte ebenfalls von 1.200 auf maximal 750 Hebe- und Umsetzvorgänge in einer Arbeitsschicht reduziert werden.

Zeitwichtung „Alt“ → 7,4	Zeitwichtung „Neu“ → 6
--------------------------	------------------------

Stellschraube Lastwichtung:

Wie beim Entladen ist hier der Einsatz von Vakuümhebern für Lasten ≥ 10 kg zu empfehlen. Mit dieser Maßnahme würde zeitgleich die manuelle Lastenhandhabung für schwere Lasten entfallen.

Max. Lastwichtung „Alt“ → 100	Max. Lastwichtung „Neu“ → 6
-------------------------------	-----------------------------

Stellschraube Körperhaltung:

Der Arbeitsprozess sollte so gestaltet werden, dass das Beladen außerhalb der Wechselbrücke erfolgt. Dies könnte mit Hilfe eines Rollcontainers realisiert werden. Nach dem vollständigen Beladen des Rollcontainers könnte dieser in eine Wechselbrücke ohne Zwischenboden geschoben werden. Dieser Prozess müsste

allerdings mit Hilfe der LMM ZS berücksichtigt werden. Alternativ könnte das Beladen über Gitterboxen erfolgen. Diese sollten jedoch an der Unter- und Oberseite mit einem U-Profil ausgestattet sein, damit die Gitterboxen daraufhin zum Beladen in der Wechselbrücke ohne Zwischenboden mittels eines Gabelstaplers gestapelt werden können. Anhand dieser Maßnahme würden vor allem die gestreckte Körperhaltung beim Beladen und der damit verbundene häufig entfernte Lastschwerpunkt eliminiert werden. Aber auch der gelegentlichen Rumpfvordrehung und dem Arbeiten über Schulterhöhe würde damit vorgebeugt werden.

Tabelle 6.4: Stellschraube Körperhaltung beim Beladen nach Optimierung

Max. Körperhaltung „Alt“ → 10	Körperhaltung „Neu“ → 0
Max. Zusatzpunkte „Alt“ → 6	Zusatzpunkte „Neu“ → 1
Max. Gesamtpunkt „Alt“ → 14	Max. Gesamtpunkte „Neu“ → 1

Stellschraube Lastaufnahmebedingung:

Beim Beladen wurde die Lastaufnahmebedingung im Rahmen der Bewertung bereits als sehr gut bewertet, sodass hier eine Reduktion nicht realisiert werden kann.

Lastaufnahmebedingung „Alt“ → 0	Lastaufnahmebedingung „Neu“ → 0
---------------------------------	---------------------------------

Stellschraube ungünstige Ausführungsbedingung:

Wie bereits beim Entladen beschrieben, würden durch das Auslagern des Arbeitsprozesses die räumlichen und klimatischen Bedingungen deutlich optimiert werden. Insbesondere die Hand-/Armstellung wird signifikant verbessert, da diese sich beim Beladeprozess über Schulterhöhe häufig bis ständig am Ende der Beweglichkeitsgrenze befand. Lediglich die Kraftübertragung bleibt aufgrund der fehlenden Griffe als eingeschränkt zu bewerten.

Tabelle 6.5: Stellschraube Ausführungsbedingung beim Beladen nach Optimierung

Max. Hand-/Armstellung „Alt“ → 2	Max. Hand-/Armstellung „Neu“ → 0
Max. Kraftübertragung „Alt“ → 1	Max. Kraftübertragung „Neu“ → 1

Umgebungsbedingung „Alt“ → 1	Umgebungsbedingung „Neu“ → 0
Max. räumliche Bedingung „Alt“ → 1	Max. räumliche Bedingung „Neu“ → 0
Max. Gesamtpunkte „Alt“ → 4	Max. Gesamtpunkte „Neu“ → 1

Stellschraube Arbeitsorganisation:

Darüber hinaus kann unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Maßnahmen ein Belastungswechsel durch den Einsatz eines Vakuumhebers erzielt werden. Weiterhin könnte der Mitarbeiter die Gitterboxen bzw. Rollcontainer mit Hilfe eines Gabelstaplers verladen. Das Beladen bedarf in der Regel etwas mehr Zeit, da beim Stapeln der Pakete durch das richtige Positionieren mehr Zeit in Anspruch genommen wird. Demnach sollte die Arbeitsschicht beim Beladen von 4 auf beispielsweise 6 Stunden erhöht werden.

Arbeitsorganisation „Alt“ → 4	Arbeitsorganisation „Neu“ → 0
-------------------------------	-------------------------------

Gesamtergebnis nach Anwendung des Stellschraubenkonzeptes:

Das in Tabelle 6.6 errechnete Ergebnis zeigt, dass es beim Beladen ebenfalls möglich ist, den grünen Risikobereich zu erreichen.

Tabelle 6.6: Tagesdosis beim Beladen nach Optimierung

Zeitwichtung „Alt“ → > 7,4	Zeitwichtung „Neu“ → 6
Max. Lastwichtung „Alt“ → 100	Max. Lastwichtung „Neu“ → 6
Max. Gesamtpunkte Körperhaltung „Alt“ → 14	Max. Gesamtpunkte Körperhaltung „Neu“ → 1
Lastaufnahmebedingung „Alt“ → 1	Lastaufnahmebedingung „Neu“ → 0
Max. Gesamtpunkte Ausführungsbedingung „Alt“ → 4	Max. Gesamtpunkte Ausführungsbedingung „Neu“ → 1
Arbeitsorganisation „Alt“ → 4	Arbeitsorganisation „Neu“ → 0

Gesamtpunkte „Alt“ Beladen → 292,6	Gesamtpunkte „Neu“ Beladen → 48
---	---

Mit Hilfe der oben aufgeführten Maßnahmen werden die Ganzkörperkräfte für das Absetzen der Zwischenböden komplett beseitigt. Auch für das Beladen ist eine verkürzte Angebotsvorsorge von 36 auf 12 Monaten zu empfehlen (BAuA, 2016).

Der ermittelte Punktwert resultiert allerdings nur aus der manuellen Lastenhandhabung. Die Benutzung der Vakuumheber und das Fahren mit Hilfe eines elektrischen Flurförderzeuges müssen wiederum gesondert berechnet werden.

7 Fazit und Ausblick

Die vorliegende Abhandlung zeigt, dass die bisherige Berechnung der physischen Belastung aus vielerlei Punkten nicht richtig umgesetzt worden ist. Daraus resultierte eine biomechanische Belastung, die nicht annähernd die vorhandene physische Belastung aufgezeigt hat. Darüber hinaus wurden noch die LMM aus dem Jahr 2001 benutzt, welche durch die neuen LMM aus dem Projekt MEGAPHYS abgelöst worden sind.

Die Ermittlung der physischen Belastung nach LMM ist sehr komplex und erfordert einen gewissen Zeitaufwand. Im Zuge dessen ist, wie bereits in dieser Masterarbeit ausgeführt, die Wechselbrücke in mehrere Abschnitte zu unterteilen, damit viele einzelne Teiltätigkeiten bewertet werden können. Diese sind anschließend nach den verschiedenen Lastgewichtsklassen zu berücksichtigen. Zu beachten ist, dass für jede Arbeitsplatzvoraussetzung in Kombination mit einer Wechselbrücke eine eigene Beurteilung erfolgen muss.

Die demografische Entwicklung wird dazu führen, dass der Anteil älterer Beschäftigter in Zukunft wachsen wird. Angesichts dessen sollten eine altersgerechte Gestaltung und Organisation des Arbeitsplatzes sich auf die Reduktion der Belastung des Muskel-Skelett-Systems fokussieren. Auf diese Weise würde einer Überbelastung, Beschwerden, Erkrankungen sowie damit verbundenen Leiden und Berufskrankheiten vorgebeugt werden. Bei der Erhebung der biomechanischen Belastung beim Entladen und Beladen ist aufgezeigt worden, dass diese bei beiden Arbeitsbereichen in einem sehr hohen Risikobereich liegt, infolgedessen zwingend Maßnahmen umgesetzt werden müssen. Dies wurde ebenfalls durch ein AU-Profil der letzten drei Jahre belegt.

Anhand des Stellschraubenkonzeptes wurde verdeutlicht, dass dieses Ergebnis erkennbar verbessert werden kann und es sogar möglich ist, es in einen akzeptablen Risikobereich zu senken. Hierfür sind allerdings mehrere Maßnahmen notwendig. Generell ist die Arbeitsweise als nicht mehr zeitgemäß zu erachten und es ist ein genereller Umbruch der Arbeitsprozesse in der Kurier-Express-Paket-Branche vonnöten. Einzelne Stückgüter in hoher Anzahl zu entladen bzw. zu beladen, entspricht nicht dem Stand der Technik. Um diesen Umbruch zu vollziehen, ist es wichtig, alle Beteiligten einschließlich Stakeholder mit einzubinden.

Das subjektive Empfinden der Mitarbeiter spiegelt die hohe Belastung im Bereich der körperlichen Beschwerden nicht richtig wider. Allerdings ist bei der Auswertung aufgefallen, dass Mitarbeiter mit einer Betriebszugehörigkeit von 2 – 5 Jahren mehr körperliche Beschwerden aufweisen als Mitarbeiter, die weniger als 1 Jahr bei ■■■■ beschäftigt sind. Bei der Befragung hat kein Mitarbeiter > 5 Jahre Betriebszugehörigkeit teilgenommen, sodass hier keine Aussage über Mitarbeiter, die mehr als 5 Jahre bei ■■■■ beschäftigt sind, getroffen werden kann. Ausschlaggebend ist jedoch nicht das subjektive Empfinden, sondern der Stand der Forschung. Dies wird mit den neuen LMM und der damit verbundenen ermittelten hohen biomechanischen Belastung widergespiegelt.

Im weiteren Verlauf werden die Erkenntnisse dieser Abhandlung der Geschäftsleitung präsentiert. Anschließend müssen die Maßnahmen, die umgesetzt werden können, diskutiert werden. Hierbei könnten kurzfristige Maßnahmen wie z.B. die Reduktion der Hebe- und Umsetzvorgänge verwirklicht werden. Langfristige Maßnahmen, die zugleich einen gewissen Umbruch der Arbeitsprozesse erfordern könnten, müssen wiederum geplant und auf lange Sicht umgesetzt werden. Dies sollte insbesondere in Neubaugebäuden bereits Berücksichtigung finden. In den Bestandsgebäuden muss aufgrund der baulichen Gegebenheiten erfasst werden, was genau im Detail realisierbar ist. Generell ist es empfehlenswert, für diesen Umbruch ein Projektteam zusammenzustellen, das diesen Umbruch begleitet.

Literaturverzeichnis

Arbeitsschutzgesetz (1996): Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten in der Arbeit vom 07.08.1996 in der Fassung vom 22.12.2020. [Zugriff am 22.01.2021]. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/arb-schg/BJNR124610996BJNG000500000>

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2007): Leitmerkmalmethode Heben, Halten, Tragen – Extrapolation der Zeitwichtungen – Vorschlag für die Praxis, Ausgabe 2007. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.). [Zugriff am 16.01.2021]. Verfügbar unter: https://autoerg.net/files/autoerg/2007_LMM_HHT.pdf

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2016): Bekanntmachung von Empfehlungen von Arbeitsmedizinischen Regeln – AMR Nr. 2.1 „Fristen für die Veranlassung/ das Angebot arbeitsmedizinische Vorsorge“. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.). Bekanntmachung 20. Juli 2016. [Zugriff am 01.06.2021]. Verfügbar unter: https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/AMR/pdf/AMR-2-1.pdf?__blob=publication-File&v=2

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2019a): Gefährdungsbeurteilung bei physischer Belastung – die neuen Leitmerkmalmethoden (LMM) – Kurzfassung. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.). Ausgabe 3. Auflage 2019. Druck & Verlag Kettler GmbH. [Zugriff am 14.04.2021]. Verfügbar unter: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2333-2.html>

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2019b): MEGAPHYS – Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.). Band 1. 1. Auflage 2019. [Zugriff am 18.04.2021]. Verfügbar unter: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2333.html>

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2019c): Erweiterte Leitmerkmalmethode zur Beurteilung und Gestaltung von Belastungen bei der Ausübung

von Ganzkörperkräften LMM-GK-E. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.). [Zugriff am 19.04.2021]. Verfügbar unter: <https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Physische-Belastung/Leitmerkalmethode/pdf/LMM-E-Ganzkoerperkraefte.pdf? blob=publicationFile&v=4>

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2019d): PDF Formular zur belastungsspezifischen Zusammenfassung der Beurteilungen mit den Leitmerkalmethoden über verschiedene Teil-Tätigkeiten eines Arbeitstages (LMM-Multi-E). Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.). [Zugriff am 25.04.2021]. Verfügbar unter: <https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Physische-Belastung/Leitmerkalmethode/pdf/LMM-Multi-E.pdf? blob=publicationFile&v=4>

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2020a): Erweiterte Leitmerkalmethode zur Beurteilung und Gestaltung von Belastungen beim manuellen Heben, Halten und Tragen von Lasten ≥ 3 kg LMM-HHT-E. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.). [Zugriff am 19.04.2021]. Verfügbar unter: <https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Physische-Belastung/Leitmerkalmethode/pdf/LMM-E-Heben-Halten-Tragen.pdf? blob=publicationFile&v=4>

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2020b): Erweiterte Leitmerkalmethoden (LMM-E): Algorithmen für Interpolation und Zusammenfassung. Ausgabe 2020. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.). [Zugriff am 21.04.2021]. Verfügbar unter: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Fokus/Algorithmen-Leitmerkalmethoden.html>

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2020c): Arbeitswelt im Wandel – Zahlen – Daten – Fakten. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. 1. Auflage, Mai 2020. Druck & Verlag Kettler GmbH. [Zugriff am 15.05.2021]. Verfügbar unter: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis/A101.pdf? blob=publicationFile&v=8>

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2021): Handbuch Gefährdungsbeurteilung – Teil 2 Gefährdungsfaktoren, Ausgabe 2021. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.). [Zugriff am 23.01.2021]. Verfügbar unter: <https://www.baua.de/gefaehrdungsbeurteilung>

Berufsgenossenschaft Verkehr (2021): STOP-Prinzip, [Zugriff am 02.03.2021]. Verfügbar unter: <https://www.bg-verkehr.de/arbeitssicherheit-gesundheit/themen/gefahrstoffe/schutzmassnahmen/stop-prinzip>

Deutsches Ärzteblatt (2004): Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität [online]. Heft 15. 9. April 2004. Autor: Borg, Gunnar [Zugriff am 22.05.2021]. Verfügbar unter: <https://cdn.aerzteblatt.de/pdf/101/15/a1016.pdf>

Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin (2004): Das Anstrengungsempfinden (RPE, Borg-Skala) [online]. Nr. 11 (2004). Autor: Löllgen, Herbert [Zugriff am 23.05.2021]. Verfügbar unter: <https://www.germanjournalsportsmedicine.com/fileadmin/content/archiv2004/heft11/299-300.pdf>

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (2016): DGUV Information 208-033 – Belastungen für Rücken und Gelenke – was geht mich das an? Berlin: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (Hrsg.). Ausgabe 2013, aktualisierte Fassung 2016

Deutsche Industrie Norm 33402-2 (2005): Ergonomie – Körpermaße des Menschen – Teil 2: Werte. Berlin: Deutsches Institut für Normung (Hrsg.). Beuth Verlag GmbH, 2005

Gesetzliche Krankenversicherung (2018): AOK Arbeitsunfähigkeitsprofil 2018 [REDACTED]. Unveröffentlichtes Material

Gesetzliche Krankenversicherung (2019): AOK Arbeitsunfähigkeitsprofil 2019 [REDACTED]. Unveröffentlichtes Material

Gesetzliche Krankenversicherung (2020): AOK Arbeitsunfähigkeitsprofil 2020 [REDACTED]. Unveröffentlichtes Material

Kamusella Christiane (2020): Physische Belastungen – Ergonomieuntersuchungen: Einflussfaktoren. Unveröffentlichtes Material. Technische Universität Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Professur für Arbeitswissenschaft

Schmalz Kurt (2021a): Vakuumheber und Kransysteme für die Logistikbranche – Flexible Handhabungslösungen für Flughäfen, Intra- und Distributionslogistik. [Zugriff am 30.05.2021]. Verfügbar unter: <https://www.schmalz.com/de-de/vakuumheber-und-kransysteme/branchen-und-anwendungen/logistik/>

Schmalz Kurt (2021b): Jumbo-Low Stack – Ergonomisches Aufnehmen von Werkstücken aus tiefen Lagen. [Zugriff am 30.05.2021]. Verfügbar unter: <https://www.schmalz.com/de-de/vakuumheber-und-kransysteme/vakuum-schlauchheber-jumbo/vakuum-schlauchheber-jumbo-low-stack/>

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

AOK	Allgemeine Ortskrankenkasse
AU	Arbeitsunfähigkeit
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
DIN	Deutsche Industrienorm
kg	Kilogramm
LMM	Leitmerkalmethode
LMM-GK	Leitmerkalmethode Ganzkörperkräfte
LMM-HHT	Leitmerkalmethode Heben, Halten, Tragen
LMM-KB	Leitmerkalmethode Körperfortbewegung
LMM-KH	Leitmerkalmethode Körperhaltung
LMM-MA	Leitmerkalmethode manuelle Arbeitsprozesse
LMM-MB	Mischbelastung
LMM-Multi-E	Leitmerkalmethode zur Erfassung mehrerer Teiltätigkeiten einer Belastungsart
LMM-ZS	Leitmerkalmethode Ziehen und Schieben
m	Meter
MEGAPHYS	Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz
mm	Millimeter
■	■
vgl.	vergleiche

z. B.	zum Beispiel
>	größer
≥	größer gleich
<	kleiner
%	Prozent

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Vorgehensweise im Rahmen dieser Masterthesis	10
Abbildung 2.1: Übersicht der zehn Gefährdungsfaktoren	11
Abbildung 2.2: Maßnahmenhierarchie	12
Abbildung 2.3: Risikobeurteilung für physische Belastung (BAuA, 2020a, S. 4). 15	
Abbildung 2.4: Vorgehensweise nach speziellen Screeningverfahren.....	16
Abbildung 2.5: Darstellung nichtlinearer Zeitwichtung (BAuA, 2019b, S.234).....	17
Abbildung 2.6: Matrix für die Mischbelastung (Kamusella, 2020, S.34).....	19
Abbildung 2.7: Matrix für die Mischbelastung mit Inkrementen (Kamusella, 2020, S. 36).....	20
Abbildung 3.1: Seitenansicht Entladevorgang.....	23
Abbildung 3.2: Seitenansicht Beladevorgang.....	26
Abbildung 4.1: Unterteilung der Wechselbrücke nach unterschiedlichen Lastfällen	30
Abbildung 4.2: Lastfälle nach den Körpermaßen	32
Abbildung 4.3: Arbeitsunfähigkeitsprofil 2018 (Gesetzliche Krankenversicherung, 2018)	48
Abbildung 4.4: Arbeitsunfähigkeitsprofil 2019 (Gesetzliche Krankenversicherung, 2019)	48
Abbildung 4.5: Arbeitsunfähigkeitsprofil 2020 (Gesetzliche Krankenversicherung, 2020)	49
Abbildung 4.6: Verfahrensanweisung für das Erstellen der LMM	51
Abbildung 5.1: Skala für die Evaluation der Fragebögen.....	55
Abbildung 5.2: Ergebnisse der Evaluation der Arbeitsorganisation bei dem Belader	55
Abbildung 5.3: Ergebnisse der Evaluation der Arbeitsorganisation bei dem Entlader	56
Abbildung 5.4: Ergebnisse der Evaluation der körperlichen Beschwerden beim Beladen	57
Abbildung 5.5: Ergebnisse der Evaluation der körperlichen Beschwerden beim Entladen	58
Abbildung 5.6: Körperregionen für physische Belastung durch HHT (BAuA, 2019b, S.57)	59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Übersicht Arbeitsvorgänge beim Entladen.....	23
Tabelle 3.2: Übersicht Arbeitsvorgänge Beladen	26
Tabelle 4.1: Verteilung Lastgewicht bei dem Entladen	28
Tabelle 4.2: Verteilung Lastgewicht bei dem Beladen.....	29
Tabelle 4.3: Verteilung der Pakete nach den Lastfällen für den Entlader	33
Tabelle 4.4: Verteilung der Pakete nach den Lastfällen für den Belader	33
Tabelle 4.5: Körperhaltung in den unterschiedlichen Lastfällen beim Entladen ..	34
Tabelle 4.6: Körperhaltung in den unterschiedlichen Lastfällen beim Beladen ...	35
Tabelle 4.7: Übersicht der Merkmalswichtungen bei dem Entladen	37
Tabelle 4.8: Übersicht der Merkmalswichtungen beim Beladen	39
Tabelle 4.9: Belastung beim Entladen, absteigend sortiert nach der Teildosis ...	41
Tabelle 4.10: Belastung beim Beladen, absteigend sortiert nach der Teildosis ..	41
Tabelle 4.11: Belastung für den Entlader, absteigend sortiert nach der Intensität	42
Tabelle 4.12: Belastung für den Belader, absteigend sortiert nach der Intensität44	
Tabelle 4.13: Mischbelastung beim Entladen.....	46
Tabelle 4.14: Mischbelastung beim Beladen.....	46
Tabelle 5.1: Fragebogen zur Erhebung des subjektiven Empfindens der Mitarbeiter.....	52
Tabelle 6.1: Stellschraube Körperhaltung beim Entladen nach Optimierung	63
Tabelle 6.2: Stellschraube Ausführungsbedingung beim Entladen nach Optimierung	64
Tabelle 6.3: Tagesdosis beim Entladen nach Optimierung	65
Tabelle 6.4: Stellschraube Körperhaltung beim Beladen nach Optimierung	67
Tabelle 6.5: Stellschraube Ausführungsbedingung beim Beladen nach Optimierung	67
Tabelle 6.6: Tagesdosis beim Beladen nach Optimierung	68

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: LMM-GK Entladen (BAuA, 2019c)	81
Anlage 2: LMM-GK Beladen (BAuA, 2019c)	83
Anlage 3: Fragebogen zur Erhebung des subjektiven Empfindens der Mitarbeiter	85
Anlage 4: Auswertung des subjektiven Empfindens	87
Anlage 5: Vakuumheber für das Heben von Lasten aus tiefen Lagen (Schmalz, 2021b)	99

Folgende Anlagen sind der Arbeit in digitaler Form auf beiliegender CD angefügt:

Anlage A: LMM HHT und GK für das Entladen

Anlage B: LMM HHT und GK für das Beladen

Anlage C: LMM Multi E für das Entladen

Anlage D: LMM Multi E für das Beladen

Anlage 1: LMM-GK Entladen (BAuA, 2019c)

Erweiterte Leitmerkmalmethode zur Beurteilung und Gestaltung von Belastungen bei der Ausübung von Ganzkörperkräften (LMM-GK-E)

Arbeitsplatz / Teil-Tätigkeit:	Entlader Wechselbrücke ZZ/ Anheben des Zwischenboden		
Zeitdauer des Arbeitstages:	240	Beurteiler:	Andrea Prudenti
Zeitdauer der Teil-Tätigkeit:	64 Minuten	Datum:	14.05.2021

1. Schritt: Bestimmung der Zeitwichtung

64 Minuten bzw. Aktionen

Interpolation: Dauer oder Häufigkeit



Gesamtdauer ¹⁾ [bis ... Minuten] bzw. Wiederholungshäufigkeit ²⁾ der Teil-Tätigkeit pro Arbeitstag:	≤1	>1 -5	>5 -10	>10 -20	>20 -30	>30 -45	>45 -60	>60 -100	>100 -150	>150 -210	>210 -270	>270 -360	>360 -480
---	----	-------	--------	---------	---------	---------	---------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

4.1

Zeitwichtung	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	9	10
--------------	---	-----	---	-----	---	-----	---	---	---	---	---	---	----

¹⁾ Bei kontinuierlichen Teil-Tätigkeiten, ²⁾ bei diskontinuierlichen Teil-Tätigkeiten. Erläuterungen hierzu: Siehe Handlungsanleitung.
Achtung: Sofern überwiegend Finger-Hand-Kräfte ausgeführt werden ist die Teil-Tätigkeit auch mit der LMM-MA bzw. LMM-MA-E zu bewerten!

2. Schritt: Bestimmung der Wichtungen der weiteren Merkmale

Interpolationsfelder ein/aus (Haltedauer und Häufigkeit direkt eingeben)



Kraftausübung(en) in einer Norm-Minute bei kontinuierlichen Teil-Tätigkeiten bzw. pro Teil-Tätigkeit bei diskontinuierlichen Teil-Tätigkeiten		Halten ³⁾ mittl. Haltedauer [Sekunden]	Bewegen mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl]
Höhe	typische Beispiele als orientierende Einstufungshilfen	Bitte direkt numerisch (min. 4 - max. 60 Sek.) eingeben!	Bitte direkt numerisch (0 - max. 60 mal/Min.) eingeben!
gering	Geringe Kräfte Ganzkörperkräfte mit geringen Kräften können definitionsgemäß nicht vorkommen. Diese Teil-Tätigkeiten sind ggfs. mit der LMM-MA bzw. LMM-MA-E zu beurteilen.		
	Mittlere Kräfte (bis 30 % F _{max,M}) Arbeiten mit handgeführten Werkzeugen wie Winkelschleifer, kleine Kettensägen, Heckschere oder Schlagbohrmaschinen <3 kg / Bewegungen von Lasten auf Rollenbahnen <20 kg		
	Hohe Kräfte (bis 50 % F _{max,M}) Arbeiten mit schwereren handgeführten Werkzeugen wie Trennschleifer, größere Kettensägen, Bohrhammer 3-8 kg / Bedienen von Hochdruckreiniger oder Sandstrahler / Schaufeln von Lasten <4 kg / Bewegungen von Lasten auf Rollenbahnen 20-50 kg / Werfen von Lasten <3 kg bis max. 5 Meter		1
	Sehr hohe Kräfte (bis 80 % F _{max,M}) Arbeiten mit schweren handgeführten Werkzeugen wie Drucklufthämmern (≥8 kg) / Schaufeln von Lasten 4-3 kg / Bewegungen von Lasten auf Rollenbahnen >50-100 kg / Werfen von Lasten <3 kg bis max. 10 Meter oder 3-5 kg max. 5 Meter		
	Spitzenkräfte⁴⁾ (über 80 % F _{max,M}) Impulsartige Kraftaufwendungen wie beim Arbeiten mit Brechstange, Vorschlaghammer / Ankippen schwerer Fässer (>200 kg), Transport schwerer Möbel / Schaufeln von Lasten >8 kg / Bewegungen von Lasten auf Rollenbahnen >100 kg / Werfen von Lasten <3 kg über 10 Meter oder ≥3 kg über 5 Meter		
Die Teil-Tätigkeit ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert ergeben diese die Gesamtkraftwichtung.		Gesamtkraftwichtung:	1.1
		Bei Frauen x 1,5:	1.6

³⁾ Als Haltearbeit werden nur dann Zeiteile berücksichtigt, wenn ein Arm mindestens 4 Sekunden durchgehend statisch gehalten wird!
⁴⁾ Ggfs. können diese Kräfte gar nicht oder nicht mehr sicher aufgebracht werden. Dies gilt insbesondere für Frauen.
⁵⁾ Bei noch höheren Häufigkeiten/Haltedauern ist die Merkmalswichtung zu extrapolieren (mit hinterlegtem Algorithmus).

1	Symmetrie der Kraftaufwendung	Eigene Interpolation: <input checked="" type="checkbox"/>	Wichtung
	Kraftaufwendung ist beidhändig und symmetrisch		0
	Kraftaufwendung ist zeitweilig einhändig und/oder unsymmetrisch: ungleiche Kraftverteilung zwischen den Händen		2
	Kraftaufwendung ist überwiegend einhändig, ungleiche Verteilung oder Richtung der Kräfte beider Hände		4

6	Körperhaltung⁶⁾	Eigene Interpolation: <input checked="" type="checkbox"/>	Wichtung
	Aufrechtes bis leicht vorgeneigtes Stehen (<20° Vorneigung) Keine Verdrehung		0
	Stehen, stärker (20-60°) vorgeneigt Gelegentliche Rumpfverdrehung bzw. -seitneigung erkennbar Hände gelegentlich über Schulterniveau / körperfern		3
	Stehen, stark vorgeneigt (>60°) oder rückgeneigt Häufige Rumpfverdrehung bzw. -seitneigung erkennbar Hände häufig über Schulterniveau / körperfern Arbeiten im Liegen mit Händen oberhalb/unterhalb des Körpers		6 <input checked="" type="checkbox"/>
	Kombination aus stärkerer Vor- oder Rückneigung mit Seitneigung/Torsion Ständige Rumpfverdrehung bzw. -seitneigung erkennbar Arbeiten im Hocken oder Knien Hände ständig über Schulterniveau / körperfern		9 ⁷⁾

⁶⁾ Es sind die typischen Körperhaltungen zu berücksichtigen. Seltene Abweichungen können vernachlässigt werden.
⁷⁾ Achtung: Sofern diese Kategorie gewählt wurde, wird empfohlen, diese Teil-Tätigkeit auch mit der LMM-KH bzw. LMM-KH-E zu bewerten!





Ungünstige Ausführungsbedingungen (nur angeben, wenn zutreffend) Hinweis: Hier können für ungünstige Ausführungsbedingungen Zusatzpunkte (Zwischenwichtigungen) vergeben werden		Zwischenwichtung (ZW)	Σ ZW
 Hand-/Armstellungsbewegung: Gelegentlich am Ende der Beweglichkeitsbereiche	Gelegentlich am Ende der Beweglichkeitsbereiche	1 ✓	4
	Häufig/ ständig am Ende der Beweglichkeitsbereiche	2	
Kraftübertragung/-einleitung eingeschränkt Gegenstände/Werkzeuge schlecht greifbar / erhöhte Haltekräfte erforderlich / keine gestalteten Griffe		1 ✓	
Kraftübertragung/-einleitung erheblich behindert Gegenstände/Werkzeuge kaum greifbar / schmierig, weich, scharfkantig / keine oder ungeeignete Griffe		2	
Umgebungsbedingungen eingeschränkt: Belastungen durch Hitze, Kälte und/oder Vibration ⁸⁾		1 ✓	
Umgebungsbedingungen ungünstig: Belastungen durch extreme Hitze, Kälte und/oder Vibration ⁸⁾		2	
Erhöhte Anstrengung durch eingeschränkte räumliche Bedingungen Eingeschränkte Standsicherheit und/oder eingeschränkter Bewegungsraum, z. B. zu geringe Höhe oder Arbeitsfläche unter 1,5 m ² / Boden etwas rutschig, leichte Neigung (bis 5°), Hindernisse im Arbeitsbereich		1 ✓	
Stark erhöhte Anstrengung durch ungünstige räumliche Bedingungen Stark eingeschränkte Standsicherheit und/oder Bewegungsfreiheit, z. B. bei Arbeiten auf sehr engem Raum / Boden ist sehr rutschig/uneben, stärkere Neigung (>5°)		2	
Kleidung: Zusätzliche Belastung durch beeinträchtigende und schwere Schutzkleidung/-ausrüstung (PSA) (z. B. Hitzeschutzanzüge, Chemikalienschutzanzüge, schwere Atemschutzausrüstung (Gruppe 3))		2	
Keine: Es liegen keine ungünstigen Ausführungsbedingungen vor.		0	

In den Tabellen nicht genannte Merkmale sind sinngemäß zu berücksichtigen. Seltene Abweichungen sind vernachlässigbar.
⁸⁾ Achtung: Sofern Vibrationsbelastungen vorkommen, sind diese gesondert zu bewerten! Siehe <http://www.baua.de/vibration/>

Arbeitsorganisation / Zeitliche Verteilung	Eigene Interpolation:	Wichtung
Gut: Häufig Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten (mit anderen Belastungsarten) / ohne enge Abfolge von höheren Belastungen innerhalb einer Belastungsart an einem Arbeitstag.		0
Eingeschränkt: Selten Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten (mit anderen Belastungsarten) / gelegentlich enge Abfolge von höheren Belastungen innerhalb einer Belastungsart an einem Arbeitstag.		2
Ungünstig: Kein/kaum Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten (mit anderen Belastungsarten) / häufig enge Abfolge von höheren Belastungen innerhalb einer Belastungsart an einem Arbeitstag mit zeitweise hohen Belastungsspitzen.		4 ✓

3. Schritt: Bewertung und Beurteilung

			M	W	
		Kraftausübung(en)	1.1	1.6	
		Symmetrie der Kraftaufwendung +	1		
		Körperhaltung +	6		
		Ungünstige Ausführungsbedingungen (Σ ZW) +	4		
		Arbeitsorganisation / Zeitliche Verteilung +	4		
			Ergebnisse		
			M	W	
4.1	x	Summe Merkmalswichtigungen:	16.1	16.6	= 66 68.1

Anhand des errechneten Punktwertes und der folgenden Tabelle kann eine grobe Beurteilung vorgenommen werden:					
Risiko	Risikobereich	Belastungshöhe ¹⁾	a) Wahrscheinlichkeit körperlicher Überbeanspruchung b) Mögliche gesundheitliche Folgen	Maßnahmen	
	1	<20 Punkte	gering	a) Körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich b) Gesundheitsgefährdung nicht zu erwarten	Keine
	2	20 – <50 Punkte	mäßig erhöht	a) Körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. b) Ermüdung, geringgradige Anpassungsbeschwerden, die in der Freizeit kompensiert werden können	Für vermindert belastbare Personen sind Maßnahmen zur Gestaltung und sonstige Präventionsmaßnahmen sinnvoll.
	3	50 – <100 Punkte	wesentlich erhöht	a) Körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich b) Beschwerden (Schmerzen) ggf. mit Funktionsstörungen, meistens reversibel, ohne morphologische Manifestation	Maßnahmen zur Gestaltung und sonstige Präventionsmaßnahmen sind zu prüfen.
	4	≥100 Punkte	hoch	a) Körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. b) Stärker ausgeprägte Beschwerden und / oder Funktionsstörungen, Strukturschäden mit Krankheitswert	Maßnahmen zur Gestaltung sind erforderlich. Sonstige Präventionsmaßnahmen sind zu prüfen.

¹⁾ Die Grenzen zwischen den Risikobereichen sind aufgrund der individuellen Arbeitstechniken und Leistungsvoraussetzungen fließend. Damit darf die Einstufung nur als Orientierungshilfe verstanden werden. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass mit steigenden Punktwerten die Wahrscheinlichkeit einer körperlichen Überbeanspruchung zunimmt.

Anlage 2: LMM-GK Beladen (BAuA, 2019c)

Erweiterte Leitmerkmalmethode zur Beurteilung und Gestaltung von Belastungen bei der Ausübung von Ganzkörperkräften (LMM-GK-E)

Arbeitsplatz / Teil-Tätigkeit:	Belader Wechselbrücke ZZ/ Absetzen des Zwischenboden		
Zeitdauer des Arbeitstages:	240	Beurteiler:	Andrea Prudenti
Zeitdauer der Teil-Tätigkeit:	32 Minuten	Datum:	14.05.2021

1. Schritt: Bestimmung der Zeitwichtung 32 Minuten bzw. Aktionen Interpolation: Dauer oder Häufigkeit

Gesamtdauer ¹⁾ [bis ... Minuten] bzw. Wiederholungshäufigkeit ²⁾ der Teil-Tätigkeit pro Arbeitstag:	≤1	>1 -5	>5 -10	>10 -20	>20 -30	>30 -45	>45 -60	>60 -100	>100 -150	>150 -210	>210 -270	>270 -360	>360 -480
3 Zeitwichtung	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	9	10

¹⁾ Bei kontinuierlichen Teil-Tätigkeiten, ²⁾ bei diskontinuierlichen Teil-Tätigkeiten. Erläuterungen hierzu: Siehe Handlungsanleitung.
 Achtung: Sofern überwiegend Finger-Hand-Kräfte ausgeführt werden ist die Teil-Tätigkeit auch mit der LMM-MA bzw. LMM-MA-E zu bewerten!

2. Schritt: Bestimmung der Wichtungen der weiteren Merkmale Interpolationsfelder einzeln (Haltedauer und Häufigkeit direkt angeben)

Kraftausübung(en) in einer Norm-Minute bei kontinuierlichen Teil-Tätigkeiten bzw. pro Teil-Tätigkeit bei diskontinuierlichen Teil-Tätigkeiten		Halten ³⁾ mittl. Haltedauer [Sekunden]	Bewegen mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl]
Höhe	typische Beispiele als orientierende Einstufungshilfen	Bitte direkt numerisch [min. 4 - max. 60 Sek.] eingeben!	Bitte direkt numerisch [0- max. 60 mal/Min.] eingeben!
gering	Geringe Kräfte Ganzkörperkräfte mit geringen Kräften können definitionsgemäß nicht vorkommen. Diese Teil-Tätigkeiten sind ggfs. mit der LMM-MA bzw. LMM-MA-E zu beurteilen. Mittlere Kräfte (bis 30 % F _{maxM}) Arbeiten mit handgeführten Werkzeugen wie Winkelschleifer, kleine Kettensägen, Heckscheren oder Schlagbohrmaschinen <3 kg / Bewegungen von Lasten auf Rollenbahnen <20 kg Hohe Kräfte (bis 50 % F _{maxM}) Arbeiten mit schwereren handgeführten Werkzeugen wie Trennschleifer, größere Kettensägen, Bohrhammer 3-8 kg / Bedienen von Hochdruckreiniger oder Sandstrahler / Schaufeln von Lasten <4 kg / Bewegungen von Lasten auf Rollenbahnen 20-50 kg / Werfen von Lasten <3 kg bis max. 5 Meter Sehr hohe Kräfte (bis 80 % F _{maxM}) Arbeiten mit schweren handgeführten Werkzeugen wie Drucklufthämmern (≥8 kg) / Schaufeln von Lasten 4-8 kg / Bewegungen von Lasten auf Rollenbahnen >50-100 kg / Werfen von Lasten <3 kg bis max. 10 Meter oder 3-5 kg max. 5 Meter Spitzenkräfte⁴⁾ (über 80 % F _{maxM}) Impulsartige Kraftaufwendungen wie beim Arbeiten mit Brechstange, Vorschlaghammer / Ankippen schwerer Fässer (>200 kg), Transport schwerer Möbel / Schaufeln von Lasten >8 kg / Bewegungen von Lasten auf Rollenbahnen >100 kg / Werfen von Lasten <3 kg über 10 Meter oder ≥3 kg über 5 Meter		1
hoch			
Die Teil-Tätigkeit ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert ergeben diese die Gesamtkraftwichtung.		Gesamtkraftwichtung:	1.1
		Bei Frauen x 1,5:	1.6

³⁾ Als Haltearbeit werden nur dann Zeitanteile berücksichtigt, wenn ein Arm mindestens 4 Sekunden durchgehend statisch gehalten wird!





⁴⁾ Ggfs. können diese Kräfte gar nicht oder nicht mehr sicher aufgebracht werden. Dies gilt insbesondere für Frauen.

⁵⁾ Bei noch höheren Häufigkeiten/Haltedauern ist die Merkmalswichtung zu extrapolieren (mit hinterlegtem Algorithmus).

1 Symmetrie der Kraftaufwendung Eigene Interpolation: **Wichtung**

Kraftaufwendung ist beidhändig und symmetrisch	0
Kraftaufwendung ist zeitweilig einhändig und/oder unsymmetrisch: ungleiche Kraftverteilung zwischen den Händen	2
Kraftaufwendung ist überwiegend einhändig, ungleiche Verteilung oder Richtung der Kräfte beider Hände	4

6 Körperhaltung⁶⁾ Eigene Interpolation: **Wichtung**

 - Aufrechtes bis leicht vorgeneigtes Stehen (<20° Vorneigung) - Keine Verdrehung	0
 - Stehen, stärker (20-60°) vorgeneigt - Gelegentliche Rumpfverdrehung bzw. -seitneigung erkennbar - Hände gelegentlich über Schulterniveau / körperfern	3
 - Stehen, stark vorgeneigt (>60°) oder rückgeneigt - Häufige Rumpfverdrehung bzw. -seitneigung erkennbar - Hände häufig über Schulterniveau / körperfern - Arbeiten im Liegen mit Händen oberhalb/unterhalb des Körpers	6 <input checked="" type="checkbox"/>
 - Kombination aus stärkerer Vor- oder Rückneigung mit Seitneigung/Torsion - Ständige Rumpfverdrehung bzw. -seitneigung erkennbar - Arbeiten im Hocken oder Knien - Hände ständig über Schulterniveau / körperfern	9 ⁷⁾

⁶⁾ Es sind die typischen Körperhaltungen zu berücksichtigen. Seltene Abweichungen können vernachlässigt werden.

⁷⁾ Achtung: Sofern diese Kategorie gewählt wurde, wird empfohlen, diese Teil-Tätigkeit auch mit der LMM-KH bzw. LMM-KH-E zu bewerten!

Ungünstige Ausführungsbedingungen (nur angeben, wenn zutreffend) Hinweis: Hier können für ungünstige Ausführungsbedingungen Zusatzpunkte (Zwischenwichtigungen) vergeben werden		Zwischenwichtung (ZW)	Σ ZW
Hand-/Armstellung-bewegung: 	Gelegentlich am Ende der Beweglichkeitsbereiche	1 ✓	4
	Häufig/ ständig am Ende der Beweglichkeitsbereiche	2	
Kraftübertragung/-einleitung eingeschränkt Gegenstände/Werkzeuge schlecht greifbar / erhöhte Haltekraft erforderlich / keine gestalteten Griffe		1 ✓	
Kraftübertragung/-einleitung erheblich behindert Gegenstände/Werkzeuge kaum greifbar / schmierig, weich, scharfkantig / keine oder ungeeignete Griffe		2	
Umgebungsbedingungen eingeschränkt: Belastungen durch Hitze, Kälte und/oder Vibration ⁹⁾		1 ✓	
Umgebungsbedingungen ungünstig: Belastungen durch extreme Hitze, Kälte und/oder Vibration ⁹⁾		2	
Erhöhte Anstrengung durch eingeschränkte räumliche Bedingungen Eingeschränkte Standsicherheit und/oder eingeschränkter Bewegungsraum, z. B. zu geringe Höhe oder Arbeitsfläche unter 1,5 m ² / Boden etwas rutschig, leichte Neigung (bis 5°), Hindernisse im Arbeitsbereich		1 ✓	
Stark erhöhte Anstrengung durch ungünstige räumliche Bedingungen Stark eingeschränkte Standsicherheit und/oder Bewegungsfreiheit, z. B. bei Arbeiten auf sehr engem Raum / Boden ist sehr rutschig/uneben, stärkere Neigung (>5°)		2	
Kleidung: Zusätzliche Belastung durch beeinträchtigende und schwere Schutzkleidung/-ausrüstung (PSA) (z. B. Hitzeschutzanzüge, Chemikalienschutzanzüge, schwere Atemschutz-ausrüstung (Gruppe 3))		2	
Keine: Es liegen keine ungünstigen Ausführungsbedingungen vor.		0	





In den Tabellen nicht genannte Merkmale sind sinngemäß zu berücksichtigen. Seltene Abweichungen sind vernachlässigbar.

⁹⁾ Achtung: Sofern Vibrationsbelastungen vorkommen, sind diese gesondert zu bewerten! Siehe <http://www.baua.de/vibration/>

Arbeitsorganisation / Zeitliche Verteilung	Eigene Interpolation:	Wichtung
Gut: Häufig Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten (mit anderen Belastungsarten) / ohne enge Abfolge von höheren Belastungen innerhalb einer Belastungsart an einem Arbeitstag.		0
Eingeschränkt: Selten Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten (mit anderen Belastungsarten) / gelegentlich enge Abfolge von höheren Belastungen innerhalb einer Belastungsart an einem Arbeitstag.		2
Ungünstig: Kein/kaum Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten (mit anderen Belastungsarten) / häufig enge Abfolge von höheren Belastungen innerhalb einer Belastungsart an einem Arbeitstag mit zeitweise hohen Belastungsspitzen.		4 ✓

3. Schritt: Bewertung und Beurteilung

	M	W
Kraftausübung(en)	1.1	1.6
Symmetrie der Kraftaufwendung +	1	
Körperhaltung +	6	
Ungünstige Ausführungsbedingungen (Σ ZW) +	4	
Arbeitsorganisation / Zeitliche Verteilung +	4	
Ergebnisse		
	M	W
3 Zeitwichtung	16.1	16.6
X	48.3	49.8

Risiko	Risikobereich	Belastungshöhe ¹⁾	a) Wahrscheinlichkeit körperlicher Überbeanspruchung b) Mögliche gesundheitliche Folgen	Maßnahmen
	1 <20 Punkte	gering	a) Körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich b) Gesundheitsgefährdung nicht zu erwarten	Keine
	2 20 – <50 Punkte	mäßig erhöht	a) Körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich b) Ermüdung, geringgradige Anpassungsbeschwerden, die in der Freizeit kompensiert werden können	Für vermindert belastbare Personen sind Maßnahmen zur Gestaltung und sonstige Präventionsmaßnahmen sinnvoll.
	3 50 – <100 Punkte	wesentlich erhöht	a) Körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich b) Beschwerden (Schmerzen) ggf. mit Funktionsstörungen, meistens reversibel, ohne morphologische Manifestation	Maßnahmen zur Gestaltung und sonstige Präventionsmaßnahmen sind zu prüfen.
	4 ≥100 Punkte	hoch	a) Körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. b) Stärker ausgeprägte Beschwerden und / oder Funktionsstörungen, Strukturschäden mit Krankheitswert	Maßnahmen zur Gestaltung sind erforderlich. Sonstige Präventionsmaßnahmen sind zu prüfen.

¹⁾ Die Grenzen zwischen den Risikobereichen sind aufgrund der individuellen Arbeitstechniken und Leistungsvoraussetzungen fließend. Damit darf die Einstufung nur als Orientierungshilfe verstanden werden. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass mit steigenden Punktwerten die Wahrscheinlichkeit einer körperlichen Überbeanspruchung zunimmt.

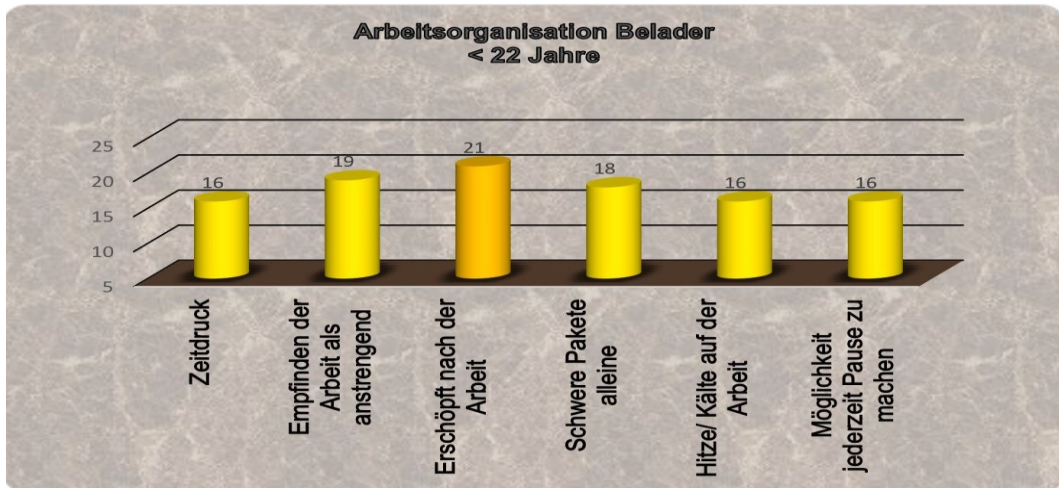
Anlage 3: Fragebogen zur Erhebung des subjektiven Empfindens der Mitarbeiter

Blatt 1 / 2

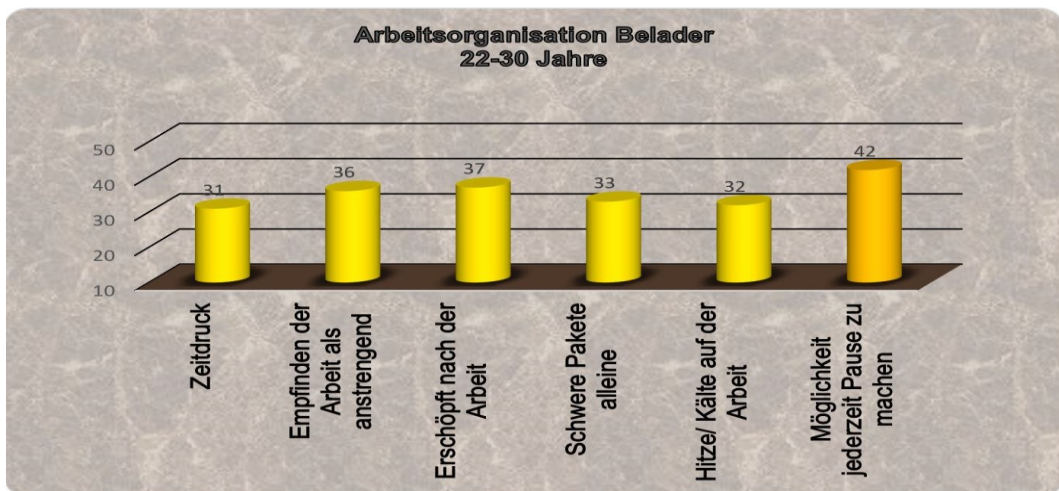
Fragebogen zur Bewertung der körperlichen Beanspruchung beim Entladen und Beladen						
Dieser Fragebogen ist ein wesentlicher Bestandteil einer wissenschaftlichen Studie im Zuge einer Masterarbeit. Die Abfrage der unten stehenden Angaben soll dazu dienen, die körperliche Beanspruchung in den Arbeitsbereichen Entladen und Beladen besser beurteilen zu können. Die Beurteilung ist natürlich anonym und freiwillig.						
<u>Persönliche Angaben</u>						
		bis 21 Jahre	22-30 Jahre	31-40 Jahre	41-50 Jahre	über 50 Jahre
Ihr Alter:						
		bis zu 1 Jahr	2-5 Jahre	6-10 Jahre	11-20 Jahre	über 20 Jahre
Seit wann arbeiten Sie bei [REDACTED]?						
<u>Angaben zur Arbeitsorganisation</u>						
		Entladen		Beladen		
In welchem Abreitsbereich sind sie beschäftigt						
		bis zu 1 Jahr	2-5 Jahre	6-10 Jahre	11-20 Jahre	über 20 Jahre
Wie lange machen Sie diese Tätigkeit schon?						
		immer	oft	manchmal	selten	nie/ fast nie
Haben Sie bei ihrer Arbeit Zeitruck?						
Empfinden Sie ihre Arbeit als anstrengend?						
Fühlen Sie sich nach der Arbeit erschöpft?						
Wie oft müssen Sie schwere Pakete alleine heben und absetzen?						
Sind Sie bei ihrer Arbeit Hitze oder Kälte ausgesetzt?						
Können Sie jederzeit eine Pause machen?						

Angaben zu körperlichen Beschwerden					
Haben Sie Beschwerden im Bereich des unteren Rückens?					
Haben Sie Beschwerden im Bereich des oberen Rückens?					
Haben Sie Beschwerden im Bereich der Schultern?					
Haben Sie Beschwerden im Bereich des Nackens?					
Haben Sie Beschwerden im Bereich des Beckens?					
Haben Sie Beschwerden im Bereich der Beine?					
Haben Sie Beschwerden im Bereich der Arme?					
Haben Sie andere körperliche Beschwerden durch ihre Tätigkeit? Kurzbeschreibung					
Haben Sie Verbesserungsvorschläge um die Arbeit leichter zu gestalten? Kurzbeschreibung					

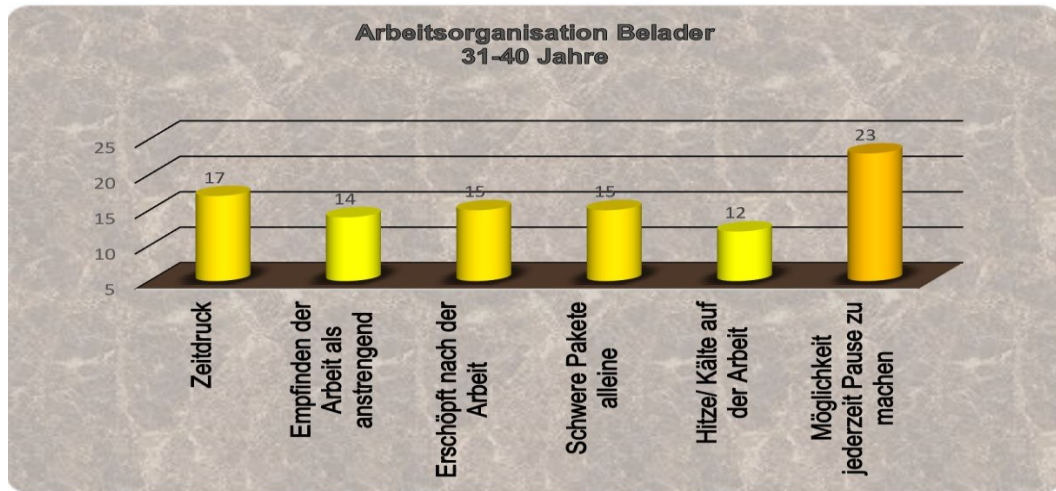
Anlage 4: Auswertung des subjektiven Empfindens



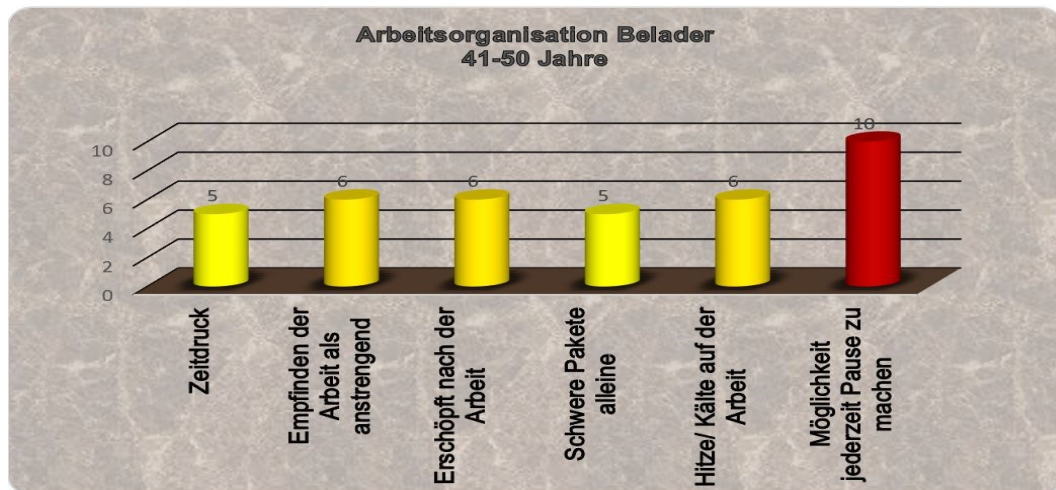
		< 22 Jahre	
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich		5
selten: 2 Punkte	Hellgelb		10
manchmal: 3 Punkte	Gelb		15
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb		20
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich		25



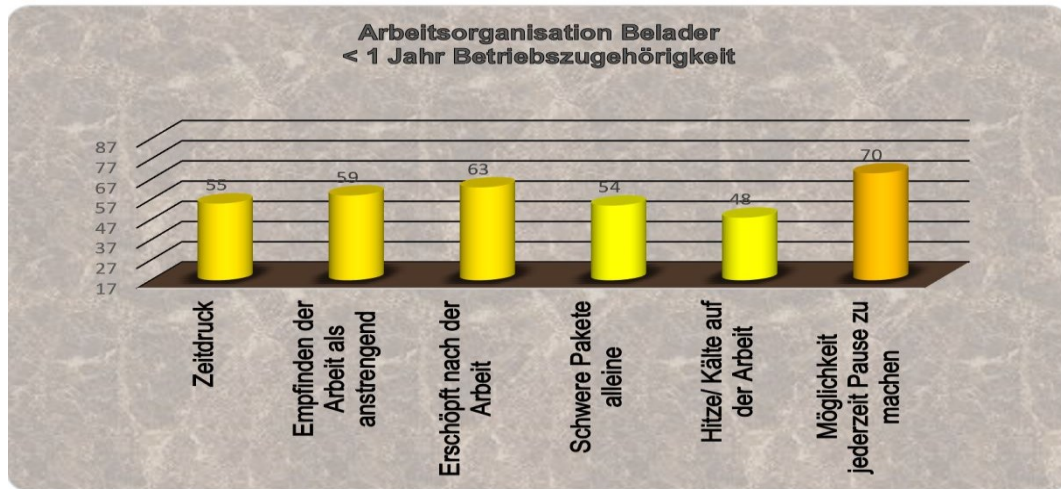
		22-30 Jahre	
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich		10
selten: 2 Punkte	Hellgelb		20
manchmal: 3 Punkte	Gelb		30
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb		40
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich		50



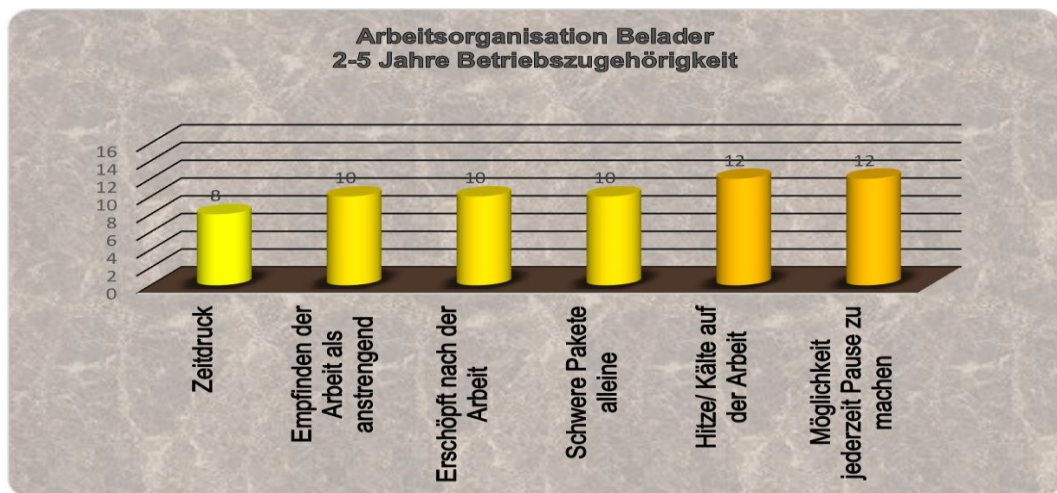
31-40 Jahre	
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich 5
selten: 2 Punkte	Hellgelb 10
manchmal: 3 Punkte	Gelb 15
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb 20
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich 25



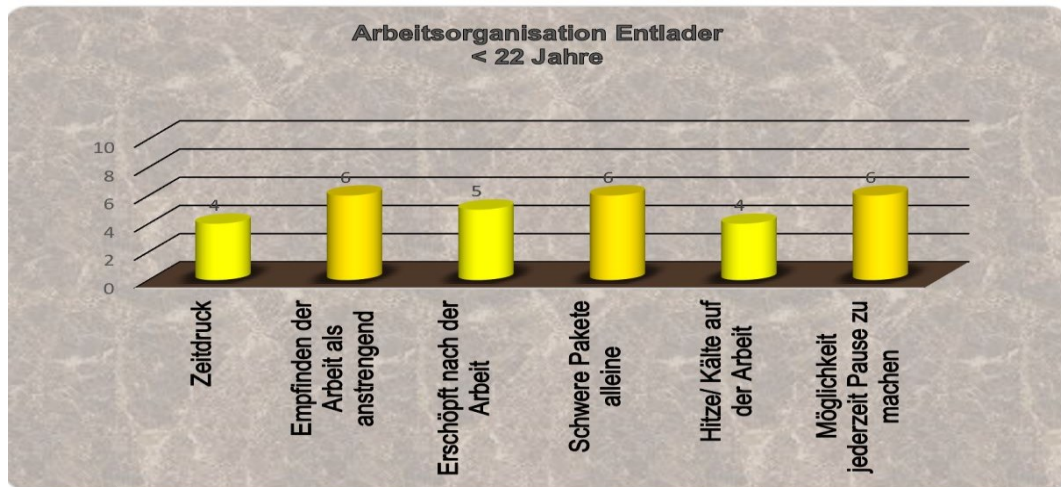
41-50 Jahre	
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich 2
selten: 2 Punkte	Hellgelb 4
manchmal: 3 Punkte	Gelb 6
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb 8
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich 10



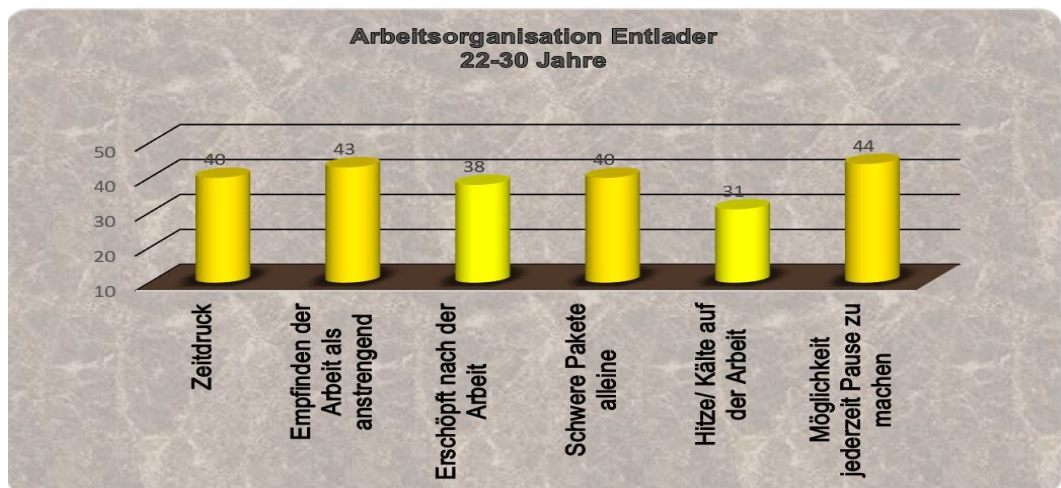
		< 1 Jahr B.s.	
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich		17
selten: 2 Punkte	Hellgelb		34
manchmal: 3 Punkte	Gelb		51
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb		68
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich		85



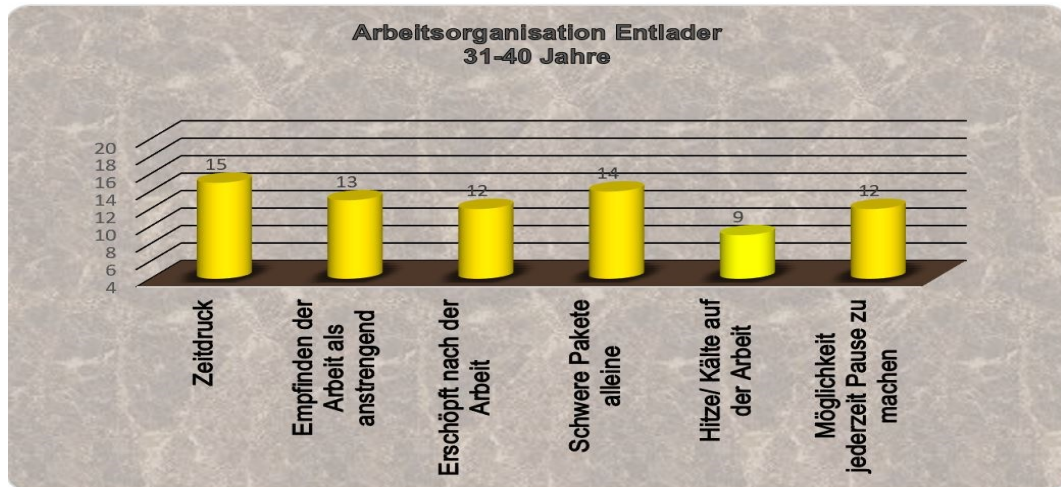
		2-5Jahre B.s.	
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich		3
selten: 2 Punkte	Hellgelb		6
manchmal: 3 Punkte	Gelb		9
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb		12
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich		15



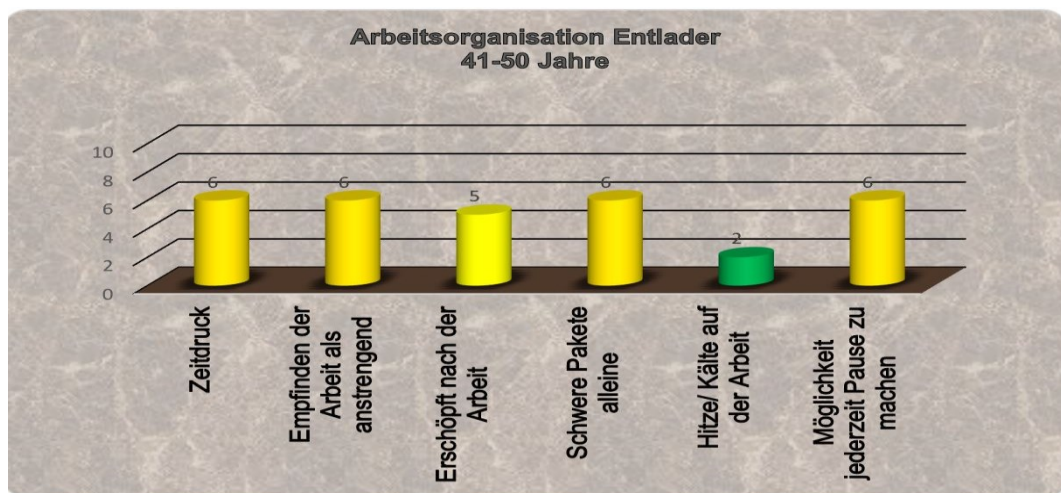
		< 22 Jahre	
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich		2
selten: 2 Punkte	Hellgelb		4
manchmal: 3 Punkte	Gelb		6
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb		8
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich		10



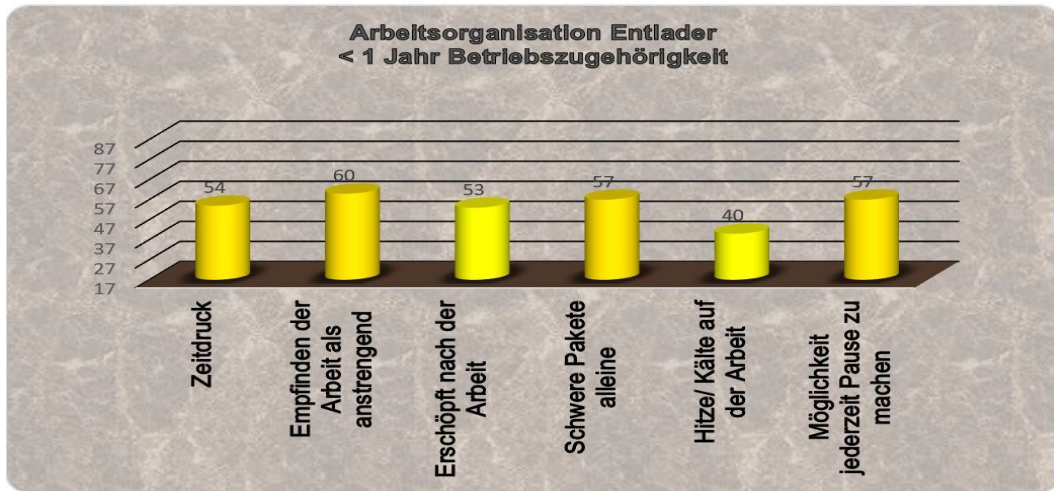
		22-30 Jahre	
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich		13
selten: 2 Punkte	Hellgelb		26
manchmal: 3 Punkte	Gelb		39
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb		52
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich		65



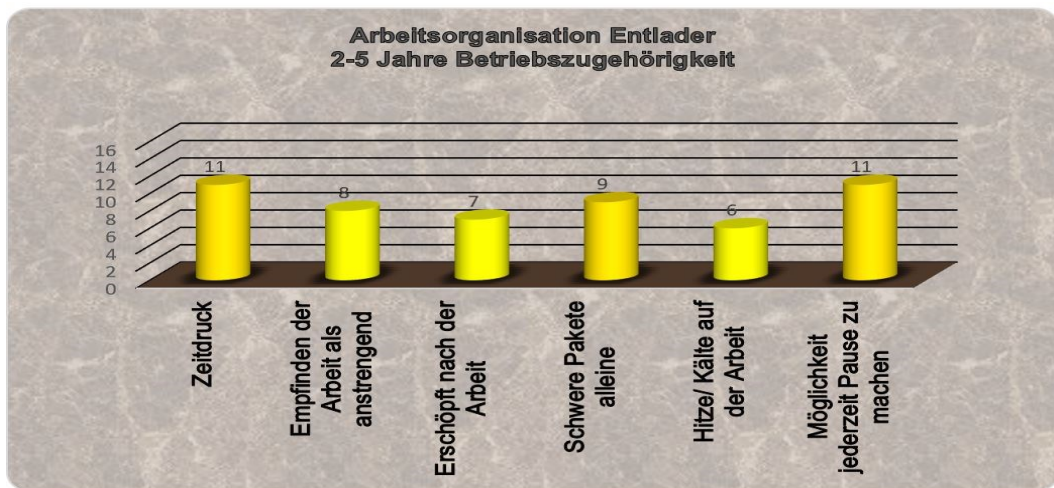
31-40 Jahre	
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich 4
selten: 2 Punkte	Hellgelb 8
manchmal: 3 Punkte	Gelb 12
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb 16
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich 20



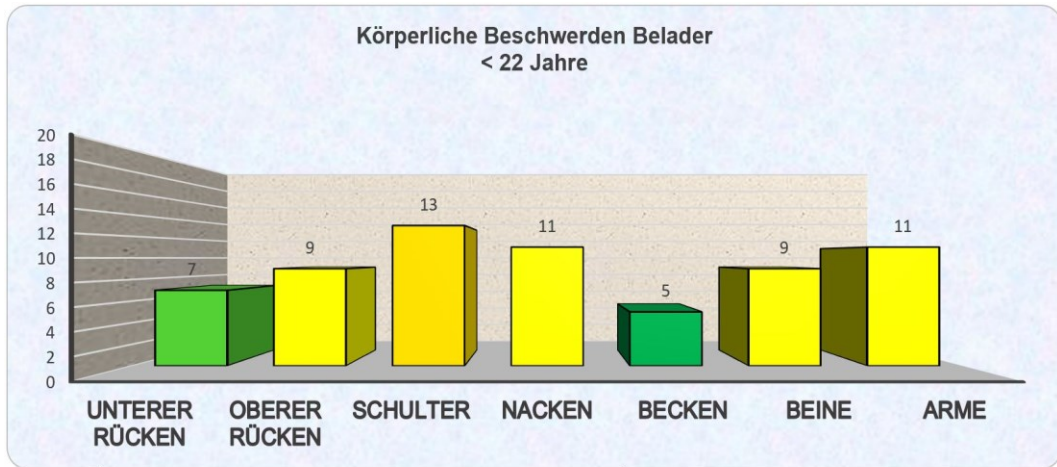
41-50 Jahre	
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich 2
selten: 2 Punkte	Hellgelb 4
manchmal: 3 Punkte	Gelb 6
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb 8
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich 10



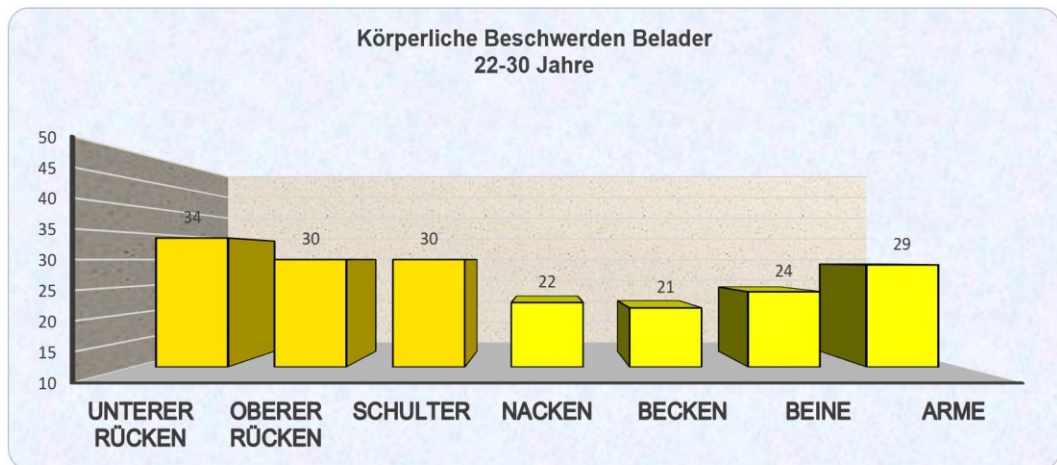
		< 1 Jahr B.s.	
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich		18
selten: 2 Punkte	Hellgelb		36
manchmal: 3 Punkte	Gelb		54
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb		72
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich		90



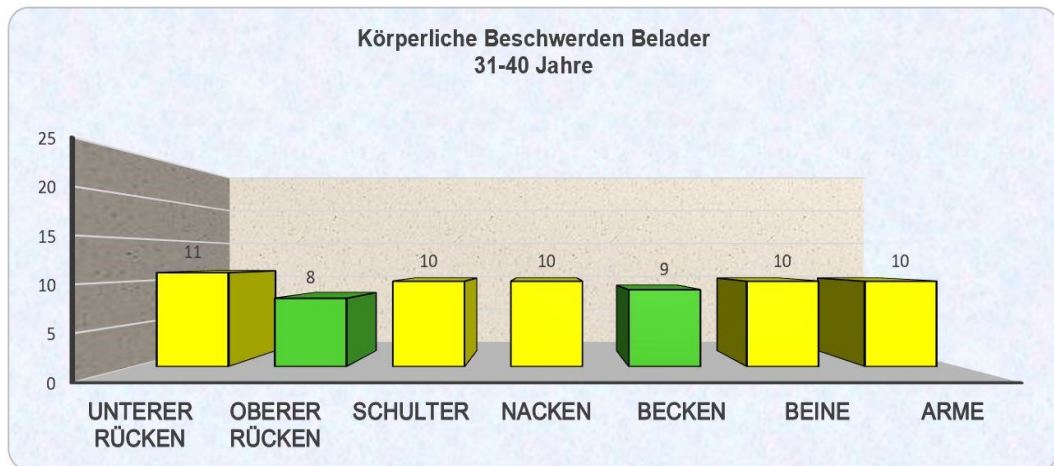
		2-5Jahre B.s.	
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich		3
selten: 2 Punkte	Hellgelb		6
manchmal: 3 Punkte	Gelb		9
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb		12
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich		15



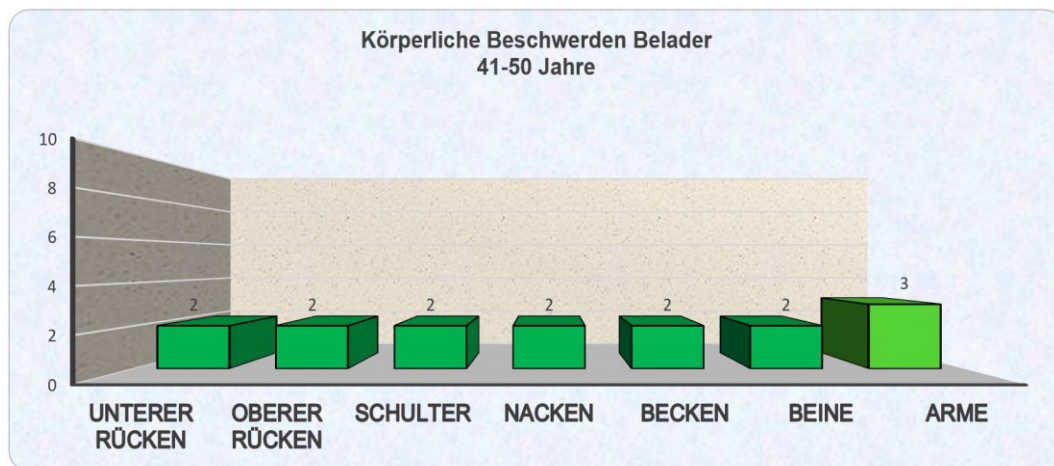
		< 21 Jahre	
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich		4
selten: 2 Punkte	Hellgelb		8
manchmal: 3 Punkte	Gelb		12
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb		16
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich		20



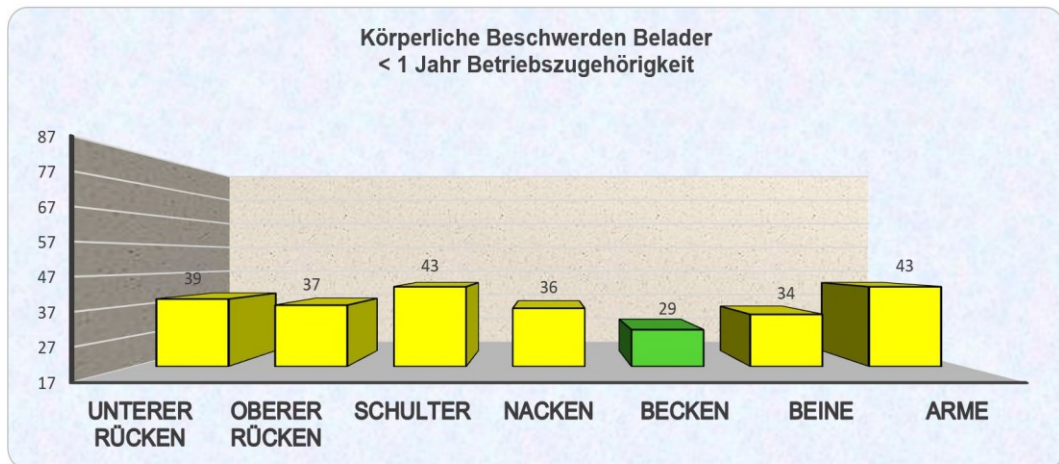
		22-30 Jahre	
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich		10
selten: 2 Punkte	Hellgelb		20
manchmal: 3 Punkte	Gelb		30
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb		40
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich		50



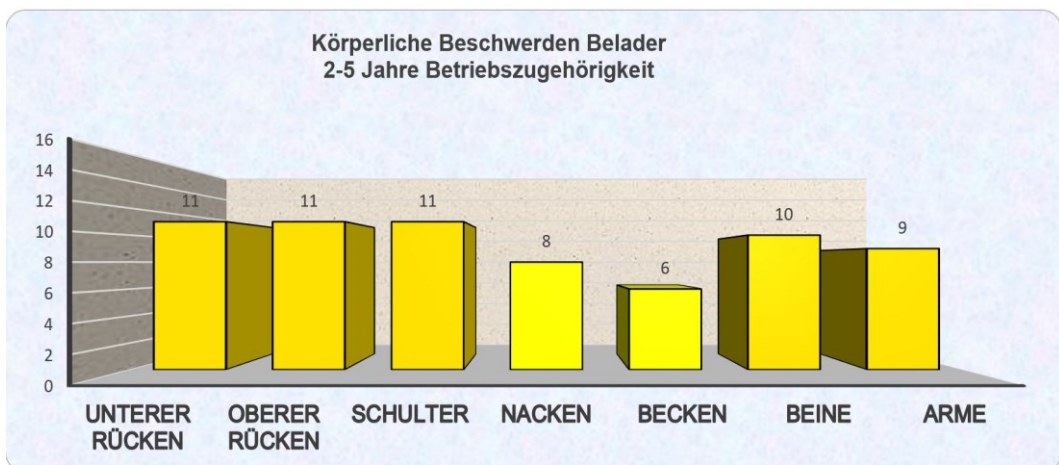
31-40 Jahre		
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich	5
selten: 2 Punkte	Hellgelb	10
manchmal: 3 Punkte	Gelb	15
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb	20
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich	25



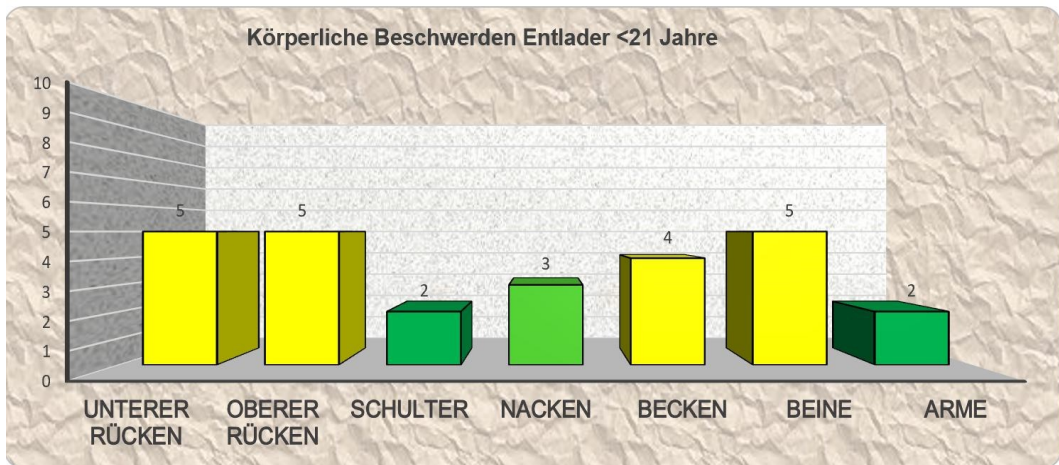
41-50 Jahre		
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich	2
selten: 2 Punkte	Hellgelb	4
manchmal: 3 Punkte	Gelb	6
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb	8
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich	10



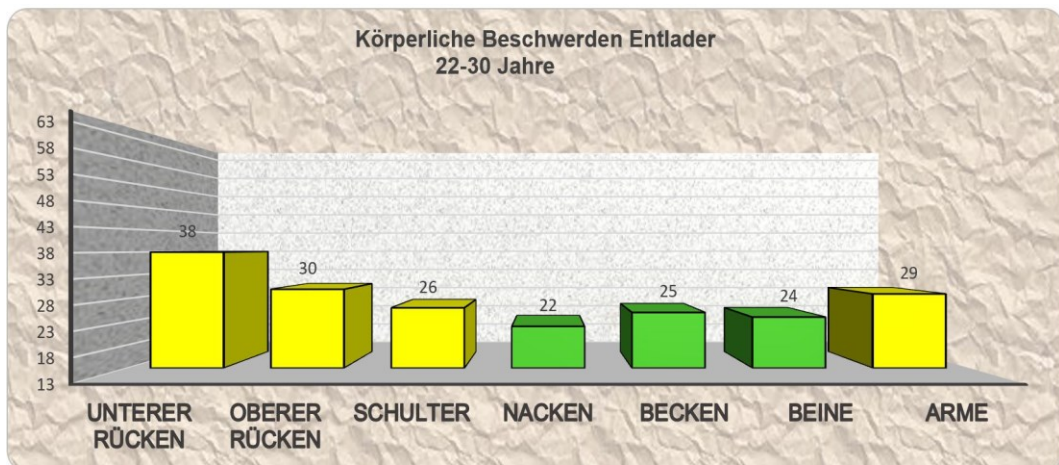
< 1 Jahr B.s.		
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich	17
selten: 2 Punkte	Hellgelb	34
manchmal: 3 Punkte	Gelb	51
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb	68
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich	85



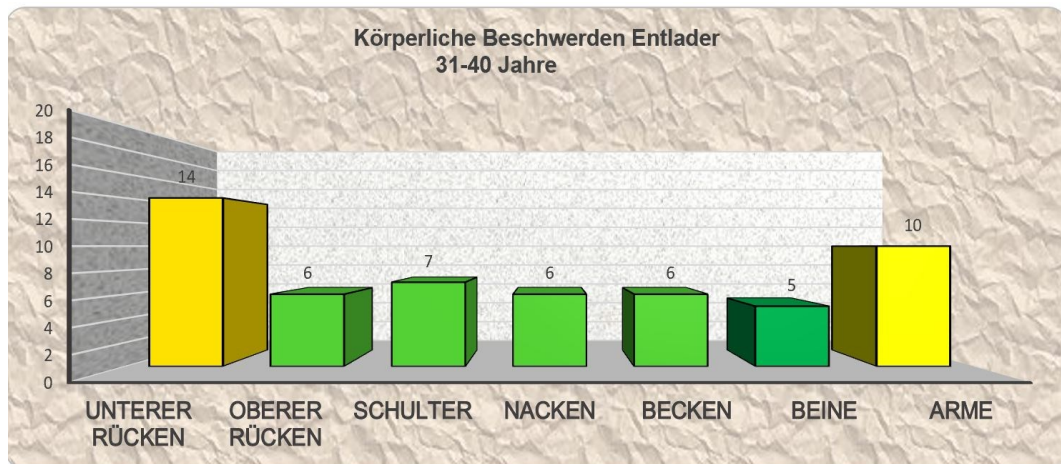
2-5Jahre B.s.		
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich	3
selten: 2 Punkte	Hellgelb	6
manchmal: 3 Punkte	Gelb	9
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb	12
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich	15



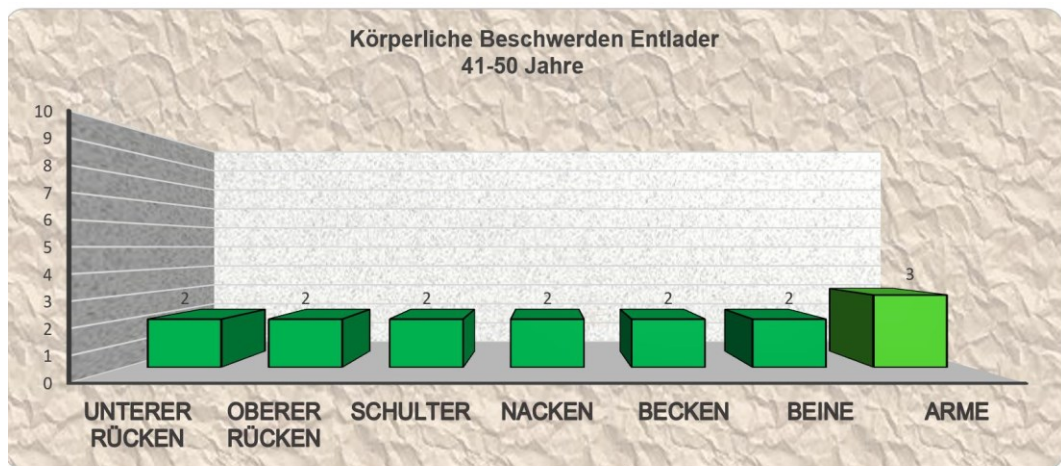
		< 21 Jahre	
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich		2
selten: 2 Punkte	Hellgelb		4
manchmal: 3 Punkte	Gelb		6
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb		8
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich		10



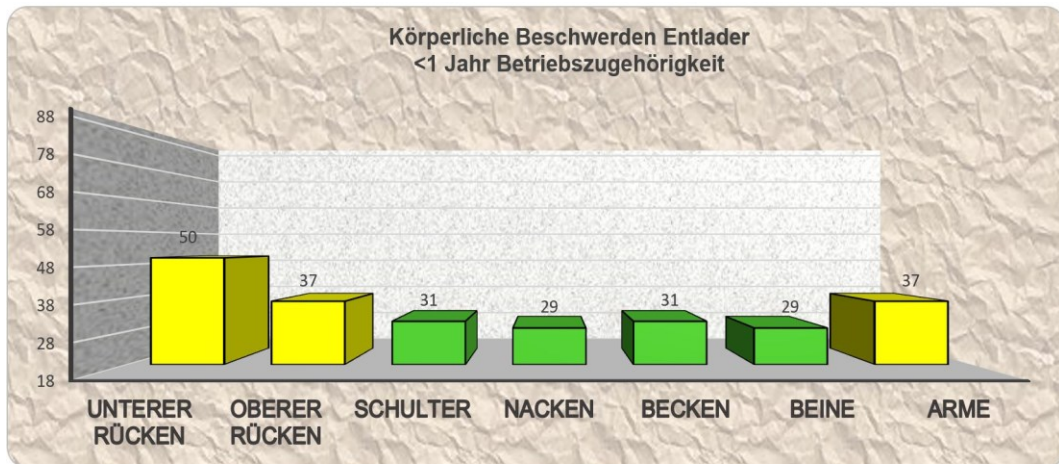
		22-30 Jahre	
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich		13
selten: 2 Punkte	Hellgelb		26
manchmal: 3 Punkte	Gelb		39
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb		52
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich		65



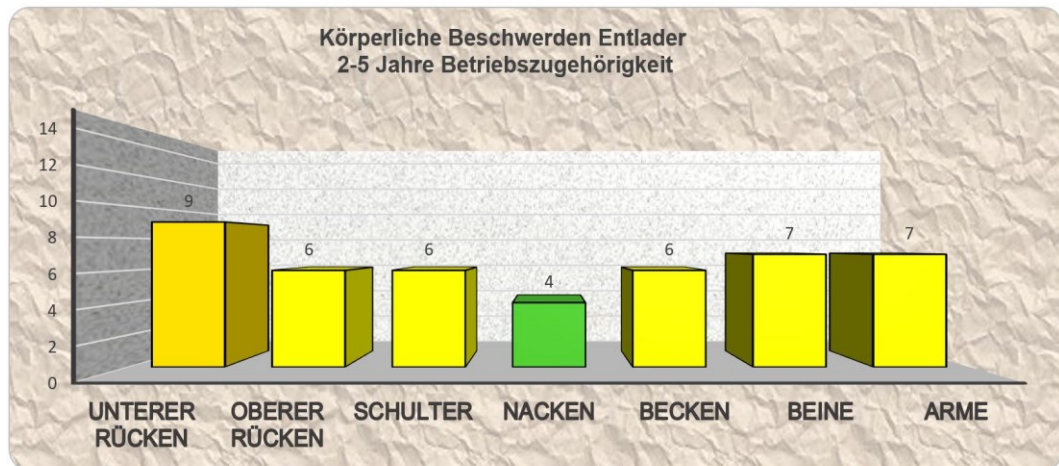
		31-40 Jahre	
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich		4
selten: 2 Punkte	Hellgelb		8
manchmal: 3 Punkte	Gelb		12
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb		16
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich		20



		41-50 Jahre	
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich		2
selten: 2 Punkte	Hellgelb		4
manchmal: 3 Punkte	Gelb		6
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb		8
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich		10



< 1 Jahr Bz.		
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich	18
selten: 2 Punkte	Hellgelb	36
manchmal: 3 Punkte	Gelb	54
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb	72
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich	90



2-5 Jahre Bz.		
nie/ fast nie: 1 Punkte	Grüner Bereich	3
selten: 2 Punkte	Hellgelb	6
manchmal: 3 Punkte	Gelb	9
oft: 4 Punkte	Dunkelgelb	12
Immer: 5 Punkte	Roter Bereich	15

Anlage 5: Vakuumheber für das Heben von Lasten aus tiefen Lagen (Schmalz, 2021b)



Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

.....,

Datum, Name