

Lehrstuhl für
Fördertechnik Materialfluss Logistik
der Technischen Universität München

**Belastungsermittlung in der Kommissionierung
vor dem Hintergrund
einer altersgerechten Arbeitsgestaltung der Intralogistik**

Manuel Dennis Walch

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Willibald A. Günthner
2. Univ.-Prof. Dr. phil. Klaus Bengler

Die Dissertation wurde am 22.06.2011 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 24.10.2011 angenommen.

Manuel Dennis Walch

**Belastungsermittlung in der Kommissionierung
vor dem Hintergrund einer
alternsgerechten Arbeitsgestaltung der Intralogistik**

fml – Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Willibald A. Günthner

Technische Universität München

Herausgegeben von:

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Willibald A. Günthner

fml – Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik

Technische Universität München

Zugleich:

Dissertation, München, Technische Universität München, 2011

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Layout und Satz: Dennis Walch

Copyright © Dennis Walch 2011

ISBN: 978-3-941702-22-6

Printed in Germany 2011

Danksagung

Diese Abhandlung entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) der Technischen Universität München im Rahmen des Bayerischen Forschungsverbundes „Zukunftsorientierte Produkte und Dienstleistungen für die demographischen Herausforderungen“ (FitForAge).

Allen voran möchte ich meinem Doktorvater, Prof. Dr.-Ing. Willibald A. Günthner danken, der mich entlang meiner Dissertation begleitet hat. Sein offenes Ohr und seine kritischen Fragen gaben mir die erforderliche Richtungsweisung, die zu einem Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat.

Mein Dank gilt weiterhin den beteiligten Forschungs- und Industriepartnern von FitForAge, die mir die Durchführung der Feldstudie ermöglicht haben. Insbesondere bedanke ich mich bei Martin Neuberger, der als Mitstreiter im Teilprojekt „Logistiksysteme und Organisation“ ein starker Partner bei der Erarbeitung der Forschungsergebnisse darstellte.

An dieser Stelle danke ich zudem den vielen Kolleginnen und Kollegen des Lehrstuhls fml, die für eine harmonische Arbeitsatmosphäre gesorgt haben, die durch regen fachlichen Austausch geprägt war und in der ich jederzeit auf Unterstützung bauen konnte. Hervorheben möchte ich die bereitwilligen Korrekturleser Janina Durchholz, Jörg Egbers (iwb), Gabriel Fischer, Stefan Galka und Anja Ressle (FTM), die mir bei der Überarbeitung geholfen und somit für den nötigen Feinschliff der Arbeit gesorgt haben.

München, 19. Juni 2011

Dennis Walch

Kurzzusammenfassung

Der Rückgang der Geburtenrate und die damit einhergehende Alterung der Bevölkerung rücken in den letzten Jahren immer mehr in das gesellschaftliche Interesse. In Deutschland findet in den kommenden Jahren zum einen ein Rückgang der Personen im erwerbsfähigen Alter statt. Zum Anderen wird das Durchschnittsalter der Bevölkerung – und so auch der Arbeitnehmer – dramatisch ansteigen. Damit sind die Unternehmen immer stärker von der Leistungsfähigkeit ihrer älteren Mitarbeiter abhängig. Die alternde Belegschaft weist in dem Zusammenhang einen höheren Krankenstand sowie eine höhere Anzahl an Leistungseinschränkungen auf, die vornehmlich körperlich belastender Arbeit geschuldet ist.

In dieser Abhandlung wird zunächst über eine Feldstudie in der operativen Logistik ein Abgleich zu den sich allgemein mit dem Alter tendenziell verändernden Fähigkeiten vorgenommen. Die für die operative Logistik zu fokussierenden Veränderungen der Mitarbeiterfähigkeiten mit zunehmendem Alter auf der einen sowie das in zahlreichen Arbeitsanalysen erhobene Belastungsprofil heutiger Logistikarbeitsplätze auf der anderen Seite zeigen, dass besonderes Augenmerk auf das Heben von Lasten zu legen ist. Diese, für die Arbeit in der operativen Logistik typische Tätigkeit, steht im Zusammenhang mit einem im Alter zunehmenden Krankenstand aufgrund von Muskel-Skelett-Erkrankungen sowie geringerer Einsatzflexibilität Älterer aufgrund vermehrter körperlicher Einschränkungen.

Um der Alterung in der operativen Logistik entgegen zu treten, wird als Grundvoraussetzung für die Erarbeitung neuer Konzepte eine Methodik zur transparenten Belastungsermittlung für heterogene Prozesse (wie insbesondere beim Heben von Lasten in der Kommissionierung) entwickelt. Die an Hand des Pick-by-Vision realisierte fortlaufende Belastungsermittlung ermöglicht eine Einsteuerung geeigneter Maßnahmen für eine moderate, gesunde Belastung, die langfristig über das Erwerbsleben zu einem Erhalt der Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter beiträgt.

Abstract

In the past years, the decline in the birth rate as well as the aging population has gained more and more public attention. In Germany, the number of people in working ages will decline by the upcoming years. Furthermore, the average age of population – and therefore of employees – will increase dramatically. Hence, the industry will be more and more dependent on competitive employees in an advanced age.

In this context there is a conversion of skills that leads to a reduction of physical performance and an increase in mental and social skills respectively. The operational logistics with its high percentage of physical activity is severely affected by this progression. A number of musculoskeletal disease and physical limitations are associated with an early retirement from operational logistics. The field study demonstrates that current logistics workplaces involve a high health risk in terms of physical problems resulting from the lifting of goods.

Based on these insights, new approaches for age-appropriate work environments are presented to maintain the performance of both, young and old. The method introduced enables a continuous stress determination in heterogeneous logistics tasks (particularly in relation to the lifting of goods in order picking systems) to gain transparency in workload and stress situations of workers in logistics area. The realized functional model integrated into the Pick-by-Vision system enables the implementation of adequate tasks for a moderate, healthy workload sustaining worker performance throughout their working life.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Zielstellung	2
1.3	Vorgehensweise	3
2	Die Arbeitswelt zu Beginn des 21. Jahrhunderts	7
2.1	Demographische Entwicklung in Deutschland	9
2.2	Unternehmen im demographischen Wandel	15
2.2.1	Entwicklung des Erwerbspersonenpotenzials	15
2.2.2	Herausforderungen einer alternden Belegschaft	16
2.2.3	Status Quo zur Begegnung des demographischen Wandels	21
2.3	Betrachtungsgegenstand Intralogistik im Wirkungsfeld der Demographie	24
2.3.1	Begriffliche Einordnung und Aufgabe der Intralogistik	24
2.3.2	Betrachtete Tätigkeiten in der operativen Logistik	25
2.3.3	Kennzahlen zur operativen Logistik vor dem Hintergrund des demographischen Wandels	27
2.4	Fazit	32
3	Menschliche Leistung mit zunehmendem Alter	33
3.1	Belastungs-Beanspruchungs-Konzept	33
3.2	Definition einer alternsgerechten Arbeitsgestaltung	36
3.3	Vom Defizit- zum Kompetenz-Modell	37
3.4	Veränderung der Fähigkeiten mit zunehmendem Erwerbsalter	39
3.5	Fazit	41
4	Messinstrumente zur Erhebung der Anforderungen logistischer Arbeitssysteme	43
4.1	Kategorisierung von Arbeitsanalyseverfahren	44
4.2	Ganzheitliche Bewertung von Logistikarbeitsplätzen	46
4.2.1	Erfassung der körperlichen Belastung mit ABATech	47
4.2.2	Die Leitmerkmalmethode zur Belastungsermittlung von Handhabungsprozessen	49
4.2.3	Die psychische Arbeitsanalyse mit RHIA/VERA-Produktion und KFZA	51

4.2.4 Erhebung der Beanspruchung von Logistikmitarbeitern mit EKIDES	54
5 Feldstudie zur Identifikation von Ansatzpunkten für eine altersgerechte Logistik	55
5.1 Alter und Leistung in der operativen Logistik	55
5.2 Definition von Altersklassen	58
5.3 Abgleich von Fähigkeitsverläufen der Literatur mit Daten der betrieblichen Praxis	59
5.3.1 Betriebsärztliche Daten zur Entwicklung von körperlichen und kognitiven Einschränkungen über die Altersklassen	60
5.3.2 Einschätzung von Personal- und Führungskräften produzierender Unternehmen zu den Fähigkeiten älterer Mitarbeiter	63
5.3.3 Befragung von Führungskräften der operativen Logistik	67
5.3.4 Fähigkeitsprofil des alternden Menschen für die operative Logistik	70
5.4 Vorgehen zum Abgleich von Fähigkeiten und Arbeitsanalysemerkmalen	71
5.5 Erhebung des Belastungsprofils von Arbeitsplätzen der operativen Logistik	75
5.5.1 Betrachtungsgegenstand	75
5.5.2 Ergebnisse der physischen Arbeitsanalysen mit ABATech und Leitmerkalmethode	77
5.5.3 Ergebnisse der psychischen Arbeitsanalysen mit RHIA/VERA-Produktion Teil D und KFZA	82
5.5.4 Beanspruchung der operativen Logistiker	86
5.5.5 Belastungsprofil operativer Logistikarbeitsplätze	87
5.6 Alternsgerechte Arbeitsplatzgestaltung in der operativen Logistik	88
5.6.1 Von der korrektiven zur präventiven Arbeitsgestaltung	89
5.6.2 Status Quo für eine altersgerechten Kommissionierung	91
5.6.3 Anforderungen für die Etablierung einer altersgerechten Kommissionierung	92
6 Entwicklung einer Methode zur Belastungsermittlung für die Kommissionierung	95
6.1 Adaption der Leitmerkalmethode auf die Anforderungen der Kommissionierung	96
6.1.1 Inter- und Extrapolation von Zeit- und Lastwichtung	98
6.1.2 Bestimmung der Haltungswichtung	100
6.1.3 Bestimmung der Ausführungsbedingungswichtung	102
6.1.4 Berechnung des Gesamtrisikowerts durch Normierung heterogener Einzelvorgänge	102

6.1.5	Operationalisierung der Berechnungsmethode	104
6.2	Anwendungsszenarien für Berechnungsmethode	112
6.2.1	Verknüpfung der Leitmerkalmethode mit MTM in der Planungsphase von Kommissioniersystemen	113
6.2.2	Fortlaufende Belastungsermittlung im Betrieb am Beispiel von Pick-by-Vision	114
6.2.3	Ergonomische Lagerfachbelegung zur Minimierung des Gesamtrisikowertes bei der Kommissionierung	116
6.2.4	Festlegung der manuellen Hubleistung auf Basis von Risikowertvorgaben am Beispiel des Entsorgerarbeitsplatzes	122
7	Zusammenfassung und Ausblick	127
	Literaturverzeichnis	129
	Abbildungsverzeichnis	139
	Tabellenverzeichnis	143

Verwendete Formelzeichen

Großbuchstaben

Formelzeichen	Einheit	Bedeutung
AW	[-]	Ausführungsbedingungsichtung
AW_{ev}	[-]	Ausführungsbedingungsichtung eines Einzelvorgangs ev
AW_{nv}	[-]	Ausführungsbedingungsichtung des Normvorgangs nv
HW	[-]	Haltungswichtung
HW_{ev}	[-]	Haltungswichtung eines Einzelvorgangs ev
HW_k	[-]	Haltungswichtung des Haltungstyps k
HW_{nv}	[-]	Haltungswichtung des Normvorgangs nv
Lk	[-]	Lastklasse
LW	[-]	Lastwichtung
LW_{ev}	[-]	Lastwichtung eines Einzelvorgangs ev
LW_{nv}	[-]	Lastwichtung des Normvorgangs nv
$LW_{(m)}$	[-]	Lastwichtung für Männer
$LW_{(w)}$	[-]	Lastwichtung für Frauen
MW_{Lk}	[kg]	Arithmetisches Mittel der wirksamen Lasten m einer Lastklasse Lk
NV	[-]	Wichtung des Normvorgangs
RW	[-]	Risikowert
RW_{ev}	[-]	Risikowert für einen Einzelvorgang ev
RW_g	[-]	Gesamtrisikowert
RW_{nv}	[-]	Risikowert für einen Normvorgang nv
RW_{vt}	[-]	Risikowert eines Vorgangstyp vt
$RW_{(m)}$	[-]	Risikowert für Männer
$RW_{(w)}$	[-]	Risikowert für Frauen
ZW	[-]	Zeitwichtung
ZW_{ev}	[-]	Zeitwichtung für einen Einzelvorgang ev

$ZW_{g, nv}$	[-]	Zeitwichtung der Anzahl an normierten Vorgängen nv
ZW_{nv}	[-]	Zeitwichtung des normierten Vorgangs nv
ZW_{vt}	[-]	Zeitwichtung des Vorgangstyps vt

Kleinbuchstaben

Formelzeichen	Einheit	Bedeutung
m	[kg]	Gewicht der Greifeinheit
m_{ev}	[kg]	Gewicht der Greifeinheit des Einzelvorgangs ev
k	[-]	Haltungstyp nach Tabelle 4-3
n	[-]	Anzahl der Einzelvorgänge ev der Aufnahme/Entnahme und Abgabe/Ablage
n_{ev}	[-]	Einzelvorgang ev der Aufnahme/Entnahme oder Abgabe/Ablage
$n_{Lk}/n(Lk)$	[-]	Anzahl der Einzelvorgänge ev der Aufnahme/Entnahme oder Abgabe/Ablage in einer Lastklasse Lk
n_{nv}	[-]	Anzahl der Normvorgänge
p_k	[-]	Wahrscheinlichkeit p des Haltungstyps k
$q_{i, k}$	[-]	Wahrscheinlichkeit q eines KLT i bei Haltungstyp k
x	[-]	Anzahl der zu definierenden Lastklassen Lk
y	[-]	Anzahl der für die Berechnung relevanten Haltungstypen k

Indizes

Formelzeichen	Einheit	Bedeutung
ev	[-]	Einzelvorgang
g	[-]	Gesamt-
i, j, l	[-]	Variablen/Platzhalter
Lk	[-]	Lastklasse
nv	[-]	Normvorgang
vt	[-]	Vorgangstyp
(m)	[-]	für Männer
(w)	[-]	für Frauen

Verwendete Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
ABA	Anforderungs- und Belastbarkeits-Analyse
AU	Arbeitsunfähigkeit
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BKK	Betriebskrankenkasse
EKIDES	Ergonomics Knowledge and Intelligent Design System
KFZA	Kurz-Fragebogen zur Arbeitsanalyse
KLT	Kleinladungsträger
LMM	Leitmerkmalmethode
MSE	Muskel-Skelett-Erkrankungen
MTM	Methods Time Measurement
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
RHIA	Regulationshindernisse in der Arbeitstätigkeit
VERA	Verfahren zur Ermittlung von Regulationserfordernissen in der Arbeitstätigkeit
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau

1 Einführung

„In der ersten Hälfte unseres Lebens opfern wir unsere Gesundheit, um Geld zu erwerben, in der zweiten Hälfte opfern wir unser Geld, um die Gesundheit wiederzuerlangen. Und während dieser Zeit gehen Gesundheit und Leben von dannen.“

Voltaire, französischer Philosoph und Historiker 1694-1778

1.1 Motivation

Für Deutschland ist der demographische Wandel eine der zentralen Herausforderungen der kommenden Jahre. Während in der Gesellschaft die wirtschaftlichen, technischen, soziologischen und politischen Folgen wie beispielsweise die Aufrechterhaltung des Generationenvertrages aufgrund der Änderung der Altersstruktur Deutschlands diskutiert werden, stellt sich für die Unternehmen die Frage, welche Auswirkungen die Alterung der Belegschaft auf den eigenen Betrieb hat. Eine Verschärfung der Fragestellung ergibt sich in dem Zusammenhang mit der Wirtschaftskrise und den beispielsweise in der Automobilindustrie seit Jahren rückgehenden Einstellungszahlen, die zur Verschiebung des Altersgefüges hin zum hohen Erwerbssalter beitragen. Dabei stellt das Altern insofern eine Herausforderung für die Unternehmen dar, als dass sich die individuellen Fähigkeiten und Kompetenzen der Mitarbeiter verändern. Diese Veränderungen werden oft pauschal in Zusammenhang mit einer sinkenden Leistungsfähigkeit und geringeren Einsatzflexibilität der Mitarbeiter gestellt, die für die Unternehmen Produktivitätseinbußen bedeuten. Es stellen sich für diese Abhandlung die Fragen:

- Welche sich mit zunehmendem Alter verändernden Mitarbeiterfähigkeiten und -kompetenzen stehen in Zusammenhang mit der Leistungsfähigkeit?

Während in der Produktion großer Betriebe Maßnahmen vorangetrieben werden, um dem demographischen Wandel entgegen zu treten, wird die Logistik als nicht wertschöpfende Tätigkeit eher stiefmütterlich behandelt. Gerade die operative Logistik mit ihrem nach wie vor hohen Anteil an manuellen Tätigkeiten ist vor diesem Hintergrund in doppeltem Maße betroffen. Oftmals sortieren Unternehmen ihre Mitarbeiter aufgrund des in der Produktion herrschenden Leistungsdrucks der Takt- und Akkordvorgaben aus, um sie in den vermeintlich weniger belastenden Tätigkeiten

der Logistik unterzubringen. Eine objektive Entscheidungsgrundlage für diese beispielhafte Maßnahme existiert jedoch meist nicht.

- Welche Anforderungen stellen heutige, manuelle Logistiktätigkeiten an die Mitarbeiter und deren sich mit dem Alter verändernden Fähigkeiten bzw. welche Belastungen wirken auf den operativen Logistiker?

Als Grundvoraussetzung fehlen derzeit geeignete Methoden, um eine praktikable Analyse und Bewertung der Arbeitssituation unter dem Aspekt der Altersgerechtigkeit durchzuführen. Insbesondere die häufig in der Logistik vorzufindenden Auftragsschwankungen in Kombination mit inhomogenen Abläufen und heterogenem Sortiment an handzuhabenden Artikeln erschweren eine Bestimmung der aktuellen Belastungssituation der Mitarbeiter. Die heutzutage eingesetzten Arbeitsanalyseverfahren aus den Ingenieurs- und Verhaltenswissenschaften verfügen für die Praxis oft über kein ausgewogenes Aufwand-Nutzen-Verhältnis, weisen keine ganzheitliche Betrachtung auf und sind häufig Zeitpunktbetrachtungen in Form von durchgeführten Beobachtungsinterviews, die nicht den Anforderungen an eine Arbeitsanalyse in der Logistik gerecht werden. Gleichzeitig lassen sich meist nicht die geeigneten Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitssituation ableiten, da in der Logistik häufig gewachsene Lagerstrukturen eine Umsetzung konstruktiver Verbesserungsvorschläge nur mit hohem finanziellen Aufwand ermöglichen. Dies führt zur Kernfrage der Dissertation:

- Wie ist eine praktikable Arbeitsanalysemethode zu gestalten, die den Anforderungen der operativen Logistik gerecht wird und zu einer Umsetzung der wesentlichen Aspekte für eine altersgerechte Logistik befähigt?

1.2 Zielstellung

Vor dem Hintergrund des demographischen Wandels wird in der vorliegenden Dissertation eine Berechnungsmethode zur Belastungsermittlung in der operativen Logistik entwickelt, die es ermöglicht, logistikspezifische Maßnahmen für einen Beitrag zu einer altersgerechten Arbeitsgestaltung zu realisieren. Die zu entwickelnde Methode dient der Operationalisierung der Arbeitsanalyse für den Einsatz in der Logistik mit dem Ziel,

- die Transparenz über die körperliche Belastungssituation von Logistikmitarbeitern zu erhöhen sowie die Reaktionsfähigkeit auf Belastungsspitzen zu verbessern, und

- ein optimales Aufwand-Nutzen-Verhältnis für die Erhebung der Belastungsfaktoren zu bewerkstelligen, die für eine altersgerechte Logistikgestaltung von entscheidender Relevanz sind.

Als globales Ziel verfolgt die Dissertation zum Erhalt der Arbeits- und Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter mit Tätigkeiten in der operativen Logistik beizutragen. Oberste Prämisse ist es, die Logistiktätigkeiten so zu gestalten, dass junge wie auch alte Mitarbeiter eine „gesunde“ Belastung erfahren und so die Arbeit langfristig ohne gesundheitliche Beeinträchtigung ausführbar ist.

1.3 Vorgehensweise

Die für die Zielerreichung gewählte Vorgehensweise zeigt Abbildung 1-1. Ausgehend von den Ursachen für die derzeitige sowie die zukünftig zu erwartende demographische Entwicklung der Gesellschaft zeigt Kapitel 2 die damit einhergehende Altersverschiebung innerhalb des Erwerbspotenzials auf, wie sie sich gleichermaßen in der Logistikbelegschaft widerspiegelt. Den generellen Handlungsbedarf, um dem demographischen Wandel entgegen zu wirken, verdeutlicht eine Gegenüberstellung der sich ergebenden Herausforderungen für die Unternehmen und des aktuellen Stands in den Betrieben. Im Fokus der hier vorliegenden Dissertation steht die operative Logistik, für die sich derzeit das Spannungsfeld zwischen alternder Belegschaft und fehlender Ansatzpunkte für eine altersgerechte Arbeitsgestaltung verstärkt darstellt.

In Anlehnung an die Vorgehensweise der IMBA-Methode [IMB-00] ist für eine altersgerechte Arbeitsgestaltung ein Profilabgleich zwischen Mitarbeiter und Arbeitsplatz erforderlich. Entsprechend wird in Kapitel 3 zunächst die mit der Alterung der Belegschaft einhergehende Veränderung von Mitarbeiterfähigkeiten und -kompetenzen aus der Literatur diskutiert, die für eine Leistungserbringung von Relevanz sind. Im Gegenzug stellt Kapitel 4 unterschiedliche Kategorien an Arbeitsanalyseverfahren vor, um die Anforderungen von Arbeitsplätzen an die Mitarbeiter zu erheben. Das Kapitel zeigt eine Zusammenstellung von Messinstrumenten zur ganzheitlichen Erhebung der Anforderungen logistischer Arbeitssysteme.

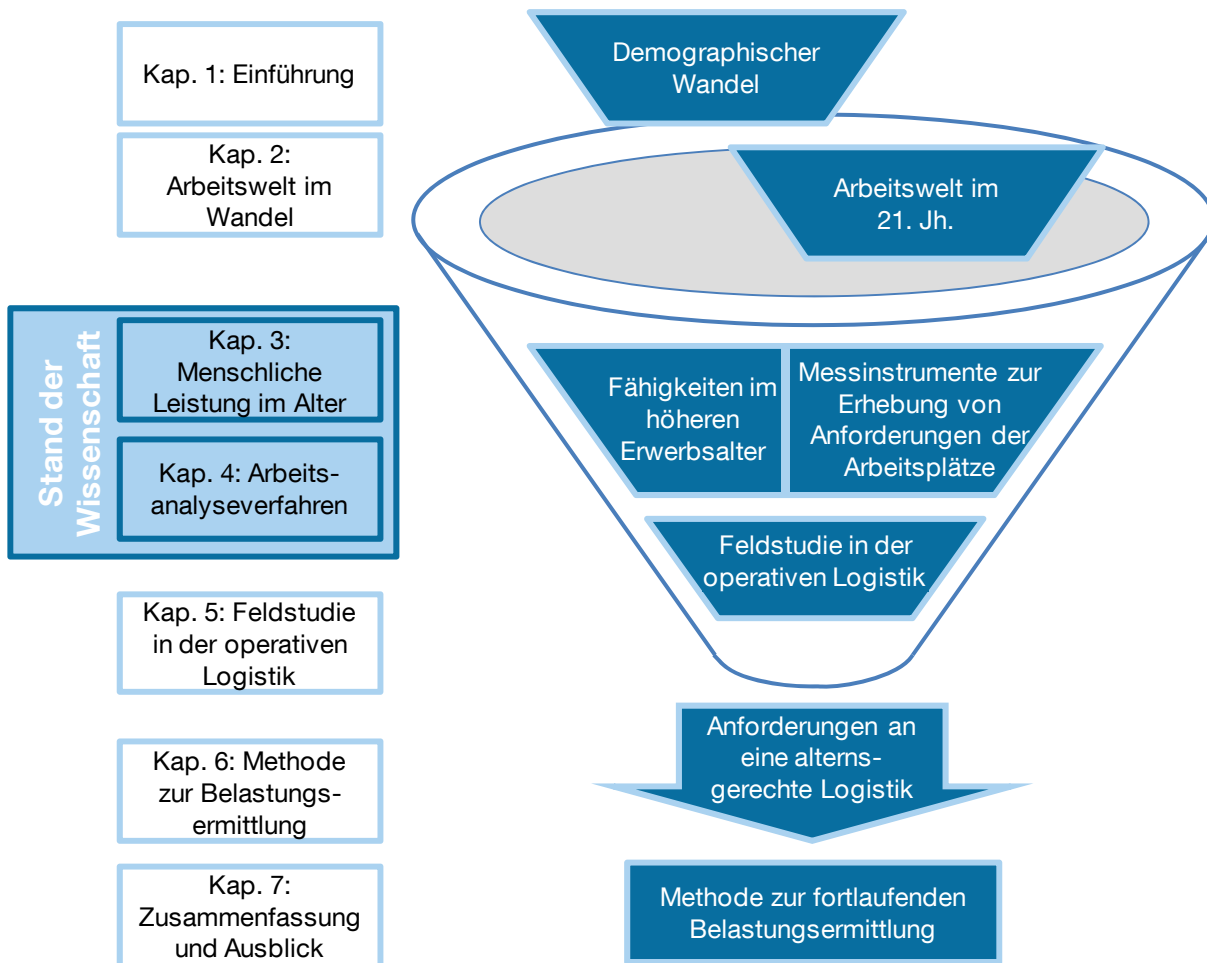


Abbildung 1-1: Vorgehensweise im Rahmen dieser Arbeit

Im Anschluss an den Stand der Wissenschaft wird im Rahmen einer Feldstudie ein Abgleich zwischen typischen Fähigkeiten der alternden Logistikbelegschaft und den Anforderungen durch die Logistikarbeitsplätze durchgeführt (Kapitel 5). Zunächst ist eine Vorauswahl an für die Leistungserbringung in der operativen Logistik relevanten Fähigkeiten dargestellt. Eine Auswertung betriebsärztlicher Daten über die Altersklassen wird um Befragungen unter Führungskräften von Produktion und Logistik ergänzt, um eine Übertragbarkeit der aus der Literatur bekannten Fähigkeiten und Kompetenzen Älterer auf die operative Logistik abzusichern.

Mit den zusammengestellten Arbeitsanalyseverfahren aus Kapitel 4.2 werden bei ausgewählten Unternehmen sowohl die Anforderungen an sich als auch die Anforderungshöhe von Logistikarbeitsplätzen erhoben. Als Resultat steht ein Belastungsprofil logistischer Tätigkeiten zur Verfügung, dass in Abgleich mit den Mitarbeiterfähigkeiten die wesentlichen Ansatzpunkte zu einer altersgerechten Arbeitsgestaltung aufzeigt.

Als zentrale Erkenntnis aus den durchgeführten Analysen zur Belastungssituation in der Logistik wird der Schwerpunkt auf die Entwicklung einer praktikablen Methode

zur Belastungsermittlung für das Heben von Lasten gelegt. Kapitel 6 stellt hierzu eine auf der Leitmerkmalmethode basierende Weiterentwicklung vor, die den Anforderungen an eine Arbeitsanalyse in der Logistik gerecht wird. Für die Berechnungsmethode werden abschließend verschiedene Einsatzfälle skizziert. Hierzu zählen

- die Integration in die Planungsphase von Kommissioniersystemen zur Berücksichtigung von Belastungsfaktoren in der Grobplanung,
- der Einsatz zur fortlaufenden Belastungsermittlung in der Kommissionierung zur Realisierung eines Belastungsausgleichs durch Job Rotation und/oder belastungsausgleichender Auftragszuteilung,
- ein Algorithmus zur ergonomischen Lagerfachbelegung für die Kommissionierung zur Minimierung der Belastung durch intelligente Artikelzuordnung sowie
- die Kopplung an den Arbeitsplan zur Ableitung einer zulässigen Anzahl an Hebevorgängen je Mitarbeiter an Entsorgerarbeitsplätzen.

Die Arbeit schließt in Kapitel 7 mit einer Zusammenfassung und gibt einen Ausblick auf die Zukunft einer altersngerechten Logistik.

2 Die Arbeitswelt zu Beginn des 21. Jahrhunderts

Die Arbeitswelt unterliegt einem stetigen Wandel. Zu Beginn des 21. Jahrhunderts stehen nach Horst [Hor-10] Politik, Gesellschaft und Unternehmen vor wichtigen Rahmenbedingungen, die die Arbeitswelt beeinflussen:

- Globalisierung der Märkte
- wachsende und schnelle Verbreitung neuer Informations- und Kommunikationstechnologien
- zunehmende Bedeutung des Dienstleistungssektors
- häufigere Umstrukturierung von Unternehmen und betrieblichen Abläufen
- Veränderungen der Beschäftigungsverhältnisse durch neue Arbeitsformen
- älter und vielfältiger werdende Belegschaften
- Zunahme der Beschäftigung von Frauen und Menschen mit Migrationshintergrund sowie Menschen mit Behinderungen
- Verlust der Beschäftigungsfähigkeit bei einfachen Tätigkeiten in der Produktion und neue Beschäftigungschancen bei anspruchsvoller Produktion und Dienstleistung

Nachdem in jüngster Vergangenheit die Globalisierung das zentrale Thema der Gesellschaft, des Staates und in der strategischen Ausrichtung der Unternehmen in Deutschland eingenommen hat, rückt mehr und mehr die bevorstehende demographische Entwicklung mit den Chancen aber auch den Risiken einer alternden Belegschaft in den Vordergrund der Betriebe [Str-07]. Dies belegt eine Umfrage des Adecco-Instituts, bei der die Demographie mit 54 % fast gleichauf mit der Globalisierung (55 %) und dem technischen Fortschritt (58 %) als größte Herausforderung Europas Großunternehmen liegt. Die Alterung sehen dabei 70 % der Befragten als Problem an [Mec-08]. Im weltweiten Ländervergleich befindet sich Deutschland in Bezug auf das Sinken der Bevölkerungszahl im vorderen Feld (Abbildung 2-1).

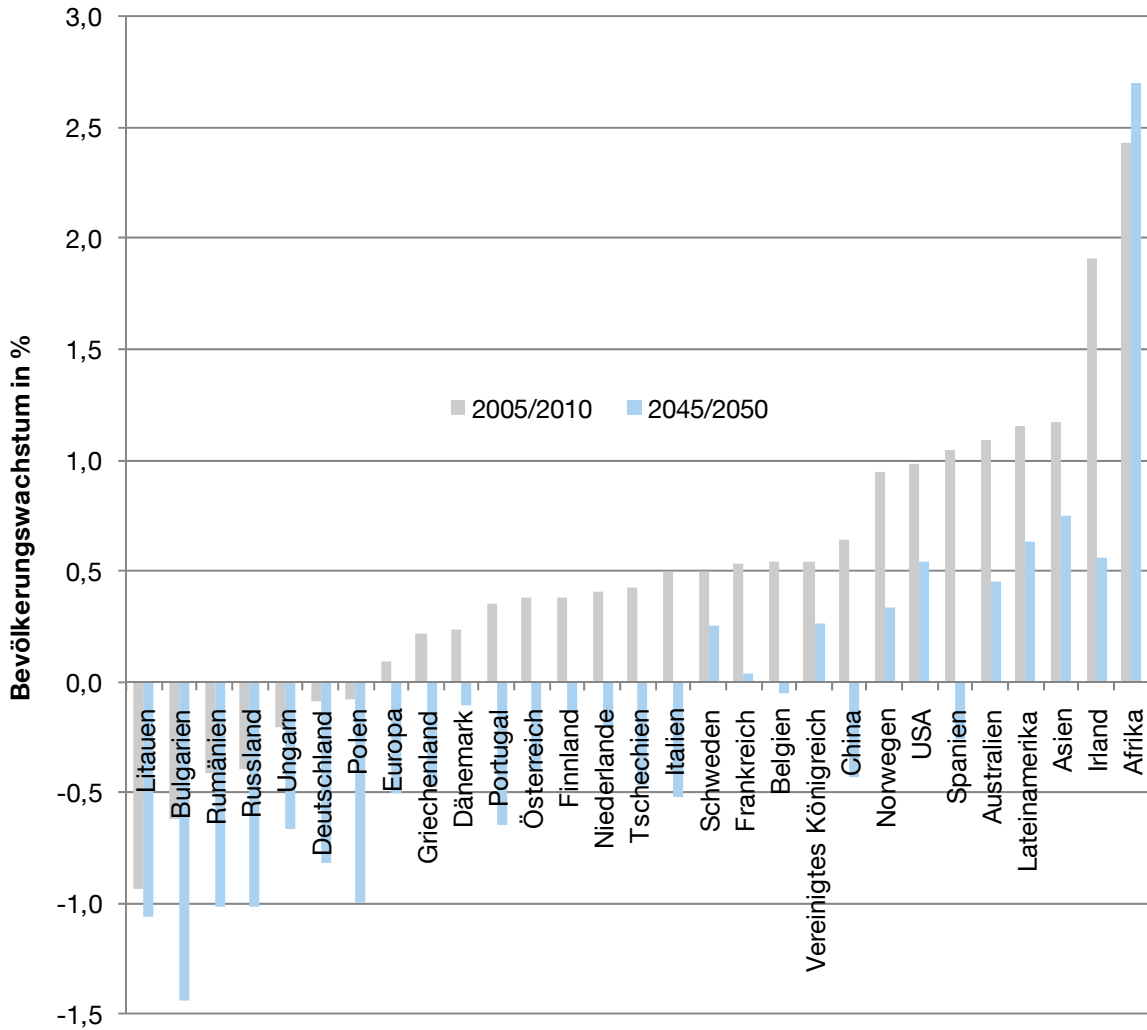


Abbildung 2-1: Bevölkerungswachstum in den Zeitspannen 2005/2010 und 2045/2050, Datenquelle [Dep-09]

Während das Sozialsystem Deutschlands in hohem Maße beansprucht und belastet wird, müssen sich die Unternehmen mit verändertem Freizeit- und Konsumverhalten der alternden Gesellschaft einerseits sowie innerbetrieblichen Veränderungen durch eine alternde Belegschaft andererseits auseinandersetzen. Die Bedenken bestehen zum einen hinsichtlich eines Verlusts von Kapazitäten und Kompetenzen durch das Ausscheiden von Mitarbeitern aus Altersgründen. Zum anderen werden durch die Alterung der Belegschaft negative Auswirkungen auf die Produktivität, die Motivation der Belegschaft sowie die Innovationskraft der Unternehmen befürchtet. Manche Ängste sind unbegründet, andere entsprechen der Realität. Erhöhte krankheitsbedingte Ausfallzeiten und steigende Arbeitskosten [Str-07] zählen hierzu ebenso wie die Tatsache, dass die derzeitige demographische Entwicklung der Gesellschaft in den nächsten Jahrzehnten nicht aufzuhalten ist.

Im Folgenden werden ausgehend vom Altersaufbau der Bevölkerung Deutschlands die zukünftige Entwicklung des Erwerbspersonenpotenzials und dessen

Auswirkungen auf die Unternehmen aufgezeigt. Der Status Quo an betrieblichen Maßnahmen skizziert die derzeitigen Anstrengungen der Unternehmen, dem demographischen Wandel zu begegnen. Mit den Ausführungen zur operativen Logistik wird schließlich die Ausgangssituation herausgearbeitet, wie sie sich derzeit für die vorliegende Arbeit darstellt.

2.1 Demographische Entwicklung in Deutschland

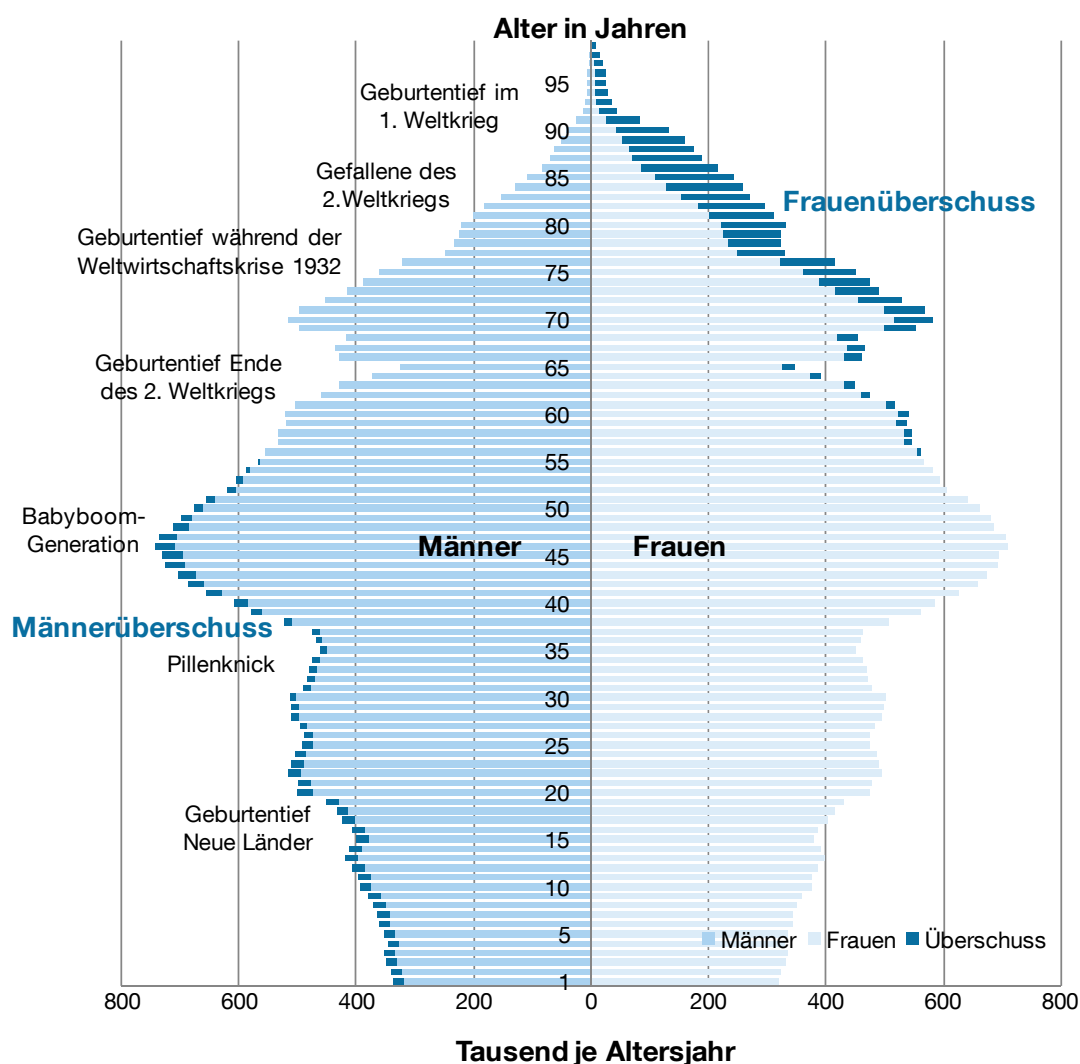


Abbildung 2-2: Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland am 21.12.2009, Datenquelle [Sta-09, vgl. Bun-09]

Der Bevölkerungsstand Deutschlands belief sich 2008 auf etwas mehr als 82 Millionen Einwohner, dessen Altersaufbau durch einschneidende Ereignisse in der Vergangenheit geprägt ist. Die beiden Weltkriege und die Weltwirtschaftskrise Anfang der 30er Jahre haben deutliche Kerben in der Altersstruktur Deutschlands hinterlassen, die bis zum heutigen Tag sichtbar sind (Abbildung 2-2) [des-10].

Demgegenüber ragt die Generation der Babyboomer, die zu Zeiten steigender Geburtenraten nach dem Zweiten Weltkrieg geboren wurden, aus dem Altersaufbau hervor. Dies war gleichzeitig die einzige Phase seit Ende des 19. Jahrhunderts, in der die Geburtenzahl stieg und welche bereits Mitte der 60er Jahre mit dem „Pillenknick“ wieder endete. Der so genannte Pillenknick erhielt seinen Namen aufgrund des Geburtenrückgangs zum Zeitpunkt der breiten Einführung der Antibabypille, wobei ein Zusammenhang häufig verneint wird.

Die Entwicklung der Altersstruktur der Bevölkerung hängt im Wesentlichen von

- der Lebenserwartung (1),
- der Geburtenrate/-ziffer (2) sowie
- dem Verhältnis zwischen Zu- und Abwanderung (3)

ab. Die 12. zwischen dem Statistischen Bundesamt und den Statistischen Ämtern der Länder koordinierte Bevölkerungsvorausberechnungen basiert auf einigen Annahmen in Bezug auf die drei Faktoren, sodass mehrere Varianten zur zukünftigen demographischen Entwicklung zur Verfügung stehen. Die zwei Varianten der Ober- und Untergrenze der „mittleren“ Bevölkerung [Sta-09] geben den Korridor vor, in dem sich Bevölkerungsgröße und Altersstruktur bei entsprechender Fortsetzung der Entwicklungstrends bewegen werden.

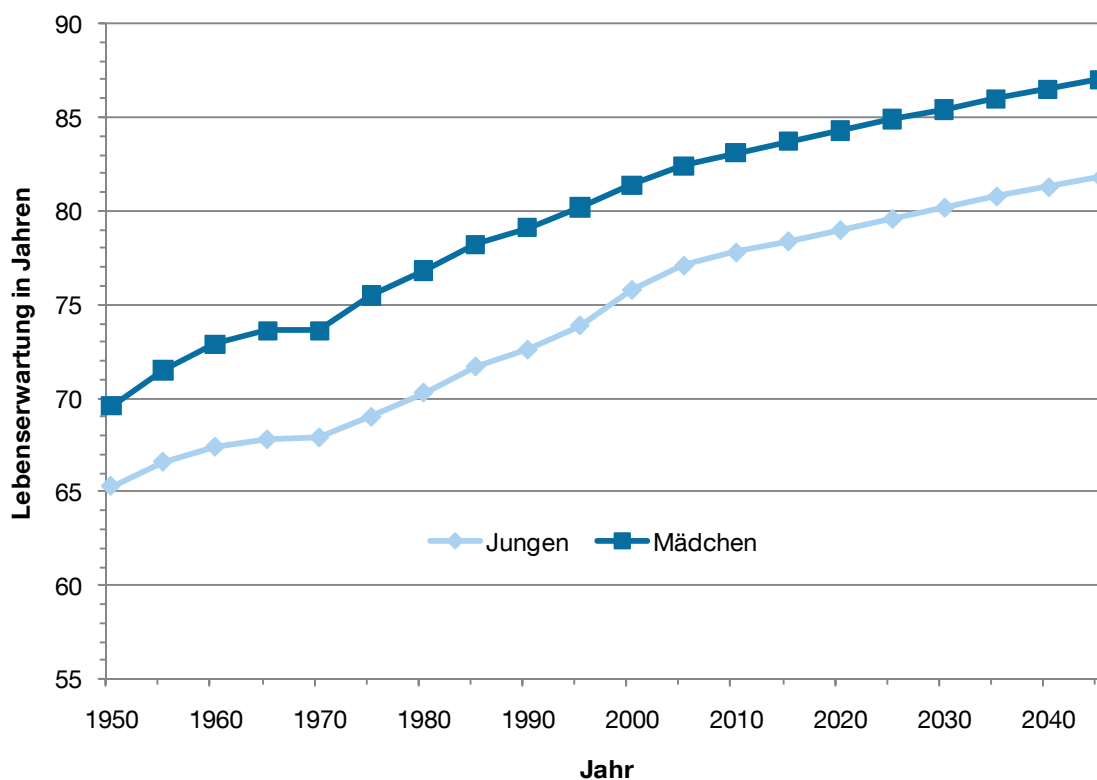


Abbildung 2-3: Lebenserwartung bei der Geburt von 1950 bis 2050, Datenquelle [Dep-09]

Faktor eins, die Lebenserwartung, steigt seit vielen Jahrzehnten (Abbildung 2-3) und verbucht in der Basisannahme gegenüber 2006/2008 bis zum Jahr 2060 einen Zuwachs von 7,8 Jahren bei Männern bzw. 6,8 Jahren bei Frauen. Entsprechend ist im Gegensatz zur heutigen Lebenserwartung von knapp 77 Jahren bei Männern und etwas über 82 Jahren bei Frauen von einer Lebenserwartung von 85 bzw. 89,2 Jahren auszugehen.

Als zweiter entscheidender Faktor der demographischen Entwicklung ist die Geburtenziffer zu nennen. Die im früheren Bundesgebiet seit über 30 Jahren relativ konstant bei 1,4 Kindern pro Frau liegende Kennzahl (Abbildung 2-4) setzt ihren Trend in Bezug auf die „mittlere“ Bevölkerungsvorausberechnung fort, was dazu führt, dass jede neue Generation um ein Drittel kleiner ausfällt als die ihrer Eltern. Ein Wert von 2,1 Kindern pro Frau würde zur Stabilisierung der Bevölkerung beitragen und deren Sinken verhindern. [Sta-09]

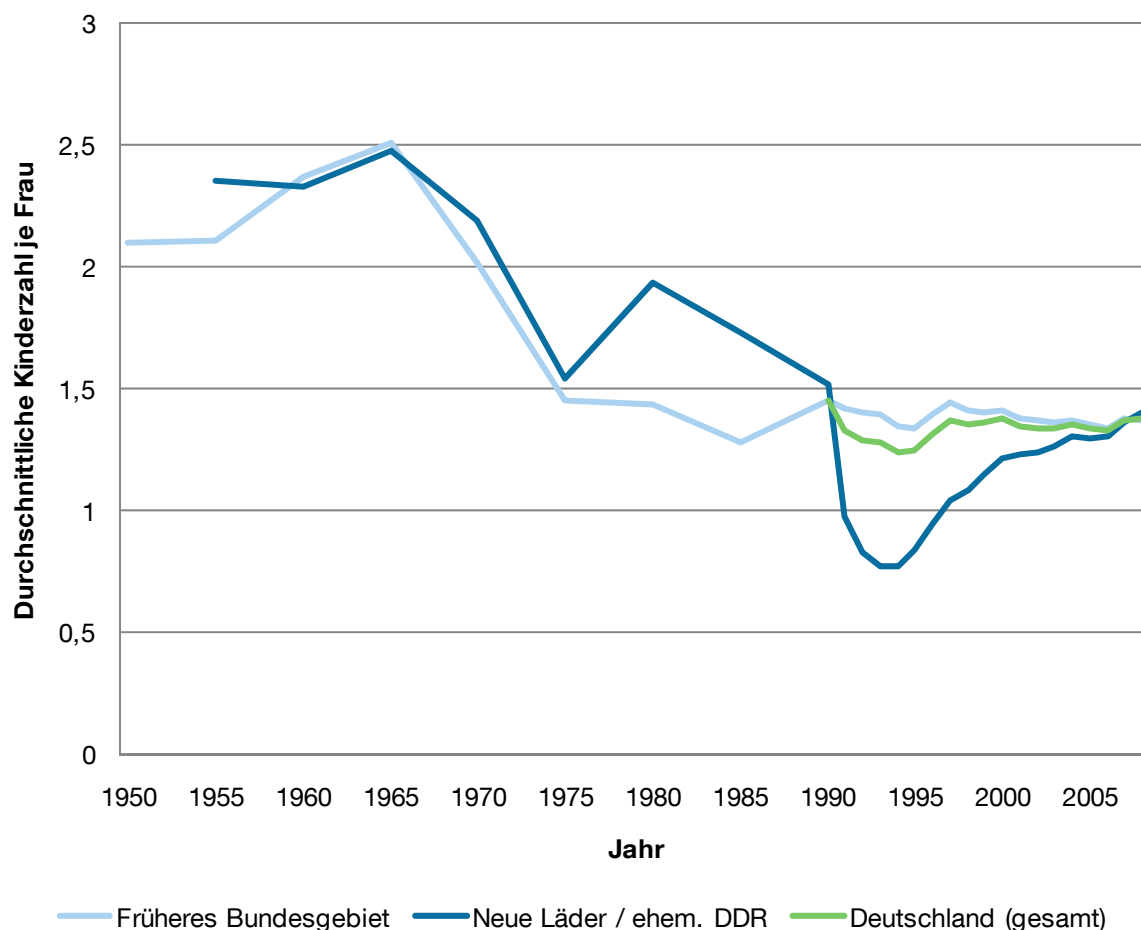


Abbildung 2-4: Durchschnittliche Kinderzahl je Frau von 1950 bis 2008, Datenquellen [Sta-09, Dep-09]

Die Anzahl der Sterbefälle steigt im Umkehrschluss, da die geburtenstarken Jahrgänge der Babyboomer-Generation vom mittleren ins höhere Alter voranschreiten.

Dieses Geburtendefizit ist seit den 70er Jahren in Deutschland negativ und entwickelt sich von 162.000 im Jahr 2008 auf 550.000 bis 580.000 im Jahr 2050 (Abbildung 2-5) [Sta-09].

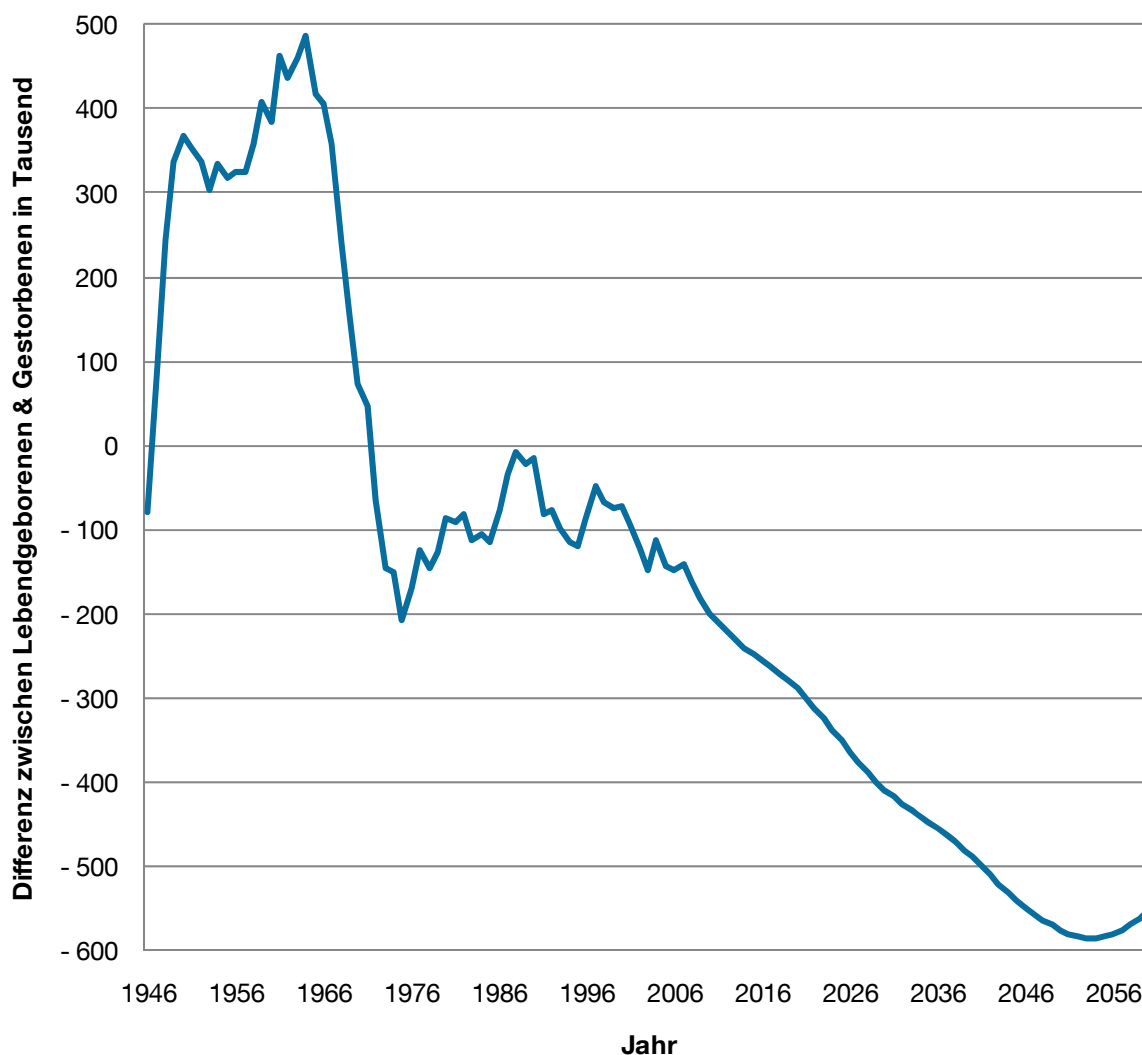


Abbildung 2-5: Differenz zwischen Lebendgeborenen und Gestorbenen von 1950 bis 2060, Datenquelle [Sta-09]

Die Differenz der Zuzüge nach und Fortzüge aus Deutschland (Wanderungssaldo) ist der dritte Faktor der die Bevölkerungsentwicklung beschreibt. Die so genannte Außenwanderung war bis auf Ausnahmejahre durchweg positiv und bewegte sich zwischen 129.000 und 354.000 Personen jährlich (Abbildung 2-6). In den letzten Jahren ging das Wanderungssaldo aufgrund vermehrter Fortzüge der Deutschen wie auch weniger Zuzüge deutscher Aussiedler und ausländischer Personen zurück. [Sta-09]

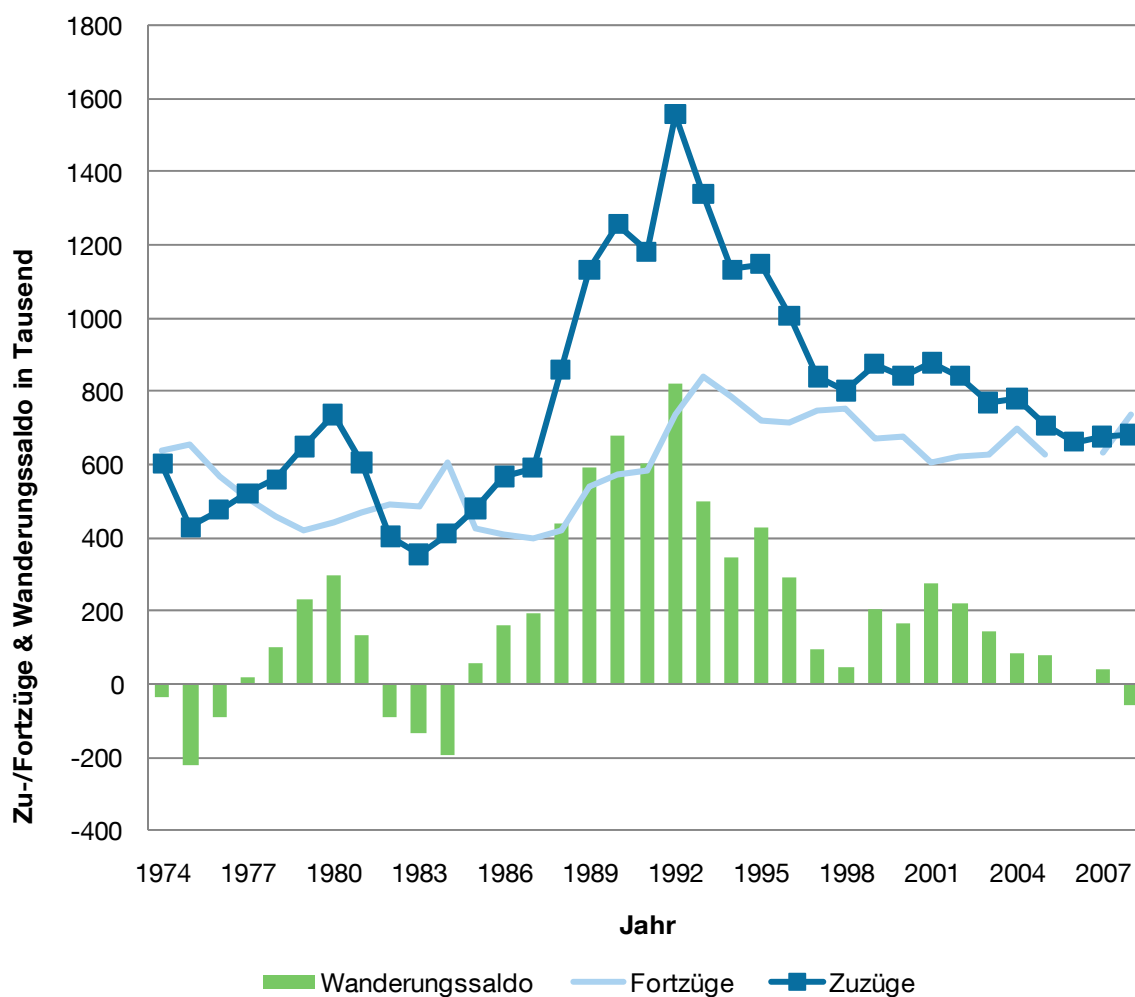


Abbildung 2-6: Zu-/Fortzüge deutscher Staatsbürger insgesamt über die Außengrenzen von 1974 bis 2008, Datenquelle [Sta-09]

Die Annahme der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung basiert auf langjährigen Durchschnittswerten und geht von einem Wanderungssaldo von 100.000 oder 200.000 Personen pro Jahr aus.

Variante	Annahmen		
	(1) Lebenserwartung bei Geburt in 2060	(2) Geburtenhäufigkeit (Kinder je Frau)	(3) Wanderungssaldo (Personen/Jahr)
"Mittlere" Bevölkerung, Untergrenze	Basisannahme: Anstieg bei Jungen um 8 und bei Mädchen um 7 Jahre	Annähernde Konstanz bei 1,4	100 000 ab 2014
"Mittlere" Bevölkerung, Obergrenze			200 000 ab 2020

Abbildung 2-7: Annahmen der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnungen zur Berechnung der demographischen Entwicklung in Deutschland [Sta-09]

2 Die Arbeitswelt zu Beginn des 21. Jahrhunderts

Unter den derzeitigen Gegebenheiten der drei Faktoren (Abbildung 2-7) wird sich der Trend der Bevölkerungsabnahme, wie er seit 2003 in Deutschland vorherrscht (Abbildung 2-8), weiter fortsetzen. Das wachsende Geburtendefizit kann durch das Wanderungssaldo auch in Zukunft nicht ausgeglichen werden.

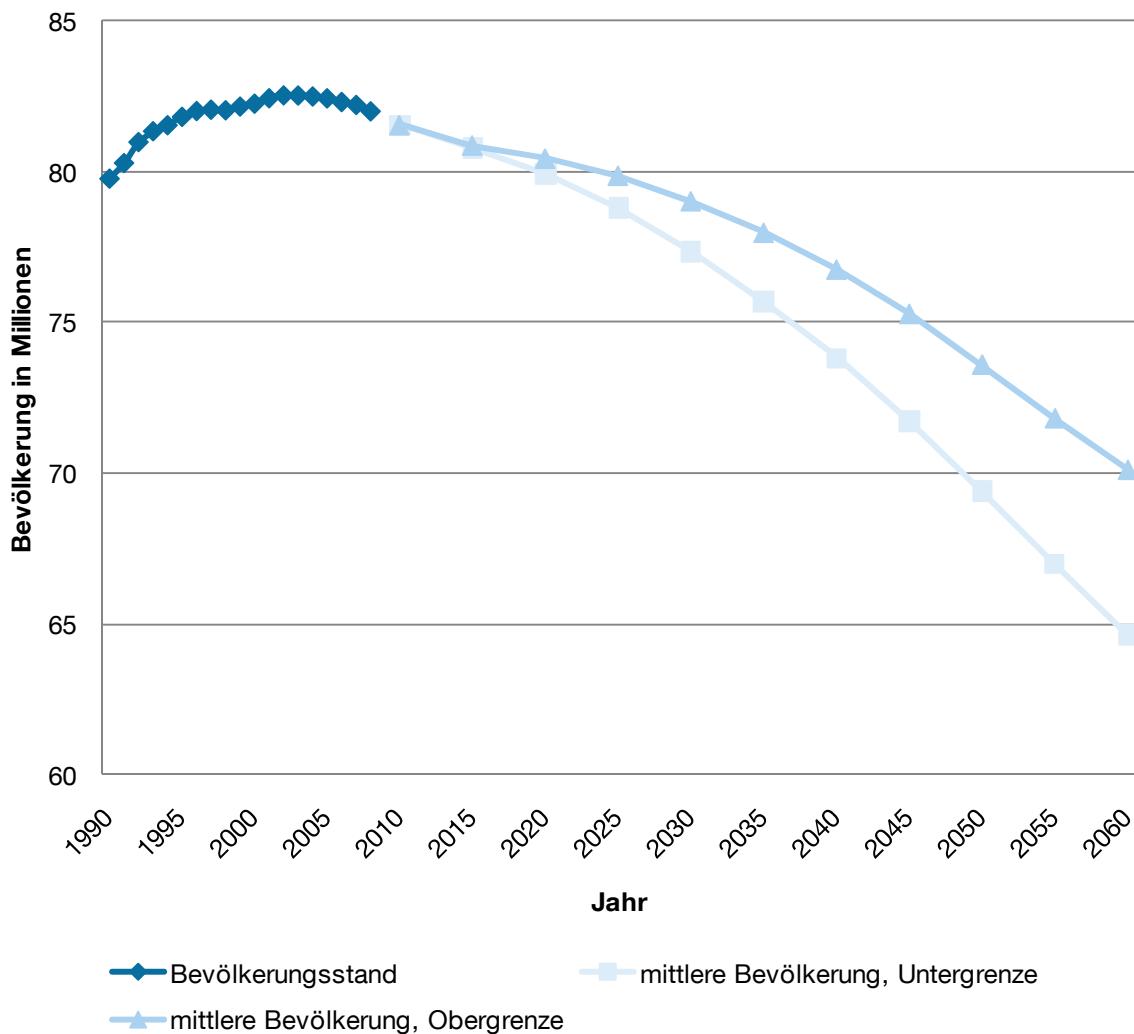


Abbildung 2-8: Bevölkerungszahl in Deutschland von 1990 bis 2060, Datenquelle [Sta-09]

Das Voranrücken der geburtenstarken Jahrgänge führt zu einer Verschiebung der Altersstruktur der Gesellschaft wie auch in der Arbeitswelt (Abbildung 2-9). Der Anteil der über 65-jährigen steigt von 20 % (2008) auf 24 % im Jahr 2060, sodass jeder Dritte mindestens 65 Jahre alt sein wird und doppelt so viele über 70-jährige wie Kinder in Deutschland leben. Während dieser Aspekt insbesondere vor dem Hintergrund des Renteneintrittsalters und des Generationenvertrages eine große Rolle spielt, muss sich die Arbeitswelt mit einem höheren Anteil älterer Beschäftigter auseinandersetzen. Heute kommen dabei auf 100 Personen im Erwerbsalter (20 bis 65 Jahre) 34 Ältere (> 65 Jahre), 2060 bereits je nach Wanderungssaldo 63 bzw. 67 Ältere.

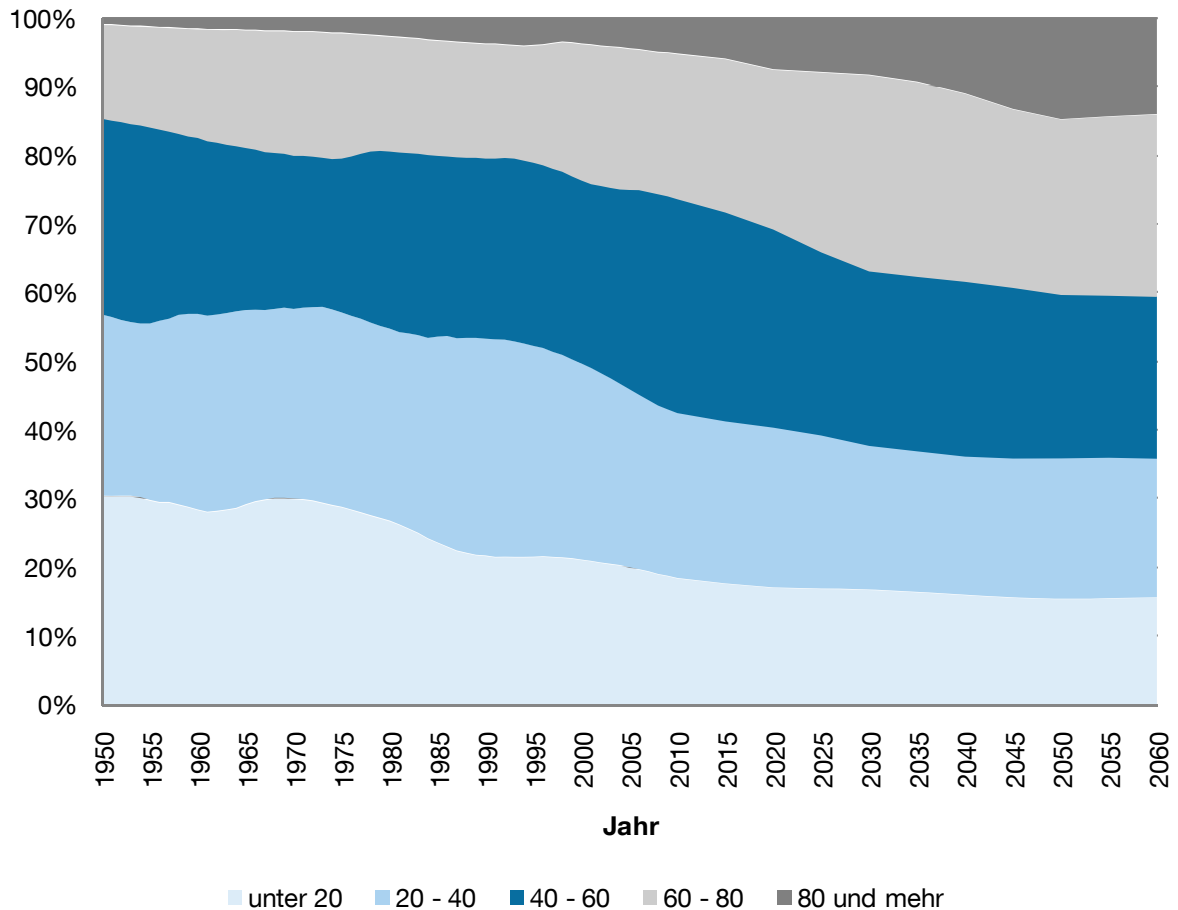


Abbildung 2-9: Bevölkerung in Deutschland nach Altersgruppen von 1950 bis 2060, Datenquelle [Sta-09]

2.2 Unternehmen im demographischen Wandel

2.2.1 Entwicklung des Erwerbspersonenpotenzials

Die demographische Entwicklung der Gesellschaft schlägt sich auch auf die Entwicklung der Altersstruktur der Belegschaften in den Betrieben nieder. Dabei stellt sich zunächst eine Alterung der Belegschaft ein, die mindestens bis zum Jahr 2020 als zentrale Herausforderung zu sehen ist [Bel-07], bevor die Anzahl der Erwerbstätigen schrumpft [Sta-09].

2008 befanden sich ca. 50 Millionen Menschen im Erwerbsleben (20 bis 65-jährige). Bereits ab 2020 wird ein deutlicher Rückgang gegenüber 2008 zu verzeichnen sein, der sich auf 39 bis 41 Millionen im Jahr 2035 erstreckt. 2060 befinden sich bei einem Wanderungssaldo von 100.000 bzw. 200.000 Personen schließlich ca. 33 bzw. 36 Millionen Menschen im Erwerbsleben, was einem Minus von 27 % bzw. 34 % entspricht. Dabei findet neben der Abnahme der im Erwerbsleben befindlichen

Personen eine Verschiebung zum Alter statt. Während 2008 noch 20 % zur jüngeren Altersgruppe zwischen 20 und 30 Jahren, 49 % zur mittleren Altersgruppe zwischen 30 und 50 Jahren und 31 % zur älteren Altersgruppe zwischen 50 und 65 Jahren gehören, steht eine erste einschneidende Veränderung der Altersstruktur im Erwerbsleben bereits zwischen 2017 und 2024 bevor. Hier wird das Erwerbspersonenpotenzial, das heißt die Summe aus in Deutschland Erwerbstätigen plus den registrierten Arbeitslosen inklusive einer geschätzten Zahl versteckter Arbeitsloser, zu 40 % je aus der mittleren und älteren Altersgruppe bestehen. Durch Erhöhung des Renteneintrittsalters auf 67 Jahre erhält die ältere Altersgruppe sogar noch mehr Gewicht. [Sta-09]

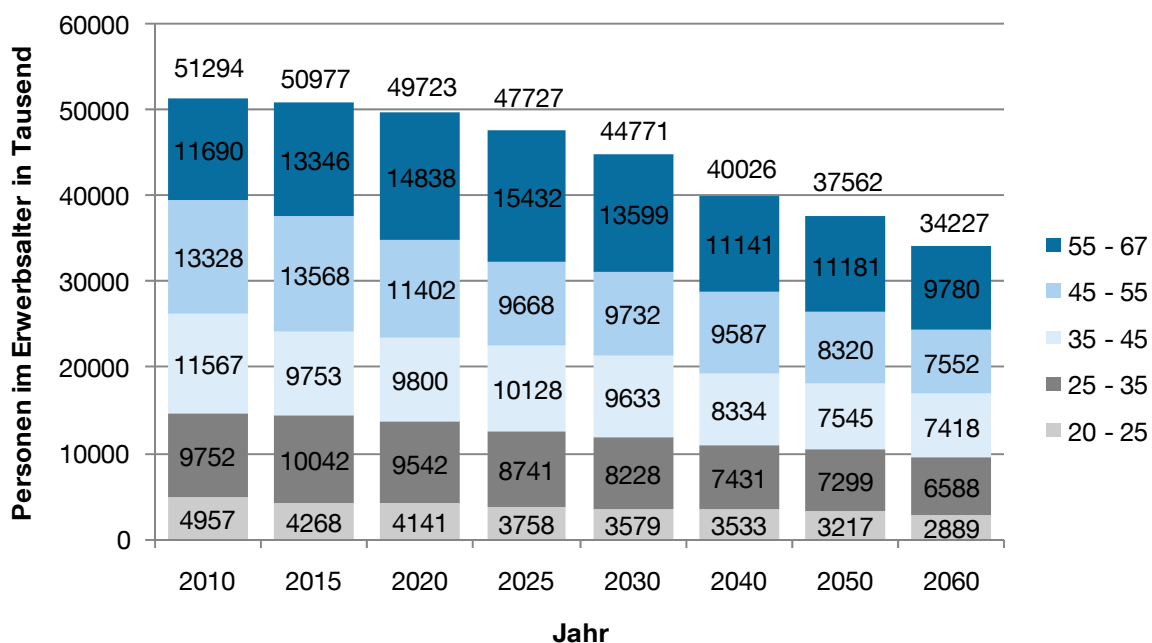


Abbildung 2-10: Bevölkerung Deutschlands im Erwerbsalter von 20 bis 67 Jahren im Zeitraum 2010 bis 2060, Datenquelle [Sta-09]

Abbildung 2-10 veranschaulicht die beschriebene Entwicklung für die im Erwerbsalter befindlichen Personen.

2.2.2 Herausforderungen einer alternden Belegschaft

Mitarbeiter, als eine der wichtigsten Ressourcen, werden aufgrund der betriebswirtschaftlichen Sichtweise der Unternehmen vornehmlich unter dem Aspekt der Produktivität betrachtet. Voraussetzung für eine mögliche Leistungserbringung sind die organisatorischen und technischen Vorbedingungen auf der einen sowie die Leistungsbereitschaft und -fähigkeit des Individuums auf der anderen Seite. Mit der Alterung findet eine Veränderung der individuellen Fähigkeiten und Kompetenzen

statt, wobei in diesem Zusammenhang häufig die Zunahme an Arbeitsunfähigkeitstagen (AU-Tagen) und Leistungseinschränkungen in einem Atemzug genannt werden. Abbildung 2-11 zeigt exemplarisch die qualitative Entwicklung der Leistungseinschränkungen (→ Kapitel 3.2) sowie der Fehlzeiten aufgrund von Krankheit mit zunehmendem Erwerbssalter bei der BMW Group [Pie-07].

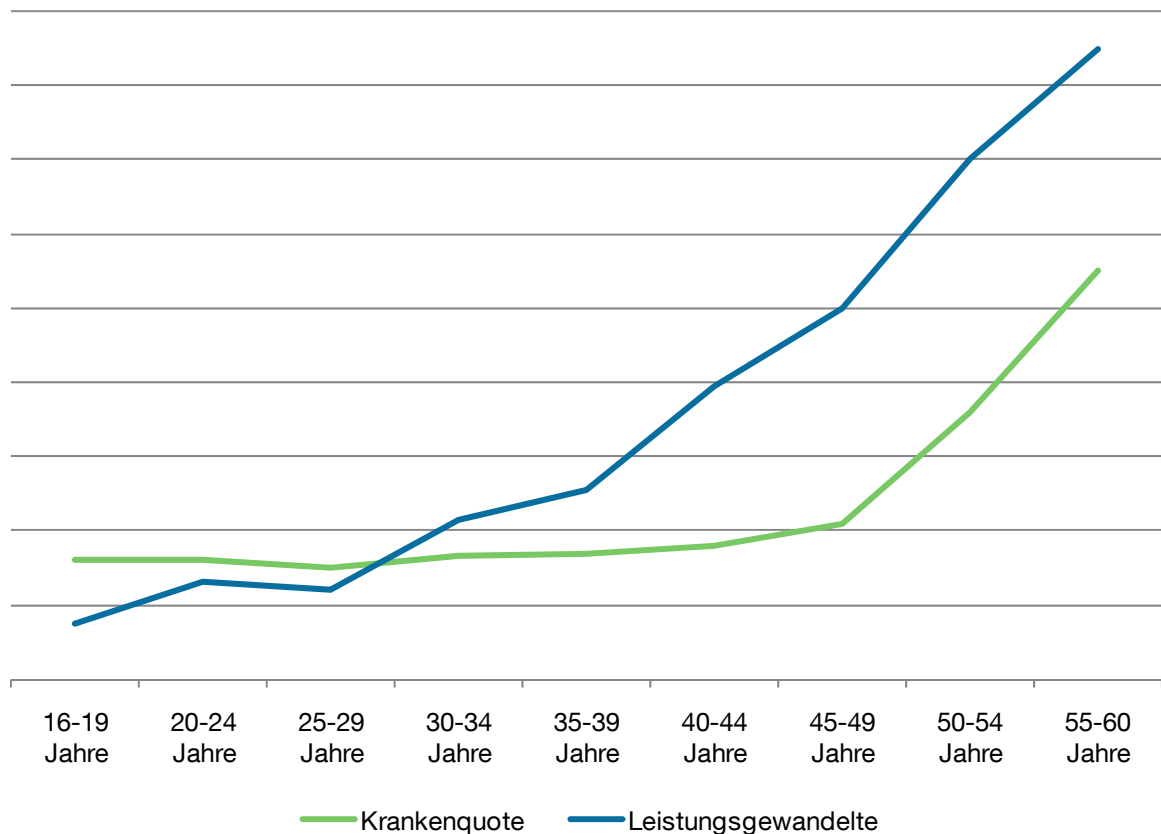


Abbildung 2-11: Fehlzeiten und Leistungseinschränkungen in Abhängigkeit vom Alter [Pie-07]
Eine Statistik der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin [Bun-10a] belegt, dass jüngere Arbeitnehmer zwar eine höhere Anzahl an Fällen der Arbeitsunfähigkeit aufweisen, diese jedoch von kürzerer Dauer sind. Entsprechend ist die Zunahme an AU-Tagen mit wachsendem Erwerbssalter einer längeren Dauer je AU-Fall zuzuschreiben (Abbildung 2-12).

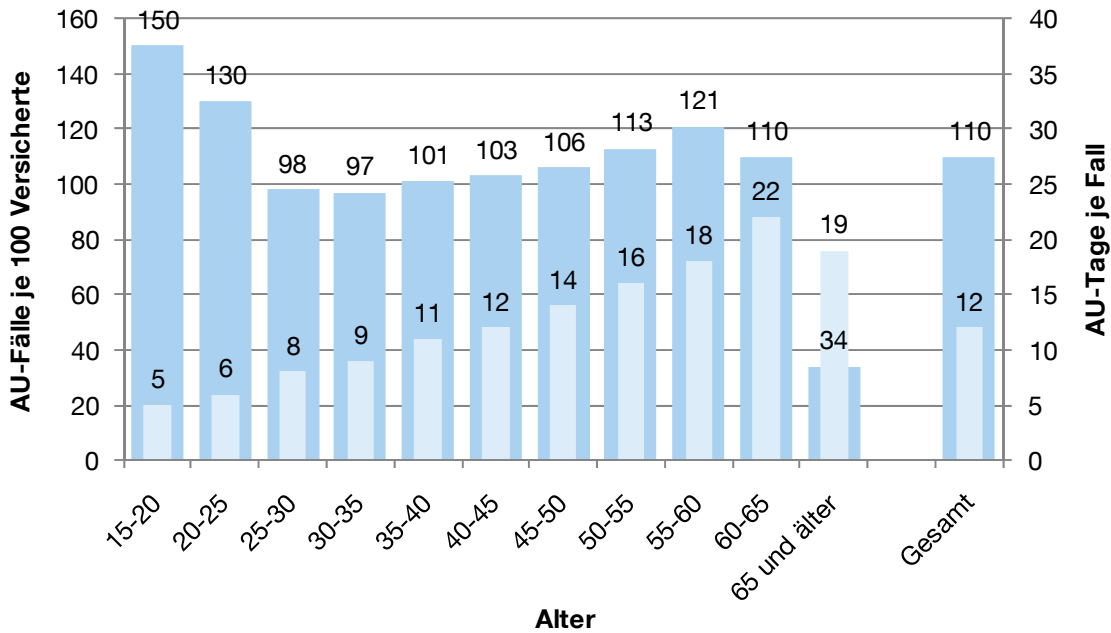


Abbildung 2-12: Arbeitsunfähigkeit nach Altersgruppen (2008) [Bun-10a]

Die AU-Tage sind auf verschiedene anerkannte Berufskrankheiten zurückzuführen (Abbildung 2-13). Mit einem Viertel der AU-Tage nehmen die Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) den vordersten Platz ein, wobei gut die Hälfte aller MSE im Zusammenhang mit der Wirbelsäule stehen [Her-06].

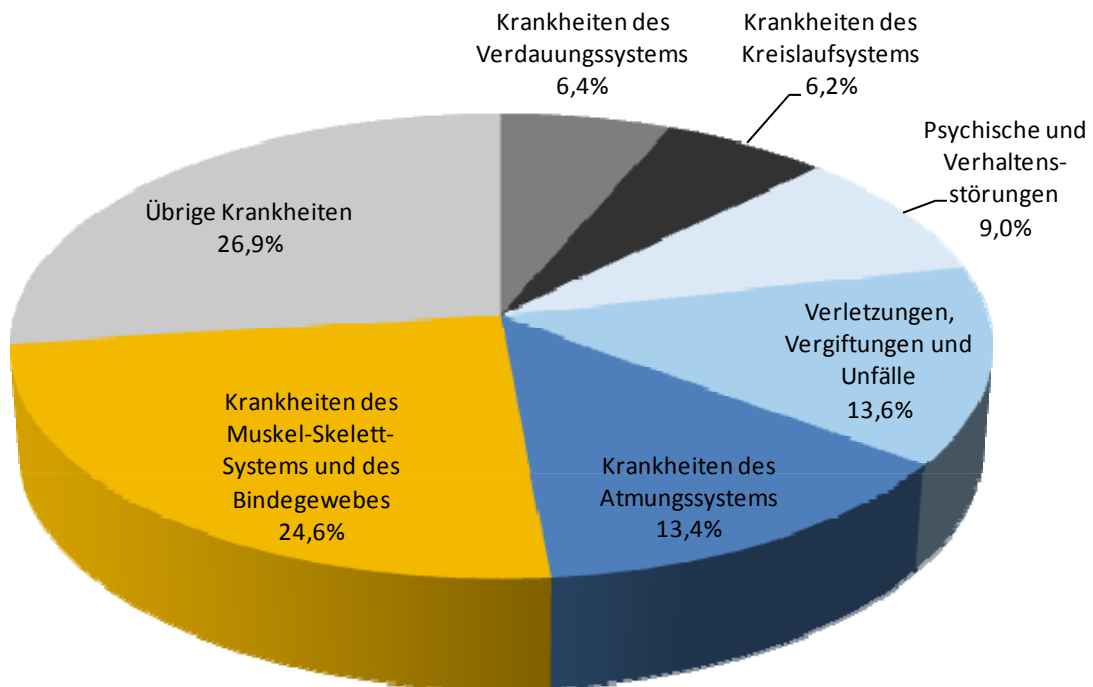


Abbildung 2-13: Prozentuale Anteile der Ursachen für Arbeitsunfähigkeitstage in Deutschland (2007) [Bun-10a]

Während mit zunehmendem Erwerbssalter die Anzahl der AU-Fälle bei den Krankheiten des Verdauungssystems steigen (Abbildung 2-14), bestimmen die AU-Tage

der MSE den altersabhängigen Verlauf (Abbildung 2-15). Bei den über 65-jährigen liegen diese neunmal höher als bei den unter 25-jährigen. Dabei sind beim Krankenstand Unterschiede nach beruflicher Tätigkeit und Branche zu verzeichnen, die positiv mit der für die Tätigkeit typischen körperlichen Belastung, dem Stress etc. korrelieren [Her-06]. Der Zusammenhang zwischen MSE und ergonomisch schlecht gestalteten Arbeitsplätzen ist unbestritten [Red-00].

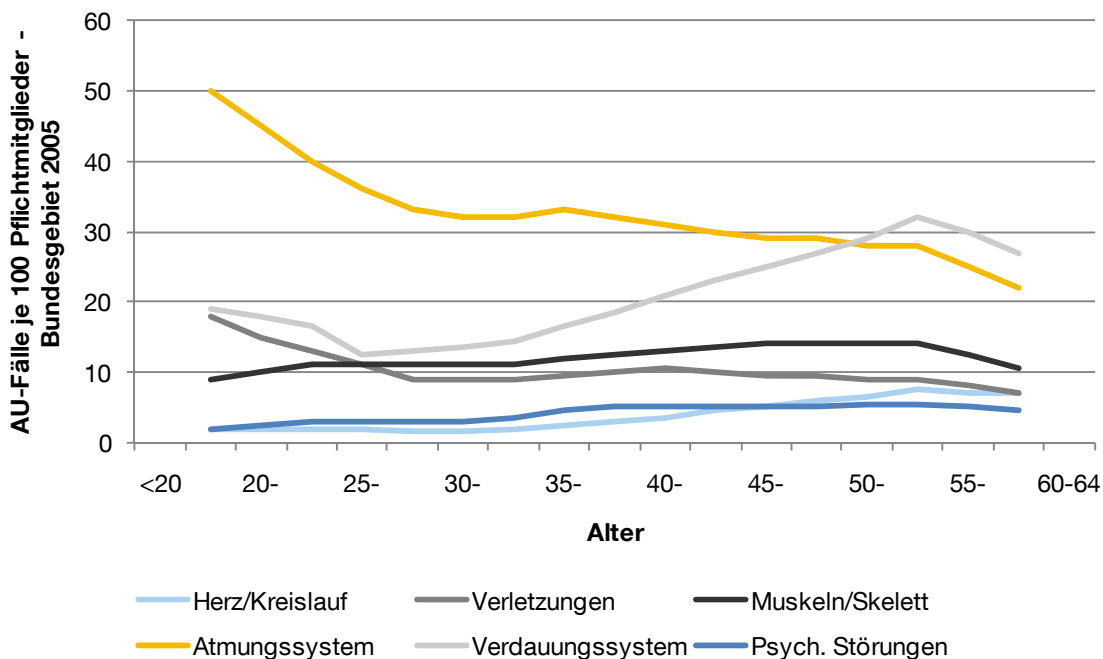


Abbildung 2-14: Altersabhängigkeit der Fälle an Arbeitsunfähigkeit verursachender Krankheiten [Her-06]

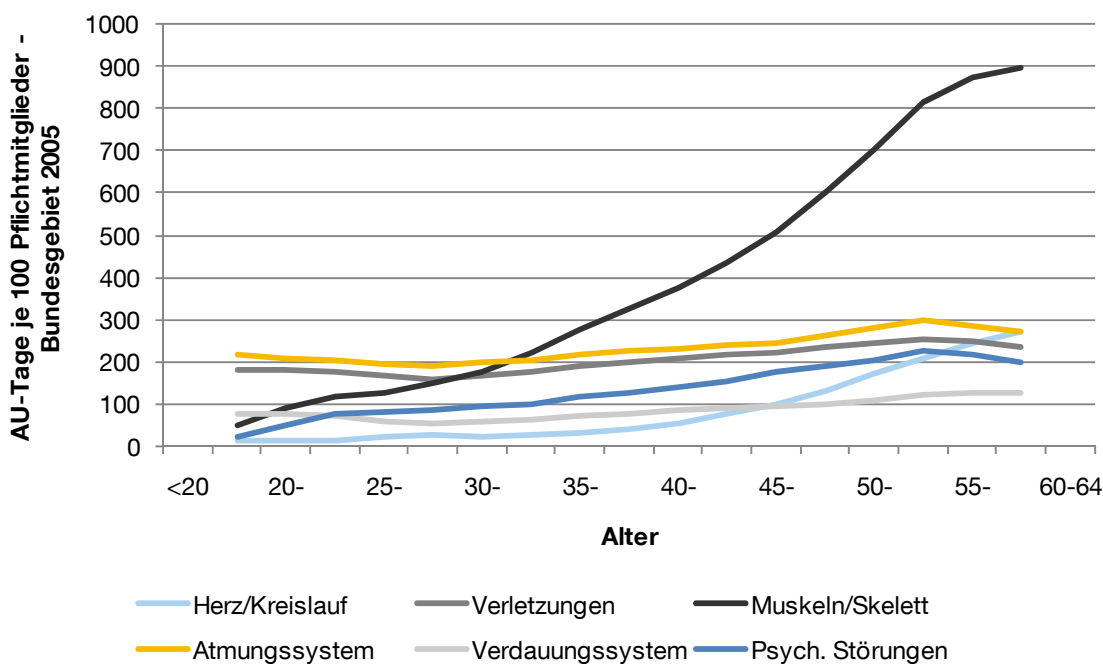


Abbildung 2-15: Altersabhängigkeit der AU-Tage verursachenden Krankheiten [Her-06]

Ein ähnliches Bild zeigen unterschiedliche nach Alter differenzierende Befragungen zu Arbeitsbedingungen und damit einhergehenden Gesundheitsbeschwerden. Nach einer Zusatzerfassung zur EU-harmonisierten Arbeitskräfteerhebung unter 80.000 Personen litten in 2007 6,3 % der Erwerbstätigen nach eigenen Angaben an arbeitsbedingten Gesundheitsbeschwerden. Die Beschwerden des Bewegungsapparates nahmen die Spitzenposition ein. 2,6 % der Erwerbstätigen klagten über Rückenleiden gefolgt von Beschwerden an Nacken, Schultern, Armen und Händen. Mit 8,8 % war rund jeder Elfte der über 50-jährigen unter den Arbeitnehmern mit arbeitsbedingten Gesundheitsproblemen, während dies in den Altersgruppen zwischen 35 und 49 Jahren und den unter 35-jährigen lediglich 6,6 % bzw. 3,6 % waren. Die ausgeübte Tätigkeit nimmt dabei wesentlichen Einfluss auf den Gesundheitszustand. So beklagten Arbeitnehmer mit körperlich belastenden Tätigkeiten weit häufiger gesundheitliche Beschwerden im Zusammenhang mit den Arbeitsbedingungen und kamen auf deutlich mehr AU-Tage. Psychische Belastung, insbesondere in Form von Zeitdruck und Arbeitsüberlastung, spielte im Arbeitsalltag unter den Befragten eine größere Rolle (12,3 %) als körperliche Belastung (11,0 %). Ältere Mitarbeiter empfanden sich häufiger körperlichen Belastungen ausgesetzt als Jüngere. Mit 6,1 % lagen schwierige Körperhaltungen oder das Hantieren mit schweren Lasten an vorderster Stelle, wobei eine starke Abhängigkeit zur jeweiligen beruflichen Tätigkeit zu bemerken ist. Während Wissenschaftler vornehmlich über psychische Belastung klagten, beschwerte sich etwa jeder fünfte Anlagen- und Maschinenbediener über körperliche Belastung. [Gra-09]

Schätzungen des statistischen Bundesamtes zufolge bedeuten die im Jahr 2008 entstandenen AU-Tage volkswirtschaftliche Produktionsausfallkosten von 43 Milliarden Euro [Bun-10a]. Mit einem ähnlichen Volumen belasten laut einer Studie des Bundesverbands der Betriebskrankenkassen (BKK) die jährlichen Kosten arbeitsbedingter Erkrankungen die Krankenversicherungen [Böd-07]. Für den einzelnen Betrieb ist ein AU-Tag einfacher Arbeiter neben dem temporären Know-how-Verlust mit Kosten von ca. 320 Euro verbunden [Bub-09]. Die Folgekosten möglicherweise erforderlicher Ersatzarbeitskräfte, derer Einweisung oder Schulung und gegebenenfalls niedriger Produktivität und höherer Fehlerraten aufgrund einer Anlern- und Einarbeitungsphase sind hierbei nicht berücksichtigt. Unabhängig von den im Alter zunehmenden AU-Tagen können vermehrte Leistungseinschränkungen die flexible Einsetzbarkeit der Mitarbeiter erschweren und Kosten verursachen, die einem nicht der Qualifikation entsprechenden Mitarbeitereinsatz zuzuschreiben sind.

2.2.3 Status Quo zur Begegnung des demographischen Wandels

In den kommenden Jahren wird es Aufgabe der Unternehmen sein, dem demographischen Wandel entgegen zu treten. Hierzu existieren zahlreiche Untersuchungen, die die erforderlichen Handlungsfelder eines Altersmanagement aufzeigen (vgl. [ddn-07, Spo-09, Hor-10]):

- demographiegerechte Personalplanung für ausgewogene Altersstruktur (Rekrutierung, Ausbildung und Reintegration)
- betriebliche Gesundheitsförderung und Prävention für produktive und motivierte Arbeitnehmer
- Personalentwicklung
 - Qualifikations- und Kompetenzentwicklung, zum Beispiel durch strategische Weiterbildung der Belegschaft
 - altersgerechte berufliche Laufbahngestaltung
 - lebenslanges /-begleitendes Lernen
- arbeitsorganisatorische Maßnahmen
 - Wissensmanagement
 - Wissenstransfer, zum Beispiel durch Bildung altersgemischter Teams sowie Etablierung von Mentoring- oder Patensystemen
 - Tätigkeitswechsel, Job Rotation, Job Enlargement etc. zur Vermeidung langfristiger einseitiger körperlicher Belastung
 - altersgerechte Arbeitszeitgestaltung sowie Vergütungsmodelle
- Gestaltung der Arbeitsbedingungen für ein gesundes Altern
 - Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz
 - Vermeidung von Muskel-Skelett-Erkrankungen und Arbeitsstress
 - Gestaltung der Arbeitsabläufe gemäß den Fähigkeiten und des körperlichen Leistungsvermögens Älterer
- Bewusstseins- und Einstellungswandel hin zu einer Unternehmens- und Führungskultur der Wertschätzung Älterer sowie der Mitarbeiterpartizipation

Als zentrale Aufgabe der Unternehmen wird einhellig die Wahrung der Beschäftigungs- und Arbeitsfähigkeit Älterer gesehen, wobei in Bezug auf die Arbeitsfähigkeit Gesundheit, Kompetenz und Motivation die wichtigsten Voraussetzungen bilden [Bel-07]. Jedoch sind viele Betriebe noch keineswegs altersgerecht aufgestellt und setzen sich nur unzureichend mit den Folgen des demographischen Wandels auseinander [Nae-05]. Zwar ist das Interesse an der Demographie größer als je zuvor, allein die Umsetzung in den Unternehmen fehlt [Fur-06]. Oftmals stehen kurzfristige Maßnahmen wie Personalabbau im Vordergrund der Unternehmen. Laut Betriebspanel des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung betreiben nur knapp ein Fünftel aller Betriebe, die über 50-jährige beschäftigen, Maßnahmen einer betrieblichen Gesundheitsprävention jenseits der gesetzlichen Mindestnormen, wobei hierbei oft Krankenstandsanalysen und Mitarbeitergespräche als Maßnahmen aufgeführt werden [Bel-07]. Zudem sinkt der Anteil an Unternehmen leicht, die überhaupt personalpolitische Maßnahmen für ältere Beschäftigte einsetzen (Abbildung 2-16).

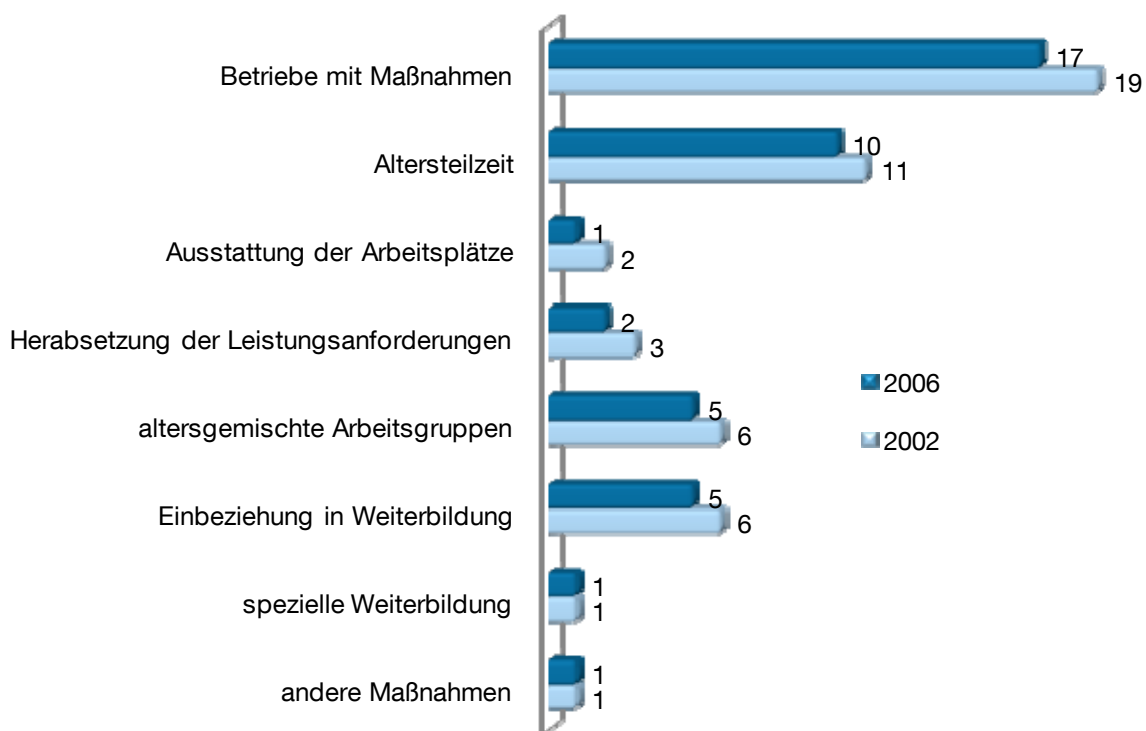


Abbildung 2-16: Betriebliche Maßnahmen für ältere Arbeitnehmer, Datenquelle IAB-Betriebspanel, vgl. [Bel-07]

Das Defizit liegt trotz zahlreich existierender Best-Practice-Beispiele nicht nur bei kleineren Betrieben, obwohl sich zeigen lässt, dass sich viele Maßnahmen betriebswirtschaftlich rechnen [Kis-06]. Als Gründe sind dabei fehlende Praktikabilität bzw. Einfachheit von vorhandenen Instrumenten, fehlende Ressourcen und erforderliche

Kompetenzen, sich mit der Thematik nachhaltig auseinanderzusetzen, anzuführen [Kru-07].

Während früher ältere Beschäftigte, die nicht mehr mit den Taktvorgaben mithielten noch in Rente gehen konnten, wird heute jeder Mitarbeiter gebraucht, insbesondere, wenn vorhandenes Know-how erhalten bleiben und auch nicht an Zulieferer abgegeben werden soll [Pre-10]. Entsprechend unterhalten mittlerweile viele Großunternehmen ein Demographieprojekt: Audi AG – „Silver Line“, Daimler AG – „aging workforce“, BASF AG – „Generation@Work“, ThyssenKrupp AG „Programm Zukunft“, Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH – „Perspektive 67“, Ford AG – „Projekt FILM“, BMW AG – „Heute für Morgen“.

Oftmals wird vonseiten der Unternehmen die zukünftig erwartete Altersstruktur exemplarisch an einer Fertigungslinie abgebildet, wie beispielsweise bei BMW im Rahmen des „Arbeitssystems 2017“, bei dem der Altersdurchschnitt „künstlich“ auf 47 Jahre angehoben [Mec-08] und verschiedenste Maßnahmen erprobt wurden. Diese erstrecken sich von Kraft- und Ausdauertraining, gesundem Essen, ärztlichem Gesundheitscheck und neuem Schichtmodell bis hin zum Einsatz von Parkettböden, Lupen sowie Sprossenwänden im Rahmen von Physiotherapie. Letztere dient dem Ausgleich einseitiger Belastungen am Fertigungsarbeitsplatz, welche auf Basis von Arbeitsanalysen und Befragungen identifiziert worden sind [Mec-08, Pre-10].

Die Audi R8 „Silver Line“ zeichnet sich durch verlängerte Taktzeiten von 40 Minuten aus, wobei die Arbeitsinhalte deutlich angehoben wurden, um ältere Mitarbeiter von kurzen Taktvorgaben zu befreien.

Das Projekt FILM bei Ford steht im Rahmen einer Neuplanung von Fertigungsstraßen unter dem Gesichtspunkt der Integration vorwiegend älterer leistungsgewandelter Mitarbeiter [Ade-04], nachdem die meisten vom Betriebsarzt attestiert bekommen hatten, nicht schwer heben, nicht über Kopf arbeiten oder nicht dauerhaft stehen zu dürfen. Die weitreichenden Maßnahmen wirkten sich positiv auf den Krankenstand der Fertigungsgruppe sowie auf die Qualität der Arbeit aus [Mec-08]. Nichtsdestotrotz werden nach Einschätzung der Personalräte nur an jedem dritten Arbeitsplatz die körperlichen Gefährdungen ausreichend ermittelt und bewertet; nur an jedem zehnten Arbeitsplatz wird eine psychische Gefährdungsbeurteilung vorgenommen [Bun-07a].

2.3 Betrachtungsgegenstand Intralogistik im Wirkungsfeld der Demographie

Mit einem Jahresumsatz von 170 Mrd. Euro und 2,48 Mio. Transport- und Logistikerarbeitsplätzen in Deutschland (2006) etabliert sich die Logistik nach und nach als eigener Wirtschaftssektor [Kla-06]. Mit derzeit ca. 2,7 Mio. Beschäftigten, sprich 8,1 % aller Sozialversicherungspflichtigen umfasst die Logistik als Querschnittsbranche neben den Mitarbeitern von Transport- und Logistik-Dienstleistern auch die Beschäftigten bei verladenden Unternehmen, die logistische Tätigkeiten beinhalten [Ver-10]. Als Schnittstelle zwischen allen Teilnehmern der Supply Chain hat sie mit den gleichen Herausforderungen wie die Produktion zu kämpfen. Der globale Wettbewerb erhöht den Druck auf Produktivität, Kosten und Qualität der logistischen (Dienst-) Leistung und erfordert eine Rationalisierung der Arbeitsplätze in Form optimierter Arbeitsabläufe und/oder Automatisierungen. Neue Technologien und Organisationsformen führen auch in der Logistik zu gesteigerten Anforderungen an die Belegschaft, wobei sich die Frage stellt, inwiefern eine alternde Belegschaft den Anforderungen an Leistung und Einsatzflexibilität gerecht werden kann.

2.3.1 Begriffliche Einordnung und Aufgabe der Intralogistik

Die (industrielle) Logistik umfasst die Planung, Steuerung, Realisierung und Kontrolle des Güter- und Informationsflusses im und zwischen den Unternehmen [Gün-09a]. Als Schnittstelle zwischen den Teilnehmern der Supply Chain verbindet die Logistik über die Produktion den Beschaffungsmarkt mit dem Absatzmarkt, wobei sie sich je nach Funktion in die Beschaffungs-, Lager-, Produktions-, Transport-, Distributions- und Entsorgungslogistik einteilen lässt (Abbildung 2-17).

Allgemeine Aufgabe der Logistik ist es, die Verfügbarkeit des richtigen Gutes, in der richtigen Menge, im richtigen Zustand, am richtigen Ort, zur richtigen Zeit, für den richtigen Kunden, zu den richtigen Kosten zu sichern [Gün-09a].

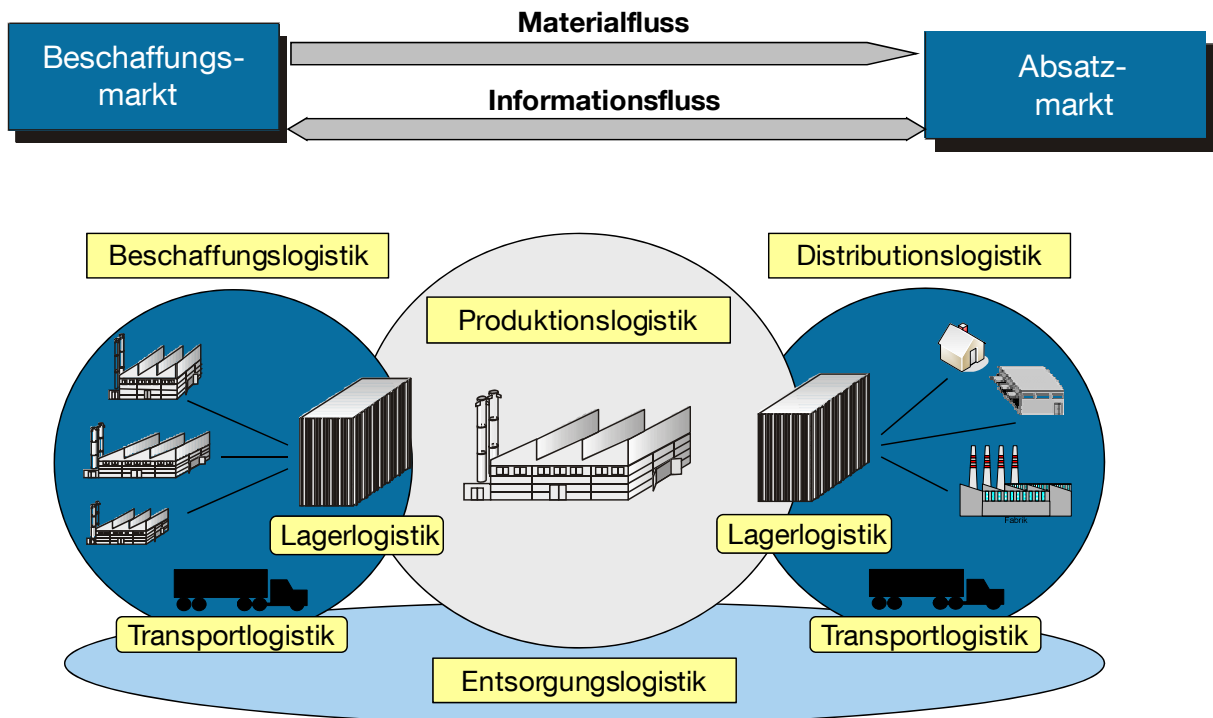


Abbildung 2-17: Unterteilung der Logistik [Gün-09a]

Alle innerbetrieblich bzw. in-house ablaufenden physischen bzw. operativen Prozesse des Material- und Warenflusses lassen sich auch unter dem Begriff „Intralogistik“ zusammenfassen, der vom gleichnamigen Fachforum des Verbandes Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) ins Leben gerufen wurde [Arn-06]. Gegenüber den Warentransporten außerhalb des Werkes beinhaltet die Intralogistik alle logistischen Funktionen vom Wareneingang bis zum Warenausgang in Form der Lagerung, des Transports, der Versorgung bzw. Bereitstellung (in der Fertigung) sowie der Verpackung (vgl. [Gün-09a]) und Kommissionierung (Zusammenstellen von Teilmengen aus einer Gesamtmenge von Gütern aufgrund von Anforderungen [VDI-3590-1]).

2.3.2 Betrachtete Tätigkeiten in der operativen Logistik

Zur Bewerkstelligung der Aufgaben ist die Unternehmenslogistik typischerweise in drei Ebenen unterteilt (Abbildung 2-18). Während sich die strategische Ebene mit der Standortplanung, dem Controlling sowie der Entwicklung der Logistik-Strategien auseinandersetzt, ist die dispositive Ebene mit der Planung, Steuerung und Überwachung des Material- und Informationsflusses beauftragt.

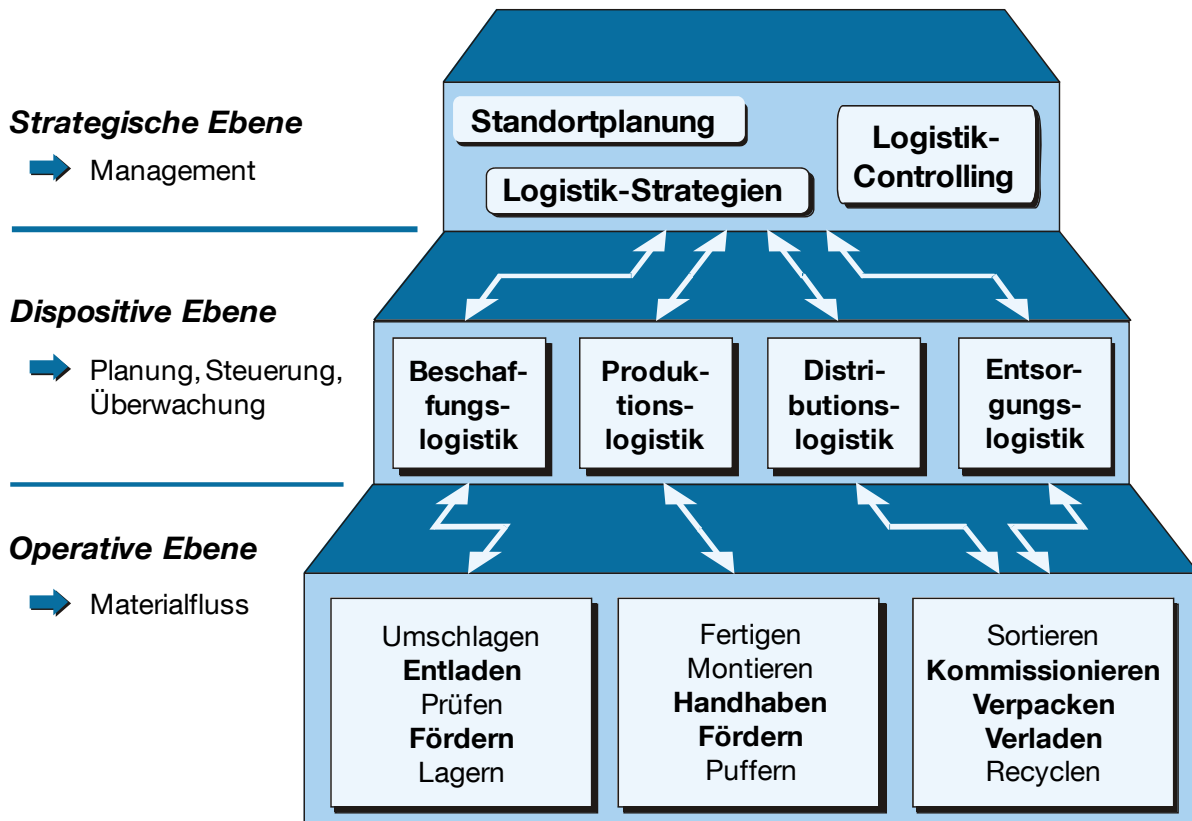


Abbildung 2-18: Vertikaler Aufbau der Unternehmenslogistik [Gün-09a]

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit im Fokus stehenden manuellen und vordergründlich körperlichen Tätigkeiten finden auf der operativen Ebene statt. Die logistischen Tätigkeiten der operativen Mitarbeiter lassen sich auf Basis der Funktionseinheiten eines fertigenden Unternehmens ableiten (Abbildung 2-19). Das typische Tätigkeitsspektrum in der operativen (Intra-)Logistik beginnt mit der Warenannahme im Wareneingang. Über den Zwischenschritt der Einlagerung oder auch direkt werden die Waren zur Verarbeitung in der Produktion bereitgestellt. Je nach Tätigkeitsgebiet des Unternehmens erfolgt z. B. eine Fertigung, Montage oder auch nur neue Zusammenstellung von Waren entsprechend eines Kundenauftrages, bevor die Waren verpackt und an den Kunden versendet werden.

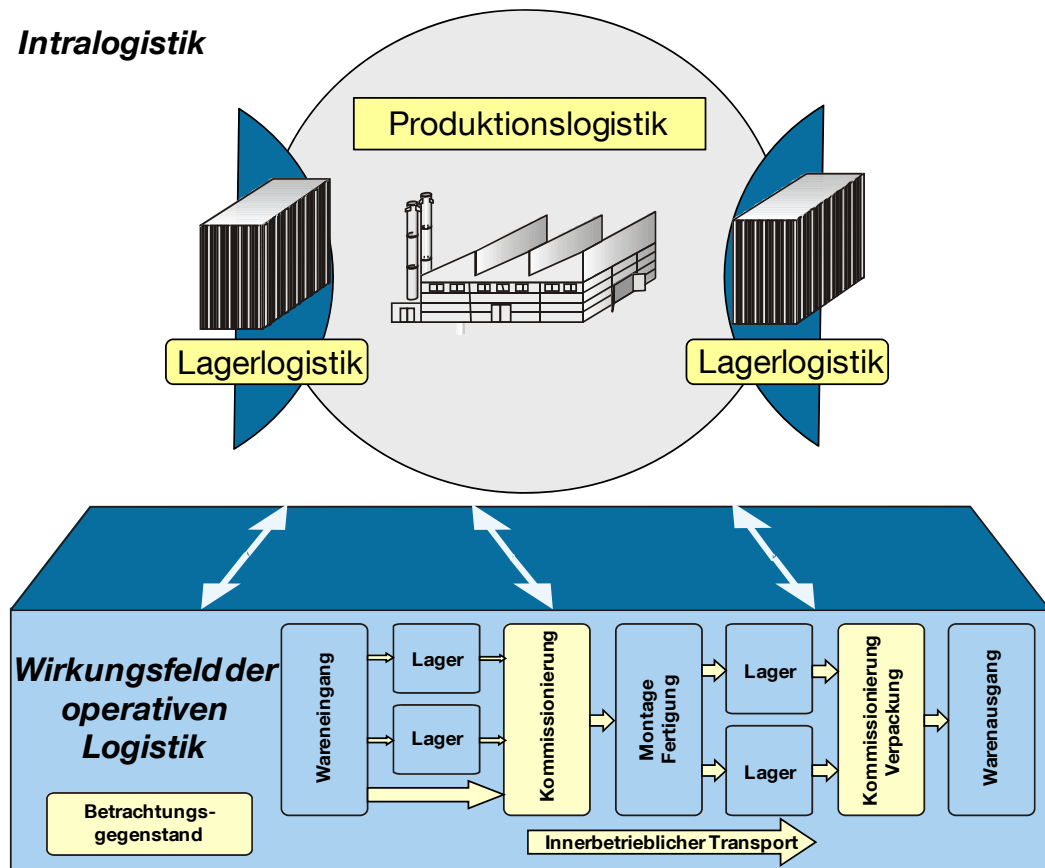


Abbildung 2-19: Betrachtungsgegenstand operative Logistik

Die typischen Aufgaben intralogistischer bzw. operativer Mitarbeiter stellen den Betrachtungsgegenstand der vorliegenden Dissertation dar. Zu diesen zählen im Allgemeinen der Transport – zum Beispiel in Form des Fahrens von Flurförderzeugen –, die Kommissionierung, die Bereitstellung von Waren in der Produktion sowie die Verpackung von Waren für den Versand.

2.3.3 Kennzahlen zur operativen Logistik vor dem Hintergrund des demographischen Wandels

Knapp die Hälfte aller Logistikprozesse (48 %) laufen nach wie vor manuell ab. In Einzelbereichen der Logistik – wie beispielsweise der Kommissionierung – liegt der Automatisierungsgrad im Schnitt bei 25 %. Bei Logistikdienstleistern mit häufig wechselndem Aufgabenspektrum kann dieser auch sogar nur 15 % betragen [Str-05]. Nach Scheid liegt der Automatisierungsanteil logistischer Aktivitäten sogar noch niedriger (Abbildung 2-20). Maßgeblich für die Automatisierung logistischer Systeme ist die physikalische Beschaffenheit des Sortiments (hinreichende Gleichartigkeit hinsichtlich Größe und Gewicht sowie Form der Entnahmeeinheiten [Gud-05]), die zu erbringende Leistung sowie die notwendige Flexibilität des Systems [Sch-97].

Gerade in der Intralogistik kann häufig nicht von einer Reproduzierbarkeit der Arbeitsaufgabe und Leistungskonstanz sowie einem homogenen Artikelsortiment die Rede sein, weshalb der Mensch mit seiner hohen Einsatzflexibilität, Reagibilität und Erfahrung sowie ganzheitlichem Prozessverständnis auch in Zukunft nicht aus dem operativen Betrieb wegzudenken ist [Jün-00, Bok-06].

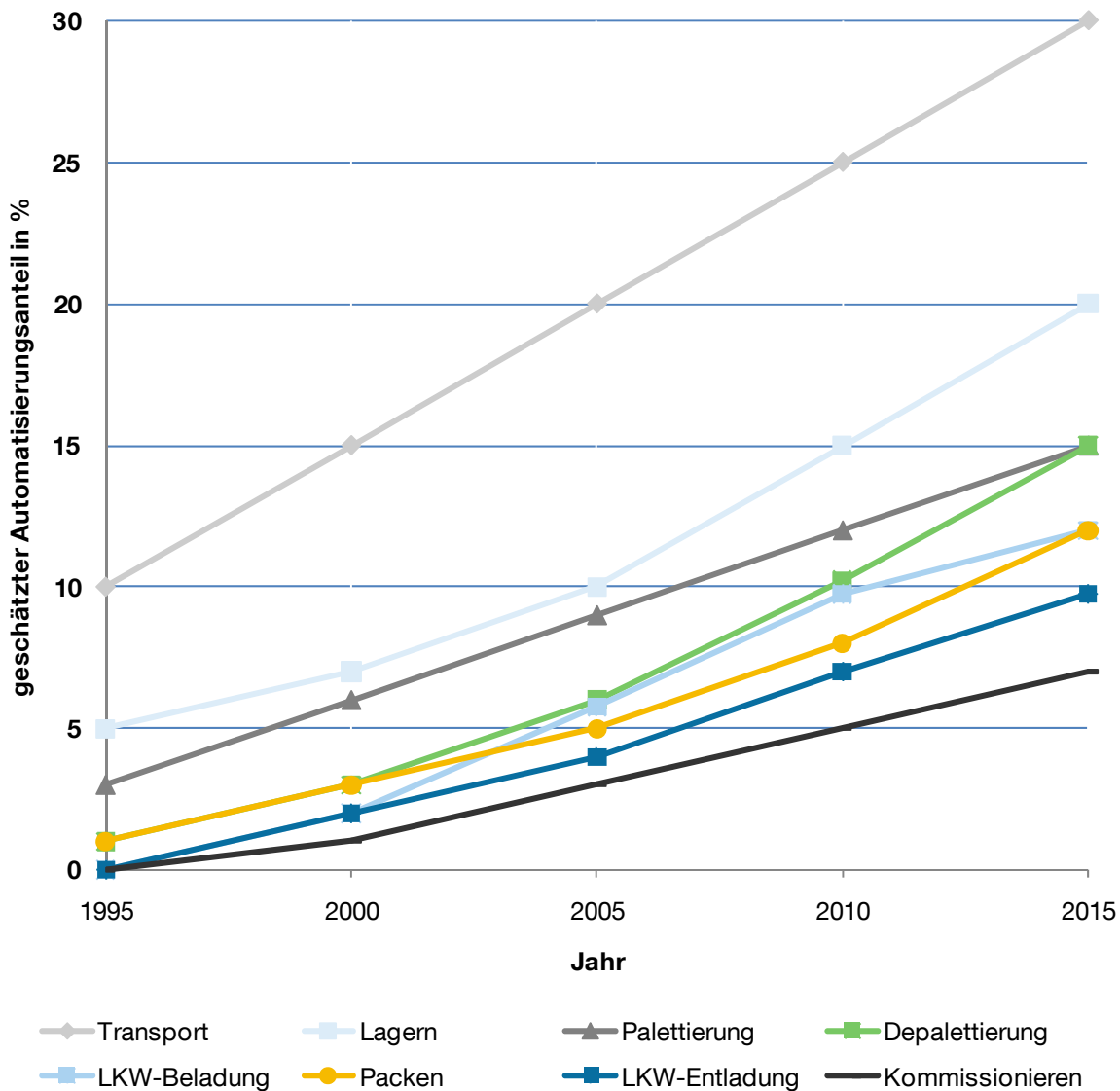


Abbildung 2-20: Automatisierungsanteile in Logistikbereichen [Sch-97]

Das Tätigkeitsspektrum und die daraus resultierenden Anforderungen an die Mitarbeiter der operativen Logistik nehmen keinesfalls ab. Die Übernahme von Vormontageumfänge durch Logistikdienstleister, die Ausweitung der in der Produktion vorangetriebenen Wertschöpfungsorientierung auf die Logistik sowie der vermehrte Einsatz von Zeitarbeitern sind drei moderne Beispiele der Entwicklung in der operativen Logistik, die von den Mitarbeitern Flexibilität hinsichtlich Arbeitszeit, Arbeitsinhalt und Arbeitsort fordern.

2.3 Betrachtungsgegenstand Intralogistik im Wirkungsfeld der Demographie

Unter den aufgeführten Rahmenbedingungen findet die demographische Entwicklung in der operativen Logistik statt. Abbildung 2-21 zeigt die aktuelle Alterung in den Berufsgruppen der operativen Logistik (Tabelle 2-1), die ohne den Transport- und Zustell- sowie kaufmännischen und Verwaltungsberufen derzeit ca. 1,2 Mio. Beschäftigte beinhalten [Ver-10, Ins-09]. Entsprechend der Entwicklung des Erwerbspersonenpotenzials sinkt auch in den Berufen der Logistik der Anteil der unter 25-jährigen. Während die Mitarbeiter des mittleren Erwerbsalters in den letzten zehn Jahren nahezu konstant in ihrer Anzahl blieben, stieg der Prozentsatz an Arbeitnehmern über 50 Jahre um 8,4 % auf knapp 30 % an. Dieser Trend wird sich auch in den kommenden Jahren fortsetzen und mit der Abnahme der Menschen im erwerbsfähigen Alter gegebenenfalls sogar zu einem Fachkräftemangel führen.

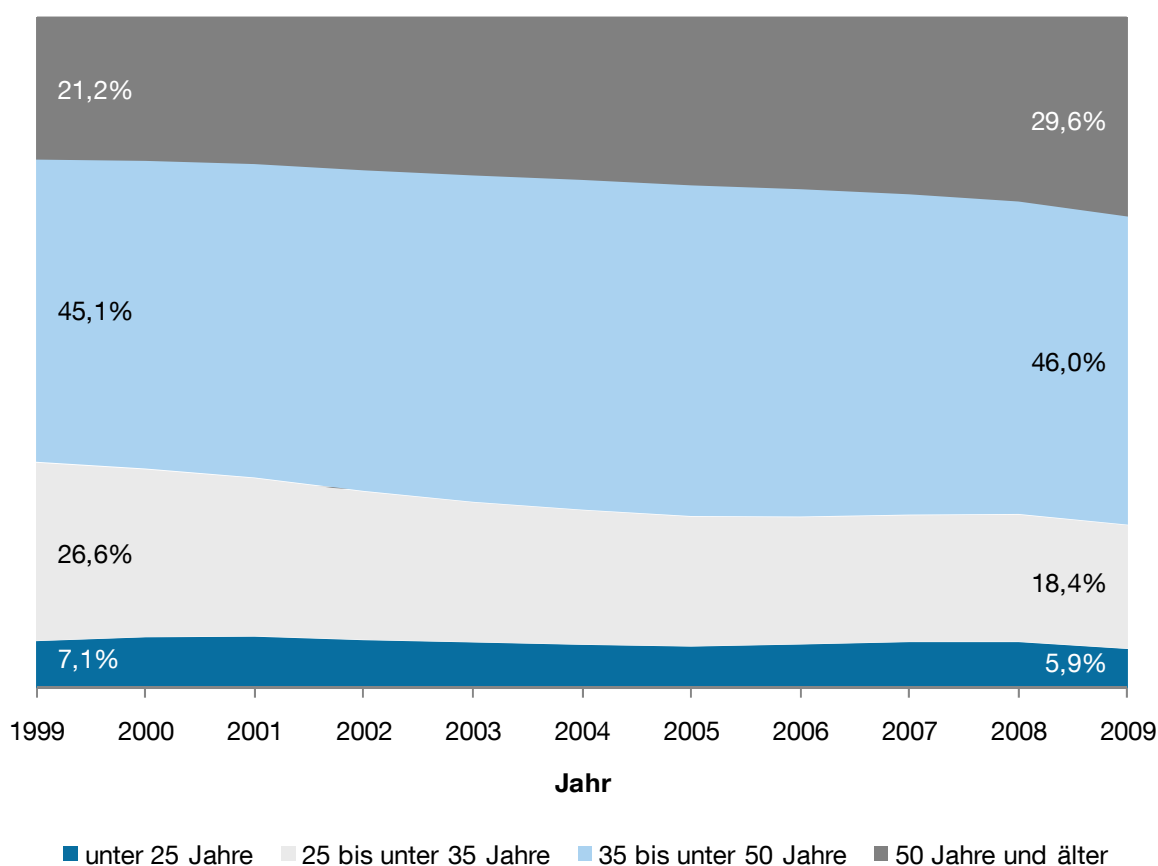


Abbildung 2-21: Veränderung der Altersstruktur in den Berufsgruppen der operativen Logistik
Datenquelle [Ins-09]

Im Bereich gering qualifizierter Arbeit (wie der operativen Logistik) wird jedoch mit einer Abnahme an verfügbaren Arbeitsstellen gerechnet. Einer betriebsbedingten Kündigung steht hier aus Sicht der Unternehmen die Alternative einer Weiterqualifizierung des eigenen Personals gegenüber, um auch in Zukunft vom vorhandenen Know-how der Mitarbeiter profitieren zu können. Dem Bewerberpool

gering qualifizierter steht demnach ein immer geringeres Angebot an Arbeitsstellen zur Verfügung. Vonseiten der Betriebe bedeutet die verminderte Einstellung von Personal bei gleichzeitigem Erhalt des Mitarbeitergefüges eine Verschärfung der Alterung der eigenen Belegschaft.

Tabelle 2-1: Berufsgruppen und -ordnungen mit logistischen Tätigkeiten nach [Ins-09]

74	Lagerverwalter, Lager-,Transportarbeiter	743	Stauer, Möbelpacker
741	Lagerverwalter, Magaziner	7431	Stauer
7410	Lagerverwalter, Magaziner, o.n.A.	7432	Möbelpacker, -transporteure
7411	Siloverwalter, Kühlhausverwalter	744	Lager-, Transportarbeiter
7412	Zahnlagerverwalter	7440	Lager-, Transportarbeiter, o.n.A.
7413	Bauhofverwalter	7442	Dienstmänner, Boten
7414	Theaterfundusverwalter	7443	Beifahrer, Begleiter (Transportarbeiter)
7416	Waren-, Gerätelagerverwalter	7444	Güterbodenschaffner
7417	Lagerverwalter-, Magazinerhelfer	7445	Verlader
742	Transportgeräteführer	7447	Lager-, Versand- und Transporthelfer
7420	Transportgeräteführer, o.n.A.	7449	andere Lager-, Transportarbeiter
7421	Flurtransportgeräte-, Karrenfahrer		
7423	Fahrstuhlführer		
52	Warenprüfer	522	Warenauf- und Versandfertigmacher
521	Warenprüfer, -sortierer, a.n.g	5220	Versandfertig-/Warenaufmacher, o.n.A.
5211	Warenprüfer, a.n.g.	5221	Handelsfachpacker
5212	Güteprüfer	5224	Warenpacker, -abfüller
5213	Warensortierer	5225	Warenabwieger, -abzähler
		5226	Warenkennzeichner

Die sehr geringe Nachfrage nach älteren Arbeitnehmern bei gering bezahlten Jobs mit hohen physischen Anforderungen resultiert aus dem höheren Krankheitsrisiko Älterer, welches sich wiederum aus andauernder beruflicher Beanspruchung, wie hohe körperliche Anforderungen der Arbeit, anstrengende oder gefährliche Arbeitsumgebungen und mangelhaft organisierte Arbeitspraktiken ableiten lässt [Hel-07]. So ist es nicht verwunderlich, dass sich aus den Statistiken der Deutschen Rentenversicherung ableiten lässt, dass Berufsgruppen mit hoher körperlicher Belastung und geringen Qualifikationen zur Spitze der Frührentner gehören. Mit einem durchschnittlichen Rentenalter von gut 59 Jahren liegen die Berufsgruppen der operativen Logistik im unteren Mittelfeld (Abbildung 2-22) [Deu-10].

Auf Grund des seit Jahren zunehmenden tatsächlichen durchschnittlichen Renteneintrittsalters sowie der beschriebenen Entwicklungen der Arbeitswelt des Logistikers werden Unternehmen in Zukunft in weit höherem Umfang als bisher auf leistungsfähige ältere Beschäftigte angewiesen sein. Probleme, die bei älteren Arbeitnehmern auftreten können, müssen deshalb frühzeitig erkannt und entsprechende Maßnahmen erarbeitet werden. Dies betrifft vor allem die steigenden Risiken von gesundheitlichen Schädigungen sowie qualifikatorische Defizite [Hub-02a].

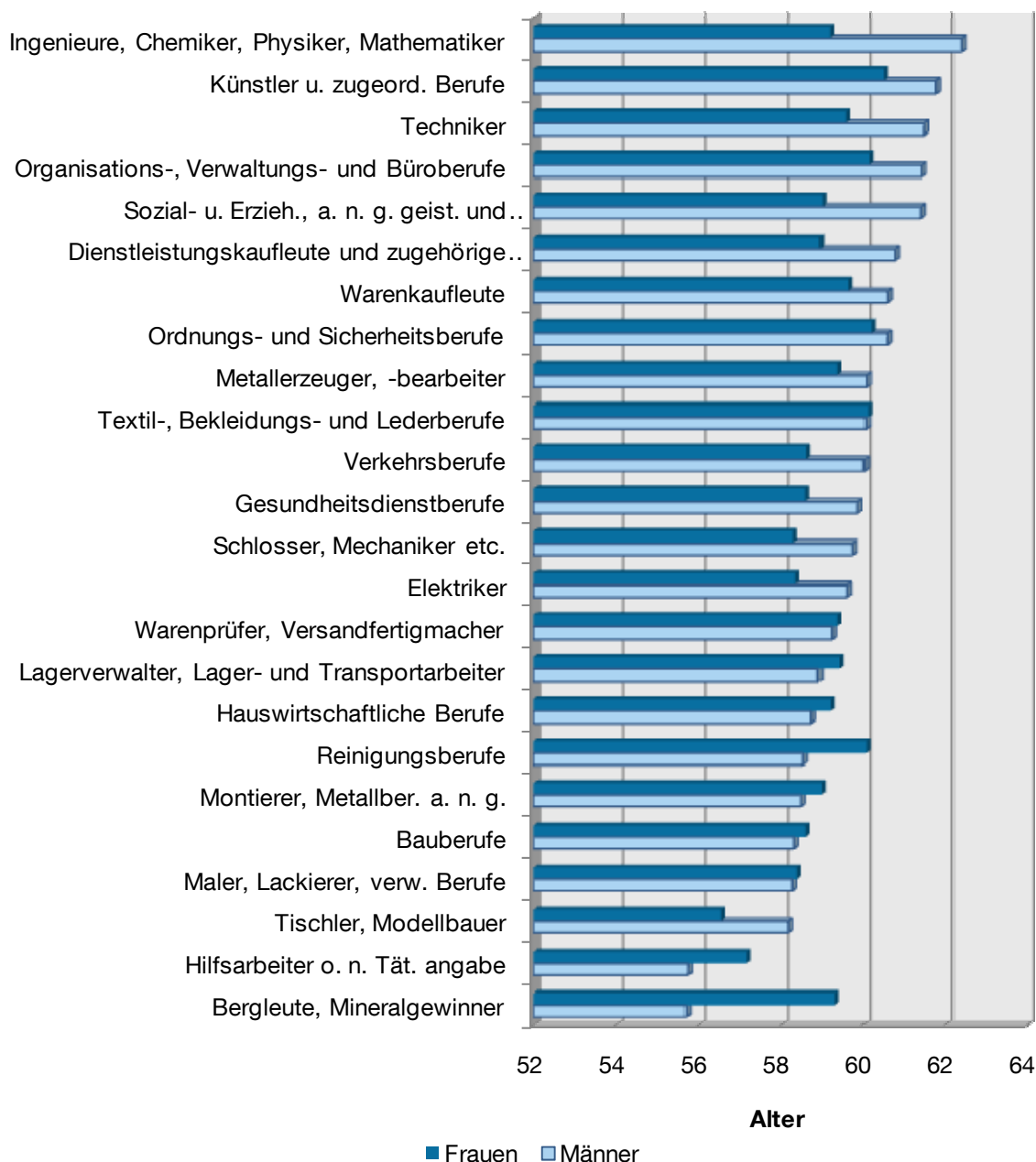


Abbildung 2-22: Durchschnittliches Renteneintrittsalter nach Berufsgruppen [Deu-10]

Mit 18,2 AU-Tagen pro Jahr und BKK-Mitglied (bei 5,6 Tagen über dem Gesamtschnitt) befindet sich der Beruf der Warenaufmacher/Versandfertigtmacher unter den Top 20. In der aus gesamtwirtschaftlicher Sicht interessanten Branche der Metallerzeugung liegen die Warenaufmacher/Versandfertigtmacher mit 21,2 AU-Tagen an der Spitzenposition, die Lager- und Transportarbeiter mit 18,5 Tagen an vierter Stelle und die Warenprüfer und -sortierer mit 15,6 Tagen ebenfalls über dem Schnitt der Branche von 14,1 AU-Tagen [Her-06]. Ein vergleichbares Bild ist in fast allen anderen Branchen auszumachen. Entsprechend Abbildung 2-13 und Abbildung 2-15 liegt der Anteil der MSE in dem von körperlicher Arbeit geprägten

Tätigkeitsfeld der Logistik in einem ähnlichen Bereich, wobei auch hier von einem höheren Anteil der durch MSE verursachten AU-Tage älterer Logistiker auszugehen ist. Vor dem Hintergrund des demographischen Wandels wird sich dieser Anteil voraussichtlich weiter erhöhen.

2.4 Fazit

Eine Abwendung der demographischen Überalterung Deutschlands kann – wenn überhaupt – nur unter derzeit kaum vorstellbaren Bedingungen und nur mit äußerst langfristigem Horizont realisiert werden. Unter den gegenwärtigen soziologischen, psychologischen, wirtschaftlichen und politischen Randbedingungen ist eine Stabilisierung der Bevölkerungsentwicklung durch höhere Geburtenzahlen sowie entsprechende Zuwanderung Jüngerer kaum zu erwarten. Entsprechend können sich weder Gesellschaft und Staat noch Unternehmen den Auswirkungen der Entwicklung entziehen. Für Letztgenannte erfordert dies eine Anpassung der Unternehmensstrukturen in Arbeitswelt, Arbeitsverfahren und Produkten auch vor dem Hintergrund der weiter geforderten Produktivitätssteigerung der deutschen Industrie. Gefahren stellen diesbezüglich der höhere Krankenstand und die Zunahme an Leistungseinschränkungen Älterer dar, die fehlzeitenbedingte Kosten einerseits und sinkende Einsatzflexibilität der Mitarbeiter andererseits zur Folge haben können. Die Arbeitsgestaltung hat dabei entscheidenden Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter, wobei die Thematik der altersgerechten Arbeitsgestaltung derzeit, wenn überhaupt, in der Produktion von Großunternehmen vorangetrieben wird.

Die operative Logistik mit ihrem hohen Anteil an manuellen Tätigkeiten fällt als nicht wertschöpfender Bereich nicht in den Fokus der Bemühungen. Zwar weisen ein hoher Anteil an Arbeitsunfähigkeitstagen sowie ein frühes Renteneintrittsalter auf vermeintlich körperlich belastende Tätigkeiten in der Intralogistik hin, doch existieren bislang keine konkreten Aussagen zur Anforderungssituation, um vor dem Hintergrund einer alternden Belegschaft die zielführenden Maßnahmen zu einer altersgerechten Arbeitsgestaltung zu ergreifen. Die folgende Abhandlung soll zum einen Licht auf die entscheidenden Ansatzpunkte für eine altersgerechte, operative Logistik werfen, um die Lücke der Wissenschaft für einen wachsenden Wirtschaftssektor zu schließen. Zum anderen gilt es, ein geeignetes Instrument bzw. eine praktikable Methode zur Belastungsermittlung in der Intralogistik zu entwickeln, welche die entscheidenden Aspekte für die Umsetzung einer altersgerechten operativen Logistik berücksichtigt.

3 Menschliche Leistung mit zunehmendem Alter

„Arbeits- und Liebesfähigkeit sind die wichtigsten Voraussetzungen für seelische Gesundheit.“

Sigmund Freud, österreichischer Arzt und Tiefenpsychologe 1856-1939

Die Leistungsfähigkeit des Menschen ist ein entscheidender Faktor für die Volks- und Betriebswirtschaft. Mit deren Erhalt und somit der allgemeinen Gesetzmäßigkeit menschlicher Arbeit beschäftigt sich die Ergonomie, die häufig als Teilgebiet der Arbeitswissenschaften verstanden wird, das sich im Wesentlichen auf arbeitsphysiologische, -psychologische und ingenieurwissenschaftliche Grundlagen stützt [Bub-09]. Zielsetzung der Produktionsergonomie ist es, humane bzw. menschengerechte Arbeitsbedingungen bei gleichzeitig hoher Arbeitsproduktivität zu realisieren. Hierzu stellt sich die Aufgabe, die „vom Menschen abverlangte Leistung (...) innerhalb der Grenzen seiner Leistungsfähigkeit“ zu halten und den besten „Nutzen aus den Anlagen, Fähigkeiten und Fertigkeiten des Menschen“ zu ziehen [Bub-09]. Im Hinblick auf die demographische Entwicklung stellt sich die Frage, inwiefern sich die Fähigkeiten des alternden Menschen verändern und welche Relevanz diese Veränderungen auf die Leistungsfähigkeit bei logistischen Tätigkeiten haben.

Im folgenden Stand der Wissenschaft wird zunächst der allgemeine Zusammenhang zwischen den individuellen Fähigkeiten und Eigenschaften des Menschen sowie dessen Arbeitsleistung aufgezeigt. Der Definition einer altersgerechten Arbeitsgestaltung schließt sich die Darstellung von typischen Veränderungen mit zunehmendem Erwerbsalter aus der Literatur an. Sie bildet die Basis für die Auswahl der für die menschliche Leistungserbringung in Logistiksystemen relevanter Fähigkeiten von Jung und Alt.

3.1 Belastungs-Beanspruchungs-Konzept

Die menschliche Arbeitsleistung ist eine variable Größe, die das Verhältnis von erreichtem Ergebnis zur Aufgabenstellung in Bezug zur zeitlichen Dauer beschreibt. Sie setzt sich aus den sachlichen (organisatorische und technische Vorbedingungen) und menschlichen Leistungsvoraussetzungen (Leistungsfähigkeit und -bereitschaft)

zusammen. Die Leistungsfähigkeit wird dabei durch technische Voraussetzungen (Aufgabenschwierigkeit, Arbeitsplatzgestaltung und Umweltbedingungen) und individuelle Faktoren der Leistungskapazität (u. a. Konstitution, Alter, mentale Anlagen, Kondition) bedingt. Unabhängig davon beschreibt die Leistungsbereitschaft den Willen, seine Leistungsfähigkeit abzurufen [Bub-09]. Die menschliche Konstitution und Disposition bilden die Voraussetzungen für seine Leistung und sind ebenso wie die sozialen Determinanten der Leistungsbereitschaft nicht oder nicht direkt beeinflussbar [Luc-01]. Qualifikations- (Erfahrung, Wissen, Fertigkeiten) und Anpassungsmerkmale (Beanspruchung, Motivation) sind hingegen z. B. durch die Arbeitsgestaltung veränderbar.

Die Belastung des Menschen als objektiver personenunabhängiger Parameter [Bok-06] lässt sich nach dem Belastungs-Beanspruchungs-Konzept nach Rohmert [Roh-84] als die Gesamtheit der auf den arbeitenden Menschen einwirkenden Einflüsse beschreiben. Die Belastung am Arbeitsplatz entsteht durch die Aufgabe (körperliche und geistige Arbeit), die Umwelt (physikalische und soziale Umwelt) und die Maschine (Arbeits- und Betriebsmittel) als Schnittstellen zum Menschen (Abbildung 3-1).

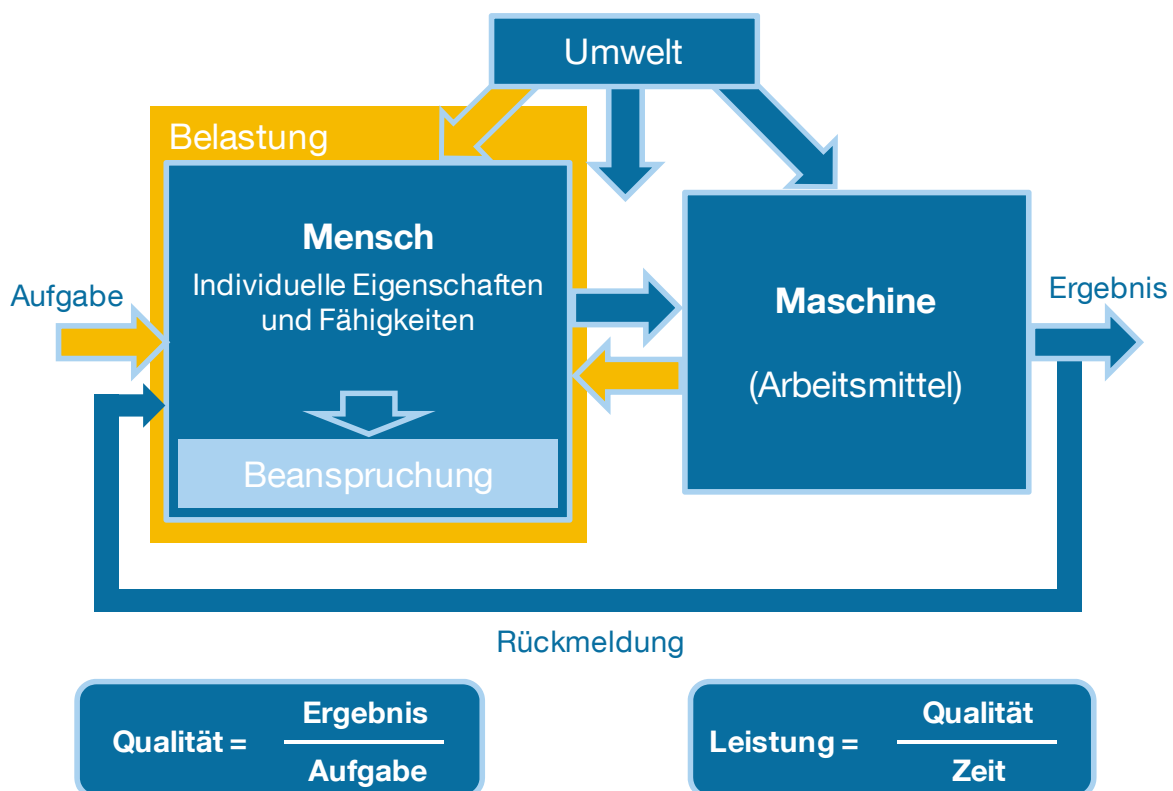


Abbildung 3-1: Belastungs-Beanspruchungs-Konzept nach Rohmert [Roh-84], Darstellung in Anlehnung an [Bub-09]

Je nach individuellen Eigenschaften und Fähigkeiten des Arbeiters entsteht eine Beanspruchung, die die individuelle Reaktion des Menschen auf die einwirkenden Belastungen darstellt (Belastbarkeit bzw. Adaptionsvermögen der beanspruchten Funktionseinheiten). Das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept sagt aus, dass bei gegebener, hoher Belastung und geringer individueller Leistungsfähigkeit eine hohe Beanspruchung vorliegt. Eine Reduktion der Beanspruchung kann nur durch eine geringe Belastung erreicht werden.

Allgemein lassen sich folgende Zusammenhänge nennen (Tabelle 3-1, [Mün-05]):

- Langzeitige und/oder erhebliche Überforderung wirkt gesundheitsschädigend.
- Kurzzeitige und/oder geringfügige Überforderung kann auch als Trainingsreiz fungieren, jedoch auch als Diskomfort empfunden werden.
- Liegt das Beanspruchungsniveau innerhalb der Anpassungsfähigkeit von Organsystemen und der Dauerleistungsgrenze, stellt sich ein Trainingseffekt ein, der zum Erhalt und der Förderung von Fähigkeiten beiträgt.
- Eine Unterforderung, d. h. die Belastung liegt unterhalb der Belastbarkeit, führt dazu, dass die individuellen Faktoren der Leistungsfähigkeit verkümmern.

Tabelle 3-1: Zusammenhang zwischen Belastung und Belastbarkeit in Anlehnung an [Mün-05]

Konstellation		Wirkung
Belastung übersteigt Belastbarkeit erheblich / langfristig	➔	gesundheitsschädigend
Belastung übersteigt Belastbarkeit geringfügig / kurzzeitig	➔➔	Trainings-, Entwicklungsreiz oder Überforderungserleben
Belastung bewirkt einseitige Beanspruchung	➔	Lokale Überforderung, zugleich lokale Rückbildung von Leistungsvoraussetzungen
Belastung entspricht Belastbarkeit	➔	Erhalt und Förderung von Leistungsvoraussetzungen
Belastung unterschreitet Belastbarkeit	➔	Rückbildung von Leistungsvoraussetzungen

Da die Beanspruchung nicht direkt messbar ist, werden valide Beanspruchungskenngrößen wie Herzschlagfrequenz oder Herz-Kreislauf-Beanspruchung verwendet [Bok-06]. Belastungsgrößen und -faktoren sind hingegen mit Messinstrumenten erfassbar (Kapitel 4) und stellen die Anforderungen der Arbeit an die Fähigkeiten des Menschen dar.

3.2 Definition einer altersgerechten Arbeitsgestaltung

Das Lebensalter lässt sich auf verschiedene Arten gliedern, weshalb es auch im Allgemeinen keine anerkannte Grenze zwischen Jung und Alt gibt. Nach OECD-Definition zählen zu den alten erwerbstätigen Personen jene, die in der zweiten Hälfte ihres Berufslebens stehen und das Pensionsalter noch nicht erreicht haben. Das Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung sieht eine fließende Grenze von 45 bis 55 Jahren. Tabelle 3-2 zeigt die Einteilung nach Staudinger aus der Entwicklungspsychologie, die sich gegenüber dem kalendarischen Alter auf das biologische Alter (als Resultat genetischer Programmierung und erfahrener äußerer Einflüsse [Bec-06]) bezieht.

Tabelle 3-2: Einteilung der Erwerbstätigen nach Altersgruppen in der Entwicklungspsychologie [Bal-96]

Biologisches Alter	Klassifikation nach Staudinger
≤ 24	Jugendalter
25-34	junges Erwachsenenalter
35-54	mittleres Erwachsenenalter
≥ 55	höheres Erwachsenenalter

Bei der Arbeitsgestaltung ist dem Alterungsprozess bzw. dem Vorgang des Altwerdens Rechnung zu tragen. Nachdem zu keinem bestimmten Lebenszeitpunkt die Fähigkeiten des Menschen vorhersagbar sind, kann nicht von einer *altersgerechten* Arbeitsgestaltung die Rede sein.

Eine **alters- bzw. alterungsgerechte Arbeitsgestaltung** macht es sich zur Aufgabe, in hinreichendem Maße Altersverläufe arbeitsrelevanter Mitarbeiterfähigkeiten und -kompetenzen sowie resultierende Anforderungen bei der Gestaltung von Arbeitssystemelementen zu berücksichtigen [Egb-10]. Ziel ist die produktive und „gesunde“ Einbindung des Mitarbeiters in das Arbeitssystem unter dem Aspekt der Gestaltung einer fähigkeitsfordernden und -fördernden Arbeit. Ein Arbeitssystem ist ein System zur Erfüllung von Arbeitsaufgaben, das durch die Systemelemente Arbeitsaufgabe, Arbeitsablauf, Eingabe, Ausgabe, Mensch, Betriebs- und Arbeitsmittel sowie Umgebungseinflüsse beschrieben werden kann [REF-02].

Gegenüber einer ergonomischen Arbeitsgestaltung findet der Begriff der altersgerechten Arbeitsgestaltung im Rahmen dieser Dissertation unter dem Aspekt der sich tendenziell verändernden Fähigkeiten und Kompetenzen älterer Erwerbstätiger Verwendung.

In dem Zusammenhang wird von so genannten leistungsgewandelten Mitarbeitern gesprochen, die aufgrund ihres Alters, altersbedingtem Verschleiß, Krankheiten oder

genetischer Ursachen in ihrer beruflichen Leistungsfähigkeit relevante Veränderungen in ihren Fähigkeiten und Kompetenzen erfahren haben [Sch-95]. Als Ergänzung soll der Begriff der Leistungswandlung unter dem Gesichtspunkt verwendet werden, dass Veränderungen sowohl positiver als auch negativer Natur sein können und der Verschleiß sowohl alters- als auch berufsbedingt verursacht werden kann [Egb-10]. Leistungsgeminderte Mitarbeiter haben eine negative Leistungswandlung erfahren. In der Arbeitswelt ist dies ein ungewollter Effekt, der in Form von physischen oder psychischen Einschränkungen auftritt. Als Folge lassen sich Mitarbeiter für eine Tätigkeit temporär oder auch längerfristig nicht oder nur eingeschränkt einsetzen. Leistungsminderungen lassen sich durch passende Arbeitsgestaltung kompensieren.

3.3 Vom Defizit- zum Kompetenz-Modell

Im Zusammenhang mit der Alterung der Gesellschaft hält sich seit langem das Defizitmodell, das von einer generellen Abnahme der (beruflichen) Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter mit zunehmendem Alter ausgeht. Das Defizitmodell entstand vor allem vor dem Hintergrund früherer Intelligenztests und gilt seit Längerem als überholt [Ste-97]. Aus den Ergebnissen der spezifischen Tests entwickelte sich die allgemeine Ansicht, Ältere seien weniger leistungsfähig sowie kaum lernfähig und weniger belastbar [Län-07]. Paradox an dieser Betrachtung der Leistungsfähigkeit ist, dass beim isolierten Testen von Einzelfunktionen Ältere schlechter abschneiden, während die Arbeitsleistung nicht generell abnimmt [Hac-10]. Als Grund hierfür wird in der Literatur meist die Kompensation von rücklaufenden Fähigkeiten durch zunehmende Erfahrung genannt (z. B. [Bal-90, Sal-94, Sch-96, Bru-00]). Diese Entwicklung der Produktivität aus Erfahrungsleistung in Verbindung mit der physischen und kognitiven Leistung ist schematisch in Abbildung 3-2 dargestellt. Das Kompetenz- und Kompensationsmodell besagt, dass mit zunehmendem Alter eine Verschiebung der Kompetenzen älterer Mitarbeiter existiert.

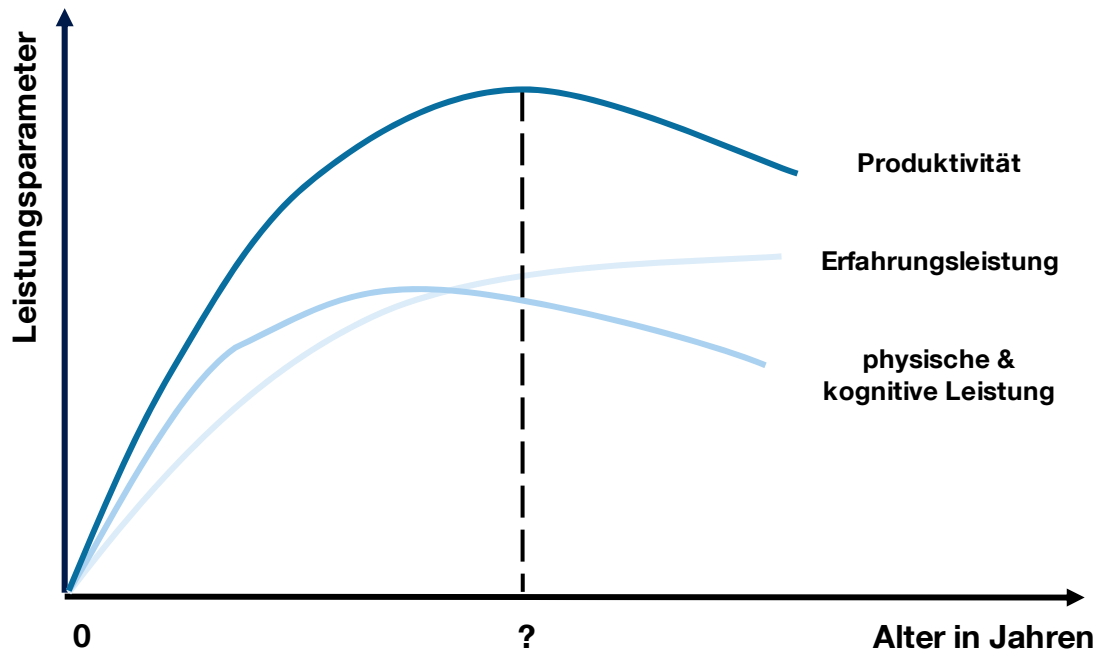


Abbildung 3-2: Entwicklung der Produktivität (schematisch) nach [Bör-05]

Dennoch halten sich in vielen Betrieben Vorbehalte gegenüber älteren Arbeitnehmern. Eine Umfrage des Kölner Instituts der deutschen Wirtschaft unter 1350 Personalleitern, Geschäftsführern und Unternehmen in der Industrie zeigt, dass gut ein Viertel der Befragten den über 50-jährigen ein negatives Image hinsichtlich Leistungsbereitschaft und Produktivität aufgrund eines verringerten Arbeitstempos sowie geringe Innovationsfähigkeit bescheinigen [Ste-09]. Während im gleichen Atemzug geringere Lernfähigkeit und -bereitschaft, Flexibilität bei der Einstellung auf neue Anforderungen und körperliche Belastbarkeit genannt werden, stehen ältere Mitarbeiter für mehr Loyalität, Arbeitsmoral und -disziplin, (praktisches) Erfahrungswissen und Zuverlässigkeit (vgl. z. B. [Bre-08, Hub-02b]). Das Vorurteil, Ältere seien weniger leistungsfähig und motiviert als Jüngere, ist von Seiten der Arbeitsmediziner und -psychologen eindeutig widerlegt [Kis-06]. Vielmehr findet beim Älterwerden ein Umbauprozess und kein Abbauprozess von Kompetenzen statt, was durch zahlreiche Untersuchungen, Erfahrungen und Praxisberichtevaluationen belegt werden kann [Buc-02]. Leistungsminderungen sind meist Fehlbeanspruchungen und -belastungen z. B. im Arbeitsprozess geschuldet. Für die Erhebung des Belastungsprofils der operativen Logistik sind im Vorfeld die relevanten, dem Veränderungsprozess unterliegenden Fähigkeiten zu identifizieren.

3.4 Veränderung der Fähigkeiten mit zunehmendem Erwerbsalter

„Es kommt nicht darauf an, wie alt man wird, sondern wie man alt wird.“

*Ursula Lehr, Bundesministerin für Jugend, Familie, Frauen u. Gesundheit a. D. *1930*

Als eine gesicherte Erkenntnis der Gerontologie im Zusammenhang mit dem Alterungsprozess des Menschen gilt, dass im Alter die Varianz möglicher Ausprägungen menschlicher Eigenschaften steigt [Bal-94]. Das heißt, dass die interindividuellen Unterschiede in Bezug auf die Leistungsfähigkeit zunehmen (Abbildung 3-3). Dementsprechend entwickeln sich Fähigkeiten und Kompetenzen abhängig vom Individuum positiv oder aber auch negativ.

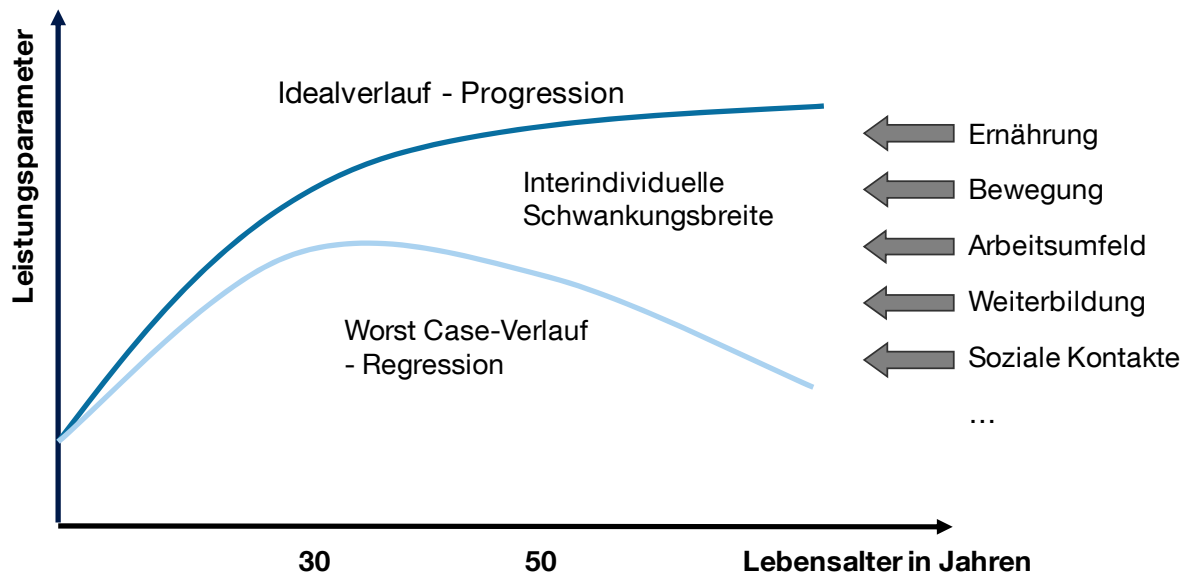


Abbildung 3-3: Einflussfaktoren auf die Entwicklung der Leistungsparameter, vgl. [Egb-10] nach [Bal-94]

Nichtsdestotrotz lassen sich tendenzielle Entwicklungen für die drei Bereiche der Leistungsfähigkeit (Kognition, Psyche und Physis) aufzeigen. Ganz allgemein ist nach Karazman [Buc-02] ein Abbau körperlicher Leistungsfähigkeit zu verzeichnen. Demgegenüber stehen eine tendenzielle Zunahme der geistig-sozialen Kompetenz und weitestgehend ein Gleichbleiben in der psychischen Leistungsfähigkeit.

Kognitive Leistungsfähigkeit

Für eine Betrachtung der Veränderungen der kognitiven bzw. geistigen Leistungsfähigkeit mit zunehmendem Erwerbsalter ist eine Differenzierung zwischen wissensunabhängiger und wissensbasierter Intelligenz erforderlich.

Die wissensbasierte bzw. kristalline Intelligenz beschreibt die Fähigkeit des Menschen, sich Wissen anzueignen und anzuwenden. Ihr wird ein stabiler Verlauf

zugeschrieben, der gegebenenfalls sogar zunehmen kann [War-96]. Hierzu werden z. B. das dispositive Denken und Erfahrungswissen gezählt.

Dagegen ist bei der wissensunabhängigen bzw. fluiden Intelligenz ein negativer Trend zu beobachten, wobei eine starke Streuung vorliegt [Hol-07]. Zu diesen Fähigkeiten werden die sensorischen Funktionen (Hören und Sehen) wie auch die Schnelligkeit der Informationsverarbeitung gerechnet, die insbesondere bei komplexen Aufgabenstellungen abnimmt. Im Fall einer extremen Belastung greifen hier mögliche Kompensationsstrategien (z. B. durch Erfahrungswissen) nicht mehr bzw. reichen nicht aus. Entsprechend können eine hohe Informationsmenge und eine schlechte Informationsstruktur sowie Zeitdruck im Alter ein großes Problem darstellen. Fähigkeiten der fluiden Intelligenz lassen sich trainieren, wodurch eine tendenzielle Abnahme verlangsamt werden kann [Hol-07].

Zu den kognitiven Fähigkeiten zählen weiterhin das Kurzzeit- bzw. Arbeitsgedächtnis sowie das Langzeitgedächtnis. Aufgrund des Zusammenhangs zwischen Arbeitsgedächtnis und Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit wird dem Kurzzeitgedächtnis eine Verschlechterung im Alter bescheinigt. Dagegen verhält sich die Entwicklung des Langzeitgedächtnisses relativ stabil [Hol-07]. Gedächtnis, Kreativität und Problemlösungskompetenz sind in hohem Maße von ihrer gezielten Förderung abhängig und unterliegen deswegen nicht zwangsläufig einer Abnahme im höheren Erwerbsalter [Pac-00].

Psychische Leistungsfähigkeit

Zur psychischen Leistungsfähigkeit zählen emotionale und soziale Kompetenzen, die insbesondere in Team- und Projektarbeit mit Mitmenschen erforderlich sind. Hierbei zeigt sich im Laufe des Lebens eine Zunahme z. B. in Form der Ausgeglichenheit, Loyalität, Gewissenhaftigkeit und allgemeiner Sozialkompetenz sowie eine tendenziell positive Einstellung zur Arbeit [Hol-07]. Als Folge lassen sich bei älteren Arbeitnehmern ein höheres Sicherheitsbewusstsein und weniger Arbeitsunfälle feststellen [Sch-09].

Physische Leistungsfähigkeit

Mit der Alterung gehen eine Verringerung der Muskel- und Knochenmasse sowie eine Veränderung des Herz-Kreislaufsystems einher. Dies führt dazu, dass die erreichbaren Maximalkräfte mit höheren Erwerbsalter abnehmen [Lan-91], wobei dies einerseits vom Trainingszustand der Person als auch andererseits von der Richtung der aufzubringenden Kraft abhängt [Wak-09]. Zudem reduziert sich die Widerstandsfähigkeit bei hohen physischen bzw. körperlichen Dauerbelastungen bei älteren Menschen [Hol-07]. Im Zusammenhang mit der kognitiven Leistungsfähigkeit

ist weiterhin eine Abnahme der Koordinations- sowie Finger- und Handgeschicklichkeit festzustellen [Sau-93, Sch-09]. Bei der Steuerung und Regelung menschlicher, motorischer Prozesse bilden hier die mentalen Prozesse die Voraussetzung, um Bewegungsaufgaben zu bewältigen. Entsprechend ist mit zunehmendem Alter von einer Verlangsamung der Bewegungen bzw. geringerer Reaktionsschnelligkeit auszugehen. Auch hier existieren stark interindividuelle Leistungsunterschiede, die vornehmlich vom Trainingszustand des Menschen abhängen.

Eine Übersicht über die dargestellten Veränderungen mit zunehmendem Erwerbsalter zeigt Tabelle 3-3.

Tabelle 3-3: Kompetenzwandel mit dem Lebensalter, vgl. [Ste-97, Leh-03]

Fähigkeiten, die mit steigendem Alter tendenziell ...		
zunehmen	gleich bleiben	abnehmen
<ul style="list-style-type: none"> • dispositives Denken • Lebens-/Berufserfahrung • betriebsspezifisches Wissen • Geübtheit • Ausgeglichenheit, Beständigkeit • Sozialkompetenz • Urteilsvermögen • Selbsteinschätzung • Selbstständigkeit • Zuverlässigkeit • Verantwortungsgefühl, Loyalität • positive Einstellung zur Arbeit • Sicherheitsbewusstsein 	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeinwissen • Langzeitgedächtnis • Merkfähigkeit • Aufmerksamkeit • Konzentrationsfähigkeit • Fähigkeit zur Informationsaufnahme und -verarbeitung • Sprachkompetenz • Widerstandsfähigkeit gegen eine im Arbeitsprozess übliche psychische Belastung 	<ul style="list-style-type: none"> • Hörvermögen • Sehvermögen • Schnelligkeit der Informationsaufnahme und -verarbeitung insb. bei komplexen Aufgaben • Kurzzeitgedächtnis • geistige Beweglichkeit • Abstraktionsvermögen • Schnelligkeit der Bewegungen, Motorik • Muskel-/Körperkraft, Ausdauer • Risikobereitschaft • Widerstandsfähigkeit bei hoher psychischer Dauerbelastung

3.5 Fazit

Die menschliche Leistung stellt für die Unternehmen einen zentralen Faktor dar, um produktiv und wirtschaftlich arbeiten zu können. Die Fähigkeiten und Eigenschaften der Mitarbeiter sind maßgeblich für deren Leistungserbringung, wobei sich erstgenannte mit zunehmendem Alter positiv wie auch negativ verändern können. In Bezug auf das physiologische Altern lässt sich feststellen, dass dies kein selbstablaufender Prozess sondern maßgeblich durch die Arbeitsgestaltung beeinflussbar ist [Spo-09]. „Studien zum erfolgreichen Altern haben gezeigt, dass

alterstypische Reduktionen der Leistungsfähigkeit bei entsprechenden Anregungen oder systematischem Training stark modifizierbar sind, also keineswegs naturgesetzlich ablaufen; sie können aufgehalten, zeitlich verlangsamt oder sogar für eine gewisse Zeit rückgängig gemacht werden“ [Bal-87]. Der wichtigste Einflussfaktor dafür, ob die Leistung eines Mitarbeiters mit dem Alter aufrecht erhalten werden kann, liegt in der Aneignung und Aktualisierung von Fähigkeiten und Kompetenzen [Leh-03].

Ziel einer altersgerechten Arbeitsgestaltung für die Logistik ist diesbezüglich, mit dem Alter tendenziell zunehmende Fähigkeiten zu fördern und tendenziell abnehmende Fähigkeiten zu erhalten, wobei eine „gesunde“ Belastung durch die Arbeitsbedingungen bei gleichzeitig hoher Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter zu realisieren ist.

4 Messinstrumente zur Erhebung der Anforderungen logistischer Arbeitssysteme

Die grundsätzliche Aufgabe der Arbeitsanalyse besteht darin, in systematischer Form Informationen über die Tätigkeit eines arbeitenden Menschen zu erheben und zu bewerten. Arbeitsanalyseverfahren erlauben es, Defizite realisierter oder geplanter Arbeitsgestaltung und -organisation zu ermitteln, Qualifikations- und Eignungsanforderungen zu bestimmen, Arbeitstätigkeiten miteinander zu vergleichen sowie Vorschläge zu unterbreiten, wie sich die Gesundheit der Mitarbeiter erhalten und die Persönlichkeitsentwicklung fördern lässt [Dun-99, Hac-95]. Ziele von Arbeitsanalyseverfahren sind unter anderem, die Effektivität und Produktivität der Arbeit zu steigern sowie körperliche Beschwerden und krankheitsfördernde psychische Stress- und Ermüdungszustände zu vermeiden. Letztere entstehen dann, wenn das Verhältnis von Arbeitsanforderungen auf der einen und dem individuellen Leistungsvermögen auf der anderen Seite langfristig nicht ausgeglichen ist. Im Rahmen dieser Dissertation dienen die Arbeitsanalyseverfahren der Erfassung der Anforderungen von Logistikarbeitsplätzen an die sich mit zunehmendem Alter ändernden Fähigkeiten der Mitarbeiter.

Rudimentäre Vorgaben für eine ergonomische Arbeitsgestaltung logistischer Systeme finden sich beispielsweise in der VDI-Richtlinie 3657 zur Gestaltung manueller Kommissioniersysteme [VDI-3657]. In Bezug auf das Altern der Belegschaft wird dabei lediglich angemerkt, „die Beleuchtungsstärke (...) dem höheren Lichtbedarf älterer Arbeitspersonen (z. B. doppelten Wert) (...)“ anzupassen. Entsprechend existiert auch keine geeignete Methode, um die wesentlichen Aspekte für einen altersgerechten Logistikarbeitsplatz bewerten und entscheidende Maßnahmen ableiten zu können.

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass es eine Vielzahl an verschiedenen Verfahren und nicht *das* Arbeitsanalyseverfahren gibt. Vielmehr gilt es, z. B. in Abhängigkeit der Zielsetzung, der zu analysierenden Tätigkeit und Branche, der zur Verfügung stehenden Analysemerkmale, des Aufwands für die Durchführung und der Gütekriterien (Grad der Standardisierung, Objektivität, Aussagekraft etc.) ein geeignetes Verfahren zu wählen [Dun-99]. Die Anforderungen an die Arbeitsanalyseverfahren für die Durchführung einer Feldstudie zur Erhebung des Belastungsprofils logistischer Arbeitsplätze im Rahmen dieser Dissertation stellen sich wie folgt dar:

- Erfassbarkeit der Anforderungen logistischer Tätigkeiten (körperliche und psychische Belastung sowie Persönlichkeitsförderung) in Bezug auf die sich mit zunehmendem Alter verändernden und logistikrelevanten Mitarbeiterfähigkeiten
- Praktikabilität (aufwandsarme Durchführung bei hoher Aussagekraft)
- Verbreitung und Etabliertheit
- Objektivität für quantifizierbare Größen

Im Folgenden werden Kategorien existierender Arbeitsanalyseverfahren dargestellt und eine den Anforderungen gerechte Auswahl an Verfahren für die Feldstudie wird vorgenommen.

4.1 Kategorisierung von Arbeitsanalyseverfahren

Arbeitsanalyseverfahren werden zunächst nach Verfahren zur Erfassung körperlicher bzw. physischer und psychischer Belastung unterschieden (Abbildung 4-1).

Verfahren zur Ermittlung **physischer Belastung** lassen sich je nach Differenzierungsgrad in Screeningverfahren (geringer), Beobachtungsverfahren (mittlerer) und Messverfahren (hoher Differenzierungsgrad) einteilen [EII-05]. Unter die wissenschaftlichen Messverfahren fällt die automatische Messdatenanalyse von Arbeitsprozessen im Labor oder in der Praxis. Demgegenüber stehen zeitaufwändige Beobachtungsverfahren und einfache Screeningverfahren, die eine schnelle Beurteilung von Arbeitsplätzen nach definierten Merkmalen auch für Laien ermöglichen. Letztere werden weiterhin in orientierende und detaillierte Screeningverfahren gegliedert. Während orientierende Verfahren einen Überblick über die gesamte Belastungssituation an einem Arbeitsplatz verschaffen sollen, sind detaillierte Screeningverfahren z. B. auf bestimmte Körperpartien oder Tätigkeitsschwerpunkte (repetitive Tätigkeiten, Heben und Tragen von Lasten, Grenzkraft- und Grenzlastverfahren etc.) spezialisiert. Orientierende Verfahren leiten sich oft aus einer Zusammenstellung von detaillierten Verfahren ab [EII-05].

Bei den Verfahren zur Ermittlung der körperlichen Belastung etablieren sich in der Praxis Kombinationsverfahren aus bestehenden, detaillierten Screeningverfahren, die sich durch einen überschaubaren Bewertungsaufwand bei ausreichender Aussagekraft auszeichnen. Aus den Ergebnissen lassen sich die Handlungsschwerpunkte an zu ergreifenden, arbeitsgestalterischen Maßnahmen

identifizieren. Der Aufbau von Kombinationsverfahren orientiert sich stark an den Anforderungen zur Bewertung von Montagearbeitsplätzen. Eine Übersicht über verfügbare Verfahren, deren Betrachtungsfokus sowie dessen Vor- und Nachteile findet sich in Fastl [Fas-11].

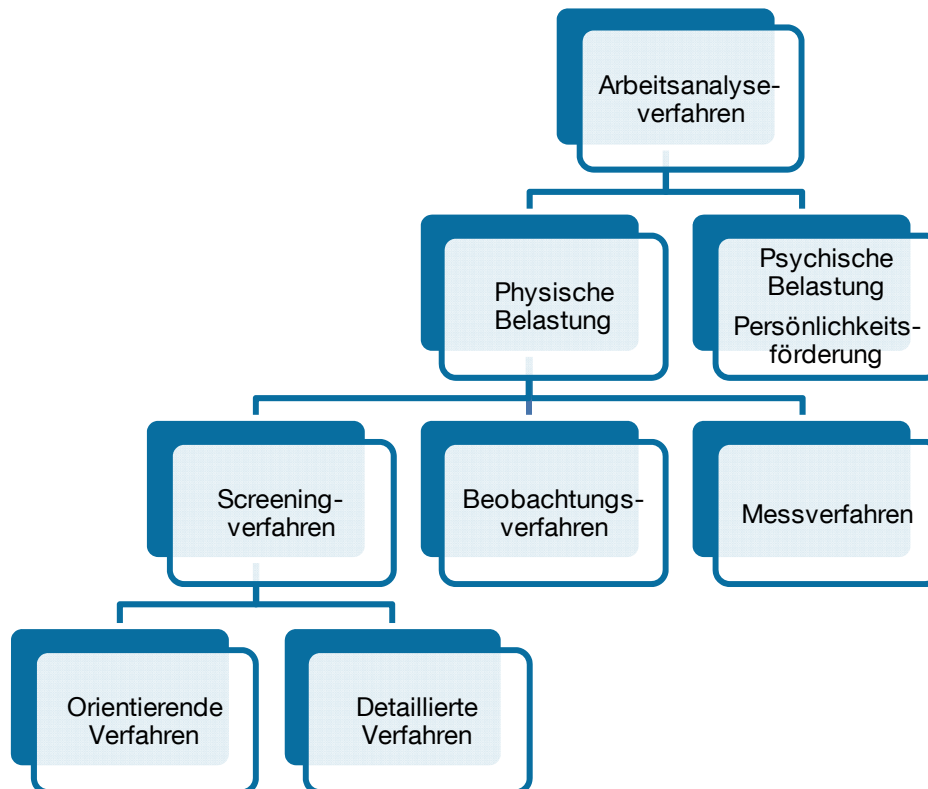


Abbildung 4-1: Kategorien an Arbeitsanalyseverfahren

Die bisher spärliche Beachtung **psychischer Aspekte** bei der Analyse von Logistikarbeitsplätzen ist auf den hohen Durchführungsaufwand zurückzuführen, mit dem die etablierten Verfahren der psychischen Arbeits- und Aufgabenanalyse verbunden sind. Hamborg und Schweppenhäußer [Ham-94] kommen aufgrund einer Expertenbefragung zu dem Ergebnis, dass derartige Instrumente zu zeitaufwändig, anwenderunfreundlich und umständlich sind. Zudem konzentrieren sich auch diese Verfahren zumeist auf den Bereich der industriellen Produktion. Eine Übersicht über psychische Arbeitsanalyseverfahren findet sich z. B. in Dunkel [Dun-99] oder in Form der Toolbox der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin [Bun-10b].

Spezielle Arbeitsanalyseverfahren, die sich mit dem Tätigkeitsfeld der operativen Logistik intensiv auseinandersetzen, sind rar gesät. Während für die Montage bereits zahlreiche Bewertungsmethoden zur Ermittlung der Belastung existieren, sind derzeit nur in Ansätzen Verfahren für die operative Logistik verfügbar. Hierzu zählen einerseits das Bosch-Verfahren zur Bewertung von Milkruns [Sch-10] sowie andererseits die Ermittlung der Wirbelsäulenbelastung in der Kommissionierung

nach Goldscheid [Gol-08], der sich auf das biomechanische Modell „der Dortmunder“ stützt. Die genannten Verfahren sind durch einen hohen Analyseaufwand gekennzeichnet, da jede Lastenhandhabung einzeln zu untersuchen und zu einer Gesamtbelastung zu kumulieren ist [Gün-09b]. Den Grund hierfür stellt die Inhomogenität in den Handhabungsprozessen durch das große Artikelspektrum dar, wie es sich bspw. in der Kommissionierung zeigt.

4.2 Ganzheitliche Bewertung von Logistikarbeitsplätzen

Entsprechend den Anforderungen an die Arbeitsanalyseverfahren zur Erhebung des Belastungsprofil in der operativen Logistik ist sowohl auf Verfahren zur Ermittlung der körperlichen als auch psychischen Belastung zurückzugreifen. Wissenschaftliche Messverfahren weisen einerseits einen hohen Aufwand auf und greifen andererseits häufige in die betrieblichen Abläufe ein, sodass sie in der Praxis meist schwer anwendbar sind. Weiterhin bieten sie für die Erhebung des Belastungsprofils im Rahmen der Feldstudie keinen Mehrwert gegenüber Kombinationsverfahren. Diese bieten sich in der Form an, als dass ihre Praxistauglichkeit bewiesen ist und sie ein breites Spektrum an Anforderungsmerkmalen bewerten können. Letzteres erfolgt durch Beobachtung der Arbeitsabläufe bzw. Beobachtungsinterviews und kann durch Hinzunahme der Datenauswertung bestehender Informationssysteme der Logistik (Warehouse Management System) eine gute Aussagekraft in Bezug auf die Belastung einzelner Körperpartien der Mitarbeiter liefern.

Die Anforderungs- und Belastbarkeits-Analyse (ABA, [DEL-07]) stellt ein Verfahren dar, dass in der Praxis bei der BMW Group zum Einsatz kommt und die wesentlichen Aspekte zur Erfassung der körperlichen Belastung durch die Arbeitsbedingungen enthält, aber auch der Erhebung vereinzelter Merkmale zur psychischen Belastung nachkommt (Kapitel 4.2.1). Die ABA greift dabei im Merkmal „Handhaben von Lasten (Heben, Tragen, Halten)“ auf die Leitmerkmalmethode [Bun-01a] (Kapitel 4.2.2) zurück, die ein sehr weit verbreitetes, praxisgerechtes Screeningverfahren darstellt, das zudem bei vielen Kombinationsverfahren Verwendung findet.

Als psychische Arbeitsanalyseverfahren werden für die Feldstudie zweierlei Verfahren eingesetzt. Der Kurz-Fragebogen zur Arbeitsanalyse (KFZA, [Prü-95]) ist ein aussagekräftiges Instrument, das ökonomisch durchführbar ist, jedoch subjektiven Charakter in Fragebogenform aufweist. Mit ihm lassen sich auch Belastungsfaktoren erfassen, die nicht objektivierbar sind. Als Ergänzung zu dem

subjektiven Verfahren dient ein objektives Verfahren, welches auf der Methode des Beobachtungsinterviews beruht. Um den Grundsatz der Durchführungsökonomie zu bewahren, wird ein besonders relevanter Teil des etablierten RHIA/VERA-Produktion [Öst-93] ausgewählt. Mithilfe des Teils D des Verfahrens lässt sich die psychische Belastung aufgrund von Regulationsbehinderungen am Arbeitsplatz ermitteln (Kapitel 4.2.3).

Eine standardisierte Befragung der Logistikmitarbeiter zu ihrer Einschätzung der auf sie einwirkenden Beanspruchung in den entscheidenden Merkmalen der genannten Verfahren liefert die Mitarbeitersicht (Kapitel 4.2.4). Diese wird mit dem Ergonomics Knowledge and Intelligent Design System (EKIDES) [Sch-09] erhoben und rundet die Ergebnisse der Feldstudie ab.

4.2.1 Erfassung der körperlichen Belastung mit ABATech

„Die Anforderungs- und Belastbarkeits-Analyse (ABA) wurde im Rahmen eines vom Bundesministerium für Forschung und Technologie geförderten Vorhabens entwickelt (...)“ und in die ABATech Software zur ergonomischen Bewertung von produktionsgebundenen und -nahen Tätigkeiten überführt [DEL-07]. In ihrer Grundform ist die ABA als Papier- und Bleistift-Methode ausgeführt und zählt zu den Kombinationsverfahren, die die wesentlichen Aspekte der körperlichen Belastung durch die Arbeitsaufgabe, die Umwelt und die Mensch-Maschine-Schnittstelle erfasst. Der Anwender prüft anhand von 19 Merkmalen (Tabelle 4-1) die Anforderungshöhe (bestehend aus Belastungshöhe und -dauer), um für geplante oder bereits realisierte Arbeitsplätze die belastenden Faktoren zu ermitteln. Je Merkmal wird nach dem Ampelprinzip eine Risikoabschätzung vorgenommen, wonach entweder ein niedriges (grün), ein mögliches (gelb) oder ein hohes Risiko (rot) in Bezug auf Gesundheitsschäden besteht. Ziel der Arbeitsplatzgestaltung ist es, durchweg grüne Merkmale zu erreichen.

Die Durchführung einer ABA erfolgt in Expertenrunden (Arbeitssicherheit, Meister, Betriebsarzt, Betriebsrat) durch Beobachtung des zu bewertenden Arbeitsablaufs. Für eine Arbeitsanalyse der oft heterogenen Abläufe der operativen Logistik sind zusätzlich zur Beobachtung der Arbeitsprozesse Datenauswertungen erforderlich, die Belastungsspitzen (z. B. aufgrund von Auftragsschwankungen) berücksichtigen.

Tabelle 4-1: Die 19 Merkmale der ABA [DEL-07]

Merkmale	
1	Überwiegende Arbeitshöhe im Stehen
2	Belastung des Nackens
3	Arbeiten über Schulterhöhe
4	Beweglichkeit des Rumpfes
5	Beweglichkeit der Arme (einschließl. Schultergelenk)
6	Muskelbelastung der Arme und des Schultergürtels durch Schieben, Ziehen, Drücken
7	Belastung der Unterarme und Handgelenke (Schlag-, Druck- oder Drehbewegung sowie Vibration)
8	Belastung der Finger (Anforderung durch Bewegung und/oder Kraftausübung)
9	Beweglichkeit der Kniegelenke
10	Stehen, Gehen, Sitzen
11	Handhaben von Lasten (Heben, Tragen, Halten)
12	Lärm
13	Klima (Jahresbetrachtung)
14	Beleuchtung
15	Gefahrstoffe im Arbeitsbereich
16	Nässe
17	Taktabhängiger Arbeitsplatz
18	Informationsaufnahme
19	Unfallgefahren am Arbeitsplatz

Zu den häufig benötigten Informationen und Kennzahlen für eine Belastungs-ermittlung in der operativen Logistik zählen:

- Arbeitsabläufe der Mitarbeiter und arbeitsorganisatorische Einbindung
- Layout und Abmessungen der Arbeitsmittel, Ladehilfsmittel, Laufwege, Aufnahme- und Abgabehöhen, Greiftiefen
- handzuhabendes Teilespektrum: z. B. Lagerplatzbelegung, Gewicht der Entnahmeeinheit, Anzahl Entnahmeeinheiten je Greifvorgang, Bedarfe bzw. Zugriffshäufigkeit oder auch Pickleistung
- Gewicht der handzuhabenden Arbeits- und Ladehilfsmittel
- aufzubringende Kräfte z. B. beim Schieben/Ziehen von Waren, Behältern, Handwagen etc.

Zwar bestehen die Tätigkeiten in der operativen Logistik – wie beispielsweise die Kommissionierung – aus wiederkehrenden Abläufen (Entnahme von Artikeln und Ablage auf dem Handwagen), doch variieren die Faktoren, die eine Belastungsermittlung ausmachen (z. B. Körperhaltung, Gewicht der Greifeinheit). Entsprechend wird das auf der „Leitmerkmalmethode Heben, Halten, Tragen“ [Bun-01a] basierende Merkmal 11 von ABATech für die Anforderungen der Logistik adaptiert (Kapitel 6).

Nach Abschluss der ABA werden arbeitsgestalterische und -organisatorische Maßnahmen für die risikobehafteten Merkmale abgeleitet. Mit der Umsetzung von Maßnahmen ist eine erneute Durchführung der ABA erforderlich, die gleichzeitig den Erfolg der Maßnahmen ausweist.

4.2.2 Die Leitmerkmalmethode zur Belastungsermittlung von Handhabungsprozessen

Die Leitmerkmalmethode (LMM) stellt ein Werkzeug zur Risikoabschätzung der körperlichen Belastung bei Tätigkeiten der Lastenhandhabung dar. Sie wurde von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und dem Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik entwickelt, um die Gefährdungsbeurteilung in Betrieben vor dem Hintergrund der Umsetzung der EG-Richtlinie 269/90 zu etablieren. Die erste Veröffentlichung fand 1996 statt und beinhaltet eine Beurteilung der Tätigkeiten Heben, Halten und Tragen [Bun-01a]. 2001 wurde sie auf Grund von Praxiserfahrungen leicht modifiziert und eine weitere Leitmerkmalmethode zur Beurteilung von Schieben und Ziehen herausgegeben [Bun-01b]. Die Methode zur Bewertung manueller Arbeitsprozesse aus dem Jahr 2007 komplettiert das Spektrum [Bun-07b]. Grundlage der Methoden bilden umfassende und kritische Literaturlauswertungen, Auswertungen von Studien der BAuA, eine Bestandsaufnahme der realen Arbeitsformen und Belastungsstrukturen in Deutschland sowie Anwendungserfahrungen mit den LMM [Ste-00].

Im Folgenden wird exemplarisch auf den Teil der ältesten Leitmerkmalmethode eingegangen, der sich mit dem Heben von Lasten beschäftigt und auch in ABATech integriert ist. Die Durchführung der anderen Methoden bzw. Methodenteile der verschiedenen Handhabungsprozesse erfolgt äquivalent.

Die LMM ermöglicht es, dem Arbeitgeber seiner gesetzlich durch das Arbeitsschutzgesetz und der Lastenhandhabungsverordnung vorgeschriebenen Pflicht zur Gefährdungsbeurteilung des Arbeitsplatzes (zumindest bei homogenen Tätigkeiten) in relativ einfacher Form nachzukommen, da keine speziellen ergonomischen Kenntnisse erforderlich sind. Zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung mit Hilfe der LMM stellt die BAuA zweiseitige Bewertungsbögen inklusive Handlungsanleitung zur Verfügung. Die Intention der LMM ist die Risikoabschätzung hinsichtlich Gesundheitsschäden durch Beobachtung und Bewertung des Arbeitsprozesses.

In ihrer Grundform berücksichtigt die LMM für das Heben von Lasten vier Leitmerkmale [Bun-01a]:

4 Messinstrumente zur Erhebung der Anforderungen logistischer Arbeitssysteme




- Häufigkeit der umzusetzenden Last bzw. Zeitwichtung *ZW*
- Lastgewicht bzw. Lastwichtung *LW*
- Körperhaltung bzw. Haltungswichtung *HW*
- Ausführungsbedingungen bzw. Ausführungsbedingungswichtung *AW*

Der Analyst hat aufgrund seiner Beobachtung des realen Arbeitsprozesses die vier Leitmerkmale zu charakterisieren und entsprechende Punktwerten nach den Vorgaben der BAuA (Tabelle 4-2 und Tabelle 4-3) zuzuordnen.

Tabelle 4-2: Bewertung der Leitmerkmale Zeitwichtung *ZW* sowie Lastwichtung für Frauen *LW_(w)* und Männer *LW_(m)* [Bun-01a]

Hübe/Tag	ZW	Last (m)	Last (w)	LW
< 10	1	< 10 kg	< 5 kg	1
10 bis < 40	2	10 bis < 20 kg	5 bis < 10 kg	2
40 bis < 200	4	20 bis < 30 kg	10 bis < 15 kg	4
200 bis < 500	6	30 bis < 40 kg	15 bis < 25 kg	7
500 bis < 1000	8	≥ 40 kg	≥ 25 kg	25
≥ 1000	10			

Tabelle 4-3: Bewertung der Leitmerkmale Haltungswichtung *HW* und Ausführungsbedingungswichtung *AW* [Bun-01a]

Körperhaltung, Position der Last		HW
	Oberkörper aufrecht, nicht verdreht, Last am Körper	1
	geringes Vorneigen oder Verdrehen des Oberkörpers, Last am Körper oder körpernah	2
	tiefes Beugen oder weites Vorneigen, geringe Vorneigung mit gleichzeitigem Verdrehen des Oberkörpers, Last körperfern oder über Schulterhöhe	4
	weites Vorneigen mit gleichzeitigem Verdrehen des Oberkörpers, Last körperfern, eingeschränkte Haltungsstabilität beim Stehen, Hocken oder Knien	8
Ausführungsbedingungen		AW
Gute ergonomische Bedingungen, z. B. ausreichend Platz, keine Hindernisse im Arbeitsbereich, ebener rutschfester Boden, ausreichend beleuchtet, gute Griffbedingungen		0
Einschränkung der Bewegungsfreiheit und ungünstige ergonomische Bedingungen (z.B. Bewegungsraum durch zu geringe Höhe eingeschränkt)		1
Stark eingeschränkte Bewegungsfreiheit und/oder Instabilität des Lastschwerpunktes		2

Der Risikowert RW lässt sich nach Formel (4-1) [Bun-01a] berechnen. Er ermöglicht eine Einstufung der am Arbeitsplatz vorherrschenden Belastung (Tabelle 4-4).

$$RW = ZW * (HW + LW + AW) \quad (4-1)$$

Risikowerte unter 25 gelten als praktisch sicher, sodass kein Handlungsbedarf besteht. Ausgenommen sind hier vermindert belastbare Personen. Die LMM meint damit Beschäftigte, die älter als 40 oder jünger als 21 Jahre alt, Neulinge im Beruf oder durch Erkrankungen leistungsgemindert sind. Punktwerte über 50 bescheinigen dem Arbeitsprozess eine hohe Belastung und weisen auf die Notwendigkeit der technischen und/oder organisatorischen Arbeitsumgestaltung hin. Werte zwischen 25 und 50 Punkten stellen einen Grenzbereich dar. Da es sich um Aussagen zur Belastung handelt, sind hier die unterschiedlichen Fähigkeiten und Eigenschaften der Mitarbeiter bzw. deren individuelle Belastungswahrnehmung (z. B. durch Befragung) in die Betrachtung einzubeziehen und gegebenenfalls Maßnahmen der Arbeitsgestaltung einzuleiten. [Bun-01a]

Tabelle 4-4: Interpretation des Risikowertes RW nach der LMM [Bun-01a]

Risiko-bereich	Risikowert	Beschreibung
1	< 10	Geringe Belastung, Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.
2	10 bis < 25	Erhöhte Belastung, eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich.
3	25 bis < 50	Wesentlich erhöhte Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich.
4	≥ 50	Hohe Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.

4.2.3 Die psychische Arbeitsanalyse mit RHIA/VERA-Produktion und KFZA

Das Verfahren RHIA/VERA-Produktion dient der Analyse aus der Arbeit resultierender Anforderungen und der daraus entstehenden psychischen Belastung in der Produktionsarbeit [Öst-93]. Als Methode wird das Beobachtungsinterview eingesetzt, um qualitative wie auch quantitative Aussagen über die Belastungssituation durch die Arbeitsaufgabe zu erhalten. Auf Basis der Auswertung dieser

4 Messinstrumente zur Erhebung der Anforderungen logistischer Arbeitssysteme

Papier- und Bleistift-Methode lassen sich Vorschläge zur Beseitigung psychischer Belastungen ableiten.

Der Teil D von RHIA/VERA-Produktion umfasst die für die Arbeitsanalyse in Produktion und Logistik relevante Ermittlung von Regulationshindernissen und -überforderungen. Regulationshindernisse auf der einen Seite führen dazu, dass das vorgeschriebene Ziel der Arbeitsaufgabe nur durch zusätzlichen Aufwand (Wiederholung des gesamten Arbeitshandelns oder von Arbeitsschritten, Umweg durch zusätzliche Arbeitsschritte oder Mehraufwand) oder riskantes Handeln erreichbar ist (Abbildung 4-2).

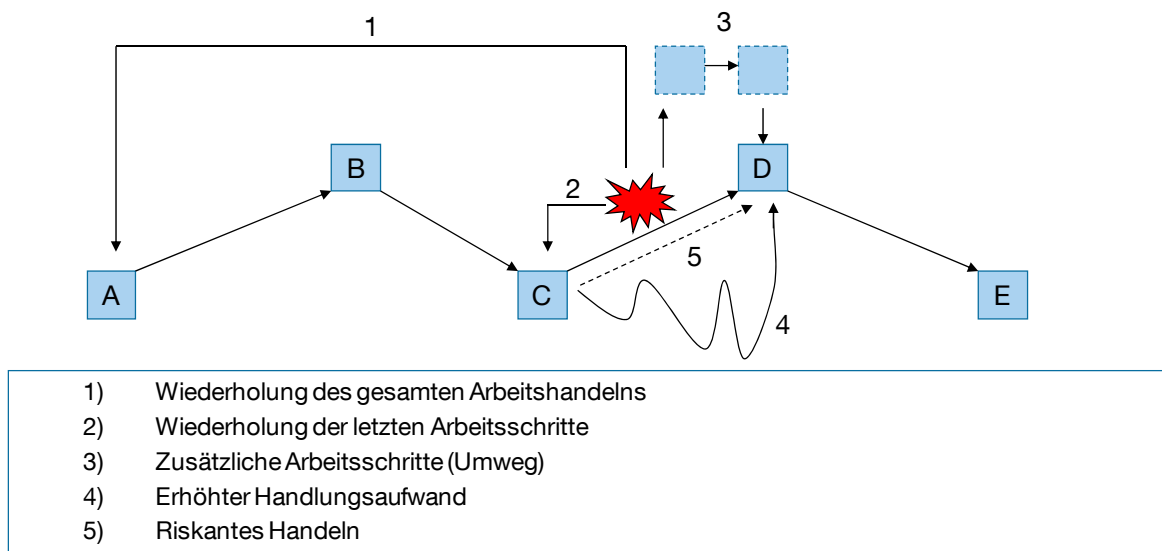


Abbildung 4-2: Modellvorstellung eines behinderungsfreien Weges zum Arbeitsergebnis [Öst-93]

Dabei wird zwischen informatorischen und motorischen Erschwerungen sowie Unterbrechungen (durch Personen, Funktionsstörungen, Blockierungen) differenziert. Zur Identifizierung von Regulationshindernissen sind im Rahmen des Beobachtungsinterviews Prüfschritte (Fragen) durchzuführen (Abbildung 4-3).

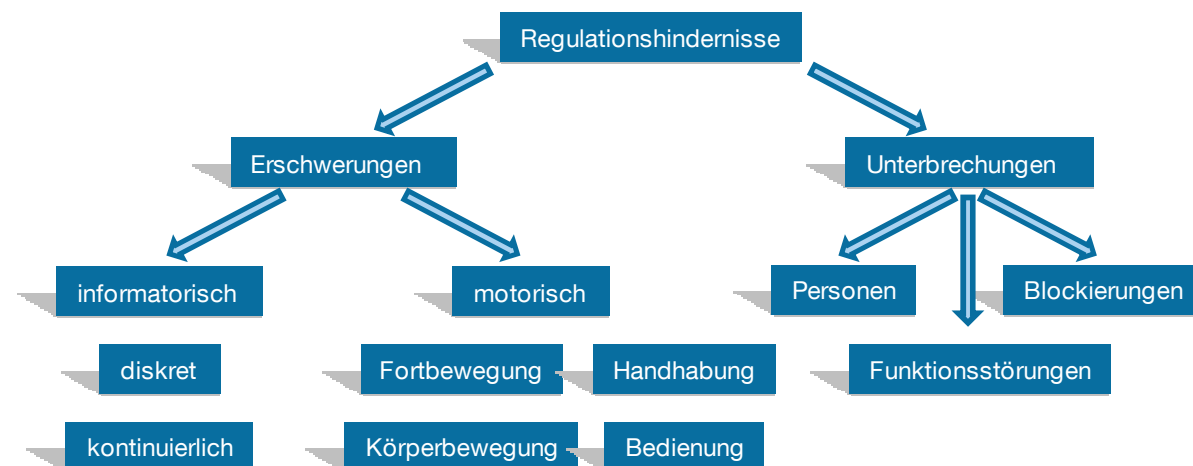


Abbildung 4-3: Regulationshindernisse nach RHIA/VERA-Produktion Teil D

Auf der anderen Seite sind Regulationsüberforderungen Dauerzustände, die aufgabenimmanent (Monotonie und Zeitdruck) oder aufgabenspezifisch (Belastung durch die Arbeitsumwelt und die Mensch-Maschine-Schnittstelle) sind und ihre Wirkung im Verlauf des Arbeitstages entfalten (Abbildung 4-4). Sie können zur Beeinträchtigung der Aufmerksamkeit und der Konzentrationsfähigkeit führen.

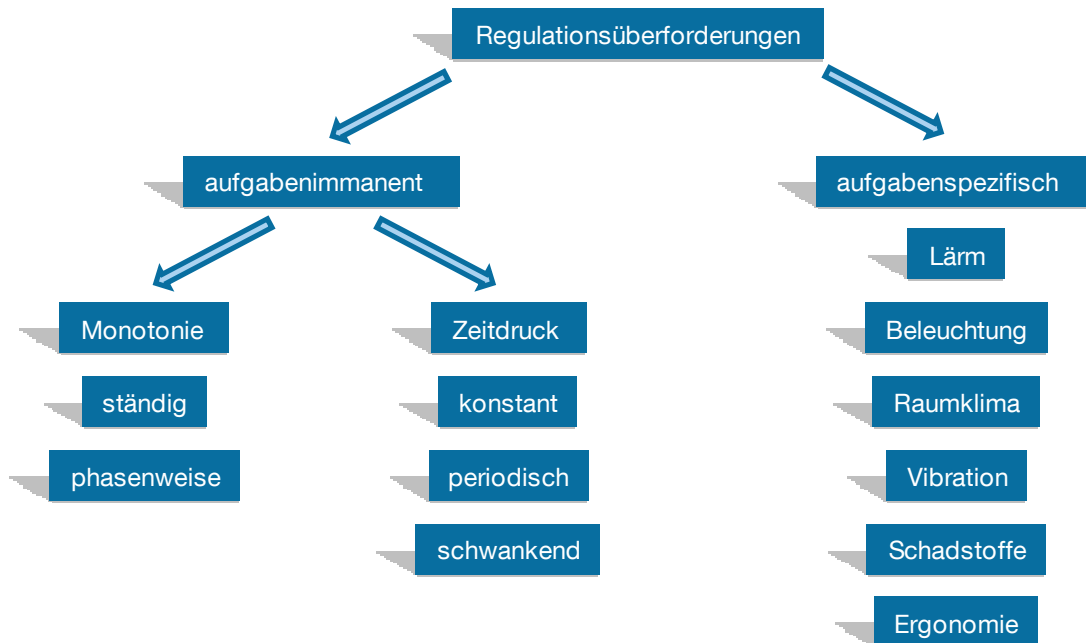


Abbildung 4-4: Regulationsüberforderungen nach RHIA/VERA-Produktion Teil D

Der Kurz-Fragebogen zur Arbeitsanalyse (KFZA) [Prü-95] zählt zu den Screening-Verfahren und erfasst die wichtigsten Aspekte der Arbeits- und Organisationsstruktur. Bei dem Verfahren handelt es sich um eine Auswahl an 31 Items aus sieben etablierten Arbeitsanalyseverfahren zur Bewertung der Arbeitstätigkeit, die durch den Mitarbeiter eigens durchgeführt wird (Abbildung 4-5). Die Bearbeitungszeit beträgt ca. zehn Minuten.



Abbildung 4-5: Die elf empirisch gefundenen Dimensionen des KFZA [Prü-95]

4.2.4 Erhebung der Beanspruchung von Logistikmitarbeitern mit EKIDES

Das Ergonomics Knowledge and Intelligent Design System (EKIDES) [Sch-09] stellt verschiedene Prüfungsmodulare zur Erfassung der Belastung zur Verfügung. Darüber hinaus lässt sich die integrierte Akzeptanzanalyse zur Erhebung der subjektiven Beanspruchung der Logistikmitarbeiter nutzen. Aufgabe der Mitarbeiter im Rahmen der standardisierten Befragung ist die Selbstbeurteilung der eigenen Arbeitsfähigkeit in Relation zu den körperlichen und psychischen Anforderungen der Arbeitsaufgabe auf einer Skala von Null bis zehn Punkten. Den Erfassungsbogen zeigt Abbildung 4-6.



Abbildung 4-6: Erfassungsbogen zur Beanspruchung von Logistiktätigkeiten in Anlehnung an [Sch-09]

5 Feldstudie zur Identifikation von Ansatzpunkten für eine altersgerechte Logistik

„Die meisten Menschen benutzen ihre Jugend, um ihr Alter zu ruinieren.“

Jean de la Bruyère, französischer Schriftsteller 1645-1696

Der Stand der Wissenschaft zeigt, dass die Entwicklung der Fähigkeiten mit zunehmendem Erwerbsalter vom Individuum abhängen, sich jedoch Tendenzen ableiten lassen. Aussagen zu Auswirkungen auf die Arbeitsleistung sind einerseits oft fähigkeitsbezogen und haben keinen Bezug zur Arbeitsaufgabe. Andererseits existieren Studien, die nur Aussagen für sehr konkrete Arbeitssituationen liefern. Entsprechend ist eine Generalisierung für alle Arbeitssituationen nicht gegeben. Aufgrund der fehlenden Übertragbarkeit gestaltet es sich schwierig, Aussagen über das Leistungsverhalten des operativen Logistikers mit zunehmendem Alter zu definieren. Im Folgenden wird daher der Ansatz einer Feldstudie gewählt, um einen Abgleich zwischen der Entwicklung der logistikrelevanten Mitarbeiterfähigkeiten und der allgemeinen Belastungssituation an Arbeitsplätzen durchzuführen.

Hierzu wird in einem ersten Schritt eine Vorauswahl an für die Leistungserbringung in der Logistik erforderlichen und sich mit dem Alter verändernden Fähigkeiten vorgenommen. Handfeste Zahlen aus betriebsärztlichen Daten sowie Befragungen von Führungskräften sollen die Entwicklung der ausgewählten Fähigkeiten aus Unternehmens- und Logistiksicht im Vergleich zur Literatur beschreiben. Den Gegenpart bildet die Feldstudie, in der die Anforderungs- und Belastungssituation in Bezug auf die gewählten Fähigkeiten im Querschnitt identifiziert wird. Grundlage dieser Feldstudie stellen durchgeführte Arbeitsanalysen an ausgewählten Arbeitsplätzen der operativen Logistik dar. Durch die Verknüpfung der Ergebnisse lassen sich allgemeine Handlungsfelder zur Implementierung einer altersgerechten Arbeitsgestaltung identifizieren sowie wesentliche Ansatzpunkte für die operative Logistik ableiten.

5.1 Alter und Leistung in der operativen Logistik

Die Veränderungen der Fähigkeiten des Menschen mit zunehmendem Alter führen nicht zwangsweise zu einer Veränderung dessen Leistungsfähigkeit. Vielmehr findet

eine Verschiebung von physischen Fähigkeiten und fluider Intelligenz zu psychischen Fähigkeiten und kristalliner Intelligenz statt, die zu einem Erhalt der Leistungsfähigkeit beitragen können. Berufsbedingte Einflüsse können jedoch dazu führen, dass eine Abnahme der Leistungsfähigkeit eintritt. Dies ist der Fall, wenn zum einen physische und/oder psychische Überbelastungen durch zu hohe Anforderungen an den Mitarbeiter entstehen, die körperliche bzw. geistige Einschränkungen zur Folge haben. Zum anderen können ein fehlender Aufbau und Erhalt psychischer und kognitiver Kompetenzen durch entsprechende Anforderungen der Arbeit dazu führen, dass Kompensationsstrategien nur geringfügig oder nicht greifen. Nach Warr [War-98] lässt sich zwischen Aufgabentypen ohne Leistungsveränderungen mit dem Lebensalter, Aufgabentypen mit Leistungsverbesserungen sowie -verschlechterungen unterscheiden. Letztere sind jene, die aufgrund schlechter Arbeitsbedingungen gar nicht existieren dürften [Hac-10]. Das Potenzial für eine entlang des Erwerbslebens leistungsfähige Belegschaft in der operativen Logistik liegt demnach in der „gesunden“ körperlichen und psychischen Belastung der Mitarbeiter bei gleichzeitiger Förderung von sich tendenziell positiv ausprägenden Fähigkeiten.

Es stellt sich die Frage, welche Fähigkeiten für die Bewältigung der Aufgaben in der Intralogistik (Kommissionierung, Transport, Verpackung) in welchem Maße gefordert sind und somit Auswirkungen auf die menschliche Leistung mit sich bringen können. Hierfür ist eine Vorauswahl der relevanten kognitiven, psychischen und physischen Fähigkeiten zielführend, um den Erhebungsaufwand in den durchzuführenden Arbeitsanalysen zu reduzieren. Fähigkeiten, die über das Erwerbsleben stabil bleiben (Tabelle 3-3), werden entsprechend nicht in die Betrachtungen einbezogen. Kreativität, Abstraktionsvermögen, dispositives Denken und Führungsfähigkeit sind Fähigkeiten, die grundsätzlich nicht bei der Ausführung operativer, logistischer Tätigkeiten abverlangt werden. Ebenso sollen die Aspekte Loyalität, Selbsteinschätzung, Risikobereitschaft und Urteilsvermögen nicht betrachtet werden, da sie nicht direkt durch die Gestaltung der Arbeitsaufgabe beeinflussbar sind.

Die tendenzielle Abnahme der sensorischen Funktionen mit zunehmendem Erwerbsalter spielt eine untergeordnete Rolle. Besondere Anforderungen an das Hör- und Sehvermögen werden vonseiten der Logistik nicht gestellt. Die Abnahme der Sehschärfe [Oer-02, Sau-93] und Zunahme der Weitsichtigkeit bei älteren Menschen kann durch einfache Maßnahmen kompensiert werden (Sehhilfen, erhöhte Lichtleistung, ausreichend große Beschriftung etc.).













In Bezug auf die kognitive Leistungsfähigkeit existieren erste Untersuchungen, die die Kommissionierung betrachten. Der Informationsfluss und entsprechend die Informationsverarbeitung des Mitarbeiters stellen in der operativen Logistik einen zentralen Punkt dar. Je nach Kommissioniertechnik kommen unterschiedliche Medien zum Einsatz (z. B. Kommissionierzettel, Pick-by-Light, Head Mounted Display des Pick-by-Vision [Rei-07]). Ein Rückgang der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit mit zunehmendem Alter kann bei extremer Belastung (z. B. hohe Informationsmenge und schlechte -struktur inklusive Zeitdruck) Einfluss auf die Leistungsfähigkeit nehmen. Erste Untersuchungen (ohne vorliegendem Zeitdruck) zeigen in der Kommissionierung keine signifikanten Unterschiede zwischen Alt und Jung [Neu-09]. Die festgestellte, geringere Anzahl an Fixationen beim Informationsverarbeitungsprozess in der Kommissionierung mit Auftragsliste weist auf eine Kompensationsstrategie Älterer hin. Sofern der Aufbau von Kompetenzen durch die Arbeitsaufgaben in der operativen Logistik gefördert wird, können diese dafür sorgen, altersbedingte Verluste der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit auszugleichen. Langjährige monotone Aufgaben können hingegen zur Lernentwöhnung führen [Fuc-05].

Gemeinsam mit dem Trend der Abnahme an geistiger Beweglichkeit stellt sich zudem die Frage, inwiefern veränderte Situationen, die z. B. durch Prozessumstellungen zur Tagesordnung der Logistikmitarbeiter gehören, für die Leistungsfähigkeit Älterer relevant sind. Gleiches gilt für Erfahrungs- und betriebsspezifisches Wissen sowie soziale Kompetenz. Im Rahmen der Feldstudie in der operativen Logistik soll eine Erhebung der psychischen und kognitiven Belastung (Monotonie, Zeitdruck, Informationsmenge und -struktur aber auch Handlungsspielraum, Vielseitigkeit und Ganzheitlichkeit der Arbeitsaufgabe etc.) sowie der Belastungshöhe Aufschluss darüber geben, inwiefern und wie stark diese Anforderungen an die Logistikmitarbeiter gestellt werden.

Einen zentralen Punkt zur Bewältigung der Aufgaben der operativen Logistik stellen die Anforderungen der Arbeitsplätze an die körperlichen Fähigkeiten der Mitarbeiter dar. Dabei kann eine hohe Belastung zu körperlichen Einschränkungen führen und eine Leistungsminderung zur Folge haben. Körperkräfte und motorische Fähigkeiten der einzelnen Körperpartien werden bei logistischen Tätigkeiten entlang des Arbeitstages gefordert.

Einen Überblick über die für die Bewältigung der Aufgaben der operativen Logistik typischen Fähigkeiten inklusive Möglichkeiten zur Bewertung der Anforderungen der Arbeitsplätze an die Mitarbeiter zeigt Tabelle 5-1.

Tabelle 5-1: Sich mit zunehmendem Alter verändernde Fähigkeiten mit Relevanz für die Leistungserbringung bei logistischen Tätigkeiten

Fähigkeit	+/-	Anforderung aus der operativen Logistik	Bewertbarkeit
Informationsverarbeitungs-geschwindigkeit		z. B. Auftragsannahme und -bearbeitung	Informationsmenge und -struktur, in Kombination mit Zeitdruck oder Monotonie
Geistige Beweglichkeit		Job Rotation, Prozessumstellungen	Häufigkeit an betrieblichen Veränderungen und Unterbrechungen in Kombination mit Zeitdruck
Koordination, Motorik		Fahren von Flurförderzeugen, Nutzung des erweiterten Greifraums für Aufnahme und Abgabe von Waren	Simultane Aufgaben, Beweglichkeit
Körper- und Muskelkraft		Schieben, Ziehen, Betätigen, Heben, Tragen etc.	Höhe und Dauer körperlicher Belastung
Ausdauer		Schieben, Ziehen, Betätigen, Heben, Tragen etc.	Höhe und Dauer körperlicher Belastung
Widerstandsfähigkeit bei hoher psychischer Belastung		Auftragsschwankungen, Störungen, Termindruck, Zeitfensteranlieferung, -auslieferung etc.	Häufigkeit an betrieblichen Veränderungen und Unterbrechungen in Kombination mit Zeitdruck
Erfahrung, betriebs-spezifisches Wissen		(Sonder-)Abläufe, Wegeoptimierung, Stapel- und Packschema, beförderungs-sicheres Beladen von LKW	Vielseitigkeit und Ganzheitlichkeit der Aufgabe, Handlungsspielraum
Geübtheit		Routine und Qualität in den Abläufen	Einsatzdauer je Aufgabenfeld / Häufigkeit von Tätigkeitswechsel
Ausgeglichenheit, Beständigkeit		Umgang mit Belastungsspitzen, Auftragsschwankungen	Häufigkeit an betrieblichen Veränderungen und Unterbrechungen in Kombination mit Zeitdruck
Sozialkompetenz		Betriebsklima, Umgang mit Kollegen, Absprache bzgl. Arbeitsteilung und -organisation	Soziale Eingebundenheit, Zusammenarbeit, Mitsprache
Selbständigkeit, Zuverlässigkeit, Verantwortungsgefühl		Eigenständiges Arbeiten, Qualität der Arbeit (keine Fehlhandlungen)	Vielseitigkeit und Ganzheitlichkeit der Aufgabe, Handlungsspielraum
Sicherheitsbewusstsein		Umgang mit Flurförderzeugen	Anzahl Arbeitsunfälle

5.2 Definition von Altersklassen

Für eine systematische Untersuchung und Auswertung der Veränderungen mit zunehmendem Alter werden im ersten Schritt Altersklassen definiert. Folgende

5.3 Abgleich von Fähigkeitsverläufen der Literatur mit Daten der betrieblichen Praxis

Einteilung beruht auf einer entwicklungspsychologischen Klassifikation von Staudinger (Kapitel 3.3) und gängigen Unterteilungen der Automobilindustrie (Tabelle 5-2). Die Einstufung in Altersklassen wird so gewählt, dass auch zukünftig eine Vergleichbarkeit mit Ergebnissen aus Industrie und Wissenschaft durch entsprechende Aggregation der Zahlenwerte der Altersklassen gewährleistet ist.

Tabelle 5-2: Entwicklungspsychologische und industrielle Altersklassifikationen im Vergleich

Biolog. Alter	nach Staudinger	Audi AG	BMW Group	Altersklassen
≤ 24	Jugendalter		Gruppe 1	Altersklasse 1
25-34	junges Erwachsenenalter			Altersklasse 2
35-44	mittleres Erwachsenenalter	spätes Mittelalter	Gruppe 2	Altersklasse 3
45-49				Altersklasse 4
50-54		jüngere Senioren	Gruppe 3	Altersklasse 5
55-59	Altersklasse 6			
60-64	Altersklasse 7			
≥ 65	höheres Erwachsenenalter	ältere Senioren		Altersklasse 8

5.3 Abgleich von Fähigkeitsverläufen der Literatur mit Daten der betrieblichen Praxis

Oftmals beruhen alterskorrelierte Veränderungen von Mitarbeitereigenschaften weniger auf biologischen Alterungsprozessen, sondern vielmehr auf während der Arbeitstätigkeit und des Lebens gewonnenen Erfahrungen bzw. belastenden Arbeitsbedingungen, die Beeinträchtigungen und Einschränkungen herbeiführen. Basis der Untersuchung von Altersverläufen bildet eine Auswertung betriebsärztlicher Daten, welche den Querschnitt existierender Einschränkungen in den Altersklassen der Belegschaft eines deutschen, produzierenden Unternehmens darstellen. Aufgrund der Sensibilität der Daten kann keine spezifische Auswertung für die Gruppe der operativen Logistik vorgenommen werden. Ergänzt werden die Ergebnisse um Einschätzungen aus durchgeführten Workshops und Interviews mit Führungskräften produzierender Unternehmen sowie Logistikdienstleistern, um ein reales Abbild der dortigen Gegebenheiten zu erhalten und einen Abgleich mit den theoretischen Veränderungen der Mitarbeiterfähigkeiten (Kapitel 3.4) zu ermöglichen.

5.3.1 Betriebsärztliche Daten zur Entwicklung von körperlichen und kognitiven Einschränkungen über die Altersklassen

Mitarbeiter mit Einschränkungen sind im Sinne dieser Arbeit leistungsgemindert, da sie aufgrund ihres Alters, alters- und/oder berufsbedingtem Verschleiß, Krankheiten oder genetischer Ursachen in ihrer beruflichen Leistungsfähigkeit relevante negative Veränderungen erfahren haben. Einschränkungen führen dazu, dass Mitarbeiter im Kontext ihrer beruflichen Tätigkeit temporär oder auch langfristig nicht voll einsatzfähig sind.

Die folgende Auswertung betriebsärztlicher Daten bezieht sich auf eine Belegschaft von knapp 70.000 Mitarbeitern eines unter anderem an mehreren Standorten in Deutschland produzierenden Unternehmens. Analysiert wird die Häufigkeit von körperlichen Einschränkungen, welche von den Betriebsärzten in einem unternehmensweiten, standardisierten System erfasst werden (Tabelle 5-3). Die Datenbasis umschließt 13.258 Datensätze an Einschränkungen zum Zeitpunkt des Datenexports (Mai 2008). Das in Tabelle 5-3 dargestellte Ergebnis besagt, dass auf 100 Mitarbeiter im Schnitt 19 Einschränkungen entfallen, welche unterschiedlich stark ausgeprägt sein können (z. B. erforderlicher Zeitanteil an Sitztätigkeit oder maximal zulässiges Gewicht für das Heben von Lasten). Sie lassen sich in 24 Merkmalgruppen kategorisieren, wobei sieben Merkmalgruppen keinem Alterseffekt unterliegen und somit den Aussagen nach Kapitel 3.4 entsprechen.

Tabelle 5-3: Auftretenshäufigkeit der sich mit dem Alter verändernden Anzahl an Einschränkungen

Merkmalgruppe	Häufigkeit (n = 70.000)	relativer Anteil (n = 13.258)
1 Heben und Tragen	5,9%	31,0%
2 Beweglichkeit des Rumpfes	2,7%	14,1%
3 Arbeiten über Schulterhöhe	1,8%	9,6%
4 Stehen, Gehen, Sitzen	1,6%	8,3%
5 Beweglichkeit der Kniegelenke	0,8%	4,4%
6 taktabhängiger Arbeitsplatz	0,8%	4,3%
7 Belastung des Nackens	0,6%	3,0%
8 Muskelbelastung der Arme und des Schultergürtels im Stehen/Sitzen	0,5%	2,8%
9 Arbeiten unter hohem Zeit- und/oder Leistungsdruck	0,5%	2,6%
10 Belastung der Unterarme und Hände durch Schlag-, Druck- oder Drehbewegung	0,5%	2,5%
11 Fahr- und Steuerfähigkeit	0,4%	2,3%
12 Unfallgefahren am Arbeitsplatz	0,4%	2,3%
13 Belastung der Finger Anforderungen durch Bewegung und/oder Kraftausübung	0,2%	1,1%
14 Informationsaufnahme	0,2%	0,8%
15 Beweglichkeit der Arme (einschließlich Schultergelenk)	0,1%	0,7%
16 Beleuchtung/Sehvermögen	0,1%	0,5%
17 Schwingungen/Vibrationen	0,0%	0,2%
18 Sonstige, dem Altern nicht unterliegende Einschränkungen (n = 7)	1,8%	9,4%
	19,0%	100,0%

5.3 Abgleich von Fähigkeitsverläufen der Literatur mit Daten der betrieblichen Praxis

Deutlich sichtbar ist, dass die vier Merkmalgruppen mit der höchsten Auftretenshäufigkeit in Zusammenhang mit der Wirbelsäulenbelastung stehen und einen relativen Anteil von insgesamt 63 % einnehmen [Wal-09a]. Die prozentuale Verteilung der Einschränkungen zeigt Abbildung 5-1.

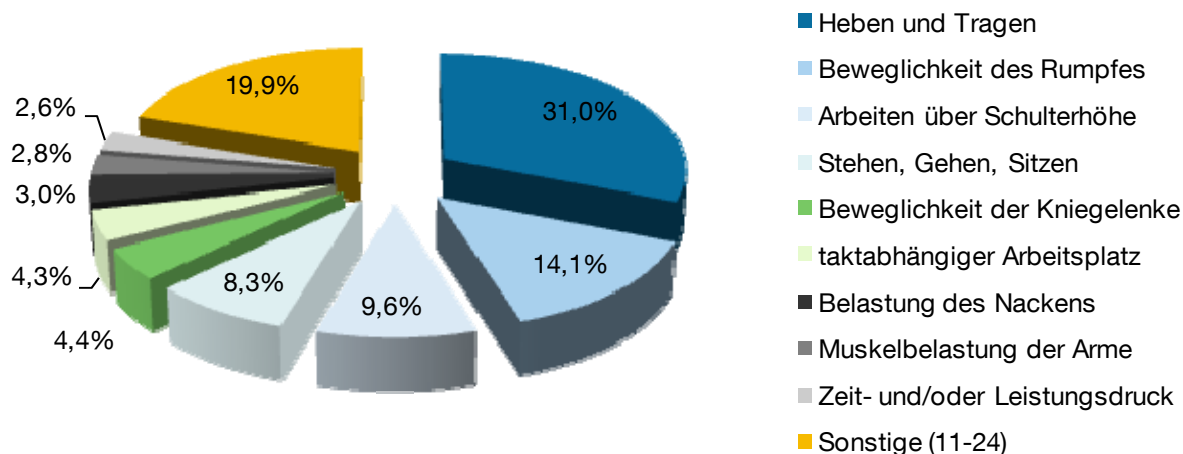


Abbildung 5-1: Prozentuale Verteilung der Einschränkungen [Wal-09a]

Bei Betrachtung der Verteilung der Anzahl an Einschränkungen auf die definierten Altersklassen, lässt sich feststellen, dass deren Anzahl mit zunehmendem Erwerbsalter exponentiell zunimmt (Abbildung 5-2).

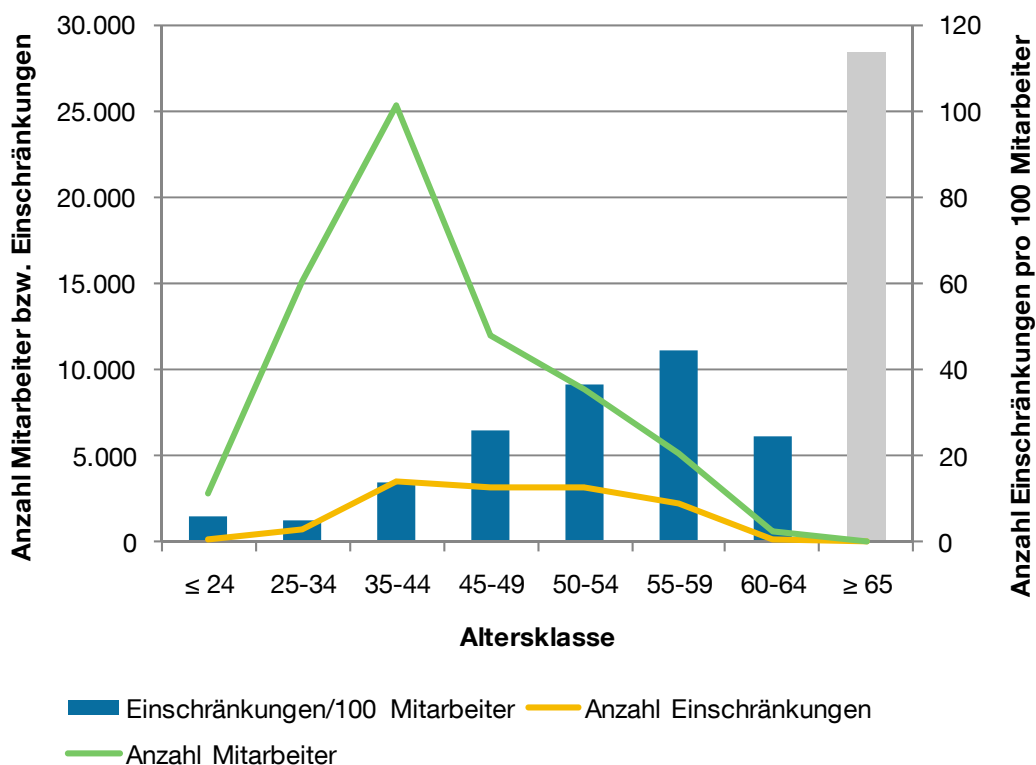


Abbildung 5-2: Entwicklung der Anzahl an Einschränkungen über die Altersklassen [Wal-09b]

Die Altersklasse der über 65-jährigen ist in Abbildung 5-2 mit 22 Datensätzen ($n = 22$) zu klein, um gesicherte Erkenntnisse zu liefern. Der Rückgang an

Einschränkungen in der Altersklasse der 60-64-jährigen Mitarbeiter lässt sich damit erklären, dass Mitarbeiter mit körperlich stark belastenden Berufen, wie unter anderem in der operativen Logistik, vorzeitig aus dem Berufsleben ausscheiden (vgl. Abbildung 2-22). Entsprechend dominiert der Anteil an Mitarbeitern mit „leichteren“ Bürotätigkeiten die Altersklasse. Somit nimmt der Mitarbeiteranteil ohne Einschränkungen verhältnismäßig zu. Die Entwicklung der Einschränkungen über diese Altersklassen spiegelt sich auch in den einzelnen Merkmalgruppen wider (Abbildung 5-3).

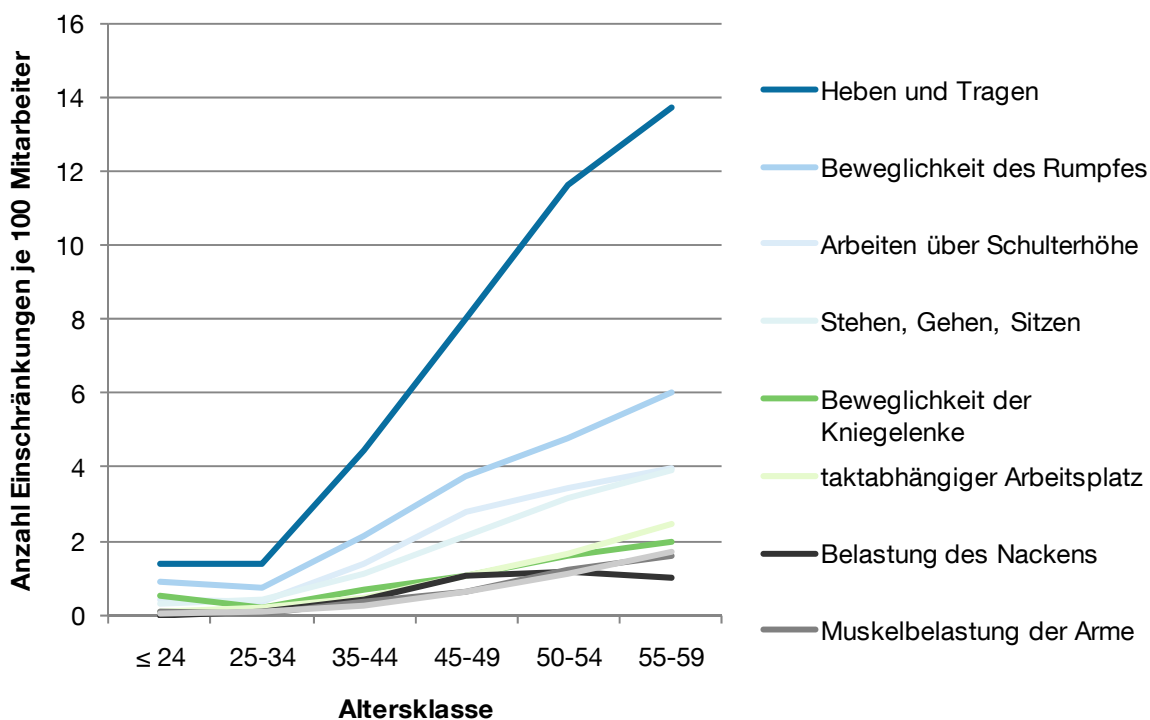


Abbildung 5-3: Entwicklung der Einschränkungen nach Merkmalgruppe über die Altersklassen

Unter den Annahmen, dass sich der prognostizierte demographische Verlauf für das Unternehmen bei gleichbleibender Mitarbeiterzahl einstellt und der Prozentsatz an Einschränkungen je Altersklasse bestehen bleibt, ergibt sich ein Anstieg an Einschränkungen von derzeit 19 auf ca. 25 Einschränkungen pro 100 Mitarbeiter für das Jahr 2018. Dies entspricht einem Anstieg um mehr als 30 %. Der Anstieg sowie die Verteilung der Einschränkungen über die Altersklassen stellt Abbildung 5-4 dar.

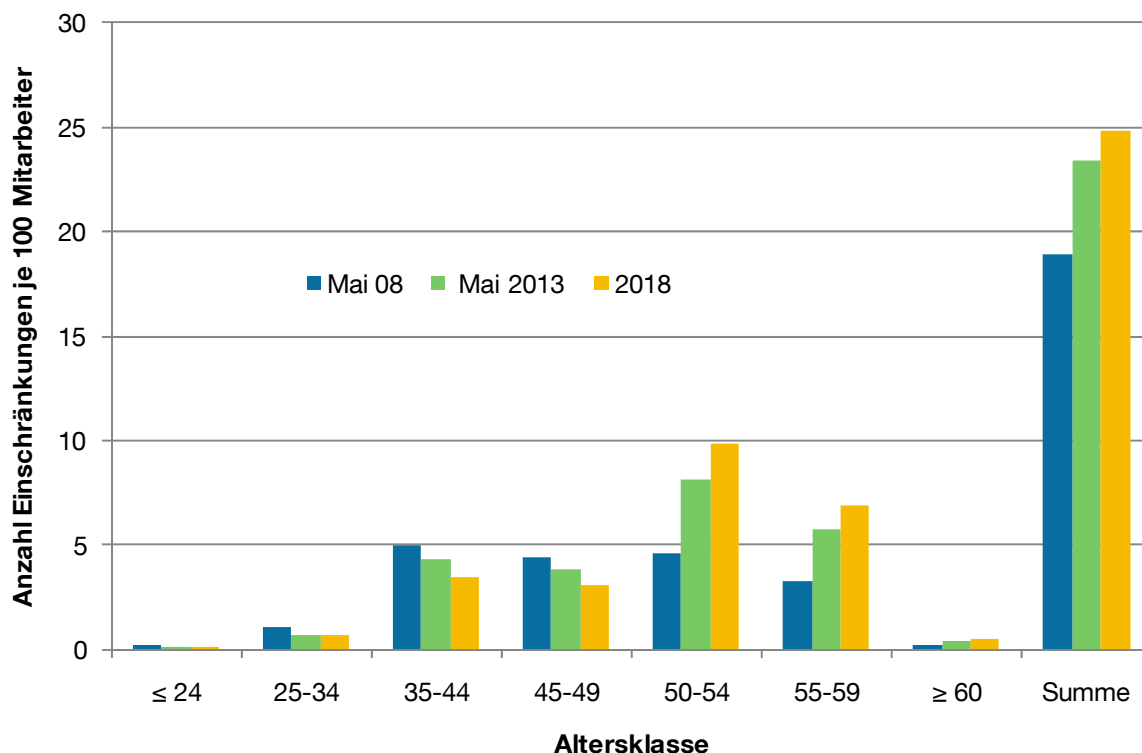


Abbildung 5-4: Entwicklung der Einschränkungen bis 2018, verteilt über die Altersklassen

Ein Mitarbeiter kann grundsätzlich mehrere Einschränkungen gleichzeitig aufweisen. Dies ist dann der Fall, wenn sich Merkmalgruppen untereinander bedingen. Häufig ist eine Einschränkung des Hebens und Tragens mit der Einschränkung in Bezug auf die Rumpfbeugung verbunden. Bei einem durchschnittlichen Wert von ca. 1,8 Einschränkungen pro leistungsgewandeltem Mitarbeiter liegt der Prozentsatz an Mitarbeitern mit Einschränkungen bei gut 10 %. Da sich die Auswertung auf das gesamte Spektrum an Arbeitsplätzen des analysierten Unternehmens bezieht, ist anzunehmen, dass der Anteil an Einschränkungen in der operativen Logistik im Schnitt höher liegt. Vorliegende Vergleichswerte aus dem operativen Logistikbereich eines anderen Unternehmens sprechen bereits derzeit von ca. 25 Einschränkungen pro 100 Mitarbeiter. Dies stellt einen Anteil von knapp 14 % an leistungsgewandelten Logistikern gegenüber durchschnittlich 10,5 % an Leistungsgewandelten bezogen auf die Gesamtbelegschaft dar.

5.3.2 Einschätzung von Personal- und Führungskräften produzierender Unternehmen zu den Fähigkeiten älterer Mitarbeiter

Im Rahmen eines Workshops wurden 29 Vertreter aus Wirtschaft (Produktionsleiter, Personalleiter, Betriebsrat, Sicherheitsfachkräfte) und Forschung zur Abgabe ihrer Einschätzung in Bezug auf die Schwächen und Stärken älterer Arbeitnehmer (≥ 50)

Jahre) in Produktion und operativer Logistik aufgerufen. Die Einordnung der Fähigkeiten erfolgte nach folgender fünfstufiger Skala:

- 1 (rot) stark abnehmende Fähigkeit
- 2 tendenziell abnehmende Fähigkeit
- 3 (gelb) tendenziell gleichbleibende Fähigkeit
- 4 tendenziell zunehmende Fähigkeit
- 5 (grün) stark zunehmende Fähigkeit

Abbildung 5-5 und Abbildung 5-6 zeigen den Ergebnisraum der Nennungen sowie jeweils das arithmetische Mittel zur einzuschätzenden Fähigkeit oder Kompetenz. Während Abbildung 5-5 auf die nach Kapitel 5.3.4 für die Logistik relevanten Fähigkeiten eingeht, ergänzt Abbildung 5-6 das Spektrum, um einen kompletten Abgleich zu den Aussagen der Literatur nach Kapitel 3.4 durchführen zu können.

Die körperliche Belastbarkeit und die motorischen Fähigkeiten älterer Mitarbeiter der Produktion und Logistik werden von den Befragten durchweg als stark abnehmend eingestuft. Dabei stellen die Überkopfarbeit und das Handhaben von Lasten in Kombination mit der Rumpfbeugung aus Sicht der Befragten für ältere Mitarbeiter die größten Probleme dar.

Einfache kognitive Fähigkeiten der fluiden Intelligenz (Kurzzeitgedächtnis, Merkfähigkeit, Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit etc.) werden als tendenziell abnehmend angesehen. Probleme mit Job Rotation und eine abneigende Haltung gegenüber die Arbeit betreffende Veränderungen werden oft in Zusammenhang mit einer fehlenden geistigen Beweglichkeit Älterer genannt. Die allgemeine psychische Belastbarkeit wird als recht stabil über das Erwerbsleben bewertet.

Demgegenüber schätzen die Befragten die psychischen Fähigkeiten (Selbstständigkeit, Zuverlässigkeit, Arbeitsmoral etc.) sowie die höheren kognitiven Fähigkeiten der kristallinen Intelligenz (Erfahrungswissen, globales Verständnis etc.) als stark zunehmend ein.

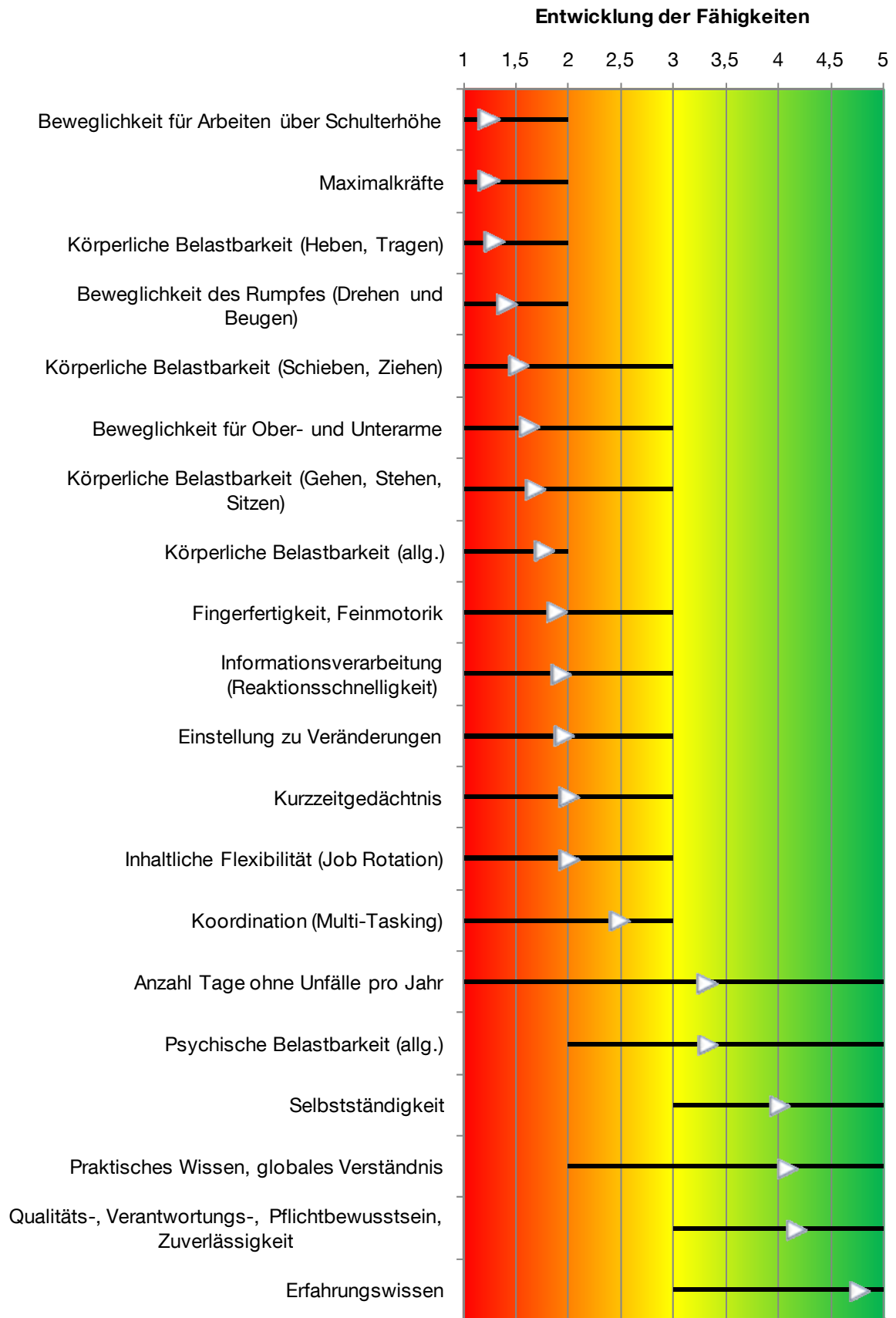


Abbildung 5-5: Einschätzung von Personal- und Führungskräften zu logistikrelevanten Stärken und Schwächen älterer Arbeitnehmer (≥ 50 Jahre) in Produktion und operativer Logistik (rot: stark abnehmend, gelb: gleichbleibend, grün stark zunehmend)

Unter den weiteren Stärken und Schwächen älterer Mitarbeiter aus Produktion und Logistik sind in Abbildung 5-6 jene aufgeführt, die für die Erhebung des Belastungsprofils ausgeschlossen wurden. Im Allgemeinen wird diesen von den Befragten ein stabiler Verlauf im Zusammenhang mit dem Altern zugeschrieben. Lediglich der Risikobereitschaft wird eine tendenzielle Abnahme bescheinigt, wohingegen die Loyalität Älterer gegenüber dem Unternehmen zunimmt.

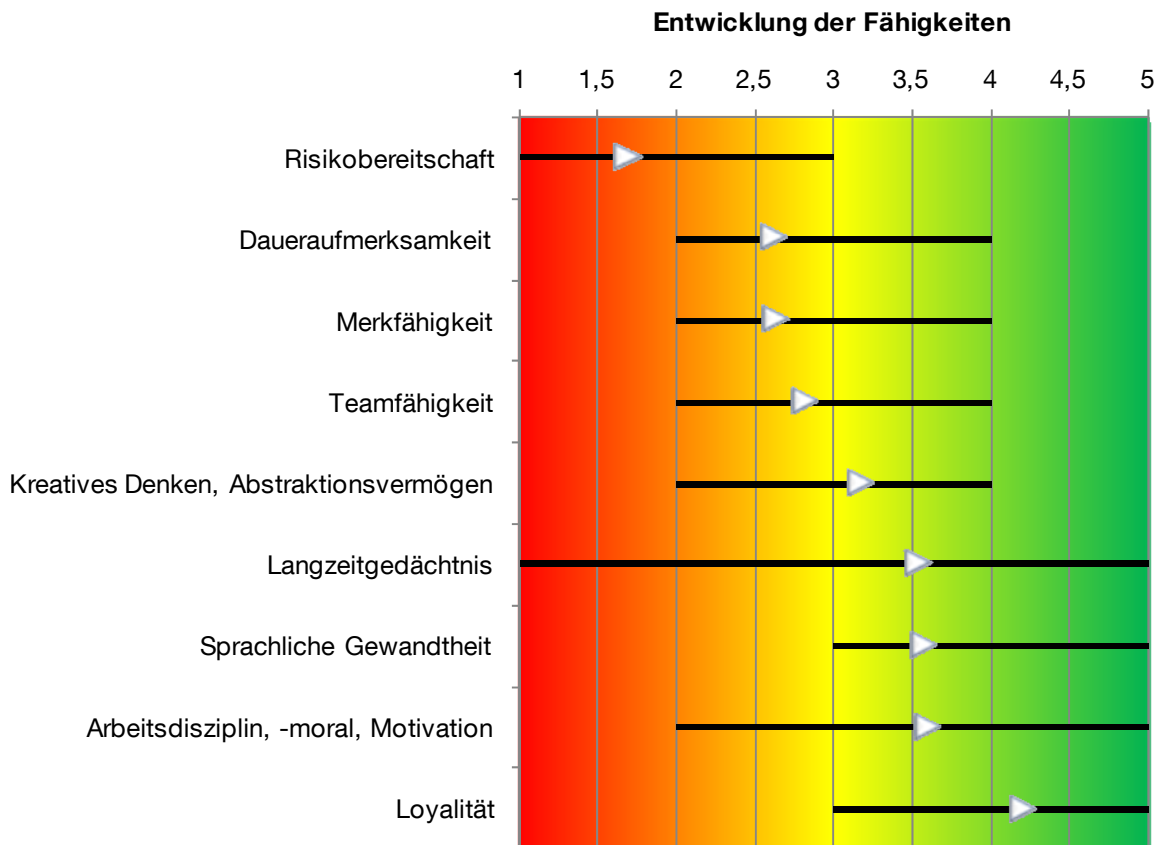


Abbildung 5-6: Einschätzung von Personal- und Führungskräften zu weiteren Stärken und Schwächen älterer Arbeitnehmer (≥ 50 Jahre) in Produktion und operativer Logistik (rot: stark abnehmend, gelb: gleichbleibend, grün stark zunehmend)

Einen Überblick über die Kategorien der sich mit zunehmendem Alter verändernden Fähigkeiten zeigt Abbildung 5-7. Die Ergebnisse entsprechen bis auf Ausnahmen den quantitativen und qualitativen Aussagen der Literatur. Die Bewertung der Anzahl an Betriebsunfällen älterer Arbeitnehmer streuen sehr stark. Der Literatur ist zu entnehmen, dass mit zunehmendem Alter die Anzahl an Arbeitsunfällen tendenziell sinkt. Gleichmaßen verteilen sich die Aussagen zur Veränderung des Langzeitgedächtnisses, dem die Literatur einen stabilen Erhalt über das Arbeitsleben bescheinigt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass vonseiten der Befragten die physischen Fähigkeiten als stark abnehmend im Zusammenhang mit der Alterung

5.3 Abgleich von Fähigkeitsverläufen der Literatur mit Daten der betrieblichen Praxis

der Belegschaft in Produktion und Logistik angesehen werden. Demgegenüber werden Älteren gute kognitive Fähigkeiten der kristallinen Intelligenz zugeschrieben. Die Einschätzung der Personal- und Führungskräfte der Unternehmen sowie der Forschung deckt sich damit mit den allgemeinen Aussagen über Veränderungen mit zunehmendem Alter aus der Literatur.

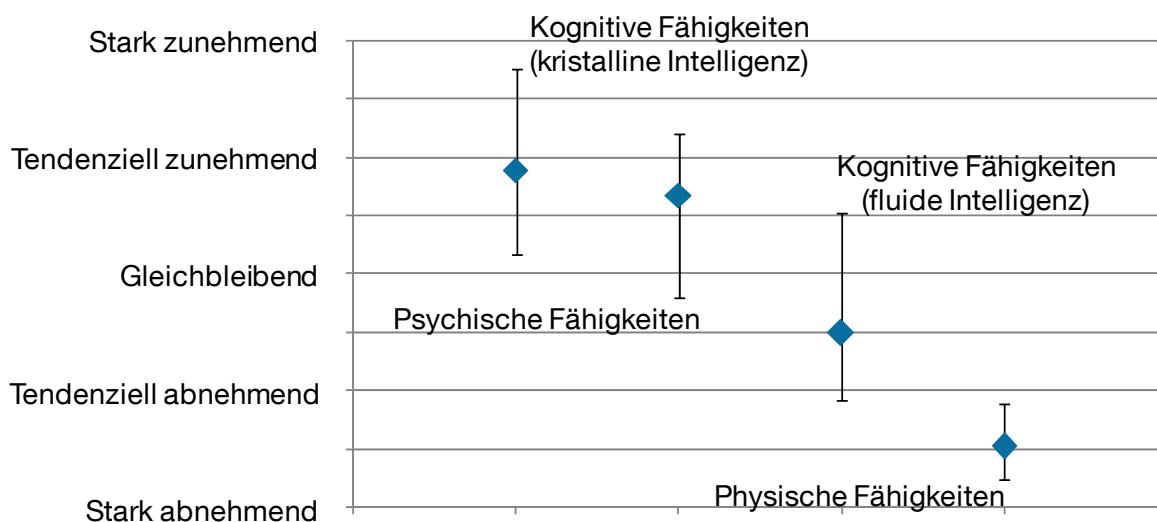


Abbildung 5-7: Veränderung der Fähigkeiten mit zunehmendem Alter nach Kategorien

5.3.3 Befragung von Führungskräften der operativen Logistik

Eine Befragung unter 32 Führungskräften der operativen Logistik (Schichtführer, Meister, operative Leiter etc.) in 21 Unternehmen (vornehmlich Logistikdienstleister, Automobilproduzent, Zulieferer) soll speziell die Erfahrung von operativ in der Logistik tätigen Führungskräften aufgreifen. Zudem wird ein Vergleich zwischen den Stärken und Schwächen jüngerer und älterer operativer Logistikmitarbeiter angestrebt. Auf die Frage, welche Probleme aus ihrer Sicht einerseits jüngere (< 45 Jahre) und andererseits ältere (≥ 45 Jahre) operative Logistikmitarbeiter im Zusammenhang mit ihrer Arbeit haben, hatten die Befragten jeweils drei von sechs Antwortmöglichkeiten auszuwählen und eine Rangfolge zu bilden.

Zu den häufigsten Nennungen der Probleme jüngerer Logistikmitarbeiter zählen aus Sicht der Führungskräfte die fehlende Motivation sowie der Umgang mit Zeit- und Leistungsdruck (Abbildung 5-8). Ursachen hierfür können in der Umstellung von Schule auf Berufsleben bei Berufseinsteigern aber auch im steigenden Erwartungsdruck der Gesellschaft und des Unternehmens liegen. Familien- und Freizeitorientierung Jüngerer sowie geringe Aufstiegsmöglichkeiten in der operativen Logistik (geringe Joborientierung im Gegensatz zu Akademikern) können weiterhin

ein Grund für die fehlende Motivation sein. Jedoch darf nicht außer Acht gelassen werden, dass insbesondere die Führungskräfte für die Motivation der Mitarbeiter verantwortlich sind. Älteren Logistikmitarbeitern werden hingegen wesentlich seltener Motivationsprobleme zugeschrieben.

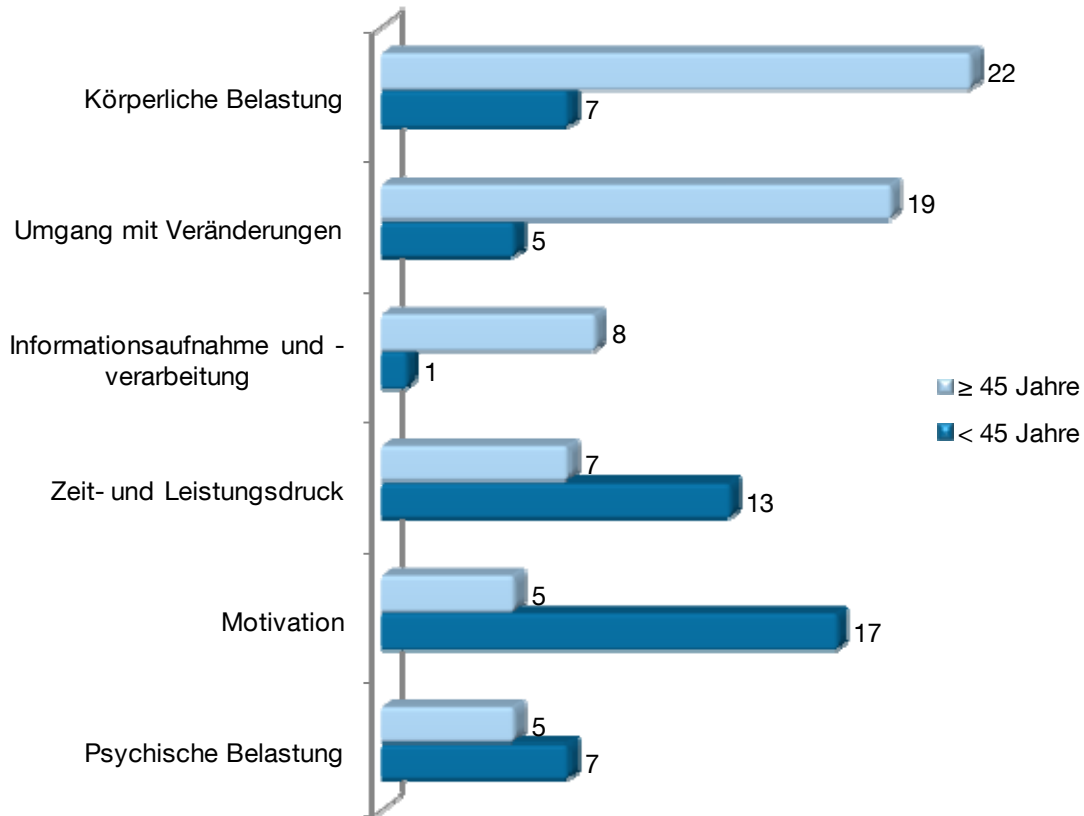


Abbildung 5-8: Einschätzung von Führungskräften der operativen Logistik im Hinblick auf die Probleme ihrer jüngeren und älteren Logistikmitarbeiter nach Häufigkeit der Nennung

Gut zwei Drittel der befragten Führungskräfte sehen bei älteren Logistikmitarbeitern ein Problem in Bezug auf die körperliche Belastbarkeit, gefolgt von Problemen im Umgang mit Veränderungen. Bei Zweitgenanntem spielt die Art, wie Veränderungen im Unternehmen implementiert werden, eine große Rolle. Eine sinkende körperliche Belastbarkeit steht nachweisbar im Zusammenhang mit einem langjährigen Einsatz in einer zu stark belastenden Tätigkeiten.

Die Auswertung zu den Einschätzungen unter Einbezug der Gewichtung der Antworten nach Rangfolge, in der sie von den Führungskräften benannt wurden, stellt ein ähnliches Bild dar (Abbildung 5-9). Hier ist die deutliche Diskrepanz zwischen Jung und Alt bei Problemen mit der körperlichen Belastung, dem Umgang mit Veränderungen und der Motivation sichtbar.

5.3 Abgleich von Fähigkeitsverläufen der Literatur mit Daten der betrieblichen Praxis

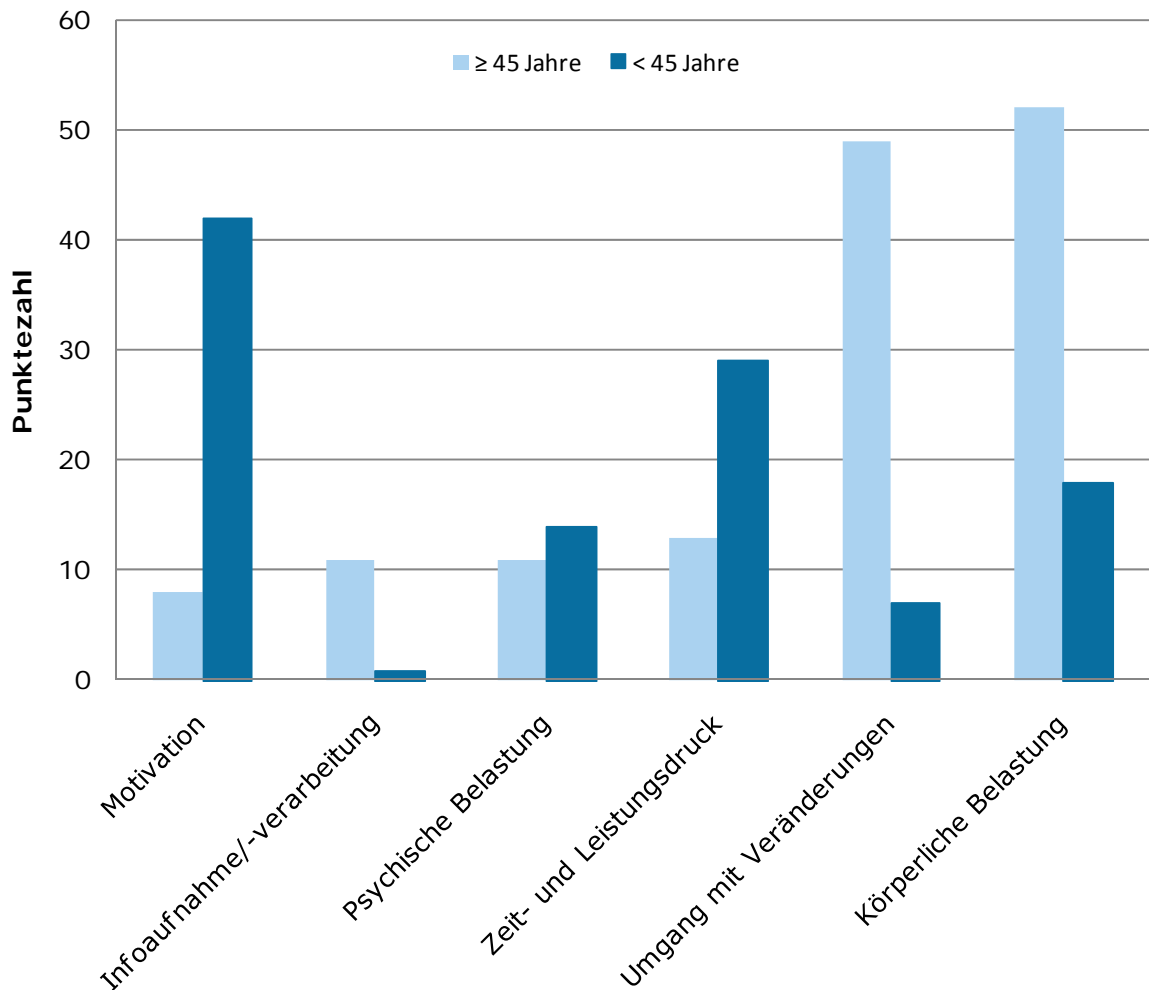


Abbildung 5-9: Einschätzung von Führungskräften der operativen Logistik im Hinblick auf die Probleme ihrer jüngeren und älteren Logistikmitarbeiter nach gewichteter Rangfolge

Ein weiteres Differenzierungsmerkmal zwischen Jung und Alt stellt nach Ansicht der Führungskräfte die Informationsaufnahme und -verarbeitung bei Logistikmitarbeitern dar. Die höhere Gedächtnisleistung in jüngeren Jahren wie auch die noch nicht allzu lang zurückliegende Lernzeit können Gründe für die Einschätzung der Führungskräfte darstellen, Jüngeren hier weniger Probleme zuzurechnen. Hinsichtlich des Umgangs mit psychischer Belastung besteht bei den unterschiedlichen Altersgruppen kein Unterschied. Sowohl Jüngere und Ältere haben hier teilweise Probleme. Neben den aufgeführten Merkmalen Älterer werden abseits der Antwortmöglichkeiten weitere Probleme angemerkt. Hierzu zählen geringere Reisebereitschaft, größere Angst vor Arbeitsverlust, weniger Flexibilität und die Angabe, dass Ältere sich ungern von Jüngeren etwas sagen lassen wollen.

5.3.4 Fähigkeitsprofil des alternden Menschen für die operative Logistik

Die Aussagen von Führungskräften sowie die Datenauswertungen in der Praxis decken sich mit den aus der Wissenschaft bekannten typischen Veränderungen der Fähigkeiten und Kompetenzen mit zunehmendem Erwerbsalter. Aus allen Erhebungen geht hervor, dass die körperliche Belastung älteren Logistikmitarbeitern besonders zu schaffen macht bzw. deren körperliche Belastbarkeit tendenziell abnimmt. Die Zahlen der betriebsärztlichen Daten belegen, dass die die körperliche Arbeit betreffenden Merkmale an Einschränkungen exponentiell zunehmen. Mit knapp 15 Einschränkungen pro 100 Mitarbeiter stehen diese im Vordergrund von Ausfallzeiten oder geringerer Einsatzflexibilität der Mitarbeiter. Ein Blick auf die Ergebnisse stellt hier die vier im Zusammenhang mit der Wirbelsäulenbelastung auftretenden Einschränkungen heraus, welche auch aus Sicht der befragten Führungskräfte zu den entscheidenden Schwächen älterer Mitarbeiter aus Produktion und Logistik zählen:

- Heben und Tragen von Lasten
- Rumpfbeugung und -drehung
- Arbeiten über Schulterhöhe
- Verteilung zwischen Gehen, Stehen und Sitzen

Mit lediglich drei Einschränkungen pro 100 Mitarbeiter fallen in Bezug auf die betriebsärztlichen Daten die Einschränkungen hinsichtlich der kognitiven und psychischen Leistungsfähigkeit weit weniger ins Gewicht. Zeit- und Leistungsdruck, z. B. durch eine Taktabhängigkeit des Arbeitsplatzes, schränken den Handlungsspielraum der Mitarbeiter ein und führen bei hoher Arbeitsfrequenz zu psychischer Belastung. Die psychische Belastung spielt im Allgemeinen aus Sicht der befragten Logistikführungskräfte sowohl bei Jung als auch bei Alt eine untergeordnete Rolle. Im Hinblick auf Zeit- und Leistungsdruck stehen sogar Jüngere vor größeren Problemen, da hier im Alter die Ausgeglichenheit und Beständigkeit zum Tragen kommt.

Viele Aspekte der kognitiven und psychischen Leistungsfähigkeit lassen sich durch den Betriebsarzt nicht als Einschränkung erfassen, wie z. B. das Fehlen von Erfahrungswissen. Jenem wird vonseiten der Personal- und Führungskräfte gemeinsam mit Selbstständigkeit und Zuverlässigkeit eine Zunahme im Alter bescheinigt. Demgegenüber stehen eine tendenzielle Abnahme der

Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit und Probleme Älterer im Umgang mit Veränderungen, z. B. auch in Form der Job Rotation.

Als Fazit des Fähigkeitsprofils eines alternden Logistikers lässt sich festhalten, dass die körperliche Belastbarkeit im Zusammenhang mit einer alternden Belegschaft in den Vordergrund zu rücken ist. Gerade die zahlenmäßig gut belegbare Zunahme an Muskel-Skelett-Erkrankungen bei Älteren zählt in der Praxis zu den am häufigsten genannten Gründen für krankheitsbedingte Fehlzeiten, geringere Einsatzflexibilität oder auch verminderte Leistungsfähigkeit. Unbestritten ist, dass das Handhaben von Lasten erheblichen Anteil am Krankheitsgeschehen hat.

Mit den Ergebnissen stehen die für eine altersgerechte Arbeitsgestaltung in der operativen Logistik relevanten Veränderungen an Mitarbeiterfähigkeiten parat. Im Folgenden ist zu klären, inwiefern das Belastungsprofil der logistischen Tätigkeiten eine Förderung tendenziell zunehmender Fähigkeiten unterstützt bzw. tendenziell abnehmende Fähigkeiten durch eine „gesunde“ physische und psychische Belastung erhält. Hierzu werden die Ergebnisse der im Rahmen einer Feldstudie durchgeführten Arbeitsanalysen diskutiert, aus welchen sich die heutigen Anforderungen an die Fähigkeiten der Logistikmitarbeiter ableiten.

5.4 Vorgehen zum Abgleich von Fähigkeiten und Arbeitsanalysemerkmalen

Das Vorgehen zum Abgleich der vorausgewählten Fähigkeiten mit den Merkmalen der Arbeitsanalyseverfahren (Analysemerkmale) ist in Abbildung 5-10 dargestellt. Auf Basis einer Zusammenstellung an Merkmalen der in Kapitel 4.2 aufgeführten Analyseverfahren (1) werden die Anforderungen bzw. das Belastungsprofil der Logistikarbeitsplätze erhoben. Mehrere Merkmale können hier die gleiche Fähigkeit oder Kompetenz (2) des Mitarbeiters ansprechen. Beispielsweise lässt sich die „soziale Eingebundenheit“ (3) über die Analysemerkmale „Zusammenarbeit“ und „Information und Mitsprache“ (4) erfassen. Diese stellt wiederum ein Indiz dafür dar, inwiefern die „Sozialkompetenz“ (5) des Logistikmitarbeiters gefordert wird. Je nach Anforderungshöhe lässt sich eine Aussage treffen, ob eine Überforderung, eine „gesunde“ Anforderung oder eine Unterforderung der Fähigkeit oder Kompetenz besteht. In Abhängigkeit der Messbarkeit der Anforderung bzw. Art der Erhebung des Analysemerkmals ist eine quantitative oder qualitative Aussage möglich. Am Beispiel „Sozialkompetenz“ (Abbildung 5-10) lässt sich darauf rückschließen, ob am

Arbeitsplatz die Voraussetzung gegeben ist, dass ältere Mitarbeiter ihre tendenziell zunehmende Fähigkeit der Sozialkompetenz einsetzen und aufbauen können.

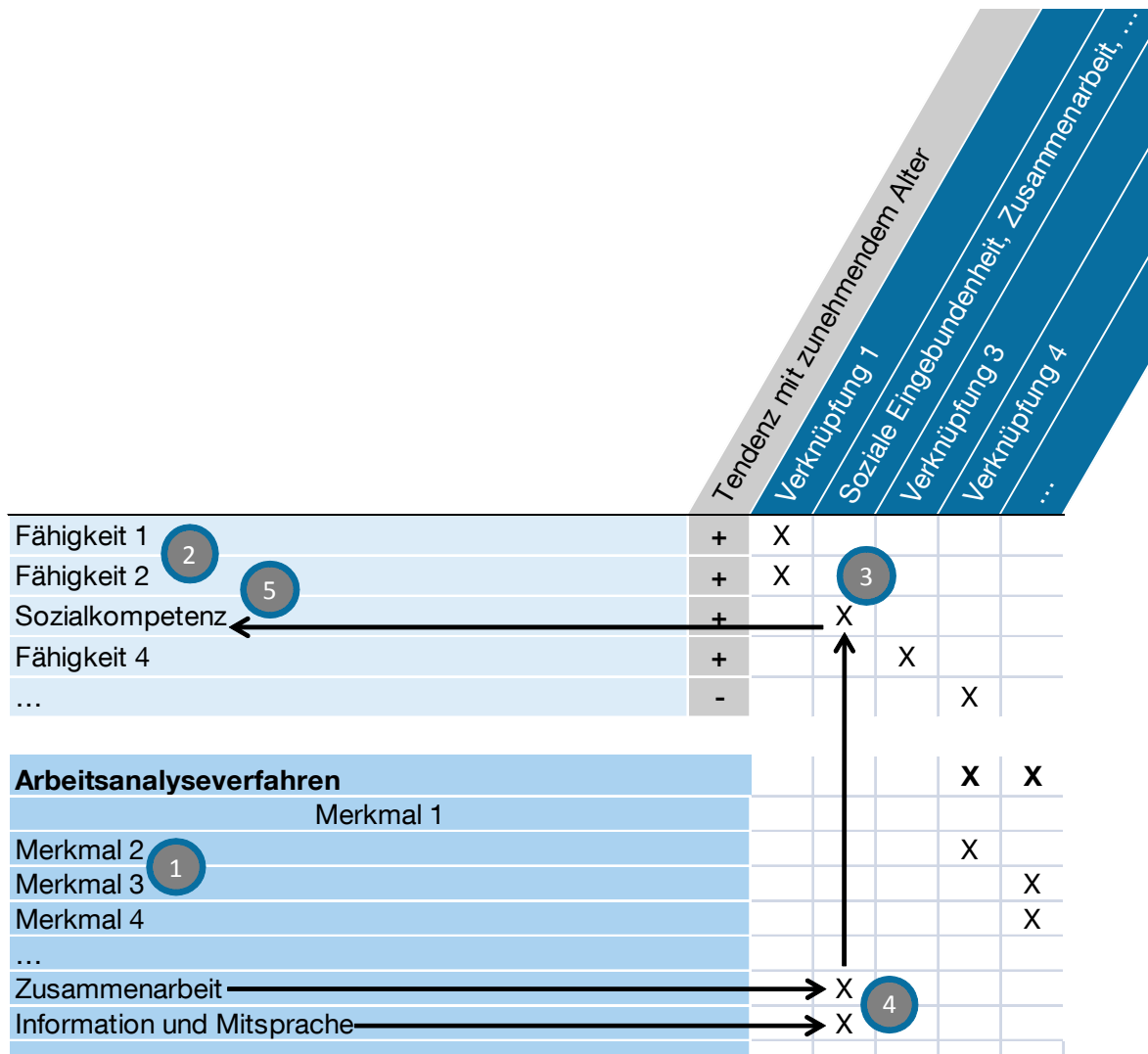


Abbildung 5-10: Vorgehen zum Abgleich von Fähigkeiten und Analysemerkmalen

Mit den vor dem Hintergrund der demographischen Entwicklung zu berücksichtigenden logistikrelevanten Mitarbeiterfähigkeiten (Kapitel 5.1) und den entsprechenden Analysemerkmalen (Kapitel 4.2) ergibt sich eine Analyseverfahren nach Tabelle 5-4 und Tabelle 5-5, die zur Erfassung der Altersgerechtigkeit von Logistikarbeitsplätzen eingesetzt werden kann.

5.4 Vorgehen zum Abgleich von Fähigkeiten und Arbeitsanalysemerkmalen

Tabelle 5-4: Zusammenhang zwischen Mitarbeiterfähigkeiten und mit Arbeitsanalyseverfahren erfassbaren Merkmalen

Fähigkeit	Tendenz mit zunehmendem Alter Vielseitigkeit, Ganzheitlichkeit, Handlungsplektrum Soziale Eingebundenheit, Zusammenarbeit, Mitsprache Dauerle Aufgabe / Häufigkeit v. Tätigkeitswechsel Anzahl Arbeitsunfälle Zeitdruck Monotonie Häufigkeit an betrieblichen Veränderungen Unterbrechungen Simultane Aufgaben Beweglichkeit Höhe und Dauer körperlicher Belastung										
Erfahrung, betriebsspezifisches Wissen	+	X									
Selbstständigkeit, Zuverlässigkeit, Verantwortungsgefühl	+	X									
Sozialkompetenz	+		X								
Geübtheit	+			X							
Sicherheitsbewusstsein	+				X						
Ausgeglichenheit, Beständigkeit	+					X	X	X	X		
Widerstandsfähigkeit bei hoher psychischer Belastung	-					X	X	X	X		
Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit	-					X	X		X	X	
Geistige Beweglichkeit	-					X	X	X	X	X	
Koordination, Motorik	-								X	X	
Körper- und Muskelkraft	-									X	
Ausdauer	-									X	
Merkmale der Arbeitsanalyseverfahren											
ABATech						X	X			X	X
Überwiegende Arbeitshöhe im Stehen											X
Belastung des Nackens											X
Arbeiten über Schulterhöhe											X
Beweglichkeit des Rumpfes									X		
Beweglichkeit der Arme (einschließl. Schultergelenk)									X		
Muskelbelastung der Arme ... (Schieben, Ziehen, ...)											X
Belastung der Unterarme und Handgelenke											X
Belastung der Finger											X
Beweglichkeit der Kniegelenke									X		
Stehen, Gehen, Sitzen											X
Taktabhängiger Arbeitsplatz						X					
Informationsaufnahme						X					
Unfallgefahren am Arbeitsplatz						X					
Leitmerkmalmethode											X
Heben, Tragen, Halten von Lasten											X
RHIA/VERA Teil D						X	X		X	X	
Informatorische Erschwerungen diskreter Prozesse								X			
Informatorische Erschwerungen kontinuierlicher Prozesse								X			
Motorische Erschwerungen der Fortbewegung								X		X	
Motorische Erschwerungen der Körperbewegung								X		X	
Motorische Erschwerungen der Handhabung								X		X	
Motorische Erschwerungen der Bedienung								X		X	
Unterbrechungen durch Personen								X			
Unterbrechungen durch Funktionsstörungen								X			
Unterbrechungen durch Blockierungen								X			
Monotonie							X				
Zeitdruck						X					

Tabelle 5-5: Zusammenhang zwischen Mitarbeiterfähigkeiten und mit Arbeitsanalyseverfahren erfassbaren Merkmalen (Fortsetzung)

Fähigkeit	Tendenz mit zunehmendem Alter	Vielseitigkeit	Ganzheitlichkeit	Handlungsspielraum	Soziale Eingebundenheit, Zusammenarbeit, Mitsprache	Dauer je Aufgabe / Häufigkeit v. Tätigkeitswechsel	Anzahl Arbeitsunfälle	Zeitdruck	Monotonie	Häufigkeit an betrieblichen Veränderungen	Unterbrechungen	Simultane Aufgaben	Beweglichkeit	Höhe und Dauer körperlicher Belastung
Erfahrung, betriebsspezifisches Wissen	+	X												
Selbstständigkeit, Zuverlässigkeit, Verantwortungsgefühl	+	X												
Sozialkompetenz	+		X											
Geübtheit	+			X										
Sicherheitsbewusstsein	+				X									
Ausgeglichenheit, Beständigkeit	+					X	X	X	X					
Widerstandsfähigkeit bei hoher psychischer Belastung	-					X	X	X	X					
Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit	-					X	X		X	X				
Geistige Beweglichkeit	-					X	X	X	X	X				
Koordination, Motorik	-									X	X			
Körper- und Muskelkraft	-													X
Ausdauer	-													X
Merkmale der Arbeitsanalyseverfahren														
KFZA		X	X							X				X
Handlungsspielraum		X												
Vielseitigkeit		X												
Ganzheitlichkeit		X												
Zusammenarbeit			X											
Information und Mitsprache			X											
Qualitative Arbeitsbelastung														X
Quantitative Arbeitsbelastung														X
Arbeitsunterbrechungen									X					
Befragung (EKIDES) & Auswertung				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Arbeiten über Schulterhöhe														X
Schieben und Ziehen														X
Heben und Tragen von Lasten														X
Nacken														X
Überschreiten des Greifraums (Schultergelenk)											X			
Bücken und Beugen des Oberkörpers											X			
Kniegelenke (Hocken)											X			
Anteil des Gehens														X
Anteil des Sitzens														X
Anteil des Stehens														X
Handgelenke und Finger														X
Monotonie								X						
Zeit- und Leistungsdruck					X									
Veränderungen (Prozessumstellung etc.)								X						
simultane/parallele Aufgaben										X				
Störungen durch Personen									X					
Häufigkeit von Aufgaben-/Tätigkeitswechsel			X											

5.5 Erhebung des Belastungsprofils von Arbeitsplätzen der operativen Logistik

Das Belastungsprofil der Arbeitsplätze der operativen Logistik soll zum einen die Anforderungen an die Logistikmitarbeiter darstellen und andererseits Aussagen zur Anforderungshöhe der Analysemerkmale ermöglichen. Ausgehend von einer Auflistung der im Rahmen der Dissertation analysierten Logistikarbeitsplätze und der jeweils angewandten Verfahren werden die Ergebnisse separat nach Arbeitsanalyseverfahren diskutiert. Eine abschließende, übergreifende Betrachtung führt die einzelnen Erkenntnisse aus den Analysen zusammen.

5.5.1 Betrachtungsgegenstand

Entsprechend den Aufgaben und Tätigkeiten in der operativen Logistik (Kapitel 2.3.2) werden Arbeitsplätze in der manuellen Kommissionierung mit/ohne Flurförderzug (FFZ), der Verpackung sowie der Warenbereitstellung in der Produktion mit unterschiedlichen FFZ analysiert. Zur Identifikation logistikspezifischer Belastungen sind Produktionsarbeitsplätze (Fertigung und Montage) in die Betrachtung mit einbezogen. Deren körperliche Belastung hängt insofern auch von der operativen Logistik ab, als dass z. B. die Geometrie des Bereitstellregals mit den zu montierenden Artikeln Einfluss auf die Körperhaltung des Monteurs bei der Entnahme hat. Die Ergebnisse dienen primär dazu, die wesentlichen Belastungen logistischer Tätigkeiten zu identifizieren. Zudem kann eine Abschätzung der Anforderungshöhe für einzelne Bewertungsmerkmale in Bezug auf logistische Tätigkeit und Analyseumfeld bzw. Unternehmen erfolgen.

Das Spektrum an Arbeitsplätzen umfasst alle gängigen Funktionen und Ausprägungen operativer Arbeit, von unterschiedlicher Artikelgeometrie (Kleinteile, Großteile) über verschiedene Greifeinheiten (Kleinladungsträger KLT, Einzelteile, Gebinde) in den Branchen produzierender Unternehmen, Logistikdienstleister und Zwischenhändler. Eine Übersicht über die untersuchten Arbeitsplätze sowie die jeweils eingesetzten Arbeitsanalyseverfahren zeigt Tabelle 5-6.

Tabelle 5-6: Übersicht über die analysierten Arbeitsplätze und eingesetzten Analyseverfahren

		Betrachtungsgegenstand	Anzahl sich unterscheidender Arbeitsplätze	Anzahl physisch vorhandener Arbeitsplätze	Anzahl Mitarbeiter in Betrachtungsfeld	ABA / LMM	KFZA & RHIA/VERA Teil D	Befragung über EKIDES
Fertigung und Montage	Weit getaktete Serienmontage von Antriebsstrangkomponenten inkl. Warenbereitstellung durch Monteur/Logistiker	11	12	ca. 29	X			
	Weit getaktete Fertigung von Kammerbeuteln	3	13	ca. 48	X			
	Getaktete Fließbandmontage von sperrigen Waren	3	18	36	X			
Verpackung	Verpackung von klein- und mittelgroßen Fahrzeuersatzteilen	5	23	ca. 55	X			
	Verpackung von Klein- bis Großteilen durch Logistikdienstleister	2	4	8	X	X		
	Verpackung und Konsolidierung elektronischer Gerätekomponenten	4	7	ca. 16		X	X	
	Verpackung von klein- und mittelgroßen Fahrzeuersatzteilen	2	4	ca. 19	X		X	
Kommissionierung	Manuelle Kommissionierung (Mann zur Ware) von klein- und mittelgroßen Teilen zur Versorgung der Produktion von Haushaltsgeräten	1	2	5	X			
	Manuelle Kommissionierung (Mann zur Ware) von klein- und mittelgroßen Fahrzeuersatzteilen	2	22	ca. 55	X			
	Manuelle Kommissionierung (Mann zur Ware) von KLT zur Versorgung der Produktion von elektronischen Gerätekomp.	2	4	ca. 9	X	X	X	
	Manuelle Kommissionierung (Mann zur Ware) von Gebinden im Regionallager des Handels	2	ca. 20	128	X			
	Manuelle Kommissionierung im Ansatzbereich zur Herstellung von Lösungen	3	3	9	X			
	Manuelle Kommissionierung (Mann zur Ware) von Gebinden im Pharmakonzern	2	2	ca. 40	X			
	Manuelle Abstapelung von Fahrzeugpressteilen	3	14	ca. 50	X			
Transport	Bereitstellung von Waren für die Produktion per Stapler, Niederhubkommissionierer, Schlepper	4	ca. 12	ca. 30	X			
Logistikdienstleistung	Wareneingang, Kommissionierung mit/ohne FFZ, Konsolidierung von Klein- bis Großteilen durch Logistikdienstleister	9	ca. 14	ca. 30		X		

5.5.2 Ergebnisse der physischen Arbeitsanalysen mit ABATech und Leitmerkalmethode

Die Ergebnisse der insgesamt 45 mit ABATech (Kapitel 4.2.1) und der Leitmerkalmethode (Kapitel 4.2.2) durchgeführten Arbeitsanalysen zeigt Abbildung 5-11. Die Grafik stellt für jedes Belastungsmerkmal den prozentualen Anteil der analysierten Arbeitsplätze mit niedrigem, möglichem und erhöhtem Risiko an Gesundheitsschäden des Mitarbeiters dar. Zusätzlich zu den drei Risikokategorien ist in blau aufgeführt, wenn ein Belastungsmerkmal im Rahmen der Analyse nicht zu bewerten ist bzw. die zu analysierende Tätigkeit das Merkmal nicht betrifft.

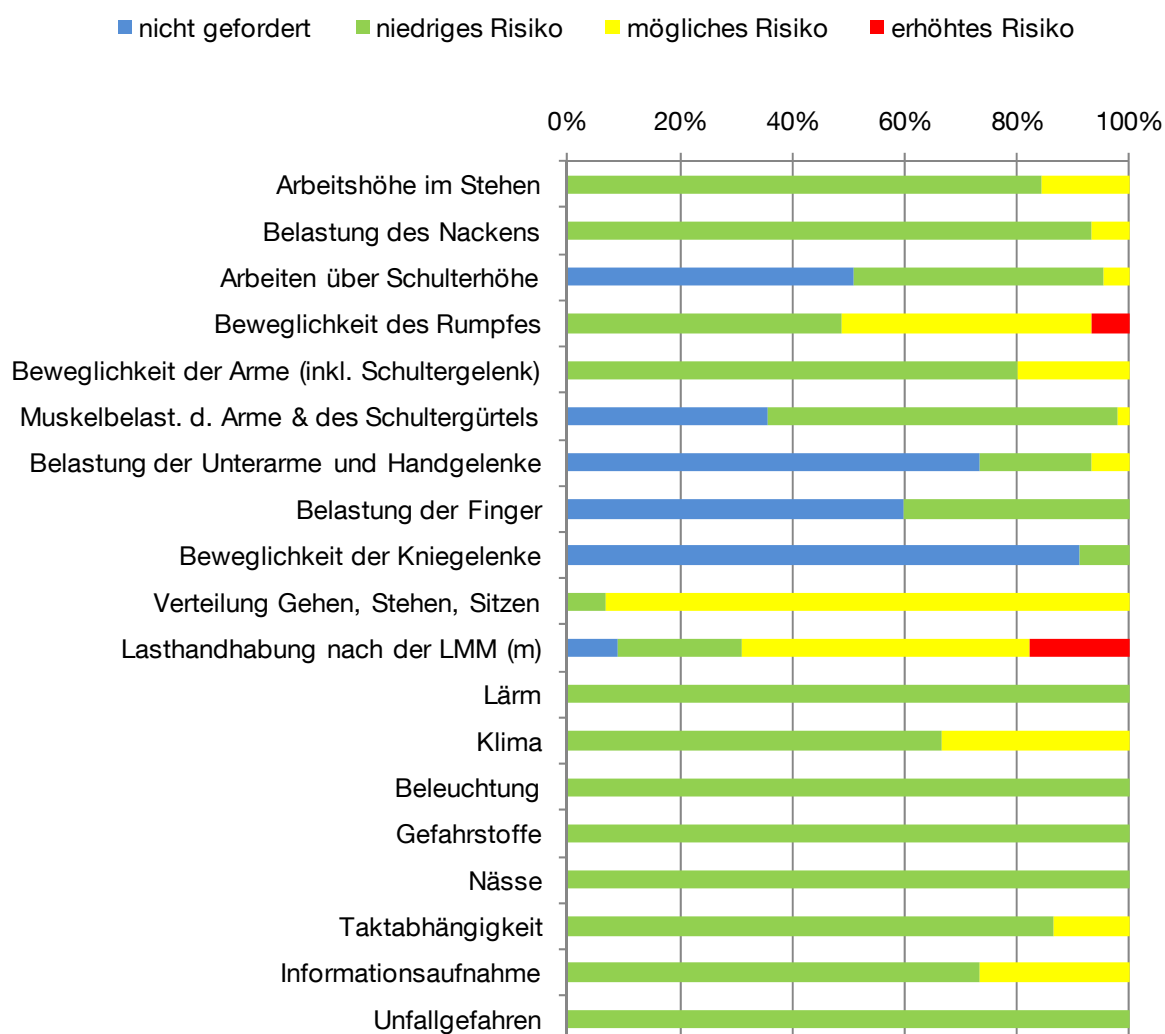


Abbildung 5-11: Ergebnisse der physischen Arbeitsanalysen nach ABATech (n = 45)

Die Umweltbelastungen (Lärm, Beleuchtung, Gefahrstoffe, Nässe) liegen im Allgemeinen im Bereich niedrigen Risikos. Durchgeführte Gefährdungsbeurteilungen zeigen keine nennenswerten Ergebnisse bzw. ein niedriges Risiko. Die klimatischen Bedingungen stehen eng im Zusammenhang mit dem Arbeitsort. Heiße Sommerwochen in den betrachteten Fertigungshallen machen den Monteuren zu schaffen,

während ein Einzelfall in der Logistik durch die teilweise Arbeit im Freien (Transport über Werkshallen mit einem Schlepperzug) zu begründen ist.

Im Folgenden wird allein auf die Analysemerkmale von ABATech mit Bezug zu den für die Leistungserbringung in der operativen Logistik (Kapitel 2.3.2) relevanten Mitarbeiterfähigkeiten nach Kapitel 5.3.4 eingegangen. Es lässt sich feststellen, dass in Bezug auf das Spektrum an Arbeitsplätzen lediglich die Merkmale „Beweglichkeit des Rumpfes“ und „Lasthandhabung nach der Leitmerkalmethode“ ein erhöhtes Risiko aufweisen. Diese Belastungen führen auch bei sachgemäßer Durchführung der Tätigkeit zu Gesundheitsschäden. Nachdem ausschließlich Männer an den untersuchten Arbeitsplätzen im Einsatz waren, wird die Bewertung des Merkmals „Lastenhandhabung nach der Leitmerkalmethode“ rein für Männer durchgeführt. Die Beanspruchung liegt bei dem Bewertungsschema der LMM für Frauen entsprechend höher.

Für eine genauere Spezifizierung der körperlichen Belastung und der Belastung durch Taktgebundenheit bzw. Informationsmenge und -struktur (Informationsaufnahme) ist eine separate Betrachtung der Analyseergebnisse in Abhängigkeit der Tätigkeiten erforderlich. Abbildung 5-12 differenziert die Auswertung nach Arbeitsplätzen der Produktion (Fertigung und Montage) und operativen Logistik.

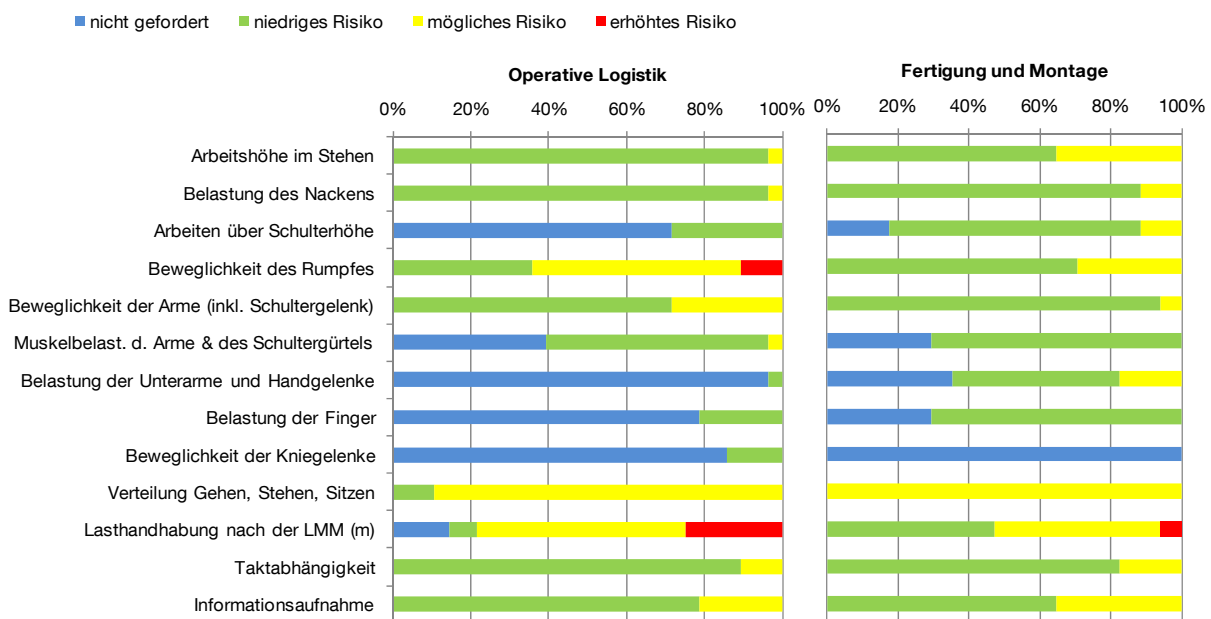


Abbildung 5-12: Belastungen in der operativen Logistik (n = 28) und Produktion (n = 17) im Vergleich

Ein Vergleich der Belastungen zwischen Produktion und Logistik bringt die Charakteristika der Tätigkeiten zum Vorschein. Während die Arbeitshöhe in der Produktion teilweise nicht variabel einstellbar ist, was bei großen Produkten dazu führt, dass Montageorte außerhalb der optimalen Arbeitshöhe im Stehen liegen, ist

5.5 Erhebung des Belastungsprofils von Arbeitsplätzen der operativen Logistik

der Großteil der Arbeitszeit in der operativen Logistik in optimaler Höhe zu bewerkstelligen (z. B. Schieben des Kommissionierwagens oder Fahren des FFZ). Ähnliche Anforderungen wie in der Produktion herrschen an Verpackarbeitsplätzen, an denen eine falsche Tischhöhe eine Belastung zur Folge haben kann.

Belastungen des Nackens treten in der Montage und Fertigung dann auf, wenn Arbeitsinformationen beispielsweise über schlecht positionierte Displays abzulesen sind. In der operativen Logistik sind diese Belastungen vornehmlich beim Fahren von FFZ zu identifizieren (z. B. bei der Rückwärtsfahrt aufgrund zu hoher Beladung des Staplers, bei der Ein- und Auslagerung in großen Höhen mit einem Stapler ohne Kamerasystem).

Arbeiten über Schulterhöhe sind in der Logistik nur kurzzeitig z. B. in Form der manuellen Warenentnahme in oberen Fachböden eines Lagers zu beobachten. Hingegen ist diese Art der Belastung, die schnell zur Ermüdung führen kann, in der Montage und der Fertigung häufiger vorzufinden.

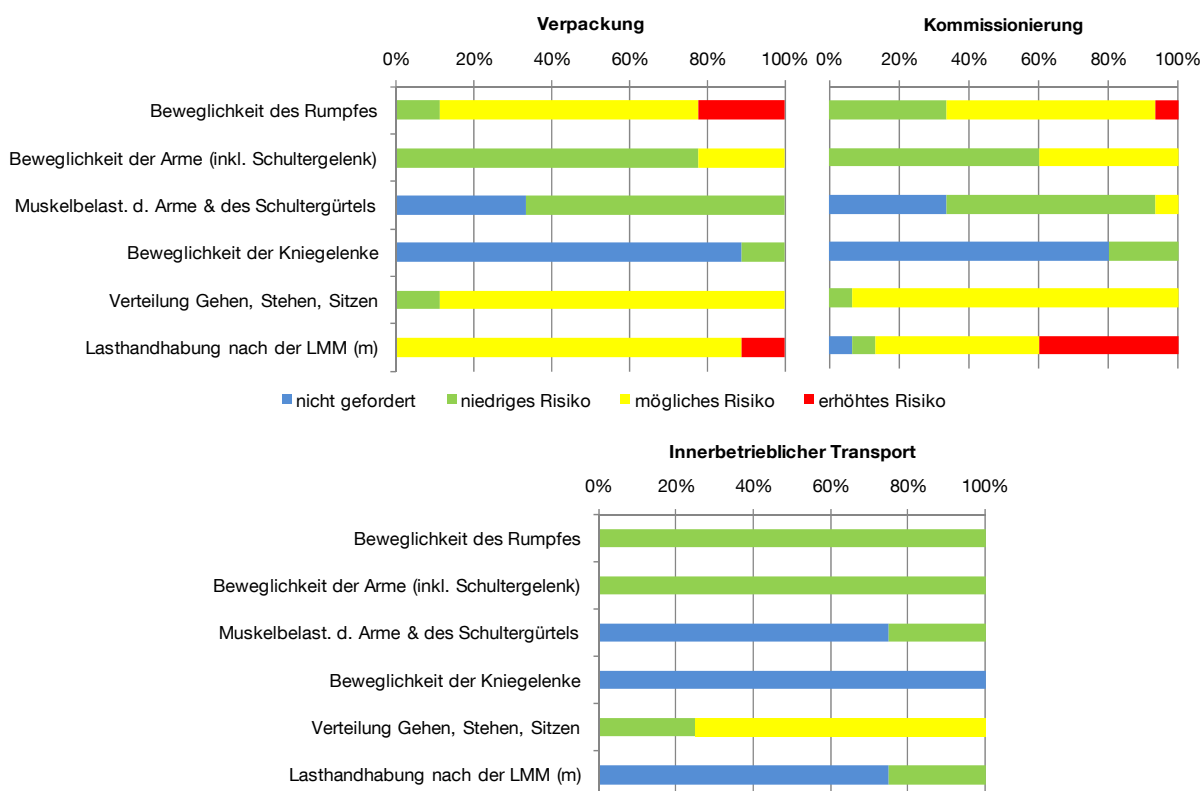


Abbildung 5-13: Typische körperliche Belastung bei Tätigkeiten in der operativen Logistik: Verpackung (n = 9), Kommissionierung (n = 15), innerbetriebl. Transport (n = 4)

Rumpfbeugungen in Kombination mit der Lasthandhabung bestimmen die Tätigkeiten in den logistischen Funktionen der Kommissionierung und Verpackung (Abbildung 5-13). Hierzu zählen die Entnahme im Lager, das Ablegen der Artikel auf den Kommissionierwagen, die Beschickung der Produktion, Sortier- und Umpackvorgänge oder auch das Ein- und Auspacken im Versand bzw. Wareneingang. Die

Individualisierung der Produkte bzw. Erweiterung der Produktvarianten erfordert häufig eine logistische Bereitstellung in Durchlaufregalen mit Kleinladungsträgern für die Produktion. Während der Monteur die zu verbauenden Artikel in optimaler Höhe zu greifen bekommt und somit eine Entlastung des Rumpfes erfährt, ist es Aufgabe des Logistikers, das Regal mit vollen Behältern zu bestücken. Dieses typische Bild, das sich häufig im Rahmen der Wertschöpfungsorientierung zeigt, führt zu einer Verlagerung der Belastung auf den vorangehenden Prozess. In diesem Fall ist der Logistiker gezwungen, die Waren in gebeugter Haltung vom FFZ auf die Abgabehöhe des Bereitstellregals der Produktion anzuheben.

Eine Überbelastung der Kniegelenke, z. B. ein häufiges in die Knie Gehen anstatt eines Bückens zur Entnahme von Einheiten aus unteren Regalfächern, lässt sich nicht identifizieren. Zum Teil verhindert einerseits die Zugänglichkeit der Artikel (z. B. Seitenwände der Gitterbox), teilweise führt andererseits die Arbeitsweise der Mitarbeiter (mehr Bücken als in die Hocke Gehen) zu dem geringen Anteil an diesen Belastungen.

Die Beweglichkeit der Arme über den optimalen Bereich von 60 cm hinaus ist im Zusammenhang mit logistischen Aufgaben bei der Entnahme aus Gitterboxen oder von Paletten sowie der Abgabe in Gitterboxen oder auf Paletten zu beobachten. Bei diesen Ladehilfsmitteln wird der optimale Greifraum häufig überschritten. Der geringe Anteil an Arbeitsplätzen mit möglichem Risiko an Gesundheitsschäden in der Produktion beinhaltet nicht adäquat bereitgestellte Mengen (z. B. in Form der Gitterbox oder auf Palette) als auch zu tiefe Arbeitstische oder beispielsweise nicht drehbar gelagerte Werkstückträger bei großen Produkten.

Das Schieben und Ziehen von Waren bzw. die Muskelbelastung der Arme und des Schultergürtels führt in Produktion und operativer Logistik gleichermaßen zu Belastungen. Ebenso decken sich die Ergebnisse, was die Verteilung der Arbeitszeit in Bezug auf das Gehen, Stehen und Sitzen angeht. Sowohl Arbeitsplätze in der Produktion als auch in der operativen Logistik stellen ein mögliches Risiko für die Mitarbeiter dar. Während Tätigkeiten in der Produktion und Verpackung fast ausschließlich reine Steharbeiten sind, zeichnen sich das Kommissionieren ohne Flurförderzeug durch einen hohen Gehanteil und der Transport per Stapler durch einen sehr hohen Sitzanteil aus. Von einer optimalen Verteilung (50% Sitzen, 25% Stehen, 25% Gehen, [DEL-07]) sind die Tätigkeiten jeweils weit entfernt. Lediglich die Bereitstellung von Waren in der Produktion, z. B. per Niederhubkommissionierer mit integrierter Sitzmöglichkeit, bietet hier einen ausreichenden Belastungswechsel, sofern nicht ein ständiges Auf- und Absteigen erforderlich ist.

5.5 Erhebung des Belastungsprofils von Arbeitsplätzen der operativen Logistik

Zu den typischerweise in der Produktion belasteten Körperpartien zählen das Hand-Arm-System sowie die Finger, z. B. aufgrund von manuellem Verschrauben, Betätigung von Maschinen etc. Auch die enge Taktbindung zählt zu einem charakteristischen Belastungsmerkmal der Serienfertigung. Als Folge wird die Versorgung des Bandes häufig über einen Routenzug bewerkstelligt, der sich durch eine weite Taktbindung (Veränderung des Arbeitstempos kurzzeitig möglich) und somit einen größeren Handlungsspielraum des Logistikers auszeichnet.

In Bezug auf die Informationsaufnahme in Produktion und operativer Logistik sind sowohl gute als auch schlechte Arbeitsbedingungen vorzufinden. Eine schlechte Informationsstruktur, eine zu große Informationsmenge aber auch fehlende Transparenz über Informationen (Angaben zu Bereitstellort, Transparenz über Bedarfe, Auftragsvorschau) sind hier die zu bemängelnden Aspekte. Letztgenannter Punkt kann unter anderem zu Umsortier- und Umpackvorgängen und somit körperlicher Zusatzbelastung führen, wenn beispielsweise kein optimales Packschema oder keine intelligente Kommissionierreihenfolge (schwere Teile zuerst, Wegeoptimierung) vorgegeben ist. Hier ist die Erfahrung des Logistikers gefordert, die überflüssige Vorgänge vermeiden kann.

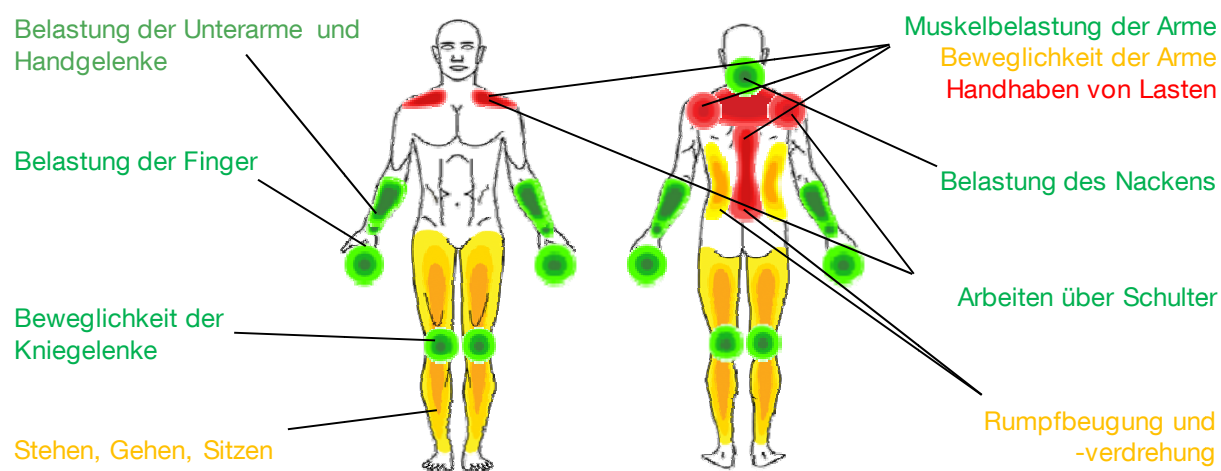


Abbildung 5-14: Typische körperliche Belastung in der manuellen Kommissionierung, vgl. [Wal-09c]

Die durchgeführten, vornehmlich physische Merkmale betreffenden Arbeitsanalysen zeigen für die operative Logistik hohe Belastungen beim Umsetzen von Lasten in Kombination mit der eingenommenen Körperhaltung. Hierbei besteht im Zusammenhang mit der Kommissionierung, Verpackung sowie der Bereitstellung von Waren in der Produktion ein erhöhtes bzw. zumindest ein mögliches Risiko in Bezug auf Gesundheitsschäden der Mitarbeiter. Zudem ist oftmals keine Sitzmöglichkeit an Arbeitsplätzen der Verpackung und Kommissionierung vorgesehen, die eine Entlastung der einseitigen Steh-/Geharbeit bieten kann. Eine plakative Darstellung

der beanspruchten Körperpartien ist in Abbildung 5-14 dargestellt. Da sich verschiedene Belastungsmerkmale von ABATech die gleichen Muskelpartien bewerten, ist jeweils nur das Merkmal mit der größten Belastung visualisiert.

5.5.3 Ergebnisse der psychischen Arbeitsanalysen mit RHIA/VERA-Produktion Teil D und KFZA

Das psychische Arbeitsanalyseverfahren RHIA/VERA-Produktion Teil D nach Oesterreich, Leitner und Resch (Kapitel 4.2.3, [Oes-93]) liefert zusätzlich zu den durchgeführten physischen Analysen einen Einblick in weitere Aspekte typischer Belastungen in der operativen Logistik. Die Ergebnisse stammen aus Untersuchungen an zwei Standorten eines Logistikdienstleisters. Die 14 betrachteten Arbeitsplätze umfassen das komplette Spektrum der operativen Logistik vom Wareneingang über die Qualitätssicherung bis zur Kommissionierung und dem Versand.

Zu den informatorischen Erschwerungen (Tabelle 5-7), die allesamt auch Zusatzaufwand bedingen, zählen fehlende oder fehlerhafte Angaben auf Dokumenten sowie unklare Informationen bezüglich Toleranzbereiche beim Wiegen von Kleinstteilen, Vorgaben in Bezug auf die Größe des Versandkartons oder auch des Lagerorts von Waren. Informatorische Erschwerungen kontinuierlicher Prozesse, die zudem ein riskantes Handeln zur Folge haben, lassen sich in Bezug auf unklare Sichtverhältnisse beim Staplerfahren identifizieren.

Tabelle 5-7: Identifizierte Regulationshindernisse (RH), entstandener Zusatzaufwand (ZA) und riskantes Handeln (Risk) in der operativen Logistik (n = 14)

		RH	ZA	Risk
Informatorische Erschwerungen	diskreter Prozesse	11	11	0
	kontinuierlicher Prozesse	4	4	3
motorische Erschwerungen	der Fortbewegung	10	10	2
	der Körperbewegung	6	6	0
	der Handhabung	1	1	0
	der Bedienung	0	0	0
Unterbrechungen	durch Personen	8	7	0
	durch Funktionsstörungen	10	10	0
	durch Blockierungen	7	7	0

Gegenüber ABATech können motorische Erschwerungen der Fortbewegung durch Ware, tragende Hallensäulen, Personen und Fahrzeuge auf Aktionswegen festgestellt werden. Die übrigen erfassten motorischen Erschwerungen decken sich mit den Ergebnissen aus ABATech. Überstrecken des Nackens bei Rückwärtsfahrten mit dem Gabelstapler, häufiges Bücken und Beugen sowie hohes Gewicht von handzuhabender Ware zählen hier zu den belastenden Faktoren.

5.5 Erhebung des Belastungsprofils von Arbeitsplätzen der operativen Logistik

Mit der Arbeitsanalyse hinsichtlich Unterbrechungen von Tätigkeiten wird im RHIA/VERA-Produktion Teil D der psychischen Belastung nachgekommen. Beim analysierten Arbeitsplatzspektrum handelt es sich bei Unterbrechungen durch Personen um kurzfristig von einer Führungskraft eingesteuerte und vom Mitarbeiter priorisiert zu behandelnde Arbeitsaufträge, die die Abläufe stören. Zu den Funktionsstörungen zählen nicht adäquat funktionierende Informationssysteme und die damit angesprochene Computerhardware sowie vereinzelt auch klemmende Klappen von Großladungsträgern. Blockierungen stellen sich ein, wenn die Prozesse nicht nach Lean-Aspekten organisiert sind und volle Abstellflächen sowie fehlendes Material oder Arbeitsaufträge die Abläufe zum Stehen bringen.

Tabelle 5-8 zeigt eine Übersicht über die mit RHIA/VERA-Produktion Teil D identifizierten Regulationsüberforderungen. An den untersuchten Arbeitsplätzen wird von den Mitarbeitern keine Monotonie angemerkt. Bemängelt wird jedoch der Zeitdruck in der operativen Logistik, der sich bei fehlenden Personalkapazitäten einstellt. Diese Personalengpässe sind vorzufinden, wenn einerseits eine gute Auftragslage zu hoher Arbeitslast führt und andererseits Kollegen aufgrund von Krankheit oder Urlaub abwesend sind. Regulationsüberforderungen aufgrund von Arbeitsbelastungen sind bei der Analyse mit RHIA/VERA-Produktion Teil D nur sehr rudimentär berücksichtigt. Hierbei werden einzelne Körperpartien nicht angesprochen und es existieren keine konkreten Vorgaben zur Einstufung der Belastung. Entsprechend wird auf deren Darstellung verzichtet.

Tabelle 5-8: Identifizierte Regulationsüberforderungen (RÜ) in der operativen Logistik (n = 14)

	RÜ
Monotonie	0
Zeitdruck	9

Dem Beobachtungsinterview durch RHIA/VERA-Produktion Teil D folgte die Befragung der Mitarbeiter durch den Kurz-Fragebogen zur Arbeitsanalyse (KFZA), um deren Einschätzung hinsichtlich der Arbeits- und Organisationsstruktur zu erheben. Die Bewertung der Aussagen erfolgt nach dem Schema in Tabelle 5-9. ‚Grün‘ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Arbeitsbedingungen in Ordnung sind. ‚Gelb‘ steht für Optimierungspotenzial, während ‚rot‘ dringenden Handlungsbedarf erfordert.

Tabelle 5-9: Bewertungsschema der positiv und negativ gepolten Items für den KFZA

	sehr wenig	ziemlich wenig	etwas	ziemlich viel	sehr viel
Positiv gepolte Items	1	2	3	4	5
Negativ gepolte Items	5	4	3	2	1

5 Feldstudie zur Identifikation von Ansatzpunkten für eine altersgerechte Logistik

Die erste Teil der Ergebnisse des KFZA (Abbildung 5-15) bescheinigen der operativen Logistik aus Sicht der Mitarbeiter des Logistikdienstleisters ein Tätigkeitsspektrum, das vielseitig und von Zusammenarbeit geprägt ist. Information der Mitarbeiter und Mitspracherecht stehen beim Arbeitgeber hoch im Kurs. Optimierungspotenzial besteht hinsichtlich des Handlungsspielraums und der Ganzheitlichkeit der Aufgaben. Eine Erweiterung des Handlungsspielraums und eine Anreicherung der zu bewältigenden Aufgaben sind hier der Wunsch der Logistikbelegschaft.

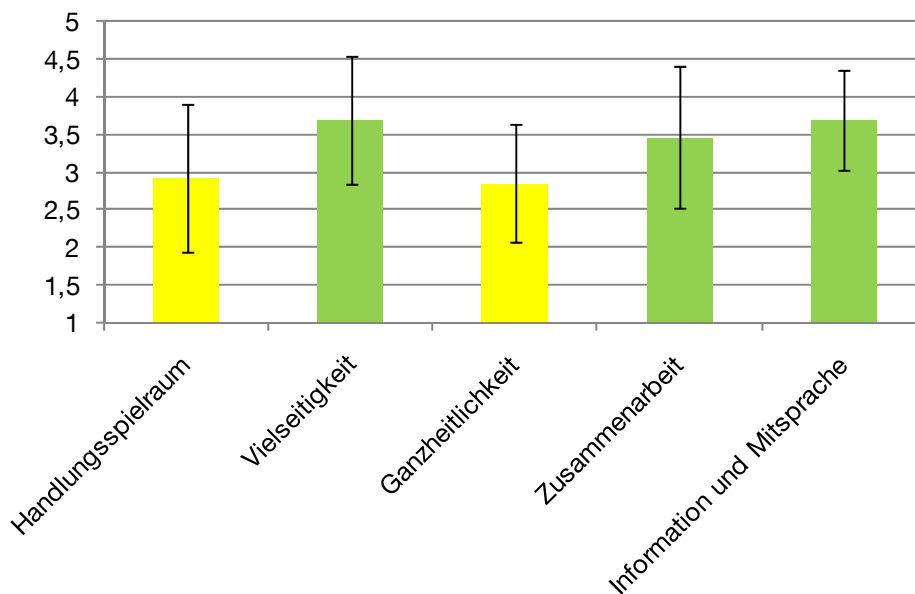


Abbildung 5-15: Positiv gepolte Items der KFZA-Mitarbeiterbefragung (n = 24), Darstellung nach Bewertungsschema von Tabelle 5-9

Dringender Handlungsbedarf besteht im Zusammenhang mit der quantitativen Arbeitsbelastung (Abbildung 5-16). Die Schwere der Arbeit (qualitative Arbeitsbelastung) sowie die Umgebungsbelastungen werden als optimierbar angesehen. Entgegen den nach RHIA/VERA-Produktion Teil D ermittelten Unterbrechungen durch Personen, Funktionsstörungen und Blockierungen bescheinigen die Ergebnisse des KFZA den Arbeitsbedingungen durch Unterbrechungen einen guten Wert. Es lässt sich vermuten, dass die durchschnittlich langjährige Betriebszugehörigkeit von knapp vier Jahren eine gewisse Akzeptanz der betrieblichen Gegebenheiten in Bezug auf Arbeitsunterbrechungen mit sich bringt.

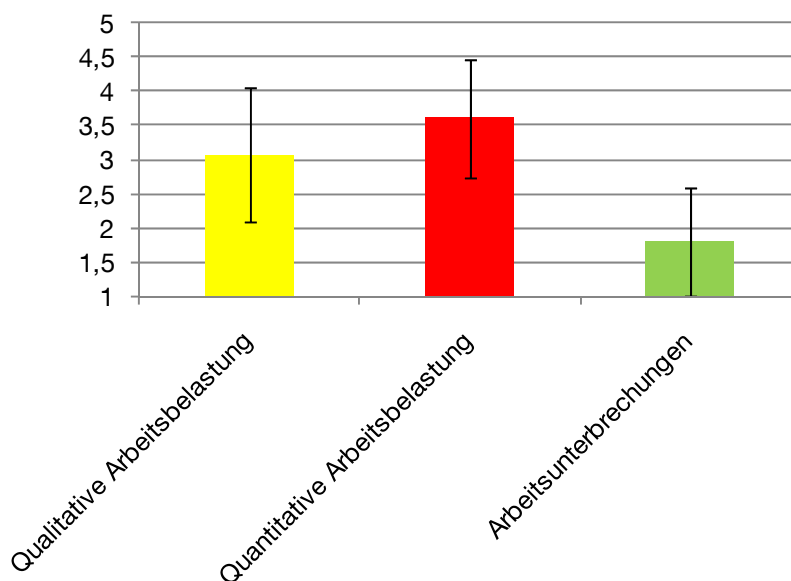


Abbildung 5-16: Negativ gepolte Items der KFZA-Mitarbeiterbefragung (n = 24), Darstellung nach Bewertungsschema von Tabelle 5-9

Zusammenfassend für die psychischen Arbeitsanalysen lässt sich festhalten, dass zahlreiche Regulationshindernisse am analysierten Arbeitsplatzspektrum vorzufinden sind, die vornehmlich auf eine schlechte Arbeits- und insbesondere Informationsgestaltung zurückzuführen sind. Informativische Erschwerungen diskreter (Informationsmangel) und kontinuierlicher Prozesse (Daueraufmerksamkeit beim Staplerfahren) sowie Arbeitsunterbrechungen können hier zu einer psychischen Belastung beitragen. Die Unterbrechungen in Form von eingesteuerten und vom Logistikmitarbeiter priorisiert zu behandelnden Aufgaben fordern geistige Beweglichkeit und den Umgang mit Veränderungen in den Abläufen. Der KFZA weist jedoch keine psychische Belastung durch diese nach. Die psychische Belastung kann jedoch zeitweise aufgrund des Zeitdrucks in der operativen Logistik entstehen. Auftragschwankungen und Personalengpässe sind hier die Auslöser für Stress.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die operative Logistik ein vielseitiges Tätigkeitsspektrum bieten kann und Monotonie nicht auf der Tagesordnung steht. In Anlehnung an die Einstufung der Bewertung der körperlichen Belastung kann maximal von einer weiten „Taktbindung“ (z. B. bei hochfrequenten Routenzügen) und somit von einem größeren Handlungsspielraum gegenüber der Arbeit in der getakteten Serienfertigung gesprochen werden. Nichtsdestotrotz sehen hier die Logistikmitarbeiter ebenso Optimierungspotenzial wie in Bezug auf die Ganzheitlichkeit der Aufgaben. Die operative Logistik lässt mehr Zusammenarbeit zu, was Interaktionen zugutekommt und Sozialkompetenz fördert. Die bereits in Kapitel 5.5.2 identifizierten physischen Belastungen spiegeln sich auch deutlich in

den Ergebnissen der psychischen Analyseverfahren wider, wobei die Schwere der Arbeit die Arbeitsmenge dominiert.

5.5.4 Beanspruchung der operativen Logistiker

Mit Hilfe des ergonomischen Datenbank-Systems EKIDES wird eine Befragung der operativen Logistikmitarbeiter durchgeführt, um deren subjektiv empfundene Beanspruchung durch ihre Tätigkeit zu quantifizieren. Hierdurch soll ein Abgleich zu den bisher vornehmlich objektiv erfassten Untersuchungen der Arbeitsplatzbelastung aus den vorangegangenen Analyseergebnissen möglich sein. Insgesamt werden 16 Kriterien aus den bisher eingesetzten körperlichen und psychischen Arbeitsanalyseverfahren ausgewählt. Der Fokus liegt auf den körperlichen Belastungsmerkmalen von ABATech, die sich im Zusammenhang mit den im Alter zunehmenden körperlichen Einschränkungen und Muskel-Skelett-Erkrankungen als wesentliche Merkmale herausstellen. Ergänzt werden die Merkmale um die wesentlichen Faktoren, die die psychische Belastung ausmachen (Monotonie, Zeit- und Leistungsdruck, Störungen, allgemeine Veränderungen im Zusammenhang mit der Arbeitsaufgabe). Die Aufgabe der Logistikmitarbeiter besteht darin, die Merkmale in einem standardisierten Formblatt auf einer Skala von null (nicht beanspruchend) bis zehn (sehr stark beanspruchend) zu bewerten.

Es bestätigt sich, dass die Rumpfbeugung, die prozessbedingt in Kombination mit dem Heben und Tragen von Lasten an den analysierten Arbeitsplätzen der Kommissionierung und Verpackung (Anzahl befragter Mitarbeiter: $n = 27$) eingeht, aus Sicht der Befragten als stark beanspruchend eingestuft wird (Abbildung 5-17). Darauf folgen die Belastungsfaktoren Zeit- und Leistungsdruck sowie der hohe Anteil von Gehen und Stehen während der Arbeitszeit. Langes Sitzen wird im Umkehrschluss als wenig belastend angesehen. Zwischen den Aussagen von „Alt“ und „Jung“ gibt es im Wesentlichen kaum Unterschiede. Herausgreifen lässt sich, dass ältere Mitarbeiter (≥ 45 Jahre) gegenüber jüngeren Mitarbeitern (< 45 Jahre) Veränderungen, z. B. in Form von Prozessumstellungen, als belastender einstufen.

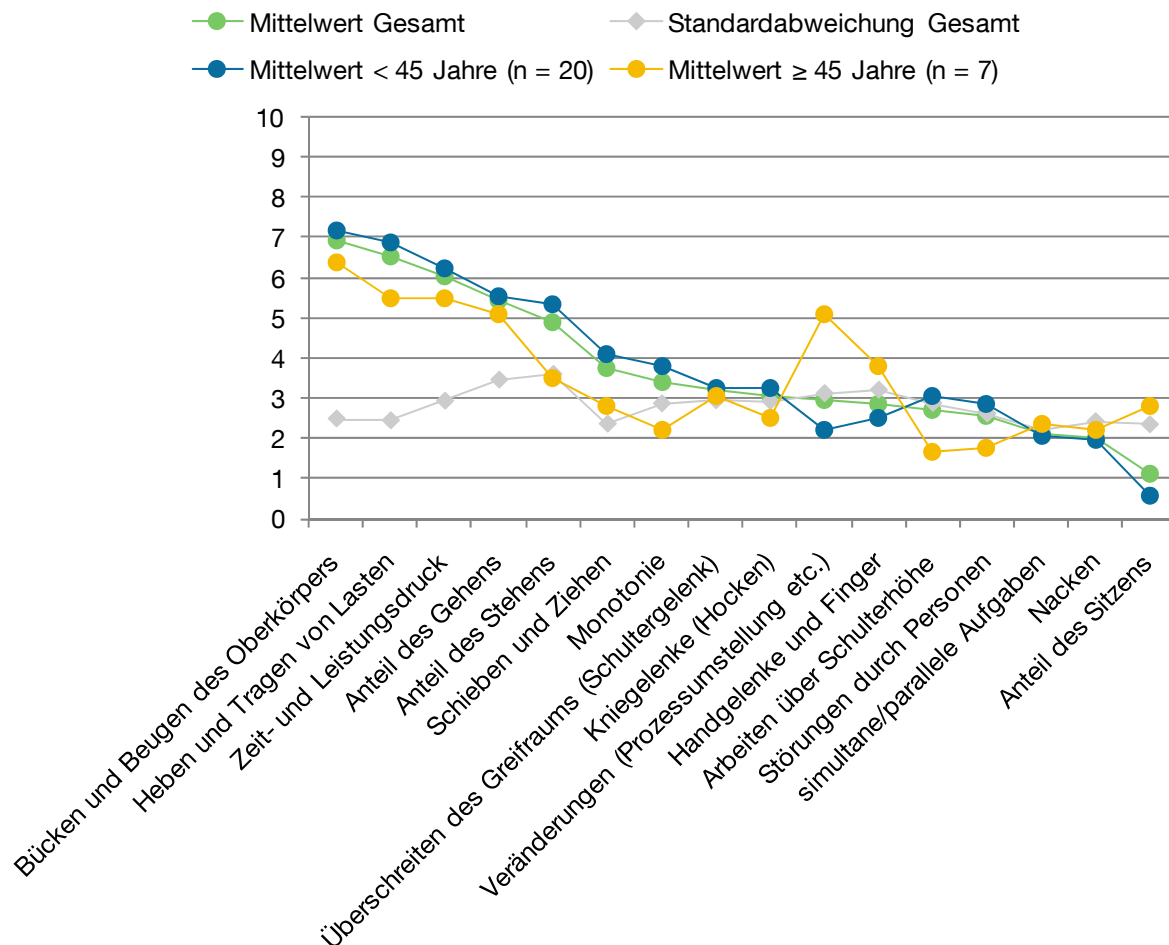


Abbildung 5-17: Ergebnisse der Befragung der operativen Logistiker zur Einschätzung der sie belastenden Faktoren (n = 27)

5.5.5 Belastungsprofil operativer Logistikerarbeitsplätze

Sowohl die objektive Bewertung der Belastung durch ABATech bzw. die Leitmerkmalermethode als auch die Befragung der Logistikmitarbeiter bestätigen, dass das Heben und Tragen von Lasten, das prozessbedingt meist mit einer Rumpfbeugung verbunden ist, eindeutig zu der größten Belastung zählt. Insbesondere die Kommissionierung und die Verpackung von Waren sind von diesem Belastungsbild geprägt. Zudem zeichnen sich die genannten Tätigkeiten von einem hohen Anteil an Gehen und Stehen aus, der keinen Ausgleich durch Arbeiten im Sitzen ermöglicht. Demgegenüber besteht am Arbeitsplatz des innerbetrieblichen Transports häufig ein hoher Anteil an Tätigkeiten im Sitzen, der wenig Ausgleich durch Stehen und Gehen aufweist.

Die Regulationshindernisse des RHIA/VERA-Produktion Teil D geben Hinweis auf eine psychische Belastung durch Unterbrechungen und Erschwerungen in Bezug auf die Arbeitsausführung, welche durch die Befragung mit dem KFZA nicht

nachgewiesen werden kann. Belastend wirkt sich demgegenüber der teilweise vorherrschende Zeit- und Leistungsdruck in der operativen Logistik aus. Kapazitätsengpässe an Personal (Absenz aufgrund von Krankheit oder Urlaub) führen hier zu Stress, den auch die Befragung der Logistikmitarbeiter belegt. Darüber hinaus stellen Veränderungen in den Prozessen hohe Anforderungen an ältere Mitarbeiter dar.

Logistikmitarbeiter stufen ihre Arbeit als vielseitig ein, die Zusammenarbeit fördert und bei der auch Mitsprachemöglichkeiten bestehen. Hinsichtlich des Handlungsspielraums und der Ganzheitlichkeit der Aufgaben wird jedoch Verbesserungspotenzial gesehen. Zudem existiert an Arbeitsplätzen vereinzelt erhöhtes Risiko aufgrund von Nackenbelastung, Belastung durch Schieben und Ziehen von Waren, Handhub- oder Kommissionierwagen sowie aufgrund hoher Informationsmenge und schlechter Informationsstruktur.

5.6 Altersgerechte Arbeitsplatzgestaltung in der operativen Logistik

„Wer nicht jeden Tag etwas für seine Gesundheit aufbringt, muss eines Tages sehr viel Zeit für die Krankheit opfern.“

Sebastian Kneipp, deutscher Pfarrer und Hydrotherapeut 1821-1897

Das Alter an sich stellt nicht die Forderung nach einer altersgerechten Arbeitsgestaltung. Vielmehr verursachen hohe Belastungen über das Erwerbsleben eine im Alter zunehmende Arbeitsunfähigkeit oder Leistungswandlung. Ziel einer altersgerechten Arbeitsgestaltung in der operativen Logistik ist der Erhalt der Arbeits- und Leistungsfähigkeit der Logistikmitarbeiter. In diesem Zuge ist eine „gesunde“ Beanspruchung anzuvisieren, die weder eine Über- noch Unterforderung des Mitarbeiters und seiner Fähigkeiten zur Folge hat. Hierzu existieren grundsätzlich zwei Ansatzpunkte. Einerseits lässt sich der Arbeitsplatz an den Menschen anpassen, andererseits kann der Mitarbeiter für die Anforderungen trainiert und qualifiziert werden.

Nach den Erkenntnissen des erhobenen Belastungsprofils der operativen Logistik wird der Fokus auf eine gesunde Arbeitsplatzgestaltung gelegt, die vordergründig das Heben und Tragen von Lasten in Kombination mit der Rumpfbeugung berücksichtigt (Kapitel 5.5.5). Die folgenden Unterkapitel zeigen zunächst allgemeine Ansätze zur Implementierung einer altersgerechten Logistikgestaltung. Im

Anschluss wird die Kommissionierung fokussiert, deren Arbeitsablauf im Wesentlichen aus Handhabungsvorgängen des Hebens und Tragens besteht. Der Status Quo geht auf die Spezifika der operativen Logistik im Sinne einer in Bezug auf das Heben und Tragen von Lasten alternsgerechten Logistikarbeitsplatzgestaltung ein. Darauf aufbauend werden Anforderungen für eine Entwicklung neuer Ansätze für die Kommissionierung abgeleitet.

5.6.1 Von der korrektiven zur präventiven Arbeitsgestaltung

Grundvoraussetzung für eine alternsgerechte Arbeitsgestaltung bildet die Arbeitsanalyse, die individuell für jeden Arbeitsplatz ein Belastungsprofil zutage fördert, auf Basis dessen sich die geeigneten Maßnahmen ableiten lassen.

Von der Grob- und Feinplanung bis zur Implementierung in den laufenden Betrieb existieren unterschiedliche Maßnahmen für eine alternsgerechte Logistikarbeitsplatzgestaltung (Abbildung 5-18), wobei die präventive Gestaltung der korrektiven Gestaltung vorgeht.

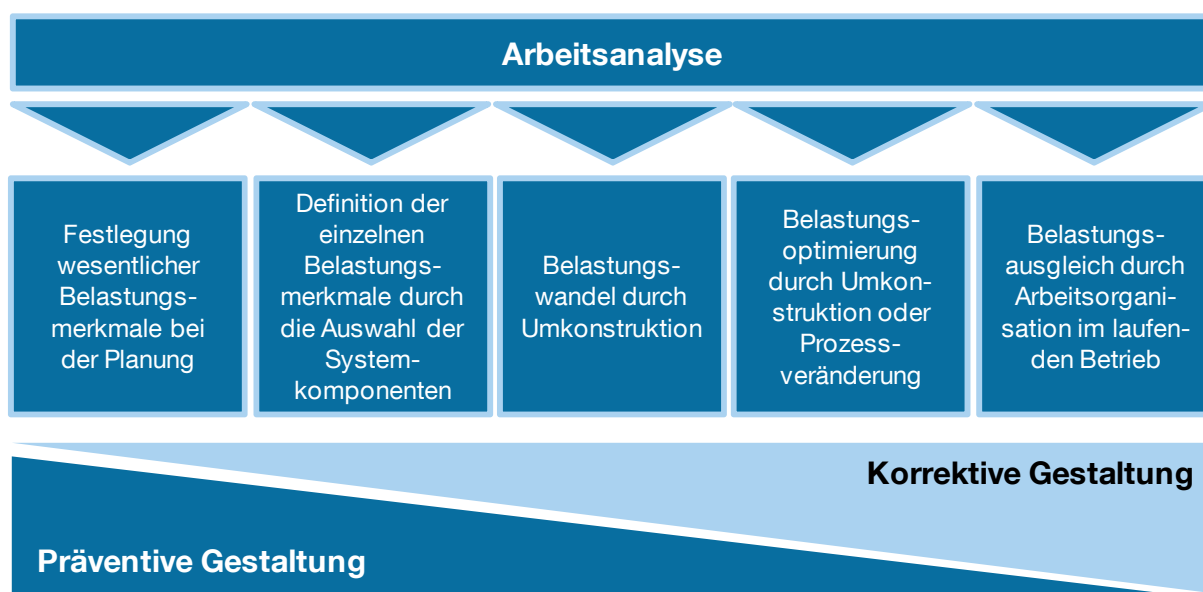


Abbildung 5-18: Zeitliche Einordnung an Maßnahmen einer alternsgerechten Arbeitsgestaltung

Während in der Grobplanungsphase noch viele Freiheitsgrade existieren (präventive Gestaltung), lässt sich mit der Zunahme des Umsetzungsgrades mehr und mehr nur noch korrektiv eingreifen. Werden in der Grobplanungsphase durch die Logistiksystemauswahl (automatisches Kleinteilelager, Regallager nach dem Prinzip Mann-zur-Ware etc.) die wesentlichen Belastungsmerkmale festgelegt, sind meist erst mit der Auswahl der Systemkomponenten (z. B. Behältertyp, Flurförderzeug, Stellteile etc.) der nächsten Planungsphase die Belastungsmerkmale und eine erste

5 Feldstudie zur Identifikation von Ansatzpunkten für eine altersgerechte Logistik

Abschätzung der Belastungshöhe bekannt. Durch Umkonstruktion von Systemelementen lassen sich in der Betriebsphase hoch belastende Merkmale gegebenenfalls in andere Belastungen wandeln (z. B. Fußbetätigung anstatt Handbetätigung) oder diese zumindest reduzieren. Hierdurch lassen sich gegebenenfalls unterforderte Körperpartien durch das neue Belastungsprofil des Arbeitsplatzes ansprechen, um diese zu trainieren. Sind Belastungsmerkmale an sich durch technische Gestaltung nicht reduzier- oder veränderbar, können im letzten Schritt arbeitsorganisatorische Maßnahmen (z. B. über Job Rotation) einen Belastungsausgleich im laufenden Betrieb herbeiführen. Im Idealfall entsteht ein Logistik-Fitness-Parcours mit systematischem Belastungswechsel, sodass weder Über- noch Unterforderung entsteht und sowohl körperliche als auch psychische Leistungsvoraussetzungen durch Training erhalten und ausgebaut werden (Abbildung 5-19). Die Kombination des Tätigkeitsspektrums von Produktion und operativer Logistik bietet hier ein weites Feld, um Ausgleiche zu schaffen (vgl. Kapitel 5.5.2). Job Enrichment (z. B. der zeitweise Einsatz in der Qualitätssicherung oder als Meister) ermöglicht es, weitere kognitive Anforderungen in das häufig von Routinetätigkeiten geprägte Arbeitsspektrum der operativen Logistik zu integrieren, indem beispielsweise die Problemlösungsfähigkeit und Übernahme von Verantwortung und Organisation angesprochen werden.

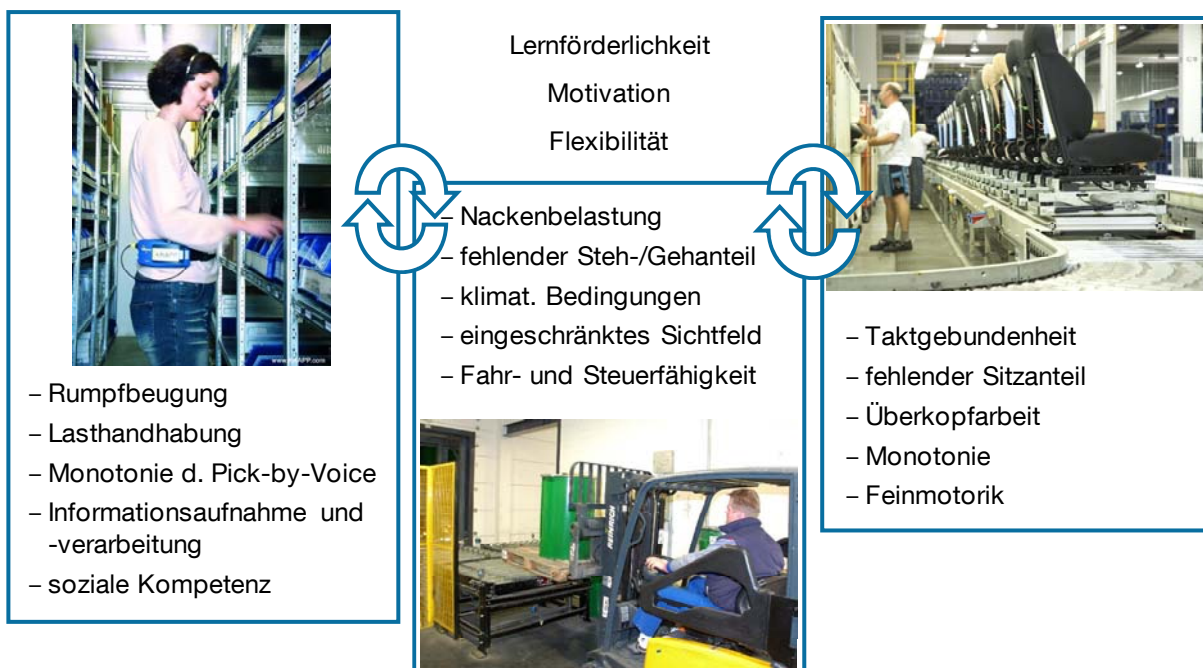


Abbildung 5-19: Job Rotation zur altersgerechten Arbeitsorganisation (Bildquellen v. l. n. r.: KNAPP, BBS Materialflussgruppe, pbs)

Dem Fitness-Parcours stehen heutzutage die typische organisatorische Trennung von Montage und Logistik aufgrund der Wertschöpfungsorientierung im Wege. Ein Verlust an Trainingseffekten bei heterogenem Aufgabenspektrum sowie die eingeschränkte Wirtschaftlichkeit aufgrund der meist höheren Entlohnung von Mitarbeitern mit flexibler Einsetzbarkeit sind zwei weitere Punkte, die es bei der Einführung dieses Konzepts zu bedenken gilt.

5.6.2 Status Quo für eine alternsgerechten Kommissionierung

Die Kommissionierung stellt eine zentrale Funktion in der operativen Logistik dar, die vom Heben und Tragen von Lasten geprägt ist und entsprechend vor dem Hintergrund der demographischen Entwicklung stark vom Effekt einer zunehmenden Leistungswandlung der Belegschaft betroffen ist.

Zur Ermittlung der Belastung(-shöhe) in Kommissioniersystemen sind exemplarisch für einzelne Kommissioniersysteme empirische Untersuchungen durchgeführt worden. Bei Betrachtung der verschiedenen Arbeitsanalyseverfahren fällt auf, dass sie nicht auf das Tätigkeitsspektrum einer Kommissionierung abgestimmt sind und einen großen Aufwand erfordern, um konkrete Ergebnisse und Erkenntnisse zu erzielen [Gün-09b].

Weiterhin werden Arbeitsanalyseverfahren heutzutage primär für die Analyse bestehender Arbeitssysteme eingesetzt. In der Planungsphase von Kommissioniersystemen werden jedoch die entscheidenden Belastungsmerkmale definiert. Ist die Bereitstellart und der Bereitstellbehälter des Lagers festgelegt und somit die Belastung bei einer manuellen Entnahme weitestgehend beschrieben, ist es meist nur noch mit erheblichem finanziellen Aufwand möglich, die Arbeit durch gestalterische Maßnahmen zu verändern.

Durch die Wertschöpfungsorientierung heutiger Unternehmen werden die Ansätze einer schlanken Produktion auf die Logistik ausgeweitet, sodass durch Prozessoptimierung belastende Mehrfachhübe von Waren häufig eliminiert werden. Gleichzeitig findet eine Reduktion der Behältergrößen und -gewichte statt, die eine ergonomische Bereitstellung ermöglicht.

Im Bereich der Technik existieren immer mehr Lösungen, die gegenüber einer Automatisierung geringere Investitionen erfordern und die Flexibilität der Logistik erhalten. Neue Konzepte an Handlinghilfen, wie das flexibel einsetzbare Kommissionierhilfsgerät EcoPick® [Geb-11] stellen neue Möglichkeiten dar, den Mitarbeiter körperlich zu entlasten und sich gleichzeitig dessen flexible

Einsetzbarkeit zunutze zu machen. Der EcoPick® ist ein sowohl stationär als auch mobil einsetzbares Gerät, bei dem ein Seilzug an den Händen des Kommissionierers befestigt ist. Der Logistiker untergreift die zu manipulierende Last, löst den Seilzug durch einen Knopfdruck am Handschuh aus und führt die Ware beim Umsetzvorgang, wobei der EcoPick® das Tragen des Gewichts übernimmt. Die durch die Lastübernahme erzielte körperliche Entlastung der Mitarbeiter reduziert wirtschaftliche Belastungsfolgen, beispielsweise in Form von krankheitsbedingten Arbeitsausfällen oder auch in Form einer sinkenden Produktivität.

Im Bereich der Arbeitsorganisation erfolgt in der Praxis üblicherweise eine Job Rotation bzw. eine belastungsverteilende Arbeitszuteilung auf Basis der Erfahrung des Meisters oder einer Personaleinsatzplanung. Konkrete Ansätze, die auf belastbaren Zahlen basieren, existieren nicht.

5.6.3 Anforderungen für die Etablierung einer altersgerechten Kommissionierung

Für die Erstellung neuer Konzepte, die den Anforderungen der Kommissionierung vor dem Hintergrund der demographischen Entwicklung nachkommen, ist die Entwicklung einer Methode zur Belastungsermittlung in der Kommissionierung erforderlich, die

- ein gutes Aufwand-Nutzen-Verhältnis in Bezug auf den Zeitbedarf für eine weitestgehend objektive, datenbasierte Arbeitsanalyse aufweist sowie
- objektiv ist und dementsprechend eine standardisierte Durchführung der Belastungsermittlung ohne Interpretationsspielraum zulässt.

Hierzu gilt es

- die wesentlichen Belastungsmerkmale auszuwählen (Heben und Tragen von Lasten in Kombination mit der Rumpfbeugung und -drehung),
- die Bewertbarkeit der heterogenen Prozesse und Körperhaltungen sowie des breiten Lastspektrums zu bewerkstelligen,
- einer erforderlichen Zeitraumbetrachtung aufgrund von Auftrags- und somit Belastungsschwankungen nachzukommen und
- Transparenz über die aktuelle Belastungssituation des Kommissionierers zu erlangen.

Die Berechnungsmethode bildet die Voraussetzung für die Entwicklung praxisorientierter Ansätze zur Implementierung einer „gesunden“ Kommissionierung. Es wird einerseits die frühzeitige Integration der Arbeitsanalyse in den Planungsprozess von Logistiksystemen fokussiert, um von Anfang an Kommissioniersysteme richtig gestalten zu können. Nachdem konstruktive Veränderungen bestehender Logistikstrukturen meist kostspielig sind, wird andererseits auf die Entwicklung neuer, kostengünstiger Konzepte auf Basis der belastungsreduzierenden und belastungsausgleichenden Arbeitsorganisation Wert gelegt (Abbildung 5-20).

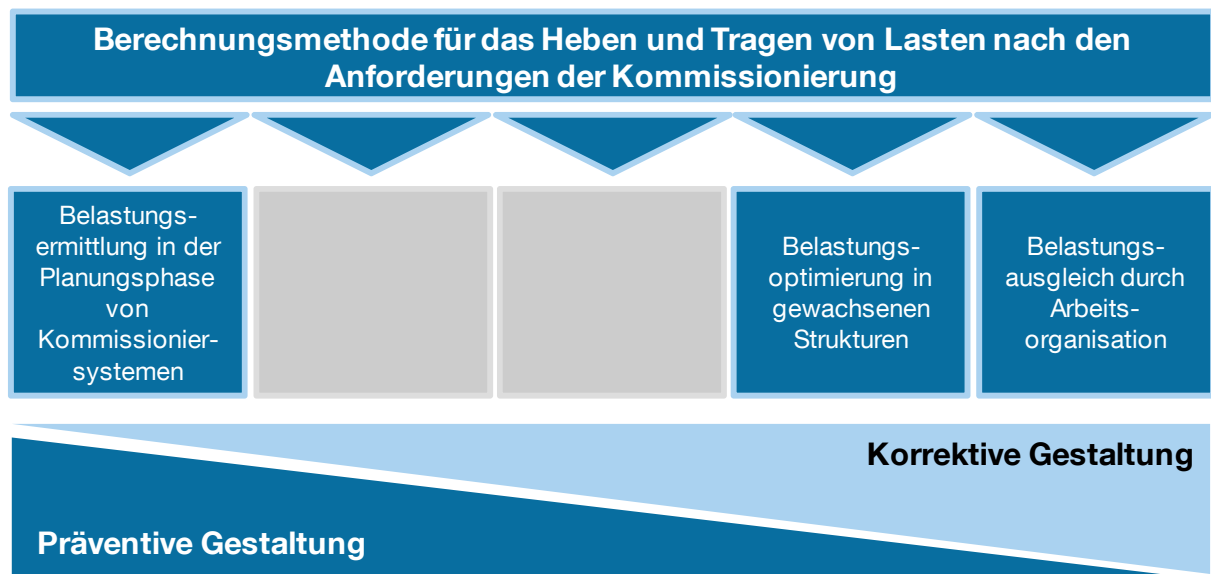


Abbildung 5-20: Handlungsfelder für die Entwicklung neuer Ansätze in Bezug auf ein gesundes Heben und Tragen von Lasten in der Kommissionierung

Das folgende Kapitel 6 zeigt die Entwicklung einer Systematik zur fortlaufenden Belastungsermittlung in der operativen Logistik für das Heben von Lasten, die auf der in der Praxis weit verbreiteten Leitmerkmalmethode basiert.

6 Entwicklung einer Methode zur Belastungs- ermittlung für die Kommissionierung

Die Erläuterungen des vorangegangenen Kapitels zeigen, dass das Heben von Lasten in Kombination mit der Rumpfbeugung den Hauptteil an körperlichen Einschränkungen einer Belegschaft ausmacht sowie der Ursachen an Arbeitsunfähigkeitstagen aufgrund von Muskel-Skelett-Erkrankungen darstellt. Im Zuge der Alterung der Belegschaften wird sich dieser Effekt weiter verschärfen, da bereits heute ältere Arbeitnehmer den größten Anteil am Krankenstand einnehmen. Gerade die Kommissionierung – als eine der zentralen Funktionen in der operativen Logistik – wird vor diesem Hintergrund stark betroffen sein, da ihr Spektrum an manuellen Tätigkeiten hoch und von der Lastenhandhabung geprägt ist. Um das Risiko an daraus resultierenden gesundheitlichen Schäden frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden, schreibt der Gesetzgeber im Arbeitsschutzgesetz sowie in der Lastenhandhabungsverordnung eine Gefährdungsbeurteilung vor. Für Beschäftigungen, wie beispielsweise der Fließbandmontage mit fester Taktzeit, bei der die tägliche körperliche Belastung kaum variiert, ist eine einmalige Gefährdungsbeurteilung ausreichend bzw. lediglich bei Umgestaltung des Arbeitsplatzes erneut erforderlich. Bei Tätigkeiten mit Belastungen, die sich von Tag zu Tag stark unterscheiden, hat eine einmalige Beurteilung einen eher zufälligen Charakter und somit eine geringe Aussagekraft. Zweckmäßiger ist hier eine tägliche und fortlaufende Gefährdungsbeurteilung.

Insbesondere Kommissionierprozesse sind häufig durch Auftragsschwankungen gekennzeichnet. Ein konstantes, aber heterogenes Sortiment auf der einen Seite sowie eine konstante Auftragsstruktur, jedoch unterschiedliche Anzahl an Aufträgen pro Tag sorgen für eine hohe Varianz der täglichen Belastung. Bei der Umsetzung einer solchen fortlaufenden Gefährdungsbeurteilung wirken sich besonders zwei Eigenschaften des Kommissionierens vorteilhaft aus. Dies sind zum Einen die wiederkehrenden Handhabungsprozesse und zum Anderen die meist computergestützte Steuerung des Arbeitsablaufs in Echtzeit per Warehouse Management System (WMS). Demgegenüber als nachteilhaft zu bezeichnen ist die Tatsache, dass sich Körperhaltung und Entnahmegewicht bei jedem Handhabungsprozess unterscheiden.

Im Folgenden wird basierend auf der Leitmerkmalmethode (LMM) der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin eine Methode vorgestellt, heterogene Handhabungsprozesse hinsichtlich des Risikos für Gesundheitsschäden zu bewerten. Im Anschluss werden vier Einsatzszenarien vorgestellt, die der Validierung der entwickelten Berechnungsmethode dienen.

6.1 Adaption der Leitmerkmalmethode auf die Anforderungen der Kommissionierung

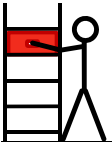

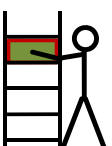


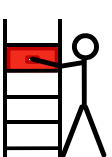
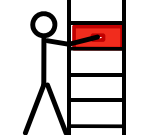

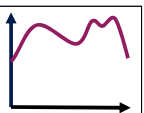



Im Hinblick auf die Kommissionierung definiert die „LMM Heben, Tragen, Halten“ einen Hebe- bzw. Umsetzvorgang als Aufnehmen und Platzieren eines Gewichts innerhalb des Zeitraums von fünf Sekunden [Bun-01a]. Eine zeitliche Bewertung der Handhabungsvorgänge in der Kommissionierung nach MTM (Methods Time Measurement) bestätigt, dass das „Heben“ bzw. „Umsetzen“ von Lasten den dominierenden Handhabungsprozess darstellt. Ein Tragen (Wegstrecke >5 m) oder Halten (>5 s) ist in den seltensten Fällen zu beobachten. Entsprechend wird sich bei der Entwicklung der Berechnungsmethode auf Heben von Lasten beschränkt.

Während sich bei Montagearbeitsplätzen aufgrund des begrenzten Teilespektrums und Arbeitsbereiches sowie der häufig vorgegebenen Montagestückzahlen meistens eine einfache Bewertung der Leitmerkmale (Kapitel 4.2.2) für das Heben von Lasten durchführen lässt, ist eine eindeutige Zuordnung in der Kommissionierung wegen der breiten Kombinationsmöglichkeit zwischen eingenommener Haltung und umzusetzenden Lastgewichten nicht möglich. Basis für die Berechnungsmethode bildet die Definition eines Einzelschrittes *ev* (Tabelle 6-1), der sich als „halber“ Umsetzvorgang (Aufnahme/Entnahme oder Ablage/Abgabe der Greifeinheit) mit definierter Haltungs-, Last- und Ausführungsbedingungsrichtung zusammensetzt. Während des Arbeitstages eines Kommissionierers führt er entsprechend seiner Pickleistung mehrere Einzelschritte aus (Entnahme aus dem Regal, Ablage auf dem Kommissionierwagen, Aufnahme und Ablage beim Umsortieren/Bilden eines optimalen Stapelschemas etc.). Einzelschritte *ev*, die die gleichen Wichtungswerte aufweisen, lassen sich als Vorgangstyp *vt* zusammenfassen. Dabei ist unerheblich, ob z. B. die Entnahme des Artikels A mit dem Gewicht X aus dem Lagerort L (bodennah, Haltungswichtung 4) mit der Aufnahme der Palette P mit dem Gewicht X vom Boden (Haltungswichtung 4) kombiniert wird. Für die spätere Anwendbarkeit der Berechnungsmethode in der Praxis würde der Vorgangstyp hier dennoch getrennt betrachtet werden, um die Auswirkungen der verschiedenen Prozesse

6.1 Adaption der Leitmerkmalmethode auf die Anforderungen der Kommissionierung

(Entnahme bei der Kommissionierung und Handling des Ladehilfsmittels) auf die Gesamtbelastung identifizieren zu können.

Tabelle 6-1: Definition des Einzelvorgangs

Umsetz-/Hebe-/Hubvorgang	 und 			$n = 1$ -
Einzelvorgang ev	1 	2 	3 	$n = n_{ev} = 0,5$ $HW_1 \neq HW_2$ $LW_1 \neq LW_2$ $AW_1 \neq AW_2$
Vorgangstyp vt	1 	2 	3 	$n_{vt} \geq 0,5$ $HW_1 = HW_2$ $LW_1 = LW_2$ $AW_1 = AW_2$
Gesamt g	   			n HW_1, HW_2, \dots LW_1, LW_2, \dots AW_1, AW_2, \dots RW_g

Die derzeitige LMM wird den Anforderungen der operativen Logistik insofern nicht gerecht, als dass sich eine zusammenfassende Bewertung von sich unterscheidenden Einzelvorgängen (z. B. das Heben leichter Lasten in stark gebeugter Haltung in Kombination mit dem Heben schwerer Lasten in aufrechter Haltung) problematisch gestaltet bzw. nicht möglich ist [Bun-01a]. Sich unterscheidende Lastwerte und/oder auftretende Körperhaltungen dürfen nach der LMM gemittelt bzw. bei starken Unterschieden, die Vorgangstypen nur getrennt betrachtet werden. Starke Auftragsschwankungen sowie die täglich abweichende Zusammenstellung der Aufträge führen zu unterschiedlicher Pickleistung und so auch Tagesbelastung (Gesamtrisikowert RW_g) in der Kommissionierung. Sich laufend ändernde Lastgewichte, Laufwege und Entnahmepositionen erfordern mehr als eine Zeitpunkt Betrachtung für die operative Logistik, um z. B. auf Belastungsspitzen reagieren zu können. Im Nachfolgenden wird eine Berechnungsmethode beschrieben, die eine bessere Aussage in Form eines Gesamtrisikowerts RW_g für die heterogenen Körperhaltungen und Lastgewichte der Kommissionierung nach der LMM und somit eine fortlaufende Belastungsermittlung ermöglicht.

Um den Anforderungen der operativen Logistik an eine Arbeitsanalyse gerecht zu werden, ist die Leitmerkmalmethode für den Logistikeinsatz zu qualifizieren. Eine

Inter- sowie Extrapolation der Zeit- und Lastwichtung (Kapitel 6.1.1) ermöglicht eine mathematische Formalisierung, die einerseits eine Bewertung von geringeren Pickzahlen der Vorgangstypen bis zum Einzelvorgang gestattet und andererseits den oft sehr hohen Pickzahlen in der Kommissionierung Rechnung trägt. Gemeinsam mit der Haltungs- und Ausführungsbedingungswichtung (Kapitel 6.1.2 bzw. 6.1.3) lässt sich die Leitmerkalmethode daraufhin erweitern, dass sich in den Wichtungen unterscheidende Einzelvorgänge und Vorgangstypen normieren (Kapitel 6.1.4) und zu einem Gesamtrisikowert summieren lassen (Kapitel 6.1.4, Abbildung 6-1). Hierdurch lässt sich dem breiten Spektrum an Körperhaltungen und Lastgewichten der Kommissionierung nachkommen und können neue Anwendungsszenarien der Methode erschlossen werden.



Abbildung 6-1: Vorgehen zur Berechnung der adaptierten Leitmerkalmethode, vgl. [Gün-10a]

6.1.1 Inter- und Extrapolation von Zeit- und Lastwichtung

Aufgrund der hohen Anzahl an Hebe- bzw. Umsetzungsvorgängen in der Praxis wurde die Zeitwichtung im Jahr 2007 von Steinberg extrapoliert und die Systematik der Interpolation für die Punktwerte der Zeitwichtung beschrieben [Bun-07c]. Abbildung 6-2 zeigt den formellen Zusammenhang zwischen der Zeitwichtung und der Anzahl an Umsetzungsvorgängen pro Arbeitstag wie er sich gleichermaßen für die Einzelvorgänge darstellt.

6.1 Adaption der Leitmerkalmethode auf die Anforderungen der Kommissionierung

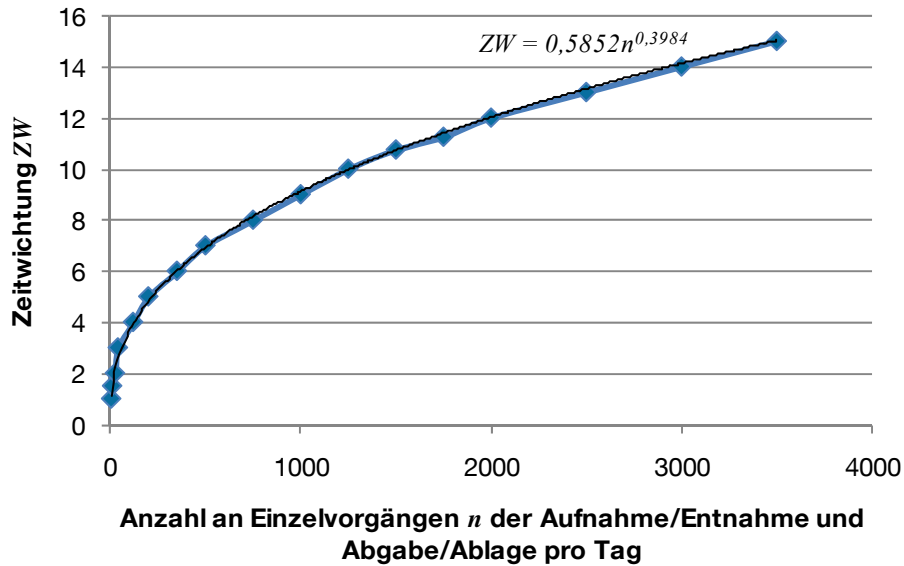


Abbildung 6-2: Inter- und Extrapolation der Zeitwichtung, vgl. [Bun-07c]

Formel 6-1 besagt, dass mit Zunahme der Anzahl n an Einzelvorgängen (Auf-/Entnahme bzw. Ablage/Abgabe von Greifeinheiten) der Wichtungswert für die Zeitwichtung ZW steigt.

$$ZW = 0,5852 * n^{0,3984} \quad (6-1)$$

Gleichermaßen kann mit der Interpolation der Lastwichtung für Frauen und Männer vorgegangen werden (Abbildung 6-3).

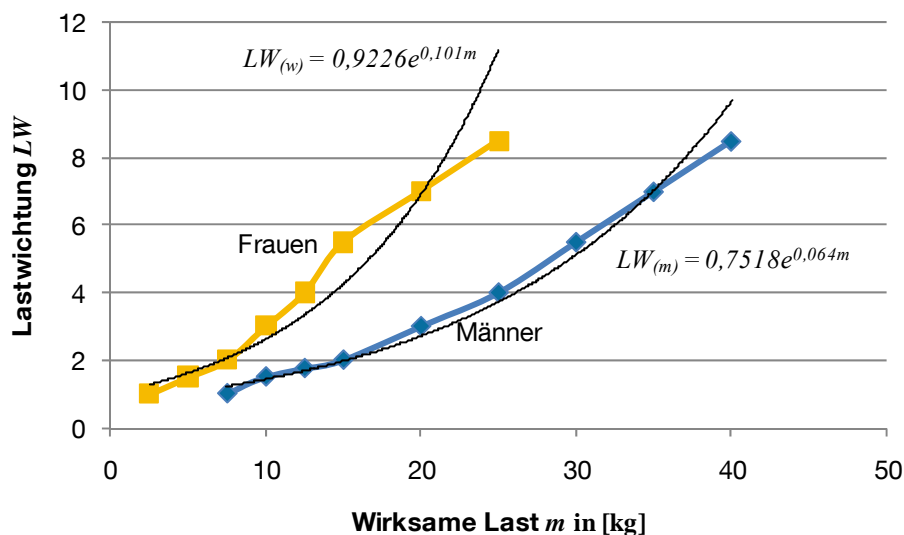


Abbildung 6-3: Interpolation der Lastwichtung für Frauen und Männer, vgl. [Bun-07c]

Je höher die wirksame Last m der Greifeinheit ist, desto höher liegt der Wichtungswert der Lastwichtung $LW_{(m)}$ für Männer (Formel 6-2) und $LW_{(w)}$ für Frauen (Formel 6-3).

$$LW_{(m)} = 0,7518 * e^{0,064*m} \quad (6-2)$$

$$LW_{(w)} = 0,9226 * e^{0,101*m} \quad (6-3)$$

6.1.2 Bestimmung der Haltungswichtung

Bei der Kommissionierung, das heißt z. B. beim Umsetzen der Waren vom Bereitstellregal auf den Kommissionierwagen treten unterschiedliche Körperhaltungen auf, die von der Entnahmehöhe und -tiefe sowie Ablagehöhe und -tiefe (Abbildung 6-4) bestimmt werden. Nach der LMM ist die charakteristische Körperhaltung zu bestimmen. Für eine genauere Betrachtung, wie in der Kommissionierung erforderlich, ist zwischen der Körperhaltung bei der Aufnahme und beim Platzieren der Ware zu differenzieren (Einzelvorgang).

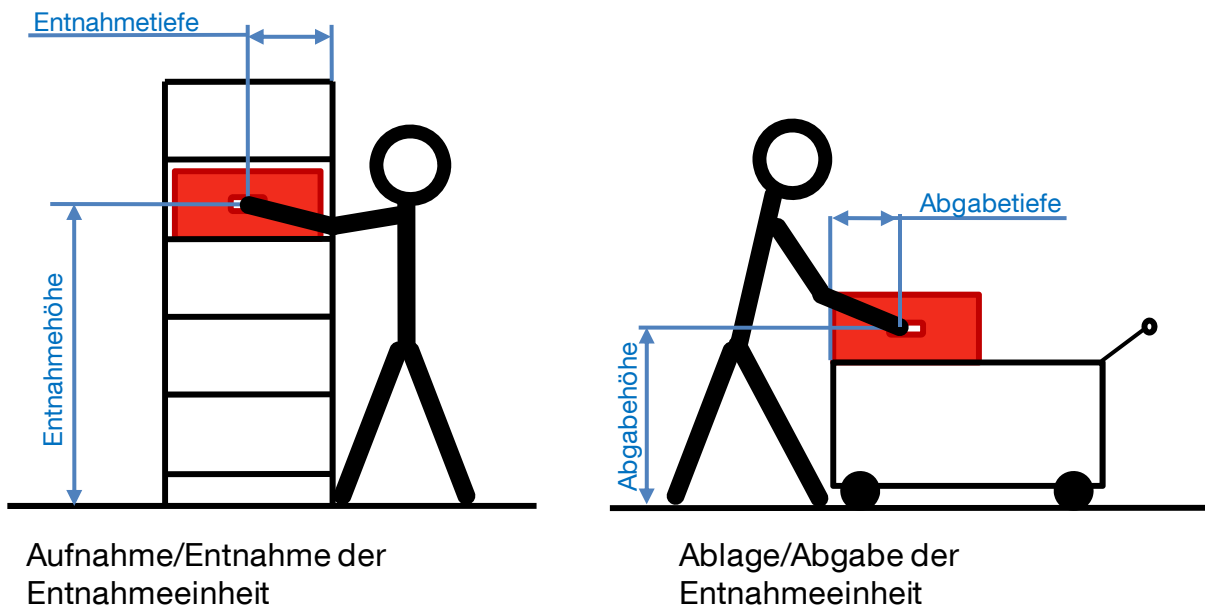


Abbildung 6-4: Warenentnahme und -ablage in der Kommissionierung mit Handwagen [Hub-09]

Für eine Standardisierung der Bewertung der Körperhaltung ist eine Zuordnung der Piktogramme der LMM zu den Abmessungen der Arbeitsumgebung in der Kommissionierung (Bereitstellung im Lager und z. B. Kommissionierwagen) herzustellen. Der Angriffspunkt der Ware und somit die Körperhaltung hängt von zahlreichen Einflussgrößen ab (Lagertyp, Bereitstellart, Greifeinheit, aktueller Füllgrad der Bereitstelleinheit, Geometrie der Entnahmeeinheit, individueller Arbeitsprozess des Kommissionierers und dessen Anthropometrie). Bei der Entnahme aus einer vollen Gitterbox ergibt sich entsprechend eine andere Körperhaltung als bei der Aufnahme aus einer nahezu leeren Gitterbox, in die sich

6.1 Adaption der Leitmerkmalmethode auf die Anforderungen der Kommissionierung

der Kommissionierer hinein beugen muss. Eine gangbare Zuordnung der Piktogramme der LMM zur Greiftiefe und -höhe zeigt Abbildung 6-5. In der ersten Spalte sind die Haltungen für Entnahmen der Entnahmeeinheit mit geringer Entnahmetiefe dargestellt. Sie gelten beispielsweise für Fachbodenregallager mit einfachtiefer Lagerung. Die zweite und dritte Spalte beziehen sich auf Entnahmen mit höherer Greiftiefe, wie sie bei Paletten oder Gitterboxen zu finden sind. Bei Paletten ist in der Praxis das lageweise Kommissionieren zu beobachten. In Ausnahmefällen wird die Palette für schwer erreichbare Artikel betreten, was auf die Einstufung der Haltungswichtung nach der LMM einen vernachlässigbaren Einfluss hat.

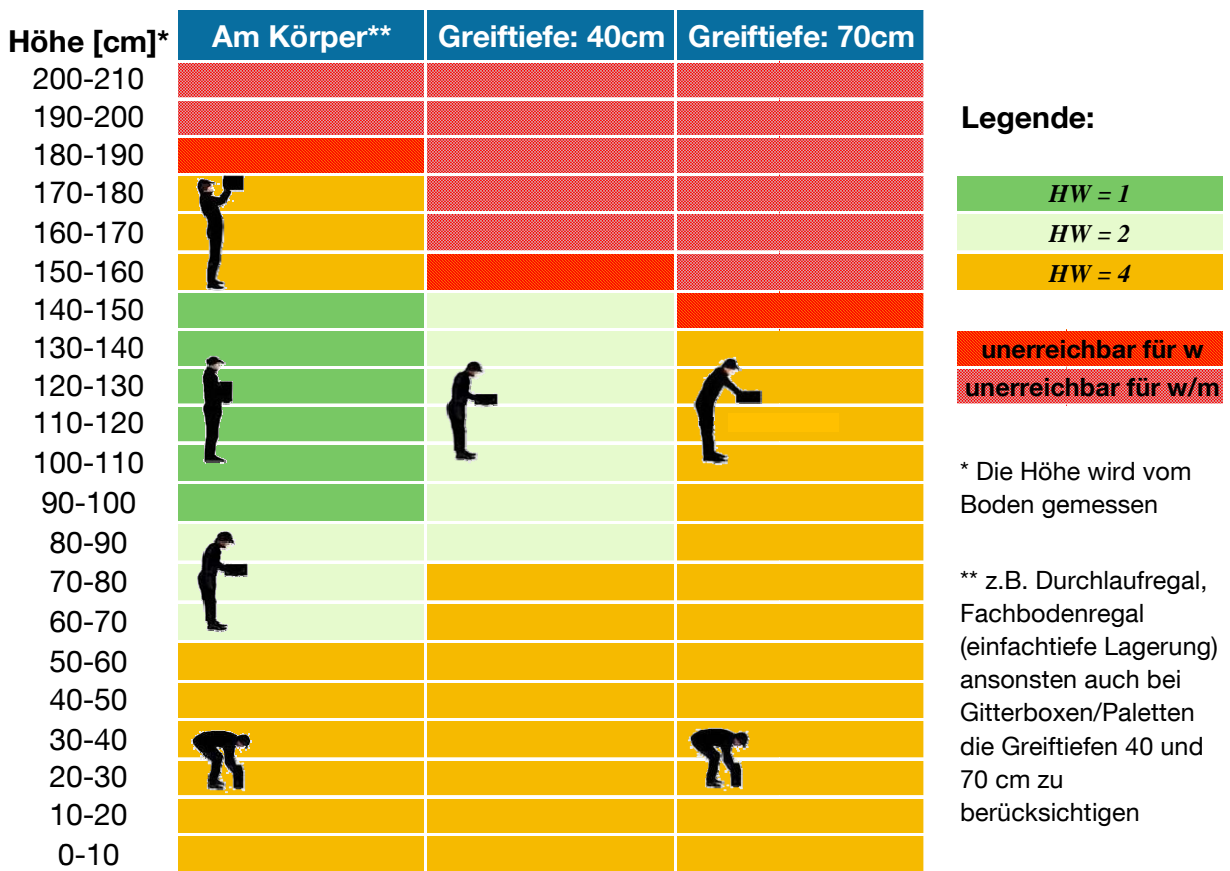


Abbildung 6-5: Anhaltswerte für die Haltungswichtung bei unterschiedlichen Greifhöhen und -tiefen

Die Einteilung nach Abbildung 6-5 basiert auf Angaben der Literatur sowie eigenen Beobachtungen zur Körperhaltung von Versuchspersonen bei der Entnahme aus einer Gitterbox (Tiefe 80 cm). Alle Angaben stellen Anhaltswerte für die Praxis dar, die je nach Anwendungsfall einer Anpassung z. B. bei definierten Greiftiefen bedürfen. Die Nutzhöhe oberer Regalfächer bei gegebener Greiftiefe orientiert sich an den Richtwerten nach Schmidtke [Sch-89]. Die Körperhaltung mit Haltungswichtung 8 stellt einen Extremfall dar (vgl. Tabelle 4-3), welcher beim Kommissionierprozess äußerst selten zu beobachten ist. Die durchgeführten

Arbeitsanalysen (Kapitel 5.5.2) belegen dies, sodass dieser Fall nicht weiter berücksichtigt wird.

6.1.3 Bestimmung der Ausführungsbedingungs-wichtung

Aus Gründen der Arbeitssicherheit herrschen in der operativen Logistik in den überwiegenden Fällen gute Ausführungsbedingungen. Vorgaben zu erforderlichen Aktionsflächen und Arbeitsraum für den Mitarbeiter, rutschfeste und ebene Böden sowie eine für die Aufgaben in der Logistik angemessene Beleuchtung und gute Griffbedingungen stellen den Standard dar.

6.1.4 Berechnung des Gesamtrisikowerts durch Normierung heterogener Einzelvorgänge

Um einen Gesamtrisikowert RW_g für die Kommissionierung zu erhalten, ist eine Summation der Belastung der Einzelvorgänge erforderlich. Da ein Aufsummieren der Risikowerte aufgrund ihrer unterschiedlichen Wichtungen nicht zulässig ist [Bun-01a], sind hierzu die Einzelvorgänge auf einen typischen Vorgang mit definierter Last, Körperhaltung und Ausführungsbedingung zu normieren (Normvorgang nv). In der folgenden Herleitung der Berechnungsmethode wird sich auf die Lastwichtung für Männer beschränkt, da diese vornehmlich zur Kommissionierung eingesetzt werden. Die Herleitung auf Basis der Lastwichtung der Frauen erfolgt äquivalent.

Nach der Grundformel zur Berechnung des Risikowerts RW der LMM (Formel 4-1) sind die Punktwerte der Last-, Haltungs- und Ausführungsbedingungs-wichtung (LW , HW , AW) aufzusummieren und mit der Zeitwichtung ZW zu multiplizieren. Gleichermaßen gilt zur Bestimmung des Risikowerts RW_{ev} eines beliebigen Einzelvorgangs ev :

$$RW_{ev} = ZW_{ev} * (LW_{ev} + HW_{ev} + AW_{ev}) \quad (6-4)$$

Mit den Formeln zur Berechnung von Zeitwichtung und Lastwichtung für Männer (Formel 6-1 und Formel 6-2) ergibt sich für den Risikowert eines Einzelvorgangs $RW_{ev(m)}$:

$$RW_{ev(m)} = 0,5852 * n_{ev}^{0,3984} * (0,7518 * e^{0,064 * m_{ev}} + HW_{ev} + AW_{ev})$$

Sich im Vorgang unterscheidende Einzelvorgänge ($n_{ev,1} = n_{ev,2} = 0,5$) können den gleichen Risikowert besitzen (z. B. $LW_1 = 1$, $HW_1 = 2$, $AW_1 = 0$; $LW_2 = 2$, $HW_2 = 1$, $AW_2 = 0$). Für ein Aufsummieren des Gesundheitsrisikos der verschiedenen Einzelvorgänge ist eine Normierung der Vorgänge erforderlich. Jeder Einzelvorgang wird dabei auf

6.1 Adaption der Leitmerkmalmethode auf die Anforderungen der Kommissionierung

eine Anzahl Normvorgänge mit definierter Wichtung des Normvorgangs NV (festgelegte Haltung HW_{nv} , Last LW_{nv} und Ausführungsbedingung AW_{nv}) normiert. Die Belastung der Anzahl an realen Einzelvorgängen ist dann der Summe an Normvorgängen äquivalent. Für die Normierung eines Einzelvorgangs gilt Formel 6-5:

$$RW_{ev(m)} = RW_{nv} = ZW_{nv} * NV = 0,5852 * n_{nv}^{0,3984} * NV \quad (6-5)$$

mit $NV = (HW_{nv} + LW_{nv} + AW_{nv})$

Formel 6-5 lässt sich nach der Anzahl an Normvorgängen n_{nv} eines Einzelvorgangs ev auflösen zu Formel 6-6:

$$n_{nv} = \sqrt[0,3987]{\frac{RW_{ev(m)}}{0,5852 * NV}} = \sqrt[0,3987]{\frac{1}{0,5852 * NV} * RW_{ev(m)}^{2,5082}} \quad (6-6)$$

Die Berechnung des Gesamtrisikowerts $RW_{g(m)}$ für Männer leitet sich gleichermaßen nach Formel 4-1 aus dem Produkt der Zeitwichtung ZW und der Summe der restlichen Wichtungen ab, wobei in Bezug auf ein Vorhandensein heterogener Einzelvorgänge eine Bewertung über den Normvorgang zu erfolgen hat. Der Gesamtrisikowert $RW_{g(m)}$ für Männer bildet entsprechend das Produkt aus der Zeitwichtung $ZW_{g,nv}$ und der Wichtung des Normvorgangs NV nach Formel 6-7. Die Zeitwichtung $ZW_{g,nv}$ ist nach Formel 6-1 definiert und bezieht sich auf die Summe an Normvorgängen n_{nv} der jeweils normierten, sich unterscheidenden Anzahl n an Einzelvorgängen ev .

$$RW_{g(m)} = ZW_{g,nv} * NV = 0,5852 * \left(\sum_{i=1}^n n_{nv,i} \right)^{0,3984} * NV \quad (6-7)$$

Ein Zahlenbeispiel soll den Zusammenhang erläutern, wie die Summe der Anzahl an normierten Einzelvorgängen zur gleichen Belastung wie die real durchgeführten Einzel- bzw. Umsetzungsvorgänge führt: 200 Umsetzungsvorgänge einer Last von 10 kg in Körperhaltung der Haltungswichtung 4 entsprechen einem Gesamtrisikowert von 26,2 für Männer. Ein fiktiver (und frei wählbarer) Normvorgang mit den Wichtungen

$$HW_{nv} = 2; LW_{nv} = 1; AW_{nv} = 0; NV = 3$$

erzielt den gleichen Risikowert erst bei knapp 900 Normvorgängen, da dessen Last- und Haltungswichtung in diesem Fall niedriger als die realen Einzelvorgänge definiert worden ist.

Formel 6-6 eingesetzt in Formel 6-7 und anschließend ergänzt durch die Substitution der Formel 6-5 ergibt für den Gesamtrisikowert $RW_{g(m)}$ für Männer die adaptierte Leitmerkmalermethode zu Formel 6-8:

$$RW_{g(m)} = \left(\sum_{i=1}^n RW_{ev(m),i}^{2,5082} \right)^{0,3984} = \quad (6-8)$$

$$= 0,5852 * \left(\sum_{i=1}^n n_{ev,i} * (0,7518 * e^{0,064 * m_{ev,i}} + HW_{ev,i} + AW_{ev,i})^{2,5082} \right)^{0,3984}$$

Die Definition des Einzelvorgangs entsprechend ($n_{ev,i} = 0,5$), sowie die Annahme, dass die Ausführungsbedingungen in der Kommissionierung im Allgemeinen als gut einzustufen sind ($AW_{ev,i} = 0$), führt zum Gesamtrisikowert $RW_{g(m)}$ für Männer und $RW_{g(w)}$ für Frauen:

$$RW_{g(m)} = 0,2926 * \left(\sum_{i=1}^n (0,7518 * e^{0,064 * m_{ev,i}} + HW_{ev,i})^{2,5082} \right)^{0,3984} \quad (6-9)$$

$$RW_{g(w)} = 0,2926 * \left(\sum_{i=1}^n (0,9226 * e^{0,101 * m_{ev,i}} + HW_{ev,i})^{2,5082} \right)^{0,3984} \quad (6-10)$$

Der Gesamtrisikowert für Männer (Formel 6-9) und Frauen (Formel 6-10) gibt die Belastung heterogener Umsetzungsvorgänge – wie beispielsweise in der Kommissionierung – wieder. Die Entwicklung der Formeln lässt sich gleichermaßen für die Bewertung der für die Kommissionierung relevanten Handhabungsvorgänge des Tragens, Haltens sowie des Schiebens und Ziehens durchführen. Mit der informationstechnischen Abbildung der entstandenen Berechnungsmethode für die LMM lassen sich zahlreiche Einsatzfälle für die Praxis erschließen, wobei einige Annahmen, Vereinfachungen aber auch Einflussfaktoren bei der Anwendung zu berücksichtigen sind.

6.1.5 Operationalisierung der Berechnungsmethode

Für die Praxis ist eine Abbildung der Berechnungsmethode für die Bewertung heterogener Lastenhandhabungsprozesse in einem einfachen Werkzeug mit Hinweisen zur Anwendung sowie einer plakativen Darstellung der Zusammenhänge von hoher Relevanz. Im Folgenden wird daher ein Vorgehen beschrieben, wie der

6.1 Adaption der Leitmerkmalmethode auf die Anforderungen der Kommissionierung

Einsatz der adaptierten LMM für die Bewertung des Gesundheitsrisikos beim Heben von Lasten in der Kommissionierung mit Hilfe eines Tools erfolgen kann, ohne dass jeder Einzelvorgang durch Beobachtung aufgenommen werden muss:

1. Analysephase
 - a. Prozessaufnahme
 - b. Datenauswertung und -analyse zur Bestimmung der Betrachtungszeitpunkte zur Ableitung von Zeit- und Lastwichtung
 - c. Definition der Körperhaltungen
2. Berechnung der Belastung durch ein excelbasiertes Tool
3. Interpretation des Ergebnisses

Analysephase

Prozessaufnahme

Zunächst ist ein allgemeines Verständnis über den Kommissionierprozess durch Beobachtung zu erlangen. Unter besonderer Berücksichtigung der Hebevorgänge kann eine detaillierte Beschreibung erfolgen, um die Einflüsse auf die körperliche Belastung (Abbildung 6-6) zu erfassen. Neben der Entnahme von Einheiten aus dem Lager und der Ablage auf dem Kommissionierwagen existieren häufig prozessbedingte Mehrfachhübe und weitere Hebevorgänge. Hierzu können die Abgabe von Sammelbehältern, die Aufnahme von Leerbehältern, das Umheben von Paletten (z. B. bei Einsatz als Transporthilfsmittel) aber auch Sortiervorgänge (z. B. zur Bildung optimaler Stapelschemata bei der Beladung eines Kommissionierfahrzeugs) eine Rolle spielen. Aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren hat es sich bewährt, den Kommissionierprozess in Vorgangstypen zu unterteilen, die sich wesentlich durch ihre Last-, Zeit- und Ausführungsbedingungs-wichtung unterscheiden. Die aufwändige Aufnahme der einzelnen Körperhaltungen wird durch eine vorgangstypenbezogene Verteilung der Haltungswahrscheinlichkeit ersetzt, wodurch sich der Berechnungsaufwand reduzieren lässt. Ein Vorgangstyp kann beispielsweise die Häufigkeit der Entnahme von Artikelgewichten von ca. 4 kg aus einem Fachbodenregal mit guten Ausführungsbedingungen darstellen. Für jeden Vorgangstyp ist die zugehörige Zeit-, Last-, Haltungs- und Ausführungsbedingungs-wichtung zu ermitteln. Bei der Bestimmung der Zeit- und Lastwichtung ist zu berücksichtigen, inwiefern der Kommissionierer mehrere Entnahmeeinheiten auf einmal greift.

6 Entwicklung einer Methode zur Belastungsermittlung für die Kommissionierung

Entsprechend erhöht sich einerseits das Lastgewicht, während sich andererseits die Anzahl an Einzelvorgängen gegenüber der Anzahl an kommissionierten Artikeln verringert. Die Bestimmung der Haltungswichtung erfolgt in einer prozentualen Verteilung für die Vorgangstypen ohne Berücksichtigung der individuellen Arbeitsweise oder der Anthropometrie des Kommissionierers.

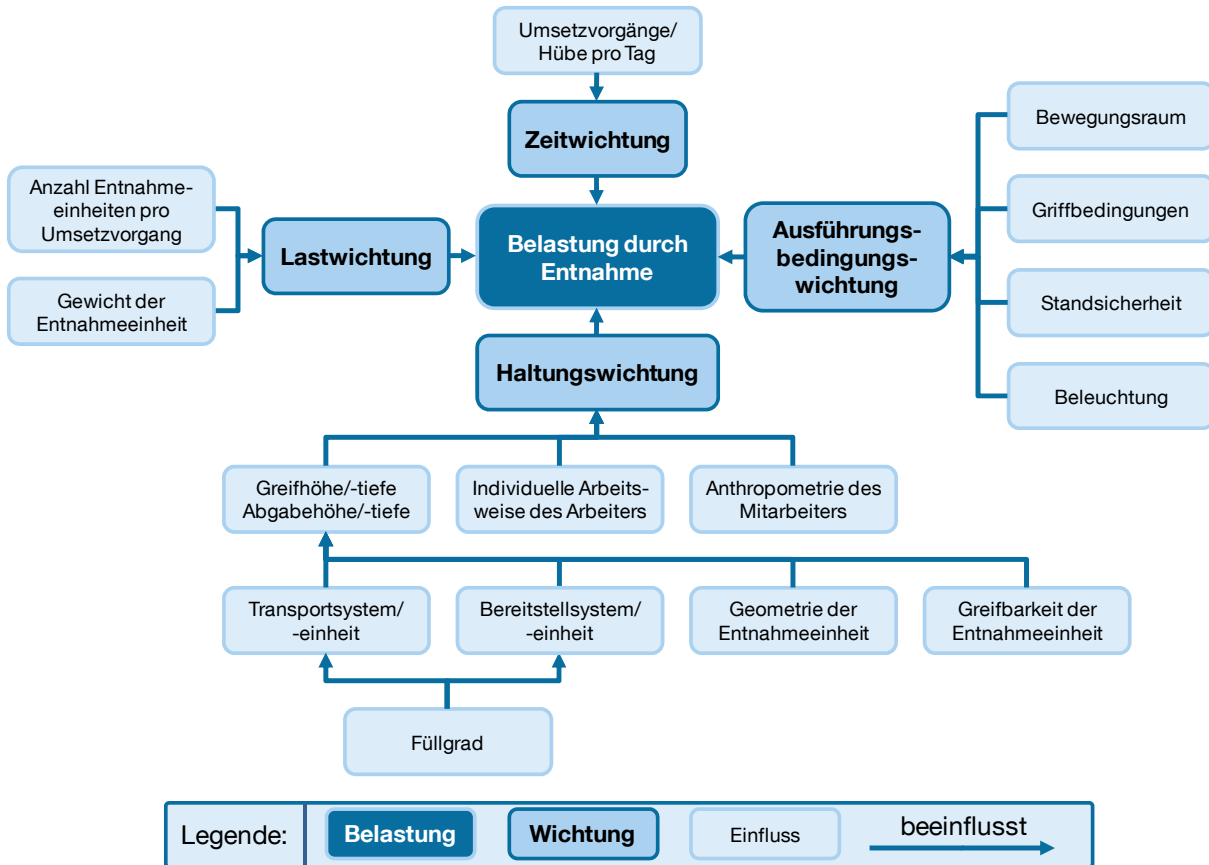


Abbildung 6-6: Einflüsse auf die Wichtungen zur Bestimmung der körperlichen Belastung nach der Leitmerkmalmethode, vgl. [Hub-09]

Datenauswertung und -analyse

Ist ein Warehouse Management System im Einsatz, lassen sich häufig mitarbeiterbezogene Kommissionierauftragsdaten zur Bestimmung der Zeit- und Lastwichtung heranziehen. Aufgrund von Auftragsschwankungen und Leistungsunterschieden zwischen den Kommissionierern ist zunächst eine Zeitrumbetrachtung über mehrere Arbeitstage und Kommissionierer sinnvoll. Aus den Ergebnissen sind eine Referenzpickleistung und ein Lastspektrum zu definieren, für die die körperliche Belastung bzgl. des Hebens berechnet werden soll (Abbildung 6-7). Es bietet sich an, einen Referenztag mit hoher Anzahl an Einzelvorgängen und hohem umgesetzten Gesamtgewicht auszuwählen, der als repräsentativ für die Tagesdosis

6.1 Adaption der Leitmerkmalmethode auf die Anforderungen der Kommissionierung

eines Kommissionierers steht. Vergleiche zu Maximal- und Durchschnittswerten sind jederzeit möglich.

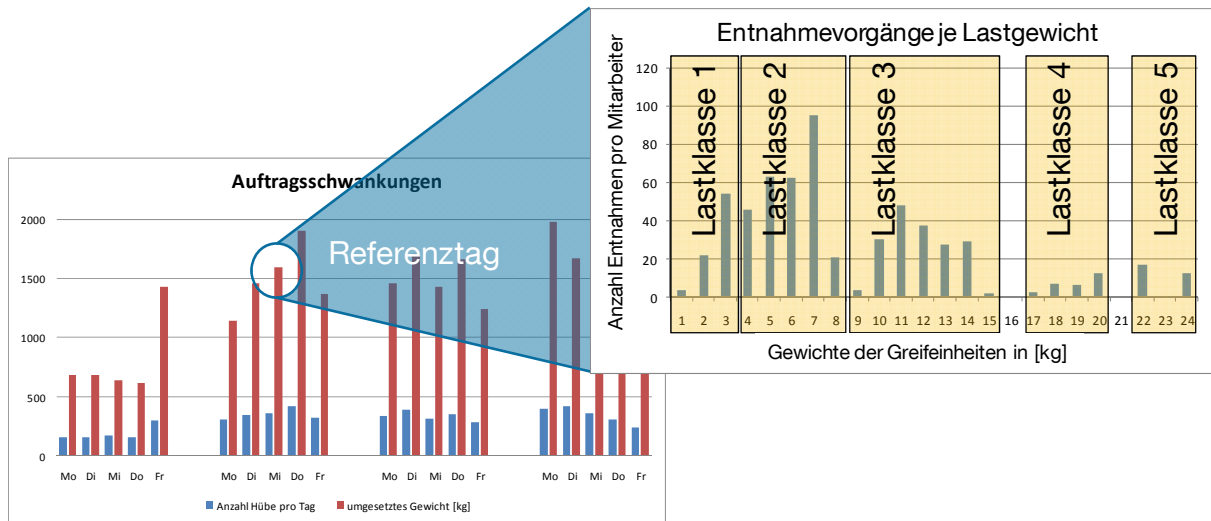


Abbildung 6-7: Datenauswertung zur Ermittlung der Pickleistung des Referenztages und dessen Lastspektrum, vgl. [Wal-09d]

Zur Reduktion des manuellen Berechnungsaufwands lassen sich die umgesetzten Lastgewichte in eine sinnvolle Anzahl $n(Lk)$ an Lastklassen Lk einteilen. Formel 6-8 ändert sich dahingehend, dass einerseits eine Mittelung der Lastgewichte in den Lastklassen erfolgt (Formel 6-11) und andererseits die Anzahl der Einzelvorgänge an die Lastklasse gekoppelt wird (Formel 6-12). Das arithmetische Mittel MW_{Lk} der wirksamen Lasten der Greifeinheiten m_l der Lastklasse Lk ergibt sich geteilt durch die Anzahl $n(Lk)$ an Lastklassen Lk . Die Anzahl an Einzelvorgängen $n_{ev,i}$ splittet sich in die Anzahl x an zu definierenden Lastklassen Lk und die Anzahl y an für die Berechnung relevanter Haltungstypen auf.

$$MW_{Lk} = \frac{\sum_{l=1}^{n(Lk_j)} m_l}{n(Lk_j)} \quad (6-11)$$

$$\sum_{i=1}^n n_{ev,i} \rightarrow \sum_{j=1}^x \sum_{k=1}^y n(Lk_j)_k \quad (6-12)$$

Zu den Nebenbedingungen zählt, dass die Summe der Anzahl an Einzelvorgängen der einzelnen Lastklassen $n(Lk)$ der Gesamtsumme an Einzelvorgängen n entspricht:

$$\sum_{j=1}^x n(Lk_j) = n; \quad x \leq n$$

Weitere Nebenbedingung ist, dass die Lastklassen Lk so definiert sind, dass gilt:

$$m_{l+1} > m_l \text{ und } |Lk_{j+1}| > |Lk_j|$$

Je mehr Vorgangstypen vt und Lastklassen Lk gewählt werden, desto geringer ist die Abweichung des Endergebnisses von Formel 6-8.

Definition der Körperhaltungen

Zur Vereinfachung der Berechnung wird die Körperhaltung bei der Aufnahme bzw. beim Platzieren des Lastgewichts vom Einzelvorgang entkoppelt. Für jeden Vorgangstyp vt ist eine Verteilung der Haltungswichtung mit den Wahrscheinlichkeiten p des Haltungstyps k nach Formel 6-12 zu definieren.

$$\begin{aligned} HW_{vt} &= p_1 * HW_1 + p_2 * HW_2 + p_3 * HW_3 + p_4 * HW_4 \\ &= \sum_{k=1}^4 p_k * HW_k \end{aligned} \quad (6-13)$$

Zur Festlegung der Verteilung der Haltungswichtung lassen sich zunächst die Anhaltswerte nach Abbildung 6-5 heranziehen. Beispielsweise ergeben sich für die Aufnahme aus der am Boden stehenden Gitterbox mit optimalem Füllgrad bzw. einem Fachbodenregal mit einfachtiefer Lagerung die Werte für die Wahrscheinlichkeit p der eingenommenen Körperhaltung k nach Abbildung 6-8.

Für die Haltungsverteilung des jeweiligen Vorgangstyps ist die Zugriffshäufigkeit auf die Lagerorte einzubeziehen. Während bei einem Lager, bestehend aus am Boden stehenden Gitterboxen, von einer Gleichverteilung der Zugriffspositionen über den Arbeitstag ausgegangen werden kann, bietet eine Datenauswertung aus dem WMS bezüglich des Fachbodenregals eine genauere Aussage zur Zugriffshöhe. Über die Zugriffshäufigkeiten auf die Lagerorte lässt sich auf die Häufigkeit der eingenommenen Körperhaltung bei der Entnahme der Waren aus dem Fachbodenregal rückschließen.

6.1 Adaption der Leitmerkmalmethode auf die Anforderungen der Kommissionierung

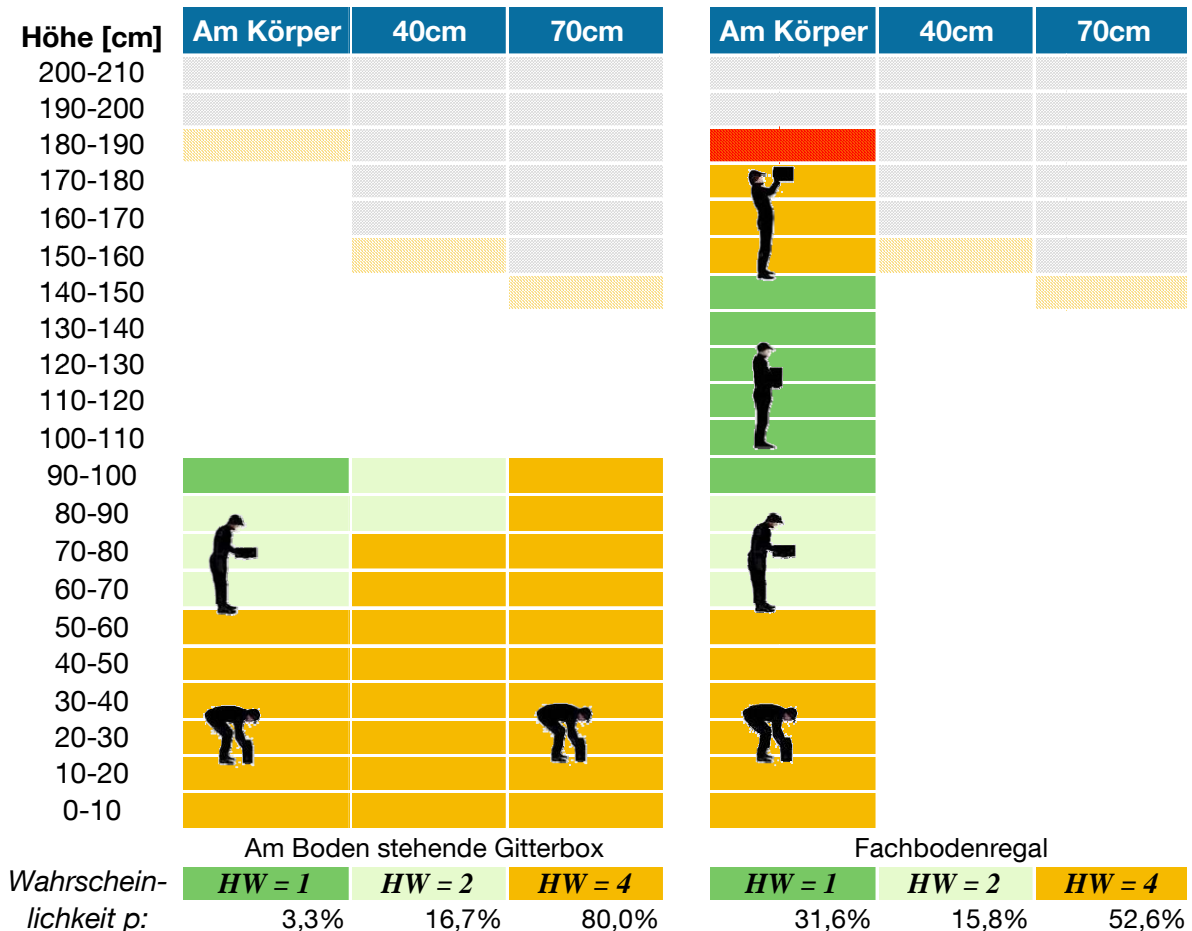


Abbildung 6-8: Haltungsverteilung für eine am Boden stehende Gitterbox (links) und ein Fachbodenregal mit einfachtiefer Lagerung (rechts)

Berechnung der Belastung durch ein excelbasiertes Tool

Aus Formel 6-8 ergibt sich durch Einsetzen der Formeln 6-11, 6-12 und 6-13 sowie Ausschluss der Haltungswichtung 8 ($p_4 = 0$; $y = 3$) für den Gesamtrisikowert $RW_{g(m)}$ für Männer:

$$RW_{g(m)} = 0,5852 * \left(\sum_{j=1}^x \sum_{k=1}^3 n(Lk_j) * p_k * \left(0,7518 * e^{0,064 * \frac{\sum_{l=1}^{n(Lk_j)} m_l}{n(Lk_j)}} + HW_k + AW \right)^{2,51} \right)^{0,3984}$$

Der mathematische Zusammenhang lässt sich in einem Tool abbilden (Abbildung 6-9). Je nach Anwendungsfall und Qualität der im WMS hinterlegten Daten ist eine Änderung der Eingangsdaten (Definition von Vorgangstypen, Bildung der Lastklassen, Haltungsverteilung je Vorgangstyp etc.) sinnvoll. Im dargestellten

6 Entwicklung einer Methode zur Belastungsermittlung für die Kommissionierung

Beispiel zählen zu den Eingangsdaten die Anzahl an Einzelvorgängen $n(L_k)$ (Auf-/Entnahme oder Ablage/Abgabe) je Lastklasse, die Wahrscheinlichkeit der Körperhaltungen p_k sowie das arithmetische Mittel MW_{L_k} der Lastgewichte in den Lastklassen.

Vorgang	Lastklasse Lk	Mittelwert MW (Lk)	Anzahl Einzelvorgänge n je Lastklasse Lk	Wahrscheinlichkeit p des Haltungstyps k	Anzahl Einzelvorgänge n je Vorgangstyp vt	Zeitwichtung ZW des Vorgangstyps vt	Lastwichtung LW für Männer (m) je vt	Haltungswichtung HW des Vorgangstyps vt	Ausführungsbedingungs-wicht. AW des vt	Risikowert des Vorgangstyps vt	Zeitwichtung ZW (nv) des normierten Vorgangstyps vt	Anzahl an Normvorgängen n (nv) je Vorgangstyp vt
Entnahme aus FBR	0,0-2,9	2,4	70	31,6%	22,1	2,0	0,9	1	0	3,8	0,9	3,3
				15,8%	11,1	1,5	0,9	2	0	4,4	1,1	4,8
				52,6%	36,8	2,5	0,9	4	0	12,0	3,0	60,5
Entnahme aus FBR	3,0-7,9	5,7	303	31,6%	95,7	3,6	1,1	1	0	7,5	1,9	18,6
				15,8%	47,9	2,7	1,1	2	0	8,4	2,1	24,9
				52,6%	159,4	4,4	1,1	4	0	22,4	5,6	290,8
...	...	...	...	31,6%	...	...	...	...	...	...	...	...
				15,8%	...	...	...	...	...	...	...	...
				52,6%	...	...	...	...	...	...	...	...
Platzieren auf FFZ mit Hubeinri.	0,0-2,9	2,4	70	65,0%	45,5	2,7	0,9	1	0	5,0	1,3	6,8
				25,0%	17,5	1,8	0,9	2	0	5,3	1,3	7,6
				10,0%	7,0	1,3	0,9	4	0	6,2	1,5	11,5
...	...	...	...	65,0%	...	...	...	...	...	...	...	...
				25,0%	...	...	...	...	...	...	...	...
				10,0%	...	...	...	...	...	...	...	...
Eingabe	Σ Anzahl n an Normvorgängen											569,2
Berechnung	Zeitwichtung ZW der Summe an Normvorgängen											7,3
Ausgabe	Gesamtrisikowert RW (g) für Männer (m)											29,3

Abbildung 6-9: Werkzeug zur vereinfachten Berechnung nach der adaptierten LMM

Interpretation des Ergebnisses

Mit der dargestellten Berechnung ist eine differenziertere Betrachtung des Risikowerts möglich. Die letzte Spalte in Abbildung 6-9 stellt ein Maß für den Beitrag zur Gesamtbelastung in Bezug auf die realen Umsetz- bzw. Hebevorgänge des Kommissionierers dar. In diesem Fall ist besonderes Augenmerk auf den Vorgang der Entnahme aus dem Fachbodenregal (FBR) zu legen, bei dem das Lastgewicht im Mittel bei 5,7 kg liegt und eine schlechte Zugänglichkeit vorhanden ist. Eine Positionierung schwerer Entnahmeeinheit mit hoher Zugriffshäufigkeit in optimaler Bereitstellebene kann hier eine Reduktion der Belastung erzielen (vgl. Kapitel 0).

Die Zusammenhänge zwischen dem Lastgewicht, der Anzahl an Hebevorgängen und dem Risikowert für Männer lassen sich abhängig vom Wert der

6.1 Adaption der Leitmerkmalmethode auf die Anforderungen der Kommissionierung

Haltungswichtung veranschaulichen. Abbildung 6-10 zeigt diesen Zusammenhang für die Haltungswichtung mit dem Punktwert zwei, der in der Praxis bei einfachen Prozessabläufen als Mittelwert für die Körperhaltungen angenommen wird. Die Farbgebung folgt der Einteilung des Risikowerts nach Tabelle 4-4.

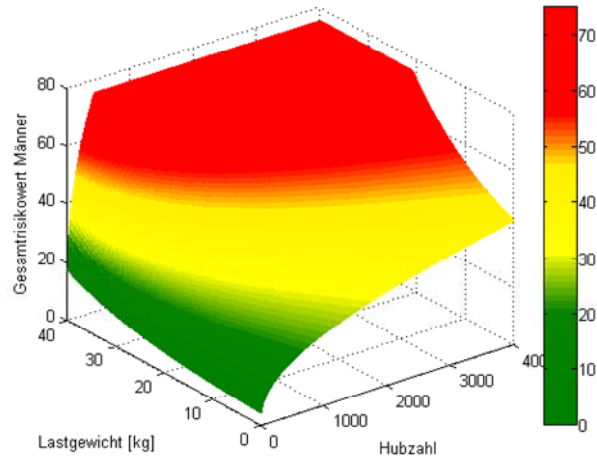


Abbildung 6-10: Zusammenhang von Lastgewicht, Anzahl Umsetzvorgänge und Risikowert für Männer bei einer Haltungswichtung von 2 (HW = 2), vgl. [Ges-10]

Wie Abbildung 6-11 zeigt, hängt der Gesamtrisikowert stark von der eingenommenen Körperhaltung des Kommissionierers ab.

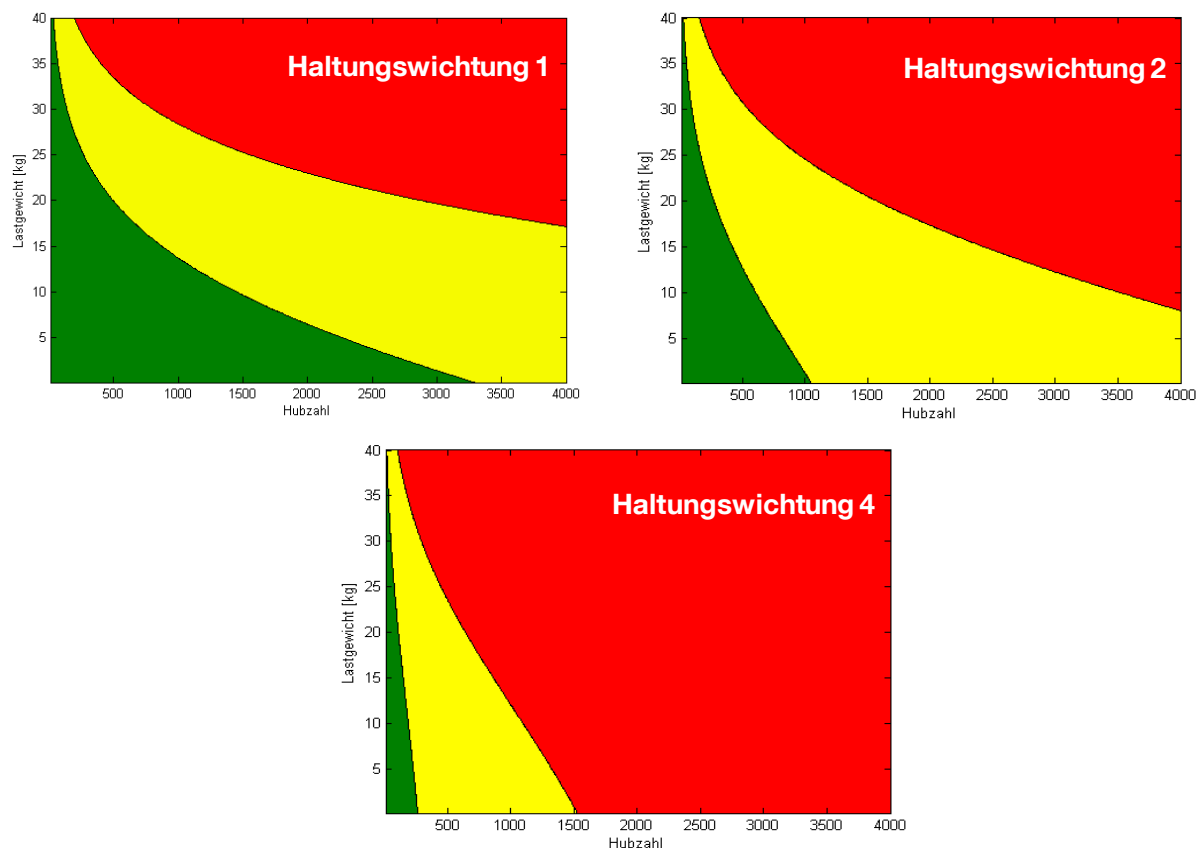


Abbildung 6-11: Zusammenhang von Lastgewicht, Anzahl Umsetzvorgänge und Risikowert für Männer bei verschiedenen Körperhaltungen, vgl. [Ges-10]

Die dargestellte Vorgehensweise ist gleichermaßen für die Belastungsermittlung an Verpackungsarbeitsplätzen einsetzbar, wobei die Einflussfaktoren des Verpackprozesses zu berücksichtigen sind. Darüber hinaus sind weitere Anwendungsszenarien für die adaptierte LMM möglich, die im Folgenden vorgestellt werden.

6.2 Anwendungsszenarien für Berechnungsmethode

Gemäß den Kategorien an Maßnahmen zur alternsgerechten Arbeitsgestaltung (Kapitel 5.6) sind im Folgenden Einsatzszenarien für die adaptierte LMM aufgeführt und in den anschließenden Unterkapiteln skizziert. Sie dienen der Validierung der Berechnungsmethode an Hand von praxisrelevanten Anwendungen.

- I. Kombination der adaptierten LMM mit MTM-Kommissionierbausteinen zur nachhaltigen Integration von Ergonomie in die Planungsphase von Kommissioniersystemen (Kapitel 6.2.1)
- II. Fortlaufende Belastungsermittlung auf Basis der adaptierten LMM zur Erlangung von Transparenz über die aktuelle Belastungssituation von Kommissionierern (Kapitel 6.2.2)
- III. Optimierungsalgorithmus zur Minimierung des Gesamtrisikowertes des Kommissionierers durch eine ergonomisch optimale Anordnung des Teilesortiments am Beispiel des Fachbodenregallagers (Kapitel 0)
- IV. Festlegung der maximalen Anzahl an Hebevorgängen unter definierten Arbeitsbedingungen zur Arbeits- und Personaleinsatzplanung (am Beispiel des Entsorgerarbeitsplatzes im Presswerk, Kapitel 6.2.4)

Ziel der Anwendungsszenarien ist es,

- die Akzeptanz und den konsequenten Einsatz von Arbeitsanalysen für die Belastungsermittlung von Tätigkeiten der operativen Logistik zu steigern,
- die Transparenz über die Belastungssituation und -verläufe der Mitarbeiter durch technische Integration und Visualisierung zur Abschätzung einer langfristigen Schädigung der Mitarbeiter zu erhöhen,
- zur Reduktion von typischen in der Logistik auftretenden MSE und damit einhergehend der Verringerung von AU-Tagen und der Vermeidung von langfristig gesundheitlichen Schädigungen durch eine menschengerechte Arbeitsgestaltung beizutragen.

Die Arbeits- und Leistungsfähigkeit der Logistiker soll so langfristig bewahrt werden, sodass auch in Zukunft unabhängig von der Altersstruktur eine leistungsfähige Belegschaft zur Verfügung steht, die in Zeiten der Wertschöpfungsorientierung die an sie gestellten Anforderungen erfüllen kann.

6.2.1 Verknüpfung der Leitmerkmalmethode mit MTM in der Planungsphase von Kommissioniersystemen

Mit der Berechnungsmethode nach der adaptierten LMM steht ein Ansatz zur Verfügung, Arbeitsanalyseverfahren nachhaltig in die operative Logistik zu implementieren. Bereits in der Planungsphase logistischer Systeme lässt sich mit Hilfe dieser Methode und den für die Prozessplanung und Ausführungsanalyse weit verbreiteten Methods Time Measurement (MTM) die Mitarbeiterbelastung vor der Realisierung von Kommissionierlagern und -prozessen ermitteln. Der Planer erhält frühzeitig Transparenz über die spätere körperliche Belastung und kann die Kommissioniersystemgestaltung sowohl unter dem Aspekt der Wertschöpfung als auch der Ergonomie durchführen. Ist das Logistiksystem erst einmal in Betrieb sind meist nur noch schwer oder mit hohem Aufwand ergonomische Anforderungen integrier- bzw. wirtschaftlich realisierbar. Mit der Kombination der beiden Methoden wird damit zunächst der Präventivgedanke verfolgt, hohe körperliche Belastung zu vermeiden. So können Mitarbeiter gesund altern, Erkrankung des Muskel-Skelett-Systems vorgebeugt werden und die Leistungsfähigkeit erhalten bleiben.

Basis des entwickelten Tools bilden eigens vom Lehrstuhl fml aggregierte MTM-Bausteine für die Kommissionierung [Wal-09e, Gal-10]. Zielstellung bei der Entwicklung war die Erstellung von Prozessbausteinen für die Planung von Kommissioniersystemen, mit denen sich unterschiedliche Prozessketten aus möglichst wenigen Prozessschritten erstellen lassen. Die Bausteine basieren auf dem Universellen Analysier-System (UAS). Es ließ sich in Projekten zeigen, dass das höhere Abstraktionslevel der MTM-Bausteine die Planungsergebnisse nicht negativ beeinflusst. Vielmehr führte der Einsatz der Bausteine zu einer höheren Genauigkeit der Planungsergebnisse, da mit Hilfe der erforderlichen Prozessbeschreibung sich der Planer bereits in der frühen Planungsphase mit der Prozessgestaltung auseinandersetzen hat [Gal-10].

Die meisten Informationen, die für die Durchführung einer Belastungsermittlung nach der adaptierten LMM notwendig sind, sind bereits durch die MTM-Prozessbeschreibung festgelegt. Vielmehr noch ist eine fundierte LMM in der Planung nur dann durchführbar, wenn die Informationen aus einer detaillierten Prozessbeschreibung

vorliegen. Nur so lässt sich der Risikowert möglichst objektiv und transparent ermitteln. Gleichzeitig wird der Planer durch die Bewertung der Belastung für ergonomische Fragestellungen sensibilisiert, sodass parallel zur Prozessplanung eine Arbeitsplatzgestaltung nach ergonomischen Gesichtspunkten erfolgen kann.

Die MTM-Kommissionierbausteine wurden gemeinsam mit der adaptierten LMM sowohl für das Heben als auch für das Ziehen und Schieben von Lasten in der Kommissionierung in einem Werkzeug abgebildet. Als Eingaben sind im Wesentlichen die bestehende Lagergeometrie, der Kommissionierprozess an sich und die typische Last- und Haltungsverteilung einmalig zu hinterlegen. Weitere Einflussgrößen wie z. B. die Auftrags- und Sortimentsstruktur sowie Entnahme- und Abgabehöhen lassen sich oftmals aus dem WMS beziehen.

6.2.2 Fortlaufende Belastungsermittlung im Betrieb am Beispiel von Pick-by-Vision

Im Anschluss an die Realisierung des geplanten Kommissioniersystems ist die Transparenz über die Belastungssituation der Mitarbeiter durch den realen Arbeitsprozess gefragt. Auftragsschwankungen, inhomogene Prozesse und große Variation an Haltungen und Lastgewichten in den als Tagesdosis vorkommenden Hebevorgängen erfordern eine stetige Ermittlung, um auf Belastungsspitzen schnellstmöglich reagieren zu können. Während technische Hilfsmittel den Arbeitsprozess grundsätzlich erleichtern können, lässt sich hier durch arbeitsorganisatorische Maßnahmen nach dem Prinzip der Job Rotation für eine Belastungsverteilung über die Mitarbeiter sorgen. Das folgende Szenario zeigt eine Möglichkeit die adaptierte Leitmerkmalermethode aufwandsarm in die betrieblichen Abläufe zu integrieren.

Als Beispiel dient die manuelle Kommissionierung nach dem Prinzip Mann zur Ware mit einem Kommissionierwagen (definierte Ablagehöhe) aus einem einfachtiefen Fachbodenregal. Die Integrationsplattform stellt das Warehouse Management System dar. Grundlage für eine IT-Anbindung bildet die systemseitige Verfügbarkeit der für die Berechnung der adaptierten LMM erforderlichen Daten. Die Kommissionieraufträge müssen den Mitarbeitern zuordenbar sein. Zu jedem Pick, den der Kommissionierer macht, wird vom WMS ein Risikowert berechnet. Die Zeitwichtung ist als halber Hebevorgang (Einzelvorgang) für die Auf-/Entnahme sowie die Ablage/Abgabe auf dem Kommissionierwagen definiert. Über das Gewicht der Entnahmeeinheit ist die Lastwichtung festgelegt. Je nach Entnahmemenge und Anzahl gleichzeitig kommissionierbarer Entnahmeeinheiten ist hier eine Korrektur

von Lastwichtung bzw. zwischen Entnahmemenge und Anzahl an Greifvorgängen erforderlich. Die Haltungswichtung für die Abgabe ist bei fester Ablagehöhe und geringer Ablagetiefe festgelegt. Bei der Entnahme lässt sich die Körperhaltung von der Höhe des Lagerfachs bzw. dessen Bezeichnung (im WMS) ableiten.

Die Berechnungsmethode nach der adaptierten Leitmerkmalmethode für die operative Logistik wurde in das am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) entwickelte Pick-by-Vision System [Rei-09] integriert (Abbildung 6-12). Während der Kommissionierung trägt der Mitarbeiter ein Head Mounted Display, das ihm alle für die Kommissionierung erforderlichen Daten situativ zur Verfügung stellt. Dabei hat der Mitarbeiter beide Hände für die Kommissionierung frei. Zusätzlich zu den Auftragsdaten bekommt der Mitarbeiter seinen aktuellen Risikowert in Bezug auf das Heben von Lasten mitgeteilt.

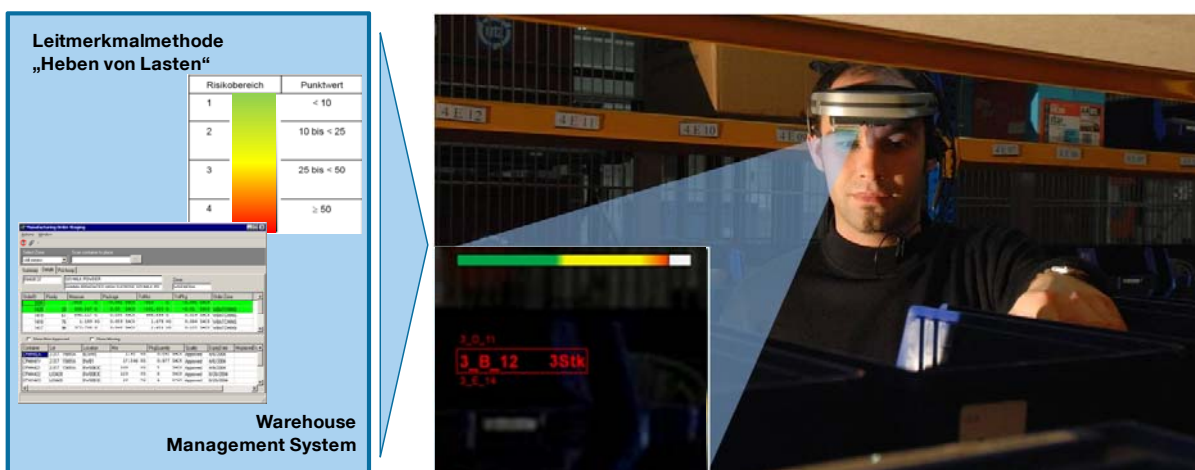


Abbildung 6-12: Beispiel einer fortlaufenden Belastungsermittlung und -visualisierung, integriert im Pick-by-Vision, vgl. [Gün-10a]

Für das am Lehrstuhl fml verfügbare monochrome Display wurden verschiedene Darstellungsarten realisiert (Abbildung 6-13).

Die fortlaufende Belastungsermittlung und -visualisierung lässt sich gleichermaßen für andere Visualisierungsmedien (Monitor, Handheld etc.) und je nach Bedarf für verschiedene Formen der Arbeitsorganisation einsetzen. Ziel ist es, durch die Transparenz über die Belastungssituation der Mitarbeiter eine körperliche Überbelastung des Einzelnen zu vermeiden. Dem Personaleinsatzplaner oder Meister steht als Zentralfunktion ein Werkzeug zur Verfügung, um die Arbeitsbelastung in der Kommissionierung adäquat zu verteilen. Sieht der Verantwortliche, dass die für den Mitarbeiter festgesetzte Grenze des Gesamtrisikowerts überschritten wird, kann ein Belastungsausgleich durch arbeitsorganisatorische Maßnahmen angestoßen werden. Es besteht die Möglichkeit, den Kommissionierer in einen Kommissionierbereich niedriger Belastung

6 Entwicklung einer Methode zur Belastungsermittlung für die Kommissionierung

zuzuteilen oder mit Aufträgen mit geringerem Lastgewicht, besserer ergonomischer Zugänglichkeit und geringerer Anzahl an Positionen zu versorgen. Sofern es ein Auftragsforecast zulässt, kann bereits vor Schichtbeginn eine Verteilung der Kommissionieraufträge erfolgen. Ist die Tagesbelastungsgrenze des Kommissionierers erreicht, besteht zudem die Option, den Mitarbeiter zeitweise mit einem Kollegen aus der Verpackung zu tauschen, da dort gegebenenfalls leichtere Tätigkeiten vorhanden sind. Sofern es die Qualifikation des Mitarbeiters zulässt, bietet sich oft eine Job Rotation mit einem Staplerfahrer an, da hier gleichzeitig ein Ausgleich der Belastung zwischen Gehen, Stehen und Sitzen gegeben ist.

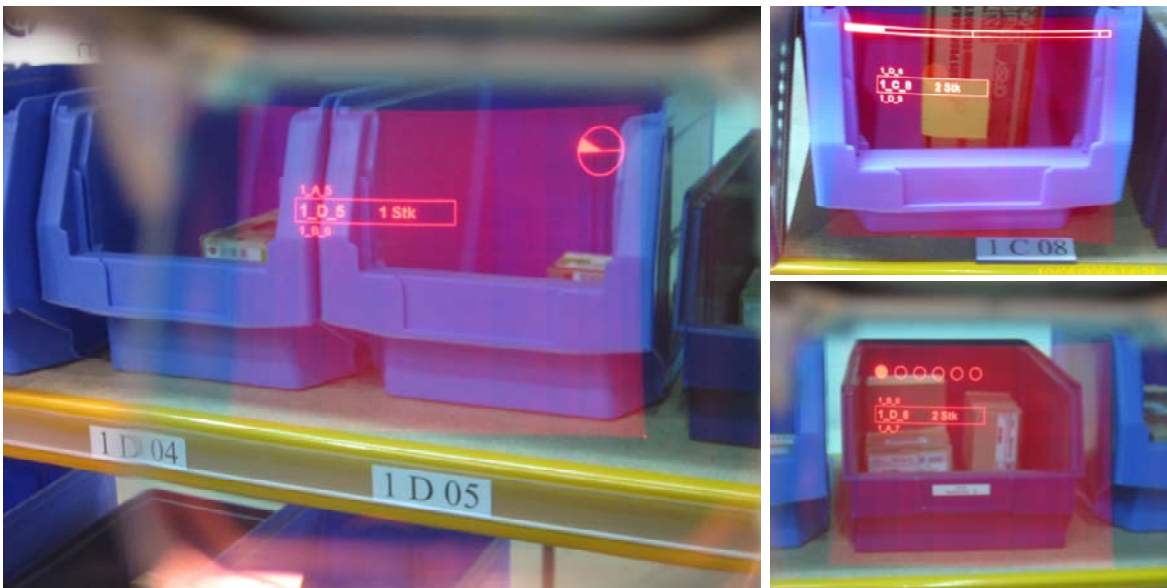


Abbildung 6-13: Visualisierungsalternativen für die Belastungsdarstellung im Pick-by-Vision (Tortendiagramm, Balkendiagramm, Punkte), vgl. [Gün-10a]

Im Fall des Pick-by-Vision legt nicht der Personaleinsatzplaner oder Meister die Job Rotation fest, sondern der Kommissionierer organisiert in Eigenverantwortung mit seinen Kollegen, wann ein Wechsel der Arbeit erforderlich ist. Hierdurch kann zudem das subjektive Empfinden des Mitarbeiters in die Betrachtung für einen Tätigkeitswechsel mit einbezogen werden.

Durch die fortlaufende Belastungsermittlung sind keine zeitaufwändigen Arbeitsanalysen und Datenauswertungen zur Berechnung des Risikowerts für Tätigkeiten der operativen Logistik erforderlich.

6.2.3 Ergonomische Lagerfachbelegung zur Minimierung des Gesamtrisikowertes bei der Kommissionierung

In der Lagerplanung spielt die Auswahl der richtigen Lagerstrategie eine wichtige Rolle. Hierfür wird oft die Umschlagshäufigkeit der Artikel herangezogen und eine hinsichtlich der Zugriffshäufigkeit optimale Lagerfachbelegung durchgeführt (ABC-Belegung). Die Kommissionierzeit lässt sich dadurch minimieren, um so eine hohe Kommissionierleistung zu erzielen. Ebenso ist eine dem Umsatz wertmäßige Verteilung der Waren gang und gäbe.

Eine neue Klassifizierung der Lagerartikel nach dem Gesichtspunkt der Ergonomie lässt sich durch die Berechnungsmethode der adaptieren Leitmerkmalmethode realisieren. Ziel ist hierbei eine ergonomische Lagerfachbelegung zur Minimierung der körperlichen Belastung in Bezug auf die Tagesdosis an Hebevorgängen in der Kommissionierung. Als ergonomisch optimal gilt in diesem Fall eine Artikelanordnung, bei der der Gesamtrisikowert des Mitarbeiters am Arbeitstag so gering wie möglich ausfällt. Dies wird dadurch erreicht, dass Artikel mit hoher Zugriffshäufigkeit und hohem Gewicht in ergonomisch günstiger Position (gute Körperhaltung) und Artikel mit geringerer Zugriffshäufigkeit und niederem Gewicht in ergonomisch weniger gut zugänglichen Lagerfächern untergebracht werden.

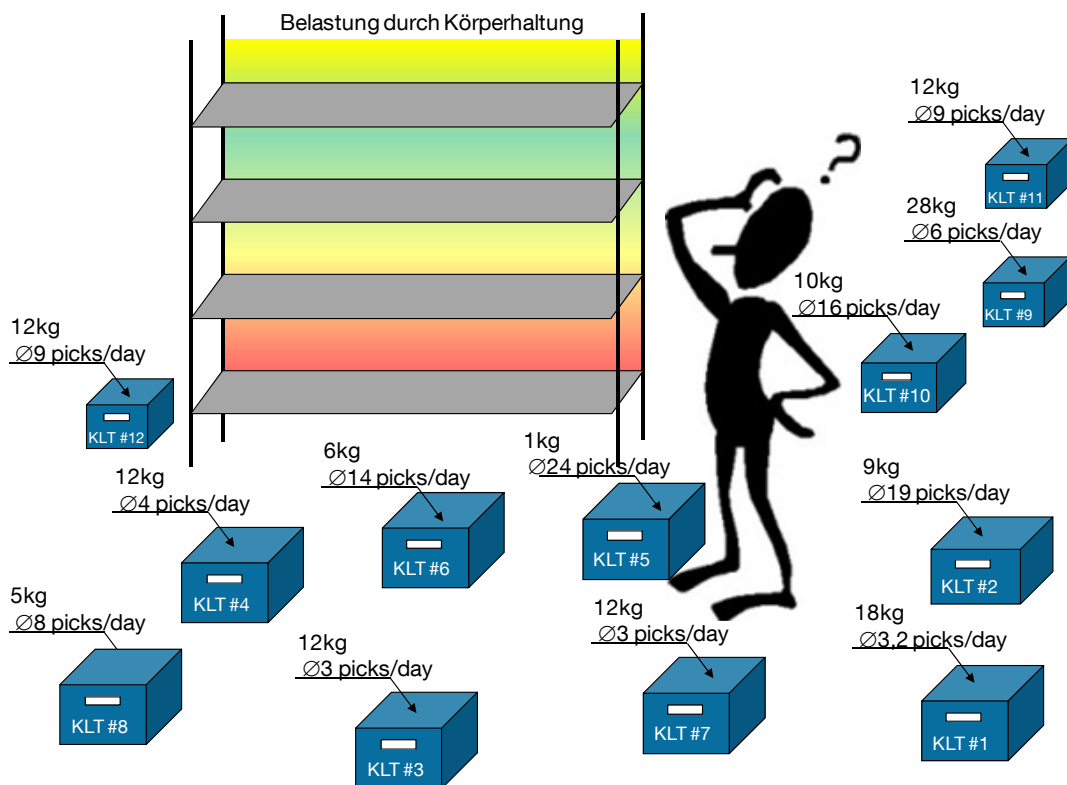


Abbildung 6-14: Optimierungsproblem in der manuellen Kommissionierung eines Fachbodenregallagers hinsichtlich einer ergonomischen Lagerfachbelegung, vgl. [Gün-10b]

Als Beispiel dient erneut die manuelle Kommissionierung in einem Fachbodenregallager. Jede Entnahmeeinheit entspricht einem Kleinladungsträger (KLT). Für jeden KLT ist das Gewicht, die durchschnittliche Zugriffshäufigkeit (z. B. aus Vergangenheitsdaten) und die Ausführungsbedingung (bspw. $AW = 0$) bekannt (Abbildung 6-14). Über die Geometrie des Lagerregals kann eine Zuordnung der Körperhaltung zum Lagerfach erfolgen. Das folgende Beispiel erfordert eine Anordnung von zwölf Behältern in ein Regal mit vier Fachböden, wobei sechs in optimaler Haltung ($HW = 1$), drei in leicht gebeugter ($HW = 2$) und drei nur in schlechter Haltung ($HW = 4$) erreichbar sind. Die Ablage der Waren spielt für das Optimierungsproblem keine Rolle. Das Optimierungsproblem zur optimalen Einordnung der KLT lässt sich vereinfacht auf Basis von Formel 6-9 formulieren:

$$\begin{aligned} & \min \text{Gesamtrisikowert } RW_g \\ & \cong \min \sum_{i=1}^{n(KLT)} \sum_{k=1}^y \text{Anzahl Normvorgänge der Vorgangstypen} \end{aligned}$$

Der Minimierung des Gesamtrisikowerts RW_g kommt eine Minimierung der Summe an Normvorgängen n_{nv} über alle Vorgangstypen vt gleich. Ein Vorgangstyp eines KLT $\#i$ beschreibt in diesem Zusammenhang dessen Anzahl an normierten Entnahmenvorgängen aufgrund dessen durchschnittlicher Zugriffshäufigkeit und dessen Gewicht. Die Körperhaltung stellt die Variable des Optimierungsproblems dar, über die eine Zuordnung zu den Lagerfächern für einen minimalen Gesamtrisikowert erfolgt. Im Folgenden werden die Interpolationsformeln für Männer verwendet. Die Herleitung für Frauen ist analog. Formel 6-6 eingesetzt in die auf die Minimierung normierter Einzelvorgänge vereinfachte Formel 6-7 ergibt die Zielfunktion:

$$\begin{aligned} & \min \sum_{i=1}^{n(KLT)} \sum_{k=1}^y \left(\sqrt[0,3987]{\frac{1}{0,5852 * NV} * RW_{i,k(m)}^{2,5082}} \right) \\ & \min \sum_{i=1}^{n(KLT)} \sum_{k=1}^y RW_{i,k(m)}^{2,5082} \\ & \min \sum_{i=1}^{n(KLT)} \sum_{k=1}^y \left(0,5852 * (n_i * q_{i,k})^{0,3984} * (0,7518 * e^{0,064 * m_i} + HW_{i,k}) \right)^{2,5082} \end{aligned}$$

mit $q = \text{Wahrscheinlichkeit von KLT } i \text{ bei Haltungstyp } k$
 $y = 3; HW_{i,1} = 1; HW_{i,2} = 2; HW_{i,3} = 4$

Den Freiheitsgrad bzw. die Entscheidungsvariablen des Problems bilden die Wahrscheinlichkeiten der Haltung $q_{i,k}$. Im Beispiel sind insgesamt 36 Entscheidungsvariablen (von $q_{1,1}$ bis $q_{12,3}$) vorhanden. Nimmt die Haltungswahrscheinlichkeit $q_{1,1}$ den Wert 1 (100%) an, ist KLT #1 in ein Lagerfach zu positionieren, in welchem die Körperhaltung mit der Haltungswichtung 1 vom Kommissionierer eingenommen wird.

Zur Lösung des Optimierungsproblems sind Nebenbedingungen zu erfüllen:

- Jeder KLT muss einem zur Verfügung stehenden Lagerfach zugeordnet werden, da sonst eine Zuordnung allein in optimaler Entnahmehöhe bzw. aufrechter Körperhaltung erfolgt.
- Sämtliche Haltungswahrscheinlichkeiten dürfen nur die Werte 1 oder 0 annehmen.

$$s. t. q_{i,k} = \text{binary}$$

- Die Summe der Haltungswahrscheinlichkeiten $q_{j,k}$ eines KLT #i muss 1 ergeben.

$$\sum_{k=1}^3 q_{i,k} = 1$$

- Die Haltungswahrscheinlichkeit $q_{i,k} = 1$ darf nur entsprechend oft der Anzahl an verfügbaren Lagerfächer je Haltungsbereich vergeben werden.

$$\sum_{i=1}^{n(KLT)} \sum_{k=1}^3 q_{i,k} = \text{Anzahl Lagerfächer mit } HW_{i,k}$$

Das Optimierungsproblem kann unter Einhaltung der Nebenbedingungen für eine geringe Anzahl an zuzuordnenden KLT mit Hilfe eines Solvers gelöst werden. Das Ergebnis besteht aus Werten für sämtliche Entscheidungsvariablen (Abbildung 6-15).

Als Resultat entsteht eine Lagerfachbelegung, die basierend auf Durchschnittswerten der Vergangenheit eine ergonomische Artikelverteilung auf die Lagerfächer zur Folge hat (Abbildung 6-16). Ein Optimum bezüglich der Auftragslast des Tages ist in dem Zusammenhang nicht erreicht, da hier Abweichungen gegenüber den Vergangenheitsdaten vorhanden sein können. Entsprechend ist diese Methode insbesondere für Lagersysteme mit fester Lagerplatzzuordnung, relativ stabilen Zugriffshäufigkeiten und relativ konstanten Entnahmemengen pro Greifvorgang (konstante Last je Lagerort) geeignet.

Haltungswichtung 1			Haltungswichtung 2			Haltungswichtung 4		
$q_{1,1}$	=	1	$q_{1,2}$	=	0	$q_{1,3}$	=	0
$q_{2,1}$	=	1	$q_{2,2}$	=	0	$q_{2,3}$	=	0
$q_{3,1}$	=	0	$q_{3,2}$	=	0	$q_{3,3}$	=	1
$q_{4,1}$	=	0	$q_{4,2}$	=	1	$q_{4,3}$	=	0
$q_{5,1}$	=	1	$q_{5,2}$	=	0	$q_{5,3}$	=	0
$q_{6,1}$	=	0	$q_{6,2}$	=	1	$q_{6,3}$	=	0
$q_{7,1}$	=	0	$q_{7,2}$	=	0	$q_{7,3}$	=	1
$q_{8,1}$	=	0	$q_{8,2}$	=	0	$q_{8,3}$	=	1
$q_{9,1}$	=	1	$q_{9,2}$	=	0	$q_{9,3}$	=	0
$q_{10,1}$	=	0	$q_{10,2}$	=	1	$q_{10,3}$	=	0
$q_{11,1}$	=	1	$q_{11,2}$	=	0	$q_{11,3}$	=	0
$q_{12,1}$	=	1	$q_{12,2}$	=	0	$q_{12,3}$	=	0

Abbildung 6-15: Beispielhaftes Ergebnis des Optimierungsproblems

Das Optimierungsproblem ist in der Praxis aus zwei Gründen schwer zu lösen. Zum einen ist eine der Nebenbedingungen binär, weshalb zum Lösen ein aufwendiges Branch and Bound Verfahren durchgeführt werden muss. Zum anderen ist die Zielfunktion nicht linear.

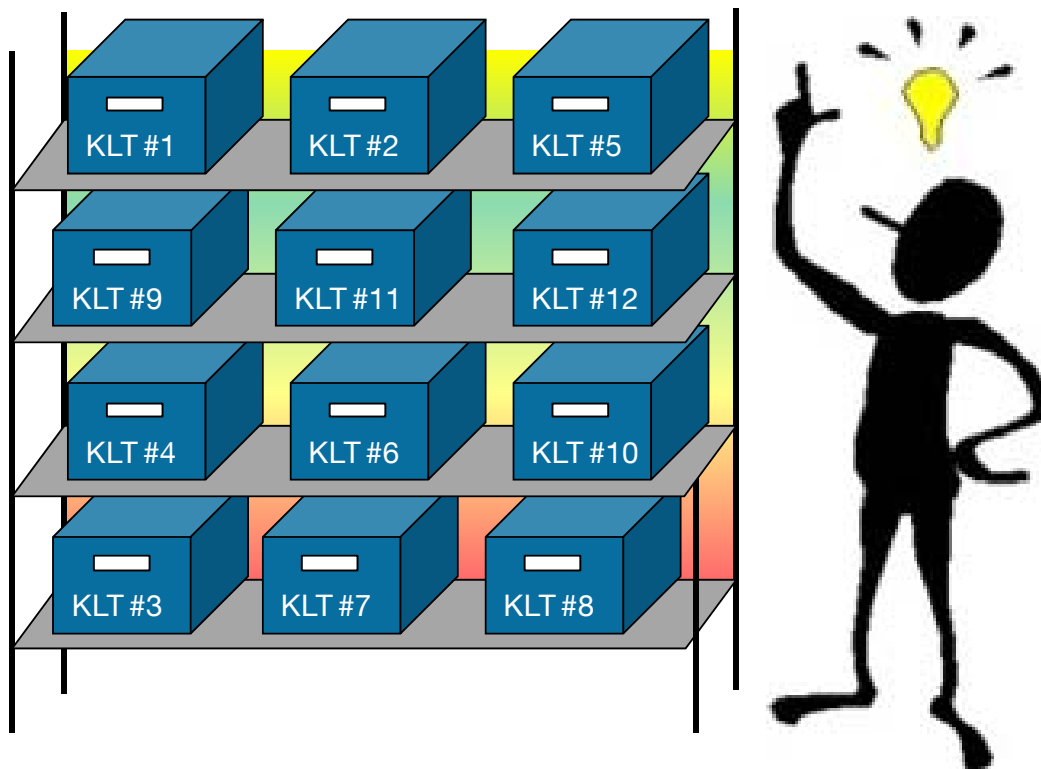


Abbildung 6-16: Optimale Anordnung der KLT entsprechend des Optimierungsproblems

Die binäre Nebenbedingung lässt sich nicht vermeiden. Allerdings kann eine Linearisierung der Zielfunktion durchgeführt werden, mit der sich das Optimierungsproblem für mehrere KLT lösen lässt. Eine lineare Zielfunktion hat im Allgemeinen die Form $\min/\max c^T \cdot q$, wobei c ein Zahlenvektor darstellt und q den Vektor mit den Entscheidungsvariablen. Daraus folgt:

$$\sum_{i=1}^{n(KLT)} \sum_{k=1}^3 n_{nv} * q_{i,k}$$

Diese vereinfachte Form benötigt eine Vorberechnung der normierten Anzahl Hübe pro Vorgangstyp auf Basis von Gewicht und Zugriffshäufigkeiten der einzelnen KLT in allen Varianten an Körperhaltungen, die der Kommissionierer einnehmen kann. Die vorgelagerten Berechnungen lassen sich in Excel abbilden.

Die Entscheidungsvariablen $q_{i,k}$ bestimmen in diesem Fall, ob die normierte Anzahl Hübe pro Einzelvorgang mit Haltungswichtung 1, 2 oder 4 ausgeführt wird. Das Vorgehen zur Lösung größerer Optimierungsprobleme zeigt Abbildung 6-17.

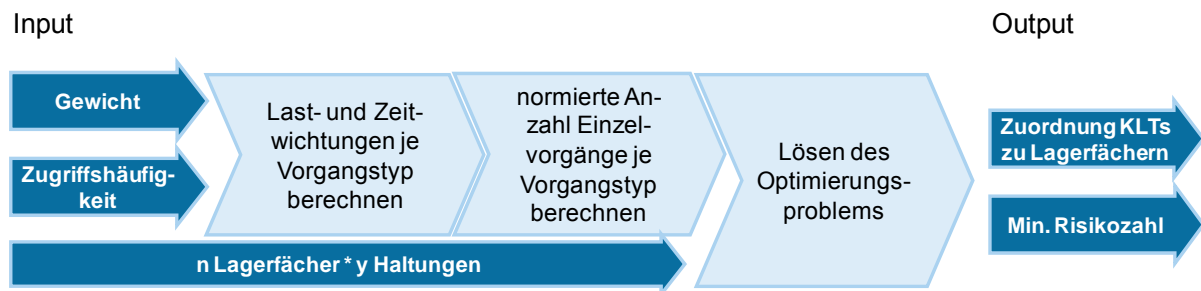


Abbildung 6-17: Vorgehen zum Lösen größerer Optimierungsprobleme

Für ein auf 52 KLT umfassendes, verlängertes Fachbodenregal nach Abbildung 6-14 sind im ersten Schritt an Hand des Gewichts der KLT die Lastwichtungen und aus den Zugriffshäufigkeiten die Zeitwichtungen zu bestimmen (Abbildung 6-18). Der zweite Schritt besteht aus der Berechnung der normierten Anzahl Hübe für sämtliche Haltungswichtungen.

ID Nummer	Gewicht m in kg	Zugriffshäufigkeit	HW=	Anzahl Lagerfächer je HW	Lastwichtung LW für Männer (m)	Zeitwichtung ZW	Normierte Anzahl Hübe bei HW=1	Normierte Anzahl Hübe bei HW=2	Normierte Anzahl Hübe bei HW=4
#1	12,4	14,8	HW=	26	1,66	1,71	5,33	11,86	35,41
#2	4,6	12,0	HW=2	13	1,01	1,57	2,13	5,87	21,11
#3	5,3	16,0	HW=4	13	1,06	1,77	3,01	8,14	28,80
#4	7,1	5,2			1,18	1,13	1,14	2,93	9,97
#5	7,2	50,7			1,19	2,80	11,20	28,77	97,57
#6	2,5	6,4			0,88	1,23	0,96	2,81	10,55

Abbildung 6-18: Ausschnitt zum Input und der Berechnung des implementierten Optimierungsproblems

Im Anschluss lässt sich das Optimierungsproblem unter Einhaltung der Nebenbedingungen lösen. Anschaulich gesprochen, wählt das Programm für jeden KLT einen Wert der normierten Anzahl an Hüben bei den unterschiedlichen Haltungswichtungen aus, um die Gesamtsumme an normierten Hüben über alle Lagerfächer zu minimieren (Abbildung 6-19). In dem willkürlich gewählten Beispiel von 52 in einem Fachbodenlager einzuordnenden KLT (in Summe 385 Zugriffe auf Gewichte zwischen 1,4 und 16,6 kg) ist gegenüber der schlechtmöglichsten Anordnung knapp eine Halbierung des Risikowerts erreichbar.

Entscheidungsvariablen HW=1			Entscheidungsvariablen HW=2			Entscheidungsvariablen HW=4			Nebenbedingungen:			Minimale Summe normierter Vorgänge		Minimaler Risikowert RW	
1	0	0	1	=	1				118						
1	0	0	1	=	1										
1	0	0	1	=	1										
1	0	0	1	=	1										
1	0	0	1	=	1										
1	0	0	1	=	1										

Abbildung 6-19: Auszug zum Output des implementierten Optimierungsproblems

6.2.4 Festlegung der manuellen Hubleistung auf Basis von Risikowertvorgaben am Beispiel des Entsorgerarbeitsplatzes

Mit der Berechnungsmethode nach der adaptierten LMM lässt sich ein weiteres für die Praxis relevantes Szenario beschreiben. Über die Vorgabe des

Gesamtrisikowerts kann eine zulässige Anzahl an Einzelvorgängen für konkrete bzw. geplante Arbeitsvorgänge definiert werden. Das Vorgehen bei der Berechnung einer maximalen Arbeitslast bzgl. des Hebens von Lasten ist im Folgenden an Hand eines umgesetzten Praxisbeispiels skizziert.

Die Aufgabe der an Entsorgerarbeitsplätzen tätigen Mitarbeiter ist die Aufnahme der auf einem Förderband aus einer Presse laufenden Pressteile sowie deren Ablage in dafür vorgesehene Sonderladungsträger. Da die Arbeitsplätze in Bezug auf das Heben von Lasten hohe Risikowerte nach der LMM aufweisen, ist bereits in der Planungsphase neuer Pressteile eine Berechnung des Risikowerts vorgesehen, um die spätere Belastung in einem moderaten Bereich zu halten. An den Entsorgerarbeitsplätzen kommen im Normalfall Männer zum Einsatz. Der Planer konstruiert sein neues Pressteil und leitet das künftige Bauteilgewicht ab. Als Vorgabe ist beispielsweise die Einhaltung des Risikowerts von 25 Punkten unternehmensseitig festgelegt. Dieser Gesamtrisikowert lässt sich nach Formel 6-6 in eine Anzahl an Normvorgängen n_{nv} umrechnen. Um die zulässige Anzahl an unter realen Arbeitsbedingungen zulässigen Hebevorgängen ermitteln zu können, ist die Kenntnis über die Wahrscheinlichkeit der eingenommenen Haltungen beim Umheben der Pressteile erforderlich. Der Planer weiß aufgrund der Konstruktion der Presse, dass die Aufnahme der Pressteile vom Förderband in optimaler Haltung ($HW = 1$) erfolgt. Für das Ablegen der Pressteile z. B. in eine Gitterbox mit vorgegebener Schichtung lässt sich die typische Haltungsverteilung entsprechend Abbildung 6-5 identifizieren (z. B. $p_1 = 0,19$; $p_2 = 0,38$; $p_3 = 0,43$). Die normierten Hübe $n_{nv,i}$ für jeden Vorgangstyp vt mit definierter Körperhaltung $\#i$ (bzw. Einzelvorgang mit entsprechender Anzahl) leiten sich wie folgt aus der Summe an normierten Hebevorgängen ab:

$$\begin{aligned}
 n_{nv,1} &= \frac{1}{1+a+b} * \sum n_{nv} \\
 n_{nv,2} &= \frac{a}{1+a+b} * \sum n_{nv} \\
 n_{nv,3} &= \frac{b}{1+a+b} * \sum n_{nv} \\
 \text{mit } \frac{n_{nv,1}}{n_{nv,1}} &= 1; \frac{n_{nv,2}}{n_{nv,1}} = a; \frac{n_{nv,3}}{n_{nv,1}} = b \\
 \text{wobei: } a &= \frac{n_{nv,2}}{n_{nv,1}} = \frac{RW_{ev(m),2}}{RW_{ev(m),1}} = \frac{(LW_{(m),2} + HW_2) * ZW_2}{(LW_{(m),1} + HW_1) * ZW_1} \\
 &= \frac{(LW_{(m),2} + 2)^{2,5082} * p_2(n_{ev,2})}{(LW_{(m),1} + 1)^{2,5082} * p_1(n_{ev,1})}
 \end{aligned}$$

6 Entwicklung einer Methode zur Belastungsermittlung für die Kommissionierung

Die Lastwichtung lässt sich aus dem Bauteilgewicht des konstruierten Pressteils berechnen und ist im genannten Beispiel für die Vorgangstypen gleich. Die Wahrscheinlichkeit, eine bestimmte Haltung bei der Ablage der Pressteile in die Gitterbox einzunehmen, entspricht der Anzahl an Einzelvorgängen je Vorgangstyp. Als Resultat der Berechnung steht die Anzahl an Normvorgängen je Vorgangstyp mit definierter Körperhaltung fest, die sich in die reale Anzahl an Einzelvorgängen umrechnen lassen. Im Beispiel von Abbildung 6-20 führt die Vorgabe des Risikowerts bei einer Haltungsverteilung von $p_1 = 0,5 + 0,19/2$, $p_2 = 0,38/2$, $p_3 = 0,43/2$ zu einer realen Vorgabe von 620 Hebevorgängen, ohne dass für einen Mann Gesundheitsschäden beim Heben der Pressteile zu erwarten sind.

Vorgang	Lastklasse Lk	Mittelwert MW (Lk)	Anzahl Einzelvorgänge n je Lastklasse Lk	Wahrscheinlichkeit p des Haltungstyps k	Anzahl Einzelvorgänge n je Vorgangstyp vt	Zeitwichtung ZW des Vorgangstyps vt	Lastwichtung LW für Männer (m) je vt	Haltungswichtung HW des Vorgangstyps vt	Ausführungsbedingungs-wicht. AW des vt	Risikowert des Vorgangstyps vt	Zeitwichtung ZW (nv) des normierten Vorgangstyps vt Anzahl n	Normvorgängen n (nv) je Vorgangstyp vt
Entsorger	6	6,0	620,3	59,5%	369,1	6,2	1,1	1	0	13,0	3,2	73,6
				19,0%	117,8	3,9	1,1	2	0	12,1	3,0	62,3
				21,5%	133,4	4,1	1,1	4	0	21,0	5,2	245,8
Eingabe		0,85 =a									Σ normierte Hübe pro VT	381,7
Berechnung		3,34 =b									Zeitwichtung des ges. Normvorgangs (NV)	6,3
Ausgabe											Gesamtrisikowert auf Basis des NV für Männer	25

Abbildung 6-20: Berechnung der maximal erträglichen Hebevorgänge auf Basis einer Risikowertvorgabe

Der Wert an zulässigen Hebevorgängen stellt die künftige Belastung unter der Annahme, dass ein Mitarbeiter über eine Schicht lang die Entsorgung der Bauteile an der Presse übernimmt. In der Realität bzw. in der Version des tatsächlich realisierten Planungswerkzeugs sind weitere Einflussgrößen zur Ermittlung der zu erwartenden Belastung zu berücksichtigen. Hierzu zählen neben dem Bauteilgewicht die Anzahl der an der Presse tätigen Mitarbeiter, die Schichtdauer, die Hubzahl der Presse ohne Störung, der Nutzgrad der Presse sowie der Behältertyp der zu entsorgenden Teile. Des Weiteren kann bei stapelbaren Teilen der optimale Stapelfaktor für den Hebevorgang des Entsorgers vorgegeben werden. Prozesstechnisch zeigt sich in der Realität, dass der Entsorger sich bei stapelbaren Teilen mehrere Teile an seinem Bandabschnitt ansammelt, um dann den kompletten Stapel in den Sonderladungsträger zu heben. Interessanterweise lässt sich beobachten, dass der rechnerisch optimale Stapelfaktor zur Erlangung des minimalen Risikowerts sehr häufig mit dem durch die Entsorger eigens für sich definierten Stapelfaktor deckt.

Die entwickelte Berechnungsmethode nach der adaptierten LMM soll unternehmensintern in einem weiteren Schritt an den Arbeitsplan gekoppelt werden. Durch die unterschiedlichen Losgrößen der Pressteile ergeben sich im realen Ablauf Rüst- bzw. Erholzeiten für die Mitarbeiter. Zudem wechseln die Arbeitsbedingungen (Bauteilgewicht, Behältertyp etc.) mit der Änderung des abgepressten Bauteils. Mit der Verknüpfung der Berechnungsmethode an den Arbeitsplan lässt sich eine Vorschau über die kommende Arbeitsbelastung der Mitarbeiter erhalten. Entsprechend kann eine Job Rotation als Maßnahme abgeleitet werden, um die differierende Belastung an den unterschiedlichen Pressen (Störzeiten, Rüstzeiten, Arbeitsbedingungen etc.) auszugleichen. Zudem kann eine Zuordnung leistungsgewandelter Mitarbeiter zu Auftragsprogrammen mit niedriger Belastung erfolgen. Als Resultat ist mit der adaptierten LMM eine Planung von Entsorgerarbeitsplätzen nach festen Vorgaben möglich, um definierte Belastungsgrenzen für die Mitarbeiter nicht zu überschreiten. Gleichzeitig lassen sich Vorgabewerte für Pressteilkonstrukteure definieren, um von Generation zu Generation an Pressteilen eine kontinuierliche ergonomische Verbesserung der Arbeitsbedingungen zu erreichen.

7 Zusammenfassung und Ausblick

„Im Grunde haben die Menschen nur zwei Wünsche: alt zu werden und dabei jung zu bleiben.“

Peter Bamm, deutscher Schriftsteller 1897-1975

Die vorliegende Abhandlung zeigt, dass die demographische Entwicklung in den kommenden Jahren nicht aufzuhalten ist. Mit ihr findet eine Alterung der Belegschaften in den Unternehmen und somit auch in der operativen Logistik statt. Die Veränderung der Mitarbeiterfähigkeiten entlang des Erwerbslebens wird von der Gesellschaft nach wie vor mit einer Leistungsminderung älterer Arbeitnehmer verbunden. Einem tendenziellen Abbau der körperlichen Leistungsfähigkeit steht jedoch eine Zunahme der geistig-sozialen Leistungsfähigkeit gegenüber. Ursache für die häufig im Zusammenhang mit der Alterung Belegschaft genannten körperlichen Einschränkungen und Muskel-Skelett-Erkrankungen sind auf unergonomische Arbeitsbedingungen mit hohen Belastungen zurückzuführen.

Die Feldstudie offenbart ein Belastungsprofil der operativen Logistik, das vornehmlich von hoher körperlicher Belastung geprägt ist. Das Spektrum an analysierten Logistikarbeitsplätzen zeigt insbesondere in der Kommissionierung und der Verpackung Belastungen durch das Heben von Lasten auf, die ein hohes Maß an Gesundheitsrisiko für die Logistiker bergen. So ist es nicht verwunderlich, dass die Anzahl an körperlichen Einschränkungen entlang des Berufslebens in der operativen Logistik mit steigendem Alter ebenso zunimmt wie die Anzahl an Arbeitsunfähigkeitstagen durch Muskel-Skelett-Erkrankungen. Diese können auch einen Beleg dafür darstellen, dass ein früher Renteneintritt in der operativen Logistik gang und gäbe ist.

Für die Bewältigung der demographischen Veränderungen durch die Verschiebung der Altersstruktur zum höheren Erwerbsalter wurden neue Ansätze vorgestellt, die einen Beitrag zum Erhalt der Leistungsfähigkeit junger und älterer Logistiker leisten. Mit der adaptierten Leitmerkmalmethode steht als Basis der Konzepte erstmals eine Berechnungsmethode für das Heben von Lasten im heterogenen Prozessumfeld der Kommissionierung zur Verfügung, die zur fortlaufenden Belastungsermittlung eingesetzt werden kann. Hierdurch lassen sich die bisherigen Defizite von

Arbeitsanalyseverfahren (Subjektivität, Zeitpunktbetrachtung, Aufwand bei der Durchführung und der damit verbundenen Kosten) eliminieren.

Für die Berechnungsmethode wurden vier praxisrelevante Konzepte entwickelt, die von der Belastungsermittlung in der Planungsphase von Kommissioniersystemen über die Belastungsoptimierung in gewachsenen Logistikstrukturen bis zum Belastungsausgleich durch arbeitsorganisatorische Maßnahmen reichen.

Das im Pick-by-Vision dargestellte Beispiel einer fortlaufende Belastungsermittlung und -visualisierung stellt den ersten Schritt zur aufwandsarmen Erlangung von Transparenz über die körperliche Belastungssituation von Kommissionierern dar, um zeitnah auf Belastungsspitzen des Tagesgeschäfts reagieren zu können und einen Belastungsausgleich über die operativen Logistiker zu realisieren. Der Einsatzfall für den laufenden Betrieb wird Denkanstöße für die Arbeitswelt liefern, z. B. ein belastungsorientiertes Entlohnungs- oder Arbeitszeitmodell zu entwickeln. Darüber hinaus lässt sich basierend auf dem realisierten Funktionsmusters des Pick-by-Vision ein Belastungsprofil der Mitarbeiter über die Lebenszeit monitoren.

In einem weiterführenden Forschungsprojekt (ErgoKom) wird zukünftig ein neues Verfahren zur Arbeitsanalyse in der operativen Logistik entwickelt, das zusätzlich zum Heben von Lasten weitere Möglichkeiten einer aufwandsarmen Erfassung an logistikrelevanten Belastungsmerkmalen betrachtet [Gün-09b]. Dabei soll in Abhängigkeit von für die Industrie relevanten Kommissionierszenarios der Einsatz von Tracking-Technologien zur Erfassung von Belastungsparametern geprüft werden. Hierdurch lassen sich gegebenenfalls weitere Einflussfaktoren, wie z. B. auch die Anthropometrie des Werkers, in die Analysephase einbeziehen.

Die verstärkte Einbindung von psychischen Belastungsmerkmalen in die Arbeitsanalyse wird vonseiten der Unternehmen mehr und mehr gefordert. Entsprechend ist es vorstellbar, dass verstärkt Bemühungen unternommen werden, spezifische Belastungsprofile der Arbeitsumgebung mit den individuellen Fähigkeiten des Mitarbeiters zu matchen. Der bereits aufgezeigte Ansatz des Logistik-Fitness-Parcours mag exemplarisch für den Ausbau lernförderlicher Arbeitsumgebungen stehen, um die Fähigkeiten und Kompetenzen des Einzelnen zu fordern und zu fördern und so langfristig von wichtigsten unternehmerischen Ressource profitieren zu können - der Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter.

Literaturverzeichnis

- [Ade-04] Adenauer, S.: Die (Re-)Integration leistungsgewandelter Mitarbeiter in den Arbeitsprozess – Das Projekt FILM bei FORD Köln. In: Angewandte Arbeitswissenschaft, Jg. 85 (2004) 181, S. 1-18.
- [Arn-06] Arnold, D.: Intralogistik Potentiale, Perspektiven, Prognosen. Berlin; Heidelberg; New York: Springer. Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme, 2006.
- [Bal-87] Baltes, M. M.: Erfolgreiches Altern als Ausdruck von Verhaltenskompetenz und Umweltqualität. In Niemitz, C. (Hrsg): Der Mensch im Zusammenspiel von Anlage und Umwelt. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1987, S. 353-377.
- [Bal-90] Baltes, P. B.; Baltes, M. M.: Psychological perspectives on successful aging: The model of selective optimization with compensation. In Baltes, P. B. (Hrsg): Successful aging. New York: Cambridge University Press, 1990, S. 1-34.
- [Bal-94] Baltes, M. M.; Baltes, P. B.: Gerontologie: Begriff, Herausforderung und Brennpunkte. In Baltes, P. B.; Mittelstraß, J.; Staudinger, U. (Hrsg): Alter und Altern: Ein interdisziplinärer Studententext zur Gerontologie. Berlin: de Gruyter, 1994.
- [Bal-96] Baltes, M. M.; Montada, L.: Produktives Leben im Alter. Frankfurt am Main: Campus-Verlag, 1996.
- [Bec-06] Becker, M.: Altern als Gegenstand und methodische Herausforderung der Sozialen Arbeit. Herausgegeben von: Becker, M. Kommunal- und Organisationsberatung Offenburg, 2006. URL: <http://www.organisationsentwicklung-becker.de/pdf/Altern%20als%20Gegenstand%20und%20Herausforderung%20Sozialer%20Arbeit.pdf> (Aufruf am 15.11.2010).
- [Bel-07] Bellmann, L.; Kistler, E.; Wahse, J.: Demographischer Wandel Betriebe müssen sich auf alternde Belegschaften einstellen. In: IAB Kurzbericht (2007) 21.
- [Böd-07] Bödeker, W.: Kosten arbeitsbedingter Krankheit und Frühberentung. DASA. Dortmund: 27.08.2007.
- [Bok-06] Bokranz, R.; Landau, K.: Produktivitätsmanagement von Arbeitssystemen – MTM-Handbuch. Stuttgart: Schäffer-Poeschel. Deutsche MTM-Vereinigung e. V., 2006.

- [Bör-05] Börsch-Supan, A.; Düzgün, I.; Weiss, M.: Altern und Produktivität zum Stand der Forschung, 2005. URL: http://www.mea.uni-mannheim.de/mea_neu/pages/files/nopage_pubs/eav29m3ka608x80a_73-2005.pdf (Aufruf am 28.09.2009).
- [Bre-08] Brenscheidt, F.; Lüther, S.; Siefer, A.: Arbeitswelt im Wandel: Zahlen - Daten - Fakten. Dortmund: Scholz-Druck. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2008.
- [Bru-00] Bruggmann, M.: Die Erfahrung älterer Mitarbeiter als Ressource. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, 2000.
- [Bub-09] Bubb, H.: Produktionsergonomie – Skriptum zur Vorlesung (WS 2009/2010). Herausgegeben von: Lehrstuhl für Ergonomie, 2009.
- [Buc-02] Buck, H.; Kistler, E.; Mendius, G.: Demographischer Wandel in der Arbeitswelt - Chancen für eine innovative Arbeitsgestaltung. Stuttgart, 2002.
- [Bun-01a] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik: Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Heben und Tragen von Lasten. Schmergow: Druckhaus Schmergow, 2001.
- [Bun-01b] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik: Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Schieben und Ziehen von Lasten. Schmergow: Druckhaus Schmergow, 2001.
- [Bun-07a] Buntenbach, A.: Mehr Beschäftigung für Ältere statt wachsende Lücke zwischen Erwerbsaustritt und Renteneintritt. International Conference "Active ageing as a challenge". Nürnberg: 06.07.2007.
- [Bun-07b] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik: Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen von manuellen Arbeitsprozessen. Schmergow: Druckhaus Schmergow, 2007.
- [Bun-07c] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Extrapolation der Zeitwichtigungen - Vorschlag für die Praxis, 2007. URL: http://www.autoerg.net/files/autoerg/LMM_HHT_2007.pdf (Aufruf am 02.06.2010).
- [Bun-09] Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung: Bevölkerungsentwicklung. BiB; BiB, 2009. URL: http://www.bib-demografie.de/cln_099/nn_750722/DE/DatenundBefunde/Ueberblick/demogr__trends.html (Aufruf am 04.06.2010).

- [Bun-10a] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2008 – Unfallverhütungsbericht Arbeit. Dortmund, Berlin, Dresden. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), 2010.
- [Bun-10b] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Toolbox: Instrumente zur Erfassung psychischer Belastungen. Herausgegeben von: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Dortmund. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2010. URL: http://www.baua.de/cln_137/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Handlungshilfen-und-Praxisbeispiele/Toolbox/Alle%20Verfahren.html (Aufruf am 09.03.2011).
- [ddn-07] ddn - Das demographische Netzwerk: Den Wandel gestalten - 10 Goldene Regeln. Herausgegeben von: Initiative Neue Qualität der Arbeit (INQA). Dortmund, 2007. URL: <http://www.inqa.de/Inqa/Navigation/publikationen,did=249926.html?view=renderPrint> (Aufruf am 13.07.2010).
- [DEL-07] DELMIA GmbH: ABATech Lieferantenversion. In: DELMIA GmbH, 2007.
- [Dep-09] Department of Economic and Social Affairs: World Population Prospects: The 2008 Revision. Herausgegeben von: United Nations Population Division. Department of Economic and Social Affairs, 2009. URL: <http://www.un.org/esa/population/aboutpop.htm> (Aufruf am 25.06.2010).
- [des-10] destatis.de: Statistisches Bundesamt Deutschland - Arbeitsmarkt. Wiesbaden. Statistisches Bundesamt, 2010. URL: <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/Zeitreihen/WirtschaftAktuell/Arbeitsmarkt/Content100/karb811graf0.psml> (Aufruf am 02.06.2010).
- [Deu-10] Deutsche Rentenversicherung: Rentenversicherung in Zahlen 2010 – Statistik der Deutschen Rentenversicherung. Herausgegeben von: Deutsche Rentenversicherung Bund, G. P.-u. Ö. K., 2010.
- [Dun-99] Dunkel, H.: Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren. Zürich: vdf Hochschulverlag an der ETH, 1999.
- [Egb-10] Egbers, J.; Neuberger, M.; Spillner, R.; Walch, D.; Williger, B.: Definition einer alternsgerechten Arbeitsgestaltung. In Gerhäuser, H.; Günthner, W. A.; Lang, F. R.; Reinhart, G.; Schilling, K. (Hrsg): Alternsgerechte Arbeitsplatzgestaltung in Produktion und Logistik. Garching b. München: fml, 2010, S. 11-14.
- [Eil-05] Ellegast, R. P.: Fachgespräch Ergonomie 2004 – Zusammenfassung der Vorträge, gehalten während des Fachgesprächs "Ergonomie" am 15./16. November 2004 in Dresden. Sankt Augustin: BGIA, 2005.

- [Fas-11] Fastl, P.: Arbeitsanalyseverfahren zur Bewertung der körperlichen Belastung in der Kommissionierung. Herausgegeben von: Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, 2011.
- [Fuc-05] Fuchs, C.: Qualifizierung älterer Erwerbspersonen mit Multimedia – Impulse und Methoden für ein konstruktives Lernen. Nürnberg: Bildungsforschung bfz, 2005.
- [Fur-06] Furkel, D.; Schmitt, K.: Noch mangelt es an der Umsetzung. In: Personalmagazin, Jg. 8 (2006) 01.
- [Gal-10] Galka, S.; Günthner, W. A.; Ulbrich, A.: Planung und Auswahl von Kommissioniersystemen. In Britzke, B. (Hrsg): MTM in einer globalisierten Wirtschaft. München: mi-Wirtschaftsbuch Verlag, 2010, S. 201-220.
- [Geb-11] Gebhardt Food & Retail Solutions GmbH: Food & Retail Solutions. Herausgegeben von: Gebhardt Food & Retail Solutions GmbH. Cham, 2011. URL: <http://www.gebhardt.eu/index.php?id=download&L=0> (Aufruf am 23.02.2011).
- [Ges-10] Geser, A.: Konzeption einer alternsgerechten Arbeitsplatzgestaltung. Herausgegeben von: Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, 2010.
- [Gol-08] Goldscheid, C.: Ermittlung der Wirbelsäulenbelastung in manuellen Kommissioniersystemen. Aachen: Shaker-Verlag, 2008.
- [Gra-09] Grau, A.: Gesundheitsrisiken am Arbeitsplatz. Herausgegeben von: Statistisches Bundesamt. Wiesbaden. Statistisches Bundesamt, 2009. URL: <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/> (Aufruf am 26.09.2009).
- [Gud-05] Gudehus, T.: Logistik – Grundlagen - Strategien - Anwendungen. Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 2005.
- [Gün-09a] Günthner, W. A.: Materialfluss und Logistik – Skriptum zur Vorlesung (WS 2009/2010). Herausgegeben von: Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, 2009.
- [Gün-09b] Günthner, W. A.; Deuse, J.: IGF-Vorschungsvorhaben "Entwicklung und technische Integration einer Bewertungsmethodik zur Ermittlung von Mitarbeiterbelastungen in Kommissioniersystemen" (ErgoKom), 2009.
- [Gün-10a] Günthner, W. A.; Walch, D.: Nachhaltige Ergonomie für manuelle Logistik-Arbeiten. In: Logistik für Unternehmen, Jg. 24 (2010) , 3/4, S. 44-47.

- [Gün-10b] Günthner, W. A.; Walch, D.; Tenerowicz, P.: Intralogistische Systeme nachhaltig gestalten – Der Faktor Mensch im Fokus. In Wimmer, T.; Wöhner, H. (Hrsg): Intelligent wachsen. Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag, 2010, S. 207-232.
- [Hac-10] Hacker, W.: Leistungsfähigkeit und Alter. Technische Universität Dresden, 2010. URL: http://doku.iab.de/grauemap/2003/lauf_hacker_vortrag.pdf (Aufruf am 03.03.2011).
- [Hac-95] Hacker, W.: Arbeitsanalysetätigkeit: Analyse und Bewertung psychischer Arbeitsanforderungen. Kröning: Asanger Verlag, 1995.
- [Ham-94] Hamborg, K.-C.; Schweppenhäußer, A.: Zur Bedeutung psychologischer Arbeits- und Aufgabenanalyse für die Softwaregestaltung. In Rödiger, K.-H. (Hrsg): Software-Ergonomie '93. Stuttgart: Teubner, 1994, S. 227-235.
- [Hel-07] Held, P.; Plechaty, M.; Schlenk, E.: Ältere im Arbeitsleben – Europäische Strategien, 2007.
- [Her-06] Hernold, P.; König, C.; Schulte, S.; Chruszcz, D.; Großmann, A.: BKK Gesundheitsreport 2006 – Demografischer und wirtschaftlicher Wandel - gesundheitliche Folgen. Alfeld: Buchdruckerei P. Dobler GmbH & Co KG. BKK Bundesverband, 2006.
- [Hol-07] Holz, M.; Da-Cruz, P.: Demografischer Wandel in Unternehmen – Herausforderungen für die strategische Personalplanung. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2007.
- [Hor-10] Horst, A.: Demographischer Wandel als betriebliche Herausforderung - Veränderungen frühzeitig erkennen und erfolgreich gestalten. Herausgegeben von: Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), 2010.
- [Hub-02a] Huber, A.: Strategien zur altersgerechten Gestaltung von Gruppenarbeit - Gesundheitsförderung und Qualifizierung Handlungshilfe zur Durchführung betrieblicher Workshops mit Vorgesetzten und Mitarbeitern. Stuttgart, 2002.
- [Hub-02b] Huber, A.; Kistler, E.; Papiés, U.: Arbeitslosigkeit Älterer und Arbeitsmarktpolitik im Angesicht des demographischen Wandels – Ergebnisse aus der Bundesrepublik Deutschland und dem Land Berlin. Stuttgart, 2002.
- [Hub-09] Huber, M.: Ermittlung und Visualisierung der körperlichen Belastung in der manuellen Kommissionierung mit exemplarischer Umsetzung am Beispiel des Pick-by-Vision. Herausgegeben von: Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, 2009.

- [IMB-00] IMBA: IMBA - Das Instrument für Fachkräfte der beruflichen Rehabilitation und Integration, 2000. URL: www.imba.de.
- [Ins-09] Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung: Berufe im Spiegel der Statistik. Herausgegeben von: Bundesagentur für Arbeit, 2009.
- [Jün-00] Jünemann, R.; Schmidt, T.: Materialflusssysteme: Systemtechnische Grundlagen. Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 2000.
- [Kis-06] Kistler, E.: Irrtümer über den demographischen Wandel. In: Personalmagazin, Jg. 8 (2006) 01.
- [Kla-06] Klaus, P.; Kille, C.: Die Top 100 der Logistik Marktgrößen, Marktsegmente und Marktführer in der Logistikdienstleistungswirtschaft. Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag, 2006.
- [Kru-07] Kruse, O.: Möglichkeiten und Grenzen zur Erhaltung und Steigerung von Gesundheit und Leistungsfähigkeit älterer Mitarbeiter? Erfahrungen aus mittelständischen Unternehmen. DASA. Dortmund: 27.08.2007.
- [Län-07] Länge, T. W.; Menke, B.: Generation 40plus – Demografischer Wandel und Anforderungen an die Arbeitswelt. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag, 2007.
- [Lan-91] Lang, E.: Altern und Leistung: medizinische, psychologische und soziale Aspekte. Stuttgart: Enke, 1991.
- [Leh-03] Lehr, U.: Psychologie des Alterns. Wiebelsheim: Quelle+Meyer, 2003.
- [Luc-01] Luczak, H.; Landau, K.: Ergonomie und Organisation in der Montage. Leipzig: Fachbuchverlag Leipzig, 2001.
- [Mec-08] Meck, G.: BMW entdeckt seine alten Arbeiter. In: Frankfurter Allgemeine, Jg. 59 (2008) 15, S. 41.
- [Mün-05] Münzberger, E.: Einführung in die Arbeitsmedizin – ein multimedialer modularer Lehrbrief. Herausgegeben von: Münzberger, E. Universität Rostock - Medizinische Fakultät - Institut für Präventivmedizin (IPM), 2005. URL: <http://arbmed.med.uni-rostock.de/lehrbrief/lehrbriefinhalt.htm> (Aufruf am 25.11.2010).
- [Nae-05] Naegele, G.: Nachhaltige Arbeits- und Erwerbsfähigkeit für ältere Arbeitnehmer. In: WSI-Mitteilungen, Jg. 57 (2005) 4, S. 214-219.
- [Neu-09] Neuberger, M.; Knigge, I.; Walch, D.: An eye movement strategy to compensate for age-related cognitive decline in a logistics task. In Eder, A. (Hrsg): 51. Tagung experimentell arbeitender Psycholog/innen (TeaP). Jena, 2009, S. 119.

- [Oer-02] Oerter, R.; Montada, L.: Entwicklungspsychologie – Ein Lehrbuch. Weinheim: Beltz PVU, 2002.
- [Oes-93] Oesterreich, R.; Leitner, K.; Resch, M.: Analyse psychischer Anforderungen und Belastungen in der Produktionsarbeit – Das Verfahren RHIA/VERA-Produktion. Göttingen: Hogrefe Verlag, 1993.
- [Pac-00] Pack, J.; Buck, H.; Kistler, E.; Mendius, G.; Morschhäuser, M.; Wolff, H.: Zukunftsreport demografischer Wandel – Innovationsfähigkeit in einer alternden Gesellschaft. Köln: Druck+Grafik W. Ruwe, 2000.
- [Pie-07] Pieper, M.: Das Projekt "Heute für morgen" bei der BMW Group – Den demographischen Realitäten aktiv begegnen. International Conference "Active ageing as a challenge". Nürnberg: 06.07.2007.
- [Pre-10] Prem, M.: Gymnastik am laufenden Band. In: Münchner Merkur (2010), S. 5.
- [Prü-95] Prümper, J.; Hartmannsgruber, K.; Frese, M.: KFZA. Kurz-Fragebogen zur Arbeitsanalyse. In: Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie (1995) 39, S. 13.
- [Red-00] Redmann, A.; Rehbein, I.: Gesundheit am Arbeitsplatz. Herausgegeben von: Wissenschaftliches Institut der AOK. Bonn. Wissenschaftliches Institut der AOK, 2000. URL: http://wido.de/fileadmin/wido/downloads/pdf_praevention/wido_pra_mat44_0104.pdf (Aufruf am 19.08.2010).
- [REF-02] REFA: Ausgewählte Methoden zur Prozessorientierten Arbeitsorganisation – Lehrunterlage. Herausgegeben von: REFA, 2002.
- [Rei-07] Reif, R.; Walch, D.: Augmented & Virtual Reality Applications in the Field of Logistics. In INTUITION (Hrsg): Proceedings of the 4th INTUITION International Conference on Virtual Reality and Virtual Environments. Athens, 2007, S. 61-69.
- [Rei-09] Reif, R.; Günthner, W. A.: Pick-by-Vision: Augmented Reality supported Order Picking. In: The Visual Computer - International Journal of Computer Graphics, Jg. 25 (2009), 5-7, S. 461-467.
- [Roh-84] Rohmert, W.: Das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, Jg. 38 (1984) 4, S. 196-200.
- [Sal-94] Salthouse, T. A.: Effects of age and skill in typing. In: Journal of Experimental Psychology (1994) 113, S. 345-371.
- [Sau-93] Saup, W.: Alter und Umwelt: eine Einführung in die ökologische Gerontologie. Stuttgart: W. Kohlhammer, 1993.

- [Sch-09] Schmidtke, H.: Ergonomisches Datenbank-System EKIDES – Ergonomics Knowledge and Intelligent Design System. München: Ingenieurbüro für Ergonomie, 2009.
- [Sch-10] Schaub, K.; Winter, G.: Integrative Grenzlastberechnung zur ergonomischen Beurteilung von körperlichen Belastungen. Herausgegeben von: Institut für Arbeitswissenschaft, 2010. URL: http://www.arbeitswissenschaft.de/website/projects/prod_ergono/integrative_323/de/de_integrative_univer_1.php (Aufruf am 02.06.2010).
- [Sch-89] Schmidtke, H.: Handbuch der Ergonomie: mit ergonomischen Konstruktionsrichtlinien. Koblenz: Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung, 1989.
- [Sch-95] Schrader, K.; Meyer-Falcke, A.; Munker, H.: Einsatz leistungsgewandelter Arbeitnehmer. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für Neue Wissenschaft GmbH, 1995.
- [Sch-96] Schulz, R.; Heckhausen, J.: A life span model of successful aging. In: American Psychologist (1996) 51, S. 702-714.
- [Sch-97] Scheid, W. M.: Auch das Kommissionieren lässt sich Automatisieren. In: Technica, Jg. 46 (1997) 22, S. 30-36.
- [Spo-09] Sporket, M.: Alternsmanagement in der betrieblichen Praxis – Motive, Umsetzung und Effekte. In: Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie, Jg. 42 (2009) 4, S. 292-298.
- [Sta-09] Statistisches Bundesamt: Bevölkerung Deutschlands bis 2060 – 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Herausgegeben von: Statistisches Bundesamt, 18.11.2009.
- [Ste-00] Steinberg, U.; Behrendt, S.; Bradl, I.; Caffier, G.; Gebhardt, H.; Liebers, F.; Müller, B. H.; Schäfer, A.; Schlicker, M.; Schulze, J.: Erprobung und Evaluierung des Leitfadens Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der manuellen Handhabung von Lasten. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für Neue Wissenschaft GmbH, 2000.
- [Ste-09] Stettes, O.: Altersbilder in deutschen Industrieunternehmen und Personalpolitik für ältere Beschäftigte. In: IW-Trends – Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung, Jg. 36 (2009) 4, S. 1-17.
- [Ste-97] Steiner, W.: Personalentwicklung – Gedanken zu einem lebenslangen Prozess. In Kayser, F.; Uepping, H. (Hrsg): Kompetenz der Erfahrung. Personalmanagement im Zeichen demographischen Wandels. Neuwied: Luchterhand, 1997.

- [Str-05] Straube, F.; Pfohl, H.-C.; Dangelmaier, W.; Günther, W.: Trends und Strategien in der Logistik – ein Blick auf die Agenda des Logistik-Managements 2010. Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag. Bundesvereinigung Logistik (BVL), 2005.
- [Str-07] Strack, R.; Caye, J.-M.; Leicht, M.; Villis, U.; Böhm, H.; McDonnell, M.: The Future of HR in Europe Key Challenges Through 2015. Herausgegeben von: European Association for Personnel Management (EAPM); The Boston Consulting Group (BCG), 2007.
- [Ver-10] Veres-Homm, U.: Arbeitsmarkt Logistik - aktuelle Zahlen, Entwicklungen und Trends – Struktur und Bedeutung der Logistik-Beschäftigung in Deutschland. In: Logistik für Unternehmen, Jg. 24 (2010) 5, S. 18-20.
- [VDI-3657] VDI-Richtlinie 3657: Juli 1993. Ergonomische Gestaltung von Kommissionierarbeitsplätzen. Verein deutscher Ingenieure. Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- [VDI-3590-1] VDI-Richtlinie 3590-1: April 1994. Kommissioniersysteme – Grundlagen. Verein deutscher Ingenieure. Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- [Wak-09] Wakula, J.: Der montagespezifische Kraftatlas. Wiesbaden: DGUV, 2009.
- [Wal-09a] Walch, D.; Günthner, W. A.: Auswirkungen der demographischen Entwicklung auf die Intralogistik – Ansätze zum Erhalt der Erwerbsfähigkeit von Logistikmitarbeitern. In: Industrie Management (2009) 2, S. 67-70.
- [Wal-09b] Walch, D.; Günthner, W. A.: Erhalt der Erwerbsfähigkeit von Mitarbeitern in der physischen Logistik vor dem Hintergrund des demographischen Wandels. In Schütte, M. (Hrsg): Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert. Dortmund: GfA-Press, 2009, S. 609-612.
- [Wal-09c] Walch, D.: Alter und Belastung - vereinbar in der operativen Logistik? Garching b. München: 14.10.2009.
- [Wal-09d] Walch, D.; Günthner, W. A.: Belastungsermittlung für Handhabungsprozesse in der Logistik – Ein Beitrag zur altersgerechten Arbeitsgestaltung. In: Industrial Engineering – Fachzeitschrift des REFA-Verbandes, Jg. 62 (2009) 3, S. 30-33.
- [Wal-09e] Walch, D.; Galka, S.; Günthner, W. A.: Zwei auf einen Streich – Integrative Planung von Kommissionierprozessen durch die Kombination von MTM und der Leitmerkmalmethode. In Landau, K. (Hrsg): Produktivität im Betrieb. Stuttgart: ergonomia Verlag, 2009, S. 249-253.

- [War-96] Warr, P. B.: Younger and Older Workers. In Warr, P. B. (Hrsg): Psychology at work. Harmondsworth, Middlesex: Penguin Books, 1996, S. 308-332.
- [War-98] Warr, P. B.: Age, work and mental health. In Schaie, K. W.; Schooler, C. (Hrsg): Impact of work on older adults. New York: Springer, 1998.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Vorgehensweise im Rahmen dieser Arbeit	4
Abbildung 2-1: Bevölkerungswachstum in den Zeitspannen 2005/2010 und 2045/2050, Datenquelle [Dep-09]	8
Abbildung 2-2: Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland am 21.12.2009, Datenquelle [Sta-09, vgl. Bun-09]	9
Abbildung 2-3: Lebenserwartung bei der Geburt von 1950 bis 2050, Datenquelle [Dep-09]	10
Abbildung 2-4: Durchschnittliche Kinderzahl je Frau von 1950 bis 2008, Datenquellen [Sta-09, Dep-09]	11
Abbildung 2-5: Differenz zwischen Lebendgeborenen und Gestorbenen von 1950 bis 2060, Datenquelle [Sta-09]	12
Abbildung 2-6: Zu-/Fortzüge deutscher Staatsbürger insgesamt über die Außengrenzen von 1974 bis 2008, Datenquelle [Sta-09]	13
Abbildung 2-7: Annahmen der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnungen zur Berechnung der demographischen Entwicklung in Deutschland [Sta-09]	13
Abbildung 2-8: Bevölkerungszahl in Deutschland von 1990 bis 2060, Datenquelle [Sta-09]	14
Abbildung 2-9: Bevölkerung in Deutschland nach Altersgruppen von 1950 bis 2060, Datenquelle [Sta-09]	15
Abbildung 2-10: Bevölkerung Deutschlands im Erwerbsalter von 20 bis 67 Jahren im Zeitraum 2010 bis 2060, Datenquelle [Sta-09]	16
Abbildung 2-11: Fehlzeiten und Leistungseinschränkungen in Abhängigkeit vom Alter [Pie-07]	17
Abbildung 2-12: Arbeitsunfähigkeit nach Altersgruppen (2008) [Bun-10a]	18
Abbildung 2-13: Prozentuale Anteile der Ursachen für Arbeitsunfähigkeitstage in Deutschland (2007) [Bun-10a]	18
Abbildung 2-14: Altersabhängigkeit der Fälle an Arbeitsunfähigkeit verursachender Krankheiten [Her-06]	19
Abbildung 2-15: Altersabhängigkeit der AU-Tage verursachenden Krankheiten [Her-06]	19
Abbildung 2-16: Betriebliche Maßnahmen für ältere Arbeitnehmer, Datenquelle IAB-Betriebspanel, vgl. [Bel-07]	22
Abbildung 2-17: Unterteilung der Logistik [Gün-09a]	25
Abbildung 2-18: Vertikaler Aufbau der Unternehmenslogistik [Gün-09a]	26

Abbildung 2-19: Betrachtungsgegenstand operative Logistik	27
Abbildung 2-20: Automatisierungsanteile in Logistikbereichen [Sch-97]	28
Abbildung 2-21: Veränderung der Altersstruktur in den Berufsgruppen der operativen Logistik Datenquelle [Ins-09]	29
Abbildung 2-22: Durchschnittliches Renteneintrittsalter nach Berufsgruppen [Deu-10]	31
Abbildung 3-1: Belastungs-Beanspruchungs-Konzept nach Rohmert [Roh-84], Darstellung in Anlehnung an [Bub-09]	34
Abbildung 3-2: Entwicklung der Produktivität (schematisch) nach [Bör-05]	38
Abbildung 3-3: Einflussfaktoren auf die Entwicklung der Leistungsparameter, vgl. [Egb-10] nach [Bal-94]	39
Abbildung 4-1: Kategorien an Arbeitsanalyseverfahren	45
Abbildung 4-2: Modellvorstellung eines behinderungsfreien Weges zum Arbeitsergebnis [Öst-93]	52
Abbildung 4-3: Regulationshindernisse nach RHIA/VERA-Produktion Teil D	52
Abbildung 4-4: Regulationsüberforderungen nach RHIA/VERA-Produktion Teil D	53
Abbildung 4-5: Die elf empirisch gefundenen Dimensionen des KFZA [Prü-95]	53
Abbildung 4-6: Erfassungsbogen zur Beanspruchung von Logistiktätigkeiten in Anlehnung an [Sch-09]	54
Abbildung 5-1: Prozentuale Verteilung der Einschränkungen [Wal-09a]	61
Abbildung 5-2: Entwicklung der Anzahl an Einschränkungen über die Altersklassen [Wal-09b]	61
Abbildung 5-3: Entwicklung der Einschränkungen nach Merkmalgruppe über die Altersklassen	62
Abbildung 5-4: Entwicklung der Einschränkungen bis 2018, verteilt über die Altersklassen	63
Abbildung 5-5: Einschätzung von Personal- und Führungskräften zu logistikrelevanten Stärken und Schwächen älterer Arbeitnehmer (≥ 50 Jahre) in Produktion und operativer Logistik (<i>rot: stark abnehmend, gelb: gleichbleibend, grün stark zunehmend</i>)	65
Abbildung 5-6: Einschätzung von Personal- und Führungskräften zu weiteren Stärken und Schwächen älterer Arbeitnehmer (≥ 50 Jahre) in Produktion und operativer Logistik (<i>rot: stark abnehmend, gelb: gleichbleibend, grün stark zunehmend</i>)	66
Abbildung 5-7: Veränderung der Fähigkeiten mit zunehmendem Alter nach Kategorien	67
Abbildung 5-8: Einschätzung von Führungskräften der operativen Logistik im Hinblick auf die Probleme ihrer jüngeren und älteren Logistikmitarbeiter nach Häufigkeit der Nennung	68

Abbildung 5-9: Einschätzung von Führungskräften der operativen Logistik im Hinblick auf die Probleme ihrer jüngeren und älteren Logistikmitarbeiter nach gewichteter Rangfolge	69
Abbildung 5-10: Vorgehen zum Abgleich von Fähigkeiten und Analysemerkmalen	72
Abbildung 5-11: Ergebnisse der physischen Arbeitsanalysen nach ABATech (n = 45)	77
Abbildung 5-12: Belastungen in der operativen Logistik (n = 28) und Produktion (n = 17) im Vergleich	78
Abbildung 5-13: Typische körperliche Belastung bei Tätigkeiten in der operativen Logistik: Verpackung (n = 9), Kommissionierung (n = 15), innerbetriebl. Transport (n = 4)	79
Abbildung 5-14: Typische körperliche Belastung in der manuellen Kommissionierung, vgl. [Wal-09c]	81
Abbildung 5-15: Positiv gepolte Items der KFZA-Mitarbeiterbefragung (n = 24), Darstellung nach Bewertungsschema von Tabelle 5-9	84
Abbildung 5-16: Negativ gepolte Items der KFZA-Mitarbeiterbefragung (n = 24), Darstellung nach Bewertungsschema von Tabelle 5-9	85
Abbildung 5-17: Ergebnisse der Befragung der operativen Logistiker zur Einschätzung der sie belastenden Faktoren (n = 27)	87
Abbildung 5-18: Zeitliche Einordnung an Maßnahmen einer alternsgerechten Arbeitsgestaltung	89
Abbildung 5-19: Job Rotation zur alternsgerechten Arbeitsorganisation (Bildquellen v. l. n. r.: KNAPP, BBS Materialflussgruppe, pbs)	90
Abbildung 5-20: Handlungsfelder für die Entwicklung neuer Ansätze in Bezug auf ein gesundes Heben und Tragen von Lasten in der Kommissionierung	93
Abbildung 6-1: Vorgehen zur Berechnung der adaptierten Leitmerkmalmethode, vgl. [Gün-10a]	98
Abbildung 6-2: Inter- und Extrapolation der Zeitwichtung, vgl. [Bun-07c]	99
Abbildung 6-3: Interpolation der Lastwichtung für Frauen und Männer, vgl. [Bun-07c]	99
Abbildung 6-4: Warenentnahme und -ablage in der Kommissionierung mit Handwagen [Hub-09]	100
Abbildung 6-5: Anhaltswerte für die Haltungswichtung bei unterschiedlichen Greifhöhen und -tiefen	101
Abbildung 6-6: Einflüsse auf die Wichtungen zur Bestimmung der körperlichen Belastung nach der Leitmerkmalmethode, vgl. [Hub-09]	106
Abbildung 6-7: Datenauswertung zur Ermittlung der Pickleistung des Referenztages und dessen Lastspektrum, vgl. [Wal-09d]	107

Abbildung 6-8: Haltungsverteilung für eine am Boden stehende Gitterbox (links) und ein Fachbodenregal mit einfachtiefer Lagerung (rechts)	109
Abbildung 6-9: Werkzeug zur vereinfachten Berechnung nach der adaptierten LMM	110
Abbildung 6-10: Zusammenhang von Lastgewicht, Anzahl Umsetzvorgänge und Risikowert für Männer bei einer Haltungswichtung von 2 (HW = 2), vgl. [Ges-10]	111
Abbildung 6-11: Zusammenhang von Lastgewicht, Anzahl Umsetzvorgänge und Risikowert für Männer bei verschiedenen Körperhaltungen, vgl. [Ges-10]	111
Abbildung 6-12: Beispiel einer fortlaufenden Belastungsermittlung und -visualisierung, integriert im Pick-by-Vision, vgl. [Gün-10a]	115
Abbildung 6-13: Visualisierungsalternativen für die Belastungsdarstellung im Pick-by-Vision (Tortendiagramm, Balkendiagramm, Punkte), vgl. [Gün-10a]	116
Abbildung 6-14: Optimierungsproblem in der manuellen Kommissionierung eines Fachbodenregallagers hinsichtlich einer ergonomischen Lagerfachbelegung, vgl. [Gün-10b]	117
Abbildung 6-15: Beispielhaftes Ergebnis des Optimierungsproblems	120
Abbildung 6-16: Optimale Anordnung der KLT entsprechend des Optimierungsproblems	120
Abbildung 6-17: Vorgehen zum Lösen größerer Optimierungsprobleme	121
Abbildung 6-18: Ausschnitt zum Input und der Berechnung des implementierten Optimierungsproblems	122
Abbildung 6-19: Auszug zum Output des implementierten Optimierungsproblems	122
Abbildung 6-20: Berechnung der maximal erträglichen Hebevorgänge auf Basis einer Risikowertvorgabe	124

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Berufsgruppen und -ordnungen mit logistischen Tätigkeiten nach [Ins-09]	30
Tabelle 3-1: Zusammenhang zwischen Belastung und Belastbarkeit in Anlehnung an [Mün-05]	35
Tabelle 3-2: Einteilung der Erwerbstätigen nach Altersgruppen in der Entwicklungspsychologie [Bal-96]	36
Tabelle 3-3: Kompetenzwandel mit dem Lebensalter, vgl. [Ste-97, Leh-03]	41
Tabelle 4-1: Die 19 Merkmale der ABA [DEL-07]	48
Tabelle 4-2: Bewertung der Leitmerkmale Zeitwichtung ZW sowie Lastwichtung für Frauen $LW_{(w)}$ und Männer $LW_{(m)}$ [Bun-01a]	50
Tabelle 4-3: Bewertung der Leitmerkmale Haltungswichtung HW und Ausführungsbedingungswichtung AW [Bun-01a]	50
Tabelle 4-4: Interpretation des Risikowertes RW nach der LMM [Bun-01a]	51
Tabelle 5-1: Sich mit zunehmendem Alter verändernde Fähigkeiten mit Relevanz für die Leistungserbringung bei logistischen Tätigkeiten	58
Tabelle 5-2: Entwicklungspsychologische und industrielle Altersklassifikationen im Vergleich	59
Tabelle 5-3: Auftretenshäufigkeit der sich mit dem Alter verändernden Anzahl an Einschränkungen	60
Tabelle 5-4: Zusammenhang zwischen Mitarbeiterfähigkeiten und mit Arbeitsanalyseverfahren erfassbaren Merkmalen	73
Tabelle 5-5: Zusammenhang zwischen Mitarbeiterfähigkeiten und mit Arbeitsanalyseverfahren erfassbaren Merkmalen (Fortsetzung)	74
Tabelle 5-6: Übersicht über die analysierten Arbeitsplätze und eingesetzten Analyseverfahren	76
Tabelle 5-7: Identifizierte Regulationshindernisse (RH), entstandener Zusatzaufwand (ZA) und riskantes Handeln (Risk) in der operativen Logistik (n = 14)	82
Tabelle 5-8: Identifizierte Regulationsüberforderungen (RÜ) in der operativen Logistik (n = 14)	83
Tabelle 5-9: Bewertungsschema der positiv und negativ gepolten Items für den KFZA	83
Tabelle 6-1: Definition des Einzelvorgangs	97