

# **Konzeption eines Verfahrens zur Ableitung ergonomischer Gestaltungslösungen für fähigkeitsgerechte Arbeitsplätze**

Vom Fachbereich Maschinenbau  
der Technischen Universität Darmstadt

zur

Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigte

**Dissertation**

vorgelegt von

**M.Sc. Philipp Wittemann**

aus Heidelberg

Berichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder
Mitberichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich
Tag der Einreichung:	27.04.2017
Tag der mündlichen Prüfung:	11.07.2017

Darmstadt 2017

D17

---

---

## Danksagung

---

An erster Stelle möchte ich mich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder für die Betreuung meiner Arbeit bedanken. Durch Ihren fachlichen Rat und Ihre Offenheit, auch gegenüber Industriepromotionen, haben Sie mich stets in meinem Promotionsvorhaben bestärkt. Insbesondere Ihre Zuversicht hat mich bei der Anfertigung der Arbeit immerzu motiviert und mir letztlich die notwendige Sicherheit gegeben, meine Dissertation erfolgreich zu Ende zu führen.

Danken möchte ich ebenso Herrn Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich für die freundliche Übernahme des Koreferats und den wertvollen Austausch im Vorfeld meiner Prüfung.

Meinen herzlichsten Dank möchte ich Dr. Karlheinz Schaub, Andrea Sinn-Behrendt und Dorothee Müglich für die gute Zusammenarbeit aussprechen, die weit über das gemeinsame DFG-Forschungsprojekt hinausging. Eure Anregungen und Tipps haben mich immer weiter gebracht. Eine große Unterstützung waren ferner alle Mitarbeiter des Instituts für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt, die mich während meiner Studenten- und Doktorandenzeit begleitet haben. Hervorzuheben sind an dieser Stelle Dr. Bettina Abendroth und Torsten Wagner, die mir den Einstieg am Institut sowie in ein spannendes Berufsfeld ermöglicht haben.

Ebenso danken möchte ich meinen Kollegen und Vorgesetzten im Unternehmen, insbesondere Dr. Helmut Schmidt, Dr. Stephan Bürkner, Thomas Gutschalk, Attila Pirger und Ursula Spellenberg. Der Bereich Health & Safety hat mir als Doktorand optimale Voraussetzungen für das Anfertigen meiner Arbeit geboten und ich hatte dort eine fantastische Zeit. Vielen Dank dass Ihr Euch fortlaufend für mein Thema und meine berufliche Zukunft eingesetzt habt.

Abschließend möchte ich meiner Familie und meinen Freunden Danke sagen. Besonders wichtig sind mir an dieser Stelle meine Eltern Brigitte und Richard, die mich stets ermutigt haben und immer für mich dagewesen sind. Zu guter Letzt hatte Maxi Berger eine wichtige Rolle, indem sie durch ihren liebevollen Beistand dazu beigetragen hat, dass meine Work-Life-Balance nicht allzu sehr aus dem Gleichgewicht geraten ist.

---

## Zusammenfassung

---

Das steigende Durchschnittsalter der Arbeitnehmer in der Automobilindustrie wirft bei deutschen Unternehmen die Frage auf, wie ein wertschöpfender und fähigkeitsgerechter Einsatz aller Mitarbeiter auch zukünftig gewährleistet werden kann. Insbesondere die zunehmende Anzahl von Mitarbeitern mit dauerhaften körperlichen Einschränkungen führt in Relation zu den stetig wachsenden Leistungsanforderungen zu Engpässen in der Produktion. Bisher verfolgte ergonomische Maßnahmen setzen dabei zumeist auf eine isolierte Reduzierung von Belastungen am Arbeitsplatz, ohne die individuellen Eigenschaften und Fähigkeiten der Mitarbeiter zu berücksichtigen.

Im Rahmen dieser Arbeit werden Ansätze für eine alters- und fähigkeitsdifferenzierte Arbeitsgestaltung aufgezeigt, bei der eine direkte Anpassung der Arbeitsanforderungen zu den Fähigkeiten der Mitarbeiter erfolgt. Hierzu werden zunächst die physischen Fähigkeiten von Produktionsmitarbeitern und deren Entwicklung im Altersgang analysiert. Neben einer Darstellung der bisherigen wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dieser Thematik werden neue Forschungsergebnisse aus der Automobilindustrie vorgestellt. Im Unterschied zu bisherigen Studien werden Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen betrachtet, bei denen einzelne Fähigkeiten nicht mehr vollständig vorhanden sind. Hierzu werden 1233 Fähigkeitsprofile aus einem deutschen Unternehmen statistisch ausgewertet. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen bei 25 von 32 Fähigkeitsmerkmalen hochsignifikante Altersabhängigkeiten zwischen jüngeren und älteren Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen auf.

Weiterführend wird in der Arbeit ein Verfahren zur zielgerichteten Ableitung von ergonomischen Gestaltungslösungen konzipiert, das den Arbeitsplatzgestalter gerade im Hinblick auf alterssensible Fähigkeiten der Belegschaft systematisch unterstützt. Anhand des Vergleichs von Fähigkeiten zu Anforderungen zeigt der entwickelte Ansatz Handlungsbedarfe auf und bietet dem Anwender abgestimmte Lösungsalternativen technischer, organisatorischer und personenbezogener Art. Übertragen auf den Produktentstehungsprozess in der Fahrzeugfertigung wird dadurch ein fähigkeitsgerechter Gestaltungsprozess von der Entwicklung bis hin zur Serienphase ermöglicht. Da insbesondere in den frühen Phasen eingeleitete Maßnahmen wirksam sind, wird ferner ein Vorgehen zur Prognose der zukünftigen Mitarbeiterfähigkeiten vorgestellt. Das Konzept, das in enger Zusammenarbeit mit den Ergonomie-Beauftragten aus dem untersuchten Unternehmen entstanden ist, wird abschließend im Rahmen einer Befragung evaluiert und von den potentiellen Anwendern als effektives Instrument zur Arbeitsplatzgestaltung eingestuft.

---

---

## Inhaltsverzeichnis

---

Danksagung.....	ii
Zusammenfassung.....	iii
Inhaltsverzeichnis.....	iv
Abbildungsverzeichnis.....	vi
Tabellenverzeichnis.....	viii
Abkürzungsverzeichnis.....	ix
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation.....	1
1.2 Ziele der Arbeit.....	4
1.3 Aufbau der Arbeit.....	4
2 Stand der Forschung und Technik.....	6
2.1 Ergonomische Arbeitsgestaltung.....	6
2.1.1 Systematisierung und Ziele der ergonomischen Arbeitsgestaltung.....	6
2.1.2 Prozessualer Ablauf der Arbeitsgestaltung.....	8
2.1.3 Gesetzliche Anforderungen.....	11
2.1.4 Wirkungen menschlicher Arbeit.....	12
2.2 Fähigkeitsentwicklung im Altersverlauf.....	16
2.2.1 Physiologie des Alterns und Veränderungen von Fähigkeiten.....	16
2.2.2 Tätigkeitsrelevante Fähigkeiten im Altersverlauf.....	19
2.2.3 Bedeutung für die Arbeitsgestaltung.....	22
2.3 Ansätze zum fähigkeits- und altersgerechten Mitarbeiterereinsatz.....	23
2.3.1 Betriebliches Eingliederungsmanagement.....	23
2.3.2 Human-centered Management.....	28
2.3.3 Alternsmanagement.....	31
2.4 Ableiten von Forschungsfragen.....	35
3 Empirische Analyse altersdifferenzierter Fähigkeitsdaten.....	37
3.1 Methodik & Datengrundlage.....	37
3.1.1 Methodik zur Fähigkeitsdatenerhebung und Anforderungsprofilierung.....	38
3.1.2 Vorgehen bei der statistischen Auswertung.....	40
3.1.3 Datengrundlage.....	42
3.2 Evaluation altersdifferenzierter Fähigkeitsdaten.....	44
3.2.1 Auswertung im Hinblick auf Altersabhängigkeiten.....	45
3.2.2 Korrelation mit dem Alter.....	52
3.2.3 Projektion von Fähigkeitsdaten.....	53
3.2.4 Gegenüberstellung mit den Fähigkeiten eines voll leistungsfähigen Kollektivs.....	56
3.3 Grenzwertbetrachtung von Fähigkeiten.....	58
3.4 Gegenüberstellung der Fähigkeitsdaten und der Arbeitsplatzanforderungen.....	59
3.5 Schlussfolgerungen.....	61

4	Entwicklung eines Konzepts zur Ableitung ergonomischer Gestaltungslösungen .....	62
4.1	Ansatzpunkte einer systematischen Arbeitsgestaltung .....	62
4.1.1	Strukturierung der Arbeitsgestaltung nach dem TOP-Prinzip .....	63
4.1.2	Systematische Arbeitsgestaltung entlang des Produktentstehungsprozesses .....	71
4.2	Methodik zur Ableitung ergonomischer Gestaltungslösungen .....	73
4.2.1	Schematisches Vorgehen zur Passung von Fähigkeiten und Anforderungen .....	74
4.2.2	Integration des Verfahrens in den Produktentstehungsprozess .....	78
4.2.3	Maßnahmenableitung anhand einer Gestaltungsmatrix .....	80
4.3	Anwendung und Evaluation des Konzepts in der betrieblichen Praxis .....	85
4.3.1	Vorgehen bei Entwicklung und Anwendung des Konzepts .....	86
4.3.2	Eingrenzung relevanter Fähigkeitsmerkmale .....	87
4.3.3	Erfassung und Strukturierung von Anforderungseingängen .....	90
4.3.4	Sammlung von Best Practice Gestaltungsmaßnahmen .....	96
4.3.5	Beispielhafte Anwendung der Gestaltungsmatrix .....	98
4.4	Evaluation zum Nutzen des Verfahrens in der betrieblichen Praxis .....	103
5	Diskussion .....	108
5.1	Ergebnisse der Fähigkeitsdatenevaluation .....	108
5.1.1	Bewertung der analysierten Altersabhängigkeiten .....	108
5.1.2	Konsequenzen aus dem Vergleich mit den Arbeitsplatzanforderungen .....	109
5.1.3	Beurteilung der Prognosen von Mitarbeiterfähigkeiten .....	111
5.2	Methodik zur Datenerhebung, -pflege und -auswertung .....	113
5.2.1	Potentiale bei der Datenerhebung .....	113
5.2.2	Problematik der Datenpflege und -auswertung .....	115
5.3	Verfahren zur Ableitung ergonomischer Gestaltungslösungen .....	117
5.3.1	Übertragbarkeit der Gestaltungsmatrix in die Unternehmenspraxis .....	117
5.3.2	Umsetzung des Konzepts im untersuchten Unternehmen .....	118
6	Fazit und Ausblick .....	121
6.1	Fazit .....	121
6.2	Ausblick .....	123
	Literaturverzeichnis .....	cxxv
	Anhang .....	cxxxv
A	Profile aus dem Job Match-Verfahren .....	cxxxv
B	Deskriptive Auswertung der Fähigkeitsprofile nach Altersgruppen .....	cxxxix
C	Korrelationskoeffizienten .....	cxlix
D	Ergebnisse des Paarvergleichs von jüngeren und älteren Mitarbeitern .....	cl
E	Gegenüberstellung von Anforderungen und Fähigkeiten .....	cli
F	Evaluationsbogen .....	clix
G	Evaluationsergebnisse der abgefragten Items .....	clxi

---

---

## Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1: Arbeitssystemmodell .....	6
Abbildung 2: Grundphasen im Produktentstehungsprozess .....	8
Abbildung 3: Ergonomie und Wirtschaftlichkeit im Produktentstehungsprozess .....	10
Abbildung 4: Altersgang physiologischer Parameter .....	17
Abbildung 5: Interindividuelle Unterschiede bei der Fähigkeitsentwicklung .....	19
Abbildung 6: Prozess zum fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz .....	26
Abbildung 7: Total-Ergonomics-Management-Model .....	28
Abbildung 8: Idealtypische Darstellung der Entwicklung der Arbeitsfähigkeit über das Alter .....	33
Abbildung 9: Fit-Modell .....	34
Abbildung 10: Ausschnitt aus dem Fähigkeitsprofil in der Kategorie Körperhaltungen .....	39
Abbildung 11: Altersverteilung der Fähigkeitsprofile .....	43
Abbildung 12: Auswertung Fähigkeit "Wirbelsäule - gebeugt, 20° - 60° (statisch)" .....	46
Abbildung 13: Auswertung Fähigkeit "Wirbelsäule - gebückt > 60° (statisch)" .....	47
Abbildung 14: Auswertung Fähigkeit "Schulter-Arm - rechter Arm über Schulterhöhe (statisch)" .....	47
Abbildung 15: Auswertung Fähigkeit "Rechts erhöhter Druck durch Finger / Hand (> 40 N)" .....	49
Abbildung 16: Auswertung Fähigkeit "Heben & Umsetzen, Tragen, Halten 5 - 10 kg" .....	50
Abbildung 17: Auswertung Fähigkeit "Heben & Umsetzen, Tragen, Halten 10 - 15 kg" .....	51
Abbildung 18: Streudiagramm zur Fähigkeit "rechter Arm über Schulterhöhe (statisch)" .....	53
Abbildung 19: Altersstrukturprognose für das Jahr 2022 .....	54
Abbildung 20: Fähigkeitsprognose für Merkmal "rechter Arm über Schulterhöhe" .....	55
Abbildung 21: Vergleich von Anforderungen und Fähigkeiten eines spezifischen Merkmals .....	60
Abbildung 22: Maßnahmenhierarchie des Arbeitsschutzes .....	64
Abbildung 23: Gestaltungsprozess entlang des PEP am Beispiel Aufbau-PKW .....	72
Abbildung 24: Modell zum fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz .....	75
Abbildung 25: Fähigkeitsgerechter Gestaltungsprozess am Beispiel Aufbau-PKW .....	78
Abbildung 26: Herleitung der Gestaltungsmatrix .....	81
Abbildung 27: Ansatz der Gestaltungsmatrix allgemein und exemplarische Anwendung .....	82
Abbildung 28: Kategorisierung von Fähigkeiten eingebunden in die Gestaltungsmatrix .....	83
Abbildung 29: Kategorisierung von Anforderungen eingebunden in die Gestaltungsmatrix .....	84
Abbildung 30: Belastungsengpässe in der Kategorie manuelle Lastenhandhabung .....	91
Abbildung 31: Kategorie Lastenhandhabung mit Filter „Umsetzen > 5 kg“ .....	92
Abbildung 32: Belastungsengpässe in der Kategorie Körperhaltungen .....	92
Abbildung 33: Clustern von Anforderungen nach Komplexität sowie Vernetzungsgrad .....	95
Abbildung 34: Vernetzungsbeispiel von Tätigkeitsbereichen mit niedriger Komplexität .....	96

---

Abbildung 35: Startseite des SharePoint mit Verknüpfung zur Best Practice Datenbank.....	97
Abbildung 36: Ausschnitt aus der Best Practice Datenbank.....	98
Abbildung 37: Beispielhafte Gestaltungsmatrix für die Dachhimmelmontage PKW .....	99
Abbildung 38: Leichtbauroboter bei der Dachhimmelmontage .....	100
Abbildung 39: Schulung zu ergonomischem Verhalten am Beispiel Montagewürfel.....	102
Abbildung 40: Ergebnisse der Evaluation zu Item 1 .....	105
Abbildung 41: Ergebnisse der Evaluation zu Item 3 .....	106
Abbildung 42: Ergebnisse der Evaluation zu Item 7 .....	106
Abbildung 43: Übersicht zum kollektiven Abgleich von Fähigkeiten und Anforderungen .....	110
Abbildung 44: Produktivitätsentwicklung in verschiedenen Alterskohorten .....	112
Abbildung 45: Zusammenführung von Arbeitsplatzprofilierung und Ergonomie.....	120

---

---

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1: EU-Rahmenrichtlinien mit Bedeutung für die ergonomische Arbeitsgestaltung .....	12
Tabelle 2: Qualitative Fähigkeitsveränderungen im Alter .....	18
Tabelle 3: Studien zur Untersuchung tätigkeitsrelevanter Fähigkeiten .....	20
Tabelle 4: Paarvergleich physischer Fähigkeiten von arbeitsfähigen Produktionsmitarbeitern .....	21
Tabelle 5: Einstufung des Korrelationskoeffizienten.....	41
Tabelle 6: Ergebnisse der Mittelwertvergleiche für Körperstellungen und -haltungen.....	45
Tabelle 7: Ergebnisse der Mittelwertvergleiche für Aktionskräfte / Körperteilbewegungen .....	48
Tabelle 8: Ergebnisse der Mittelwertvergleiche für manuelle Lastenhandhabungen .....	50
Tabelle 9: Prognostizierte Fähigkeitsprofilverteilung in den Altersgruppen.....	55
Tabelle 10: Gegenüberstellung der Untersuchungsparameter mit der Rademacher-Studie .....	56
Tabelle 11: „Kritische“ bzw. bei der Arbeitsgestaltung zu vermeidende Merkmale.....	58
Tabelle 12: „Unkritische“ bzw. bei der Arbeitsgestaltung vorzusehende Merkmale .....	59
Tabelle 13: Physische und psychische Belastungsfaktoren .....	62
Tabelle 14: Belastungsrelevante Planungsparameter technischer Art .....	66
Tabelle 15: Belastungsrelevante Planungsparameter organisatorischer Art.....	67
Tabelle 16: Erprobungsschritte zur Entwicklung des Konzepts .....	86
Tabelle 17: Anforderungen an einen belastungsreduzierten Arbeitsplatz .....	89
Tabelle 18: Belastungsengpässe mit höchster Relevanz nach Gewerk.....	94
Tabelle 19: Items des Evaluationsbogens für das Konzept der Gestaltungsmatrix .....	104

---

---

## Abkürzungsverzeichnis

---

AU-Tage	Arbeitsunfähigkeitstage
AWS light	Assembly Worksheet light
BEM	Betriebliches Eingliederungsmanagement
BGF	Betriebliche Gesundheitsförderung
BGM	Betriebliches Gesundheitsmanagement
dyn.	dynamisch
EAWS	Ergonomic Assessment Worksheet
GLT	Großladungsträger
HHT	Heben, Halten, Tragen
KLT	Kleinladungsträger
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LBR	Leichtbauroboter
LCA	Low Cost Automation
LMM	Leitmerkalmethode
MD	Median
ME	Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen
MRK	Mensch-Roboter-Kollaboration
MSE	Muskel-Skelett-Erkrankungen
PEP	Produktentstehungsprozess
PINA	Partizipation und Inklusion von Anfang an
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
stat.	statisch
TEM	Total Ergonomics Management
WAI	Work Ability Index

In der vorliegenden Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form von Mitarbeiter verwendet. Die Betrachtungen schließen Mitarbeiterinnen in gleichem Maße mit ein.

---

# 1 Einleitung

---

## 1.1 Motivation

Der demografische Wandel stellt die produzierenden Unternehmen in Deutschland vor große Herausforderungen. Insbesondere in der Automobilindustrie mit traditionell hohen Anteilen an manuellen Tätigkeiten werden neue Konzepte in der Fertigungs- und Personaleinsatzplanung gesucht, um den wertschöpfenden Einsatz aller Mitarbeiter auch in Zukunft sicherstellen zu können.

Sinkende Geburtenraten und eine steigende Lebenserwartung verändern die Bevölkerungsstrukturen in vielen Ländern tiefgreifend: Neben einer Alterung der Bevölkerung wird für einzelne Länder, wie zum Beispiel Japan oder Deutschland, eine rückläufige Gesamtbevölkerungszahl prognostiziert (United Nations, 2015). Am Produktionsstandort Deutschland sind die damit verbundenen Auswirkungen für den Arbeitsmarkt erheblich: Das Durchschnittsalter der Erwerbstätigen erhöht sich kontinuierlich, sodass ab dem Jahr 2020 circa 39 % der Arbeitnehmer über 50 Jahre alt sein werden (Statistisches Bundesamt, 2015). Prognosen gehen von einer um 16 % schrumpfenden Gesamtbevölkerung bis zum Jahr 2060 aus; insbesondere der Anteil an Personen im erwerbsfähigen Alter zwischen 20 und 64 Jahren soll um 30 % abnehmen (Statistisches Bundesamt, 2015). Die sinkende Zahl an Erwerbsfähigen macht es zukünftig zunehmend schwerer, den anhaltend hohen Bedarf an qualifizierten Fachkräften zu decken (Bundesministerium für Arbeit und Soziales, 2015; Fuchs, 2013). Somit birgt der demografische Wandel für Unternehmen potentielle Einbußen bei Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit (Bullinger & Buck, 2007).

Das ist auch dadurch bedingt, dass mit dem zunehmenden Durchschnittsalter in den Belegschaften der Anteil an krankheitsbedingten Ausfalltagen tendenziell steigt (Meyer et al., 2011). Ältere Mitarbeiter melden sich zwar seltener krank als jüngere, jedoch fallen sie in der Regel bei Krankheitseintritt länger aus und verzeichnen insgesamt mehr Arbeitsunfähigkeitstage als ihre jüngeren Kollegen (Badura et al., 2015). In der Altersgruppe der 50- bis 65-Jährigen stellen muskuloskelettale Beschwerden die Hauptursache für die Arbeitsunfähigkeit dar, gefolgt von Erkrankungen des Atmungssystems und psychischen Erkrankungen (Daimler Betriebskrankenkasse, 2015). Wird auf alle Altersgruppen Bezug genommen, entfallen auf die Diagnosegruppe der Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) mit einem Anteil von 24,3 % die meisten AU-Tage; Männer (25,6 %) sind dabei häufiger arbeitsunfähig als Frauen (22,6 %) (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2016). Ebenso zählten in einer Arbeitnehmerbefragung aus dem Jahr 2012 Rückenleiden zu den häufigsten Beschwerden: 63,5 % der Frauen und 39,7 % der Männer hatten demnach im zurückliegenden Arbeitsjahr Schmerzen im Nacken- und Schulterbereich; unter sogenannten Kreuzschmerzen bzw. Schmerzen im unteren Rücken litten laut Angabe 51,4 % der Frauen und 44,0 % der Männer (Nöllnheidt & Brenscheidt,

---

2016). Ferner verursachen MSE einen hohen volkswirtschaftlichen Schaden: Im Jahr 2014 fielen 125.8 Millionen Arbeitsunfähigkeitstage unter die Diagnosegruppe „Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems und des Bindegewebes“. Allgemein entstanden durch krankheitsbedingte Fehlzeiten im Jahr 2014 Produktionsausfallkosten in Höhe von 13.2 Milliarden Euro sowie weitere 20.8 Milliarden Euro Kosten durch einen Ausfall an Bruttowertschöpfung (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2016). Maßnahmen zur Senkung der krankheitsbedingten Kosten bieten somit ein hohes Nutzenpotential und eine gesunde Belegschaft wird zu einem zentralen Erfolgsfaktor für eine gute Unternehmensleistung. Der Erhalt und die Förderung der Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter gewinnen damit weiter an Bedeutung (Bruder, 2013; Lotter & Wiendahl, 2006).

Eine menschengerechte bzw. altersgerechte Arbeitsgestaltung ist ein wirksames Instrument, um Gesundheitsbeeinträchtigungen für die Mitarbeiter zu reduzieren (Buck, 2002; Frieling et al., 2006; Ilmarinen & Tempel, 2001). Maßnahmen, die an den arbeitsbedingten Belastungen ansetzen, bieten hierbei das größte Potential (Schaub & Winter, 2002). Das Aufgabenspektrum von Mitarbeitern in der Fahrzeugfertigung ist insbesondere durch die Ausführung fest definierter Tätigkeiten mit vornehmlich körperlichen Leistungsanteilen charakterisiert (Zäh et al., 2005): Zu belastenden Tätigkeiten zählen manuelle Lastenhandhabungen, die Einnahme von ungünstigen statischen Körperhaltungen, das Aufbringen von Aktionskräften sowie lang andauernde, repetitive Belastungen der oberen Extremitäten (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, 2013). Aufgrund der vielschichtigen Zusammenhänge der verschiedenen Einflussfaktoren sind ungünstige Belastungssituationen in der betrieblichen Praxis nicht immer zu identifizieren. Mängel bei der Arbeitsgestaltung zeigen sich dann erst durch eine erhöhte Fluktuation oder einen Anstieg an Krankmeldungen bezogen auf einen bestimmten Arbeitsplatz (Schaub & Winter, 2002). Insgesamt betrachtet verfügt der Planungsbereich jedoch über standardisierte und etablierte Methoden zur Risikoanalyse, mit denen die Anforderungen eines Arbeitsplatzes hinreichend abgebildet werden. Erkannte Belastungsschwerpunkte können durch Maßnahmen entschärft werden, wodurch die Gestaltungsgüte eines Arbeitsplatzes allgemein erhöht wird. Die verfolgten Maßnahmen setzen hierbei meist auf eine isolierte Belastungsreduzierung; eine unmittelbare Anpassung der Anforderungen an die individuellen körperlichen Eigenschaften und Fähigkeiten einzelner Mitarbeiter findet in der Regel nicht statt. Diese Anpassung von Fähigkeiten und Anforderungen wäre aber gerade im Hinblick auf die Erhaltung von Gesundheit und Arbeitsfähigkeit der Mitarbeiter von hoher Bedeutung. Durch dieses Defizit im Rahmen der Arbeitssystemgestaltung werden die Chancen für einen fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz verringert (Scheller et al., 2015).

Dies ist insbesondere im Hinblick auf den demografischen Wandel von Relevanz, denn mit zunehmendem Alter vermindert sich die körperliche Leistungsfähigkeit und viele Mitarbeiter sind nicht

---

mehr in der Lage, die an sie gestellten Arbeitsanforderungen vollumfänglich zu erfüllen. Sie weisen oftmals dauerhafte Schäden infolge von Krankheit, Unfall oder kumulierten Belastungen auf. Ein wertschöpfender Einsatz in der Produktion ist dann nicht immer gegeben. Eine Möglichkeit dem gegenzusteuern, besteht in der Frühverrentung des Arbeitnehmers, wodurch das Erwerbspersonenpotential weiter verringert und der Fachkräftemangel verschärft wird (Initiative Neue Qualität der Arbeit, 2005). Viele Arbeitnehmer bleiben jedoch im Unternehmen und werden als Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen, kurz ME, bezeichnet. Der Anteil dieser Mitarbeitergruppe wächst in der Belegschaft mit höherem Durchschnittsalter signifikant an (Göldner et al., 2006; Knülle, 2005; Mohrlang, 2005). Für viele Unternehmen ist die Zunahme an einsatzeingeschränkten Mitarbeitern aufgrund der alternden Belegschaften mehr und mehr von Bedeutung (Bruder, 2013). In Verbindung mit den demografischen Einflüssen müssten die Unternehmen insbesondere die Fähigkeiten und Fertigkeiten dieses Personenkreises bei der Arbeitsplatzgestaltung berücksichtigen (Bös, 2007). Wenn gleich viele der Unternehmen die Problematik kennen, werden oftmals keine Gegenmaßnahmen zur Entspannung der Personalsituation eingeleitet (Knüppfer, 2009). Vielmehr erfolgen in der Fahrzeugfertigung im Zuge von Effizienzsteigerungen eine Arbeitsverdichtung und stetig wachsende Leistungsanforderungen: Taktzeiten werden reduziert, die Auslastung wird gesteigert und nicht wertschöpfende Tätigkeitsanteile werden soweit wie möglich ausgelagert (Diaz et al., 2012; Huber, 2002; Kugler et al., 2015). Die erhöhten Anforderungen führen zu einem weiteren Anstieg an Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen, deren Integration in Unternehmen oftmals nur zu Teilen und unter hohen Kosten gelingt (Loebe & Severing, 2005; Zäh & Prasch, 2006).

Dies verdeutlicht die Schwierigkeiten, die auf die Automobilindustrie durch das zunehmend höhere Durchschnittsalter der Belegschaften und die gleichzeitig steigenden Leistungsanforderungen zukommen. Auch wenn Mitarbeiterfähigkeiten und menschenbezogene Aspekte im Planungsprozess zunehmend Berücksichtigung finden (Bruder, 2013; Diaz & Frieling, 2011), werden zukünftig vor allem für die steigende Anzahl von einsatzeingeschränkten Mitarbeitern neue, wissenschaftlich fundierte Planungsinstrumente zur fähigkeitsdifferenzierten Personaleinsatzplanung und Arbeitsgestaltung benötigt. Ziel dieser Instrumente sollte es sein, die Produktionsplanung mit relevanten Informationen über die altersdifferenzierte Fähigkeitsentwicklung der Mitarbeiter eines bestimmten Bereiches zu versorgen, um so eine gezielte Arbeitssystemgestaltung zu ermöglichen. Dieses Ziel ist nicht ohne weiteres zu erreichen, da über die tätigkeitsrelevanten Fähigkeiten von Produktionsmitarbeitern allgemein wenige Erkenntnisse aus der Forschung vorliegen. Ferner existieren keine einheitlichen Ansätze zur Erhebung und Analyse von Fähigkeitsdaten in Unternehmen.

---

Die vorliegende Arbeit soll zur Beantwortung dieser Problemstellung einen Beitrag leisten: Es werden neue Erkenntnisse über körperliche Fähigkeiten von Mitarbeitern und deren Entwicklung im Altersverlauf gewonnen. Weiterführend wird ein ganzheitlicher Ansatz erarbeitet, der zum fähigkeitsgerechten Einsatz aller Mitarbeiter in der Produktion beitragen soll.

## **1.2 Ziele der Arbeit**

Das Hauptziel der vorliegenden Arbeit besteht in der Konzeption eines Verfahrens zur zielgerichteten Ableitung von ergonomischen Gestaltungslösungen für fähigkeitsgerechte Arbeitsplätze. Dem Hauptziel der Konzeption sind folgende Unterziele zugeordnet:

- Strukturierung und Priorisierung von ergonomischen Gestaltungsmaßnahmen
- Erfassung und Strukturierung von Anforderungsempässen in der Fahrzeugfertigung

Der Fokus der Arbeit liegt entsprechend den zuvor dargestellten Herausforderungen auf der Integration von Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen in der Fahrzeugfertigung. Um Lösungsansätze für die industrielle Praxis zu erarbeiten, sind im Rahmen der Arbeit die Zusammenhänge von Alter und Arbeitsfähigkeit in den produzierenden Unternehmen zu untersuchen. Zur empirischen Untersuchung der Problemstellung werden Fähigkeitsprofile von einsatzeingeschränkten Mitarbeitern und Arbeitsplatzanforderungsdaten aus einem Unternehmen der Automobilindustrie hinzugezogen. Im Zuge der Datenauswertung ergeben sich weitere Unterziele:

- Herausstellung von alterssensiblen körperlichen Fähigkeitsmerkmalen bei einsatzeingeschränkten Mitarbeitern
- Gegenüberstellung von Mitarbeiterfähigkeiten und Arbeitsplatzanforderungen

Der verfolgte Ansatz soll eine systematische Anpassung von Mitarbeiterfähigkeiten und Arbeitsplatzanforderungen ermöglichen. Der Arbeitsplatzgestalter ist dadurch in der Lage, sowohl aus Fähigkeits- als auch aus Anforderungssicht gezielte Eingriffe im Arbeitssystem vorzunehmen.

## **1.3 Aufbau der Arbeit**

Zur Erreichung der gesetzten Ziele wird in Kapitel 2 der Stand der Forschung zur Entwicklung körperlicher Fähigkeiten im Alter und Einsatzeinschränkungen skizziert. Ferner werden die in der Unternehmenspraxis eingesetzten Gestaltungsansätze zur Erreichung der Zielsetzung vorgestellt. Hierbei stehen Verfahren für einen Abgleich von Mitarbeiterfähigkeiten und Arbeitsanforderungen sowie

---

Ansätze zur Berücksichtigung individueller und alterssensibler Fähigkeiten in der Produktionsplanung im Mittelpunkt der Betrachtung.

Eine empirische Analyse von altersdifferenzierten Fähigkeitsdaten aus dem untersuchten Unternehmen ist Bestandteil von Kapitel 3 mit dem Ziel, neue Erkenntnisse über die Fähigkeiten von einsatz-eingeschränkten Mitarbeitern und deren Entwicklung im Alter zu erlangen. Abschließend wird der Handlungsbedarf für die zukünftige Integration von Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen in die Produktion zusammengefasst und quantifiziert.

Basierend auf dem Abgleich von Mitarbeiterfähigkeiten und Arbeitsanforderungen wird in Kapitel 4 der grundlegende Ansatz konzipiert. Ausgehend von verschiedenen Ansatzpunkten zur Arbeitsgestaltung wird das methodische Vorgehen zur Ableitung ergonomischer Maßnahmen erarbeitet. Das entwickelte Verfahren wird im Anschluss anhand einer exemplarischen Problemstellung praxisnah angewendet und mit einer potentiellen Nutzergruppe von Arbeitsplatzgestaltern evaluiert.

Die Ergebnisse aus den Kapiteln 3 und 4 werden in Kapitel 5 diskutiert, wobei die Übertragbarkeit auf die Unternehmenspraxis überprüft wird. In Kapitel 6 wird die Arbeit mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick auf zukünftige Weiterentwicklungen abgeschlossen.

---

## 2 Stand der Forschung und Technik

---

Das Kapitel über den Stand der Forschung und Technik fasst bisherige Aktivitäten im Forschungsfeld zusammen und hebt verfolgte Ansätze in Unternehmen hervor. Ferner werden grundlegende Begrifflichkeiten erörtert und bestehende Forschungslücken aufgezeigt. Zu Beginn werden in Abschnitt 2.1 die Arbeitsbereiche und Prozesse der Arbeitsgestaltung beschrieben, um die dargestellte Untersuchung in den Kontext der Arbeitswissenschaft einzubetten.

### 2.1 Ergonomische Arbeitsgestaltung

#### 2.1.1 Systematisierung und Ziele der ergonomischen Arbeitsgestaltung

Die Ergonomie als wissenschaftliche Disziplin befasst sich mit den Wechselwirkungen zwischen Menschen und anderen Elementen eines Systems mit dem Ziel, das Wohlbefinden des Menschen und die gesamte Systemleistung zu optimieren (International Ergonomics Association, 2000). Mithilfe des Arbeitssystemmodells in Abbildung 1, das ein Schema zur systematischen Beschreibung von Arbeitsplätzen bietet, lassen sich die theoretischen Zusammenhänge veranschaulichen und analysieren (Fürstenberg et al., 1983). Das Zusammenwirken des Menschen mit den Arbeitsmitteln dient dazu, die Systemfunktion innerhalb der Arbeitsumgebung unter den durch die Arbeitsaufgaben vorgegebenen Bedingungen zu erfüllen (DIN EN ISO 6385).

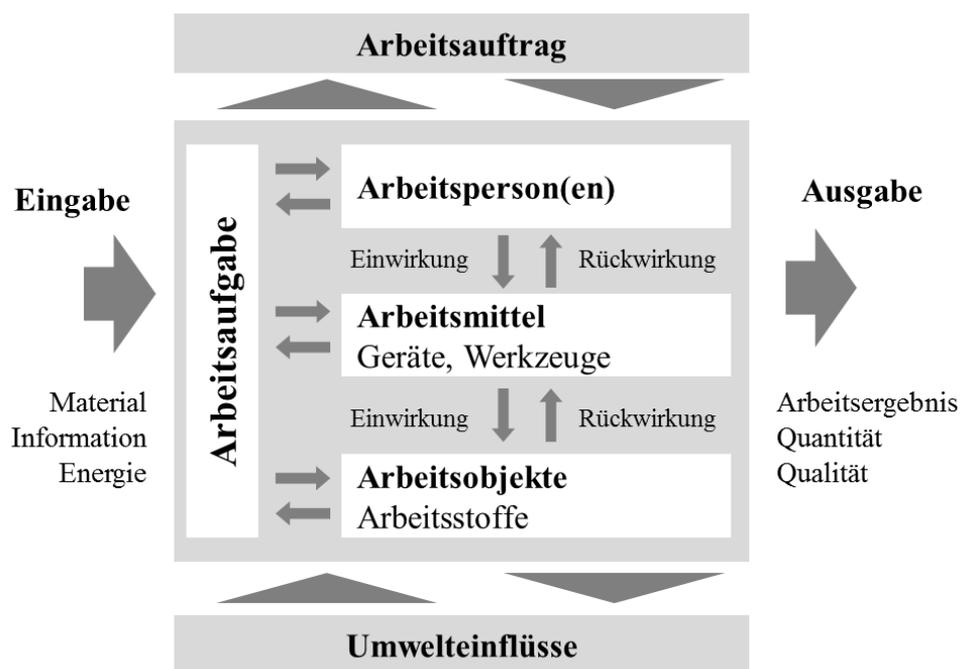


Abbildung 1: Arbeitssystemmodell (eigene Darstellung nach Schlick et al., 2010)

---

Als wichtiges Teilgebiet der Arbeitswissenschaft wird die Ergonomie traditionell nach ihren Anwendungsgebieten in die *Produkt-* und *Produktionsergonomie* klassifiziert (Landau, 2007). Bei der *Produktergonomie* steht die Benutzbarkeit eines Produkts für eine möglichst große Nutzergruppe im Mittelpunkt. Eine Anpassung an die individuellen Merkmale von Nutzern erfolgt normalerweise nicht, da die Eigenschaften potentieller Nutzer lediglich in Form allgemeiner Statistik vorliegen. In der *Produktionsergonomie* hingegen, die sich mit dem menschengerechten Herstellungsprozess von Produkten beschäftigt, sind gewisse Merkmalsinformationen wie das Alter und Geschlecht von einzelnen Mitarbeitern und Gruppen vorhanden. Diese Informationen können im Rahmen der Arbeitsgestaltung miteinbezogen werden, um einer Belastungsreduzierung bei gleichzeitiger Leistungsoptimierung näher zu kommen (Landau, 2007; Prash, 2010).

Explizit wird in der Arbeitsgestaltung das Ziel verfolgt, durch „systematische Veränderung technischer, organisatorischer und (oder) sozialer Arbeitsbedingungen [...], diese an die Leistungsvoraussetzungen des arbeitenden Menschen anzupassen, sodass sie der Erhaltung und Entwicklung der Persönlichkeit sowie der Gesundheit des arbeitenden Menschen im Rahmen effizienter und produktiver Arbeitsprozesse dienen“ (Dunckel & Volpert, 1997). Gegenstand der Arbeitsgestaltung ist demzufolge, die gegebenen Arbeitsanforderungen systematisch anhand von Gestaltungsmaßnahmen an die Fähigkeiten und Fertigkeiten des Menschen anzupassen.

Die Anpassung von Mensch und Arbeitsbedingungen kann in zweierlei Hinsicht erfolgen: Im Rahmen der *Verhaltensergonomie* wird der Mitarbeiter im gesundheitsgerechten Umgang im Arbeitssystem unterwiesen und dahingehend sensibilisiert. Maßnahmen in diesem Bereich sind normalerweise direkt umsetzbar, die Wirkung zeigt sich meist erst längerfristig. Das Arbeitssystem bleibt hierbei unverändert. Demgegenüber wird bei der *Verhältnisergonomie* eine optimale Gestaltung der situativen Arbeitsplatzfaktoren (Arbeitsaufgabe, Arbeitsmittel und Arbeitsumgebung) mit bestmöglicher Anpassung an den Menschen angestrebt (Landau, 2002; Schultetus, 1987).

Neben den Elementen des Arbeitssystems ist das zu fertigende Produkt – die Ausgabe – von großer Bedeutung, da es mit seinen Einzelteilen die Arbeitsaufgabe im Fertigungsprozess festlegt (Wiendahl et al., 2010). Das Produkt bestimmt somit maßgeblich das Vorgehen bei der Arbeitsgestaltung (Eversheim, 2002). Eine Einbeziehung der Produktentwicklung in die Prozesse der Arbeitsgestaltung bietet sich an, um frühzeitig die geforderte Anpassung an den Menschen zu realisieren.

## 2.1.2 Prozessualer Ablauf der Arbeitsgestaltung

### Einordnung in den Produktentstehungsprozess

Die Prozessabläufe der Arbeitsgestaltung sind in einem produzierenden Unternehmen dem Produktentstehungsprozess (PEP) zuordenbar; dieser beinhaltet alle zur Planung und Herstellung eines Produktes erforderlichen Prozesse und Abläufe (Schlick et al., 2010). Er legt somit den Gesamtrahmen fest, der neben der Phase der Produktgestaltung auch das Fertigen, Vermarkten und Entsorgen miteinbezieht (Pahl et al., 2007). Im PEP wird die reine Prozessabfolge zu einem systematischen Vorgehen weiterentwickelt, um ein Produkt erfolgreich in den Markt einzuführen. Direkt involvierte Strukturen sind die Bereiche Produktentwicklung, Fertigungsplanung und Produktion (Westkämper, 2006). In der Literatur sind verschiedene Phasenmodelle des PEP veröffentlicht (REFA, 1987; Westkämper, 2006). Bezogen auf die Automobilindustrie skizzieren Kugler et al. (2010) exemplarisch die in Abbildung 2 dargestellten Grundphasen:

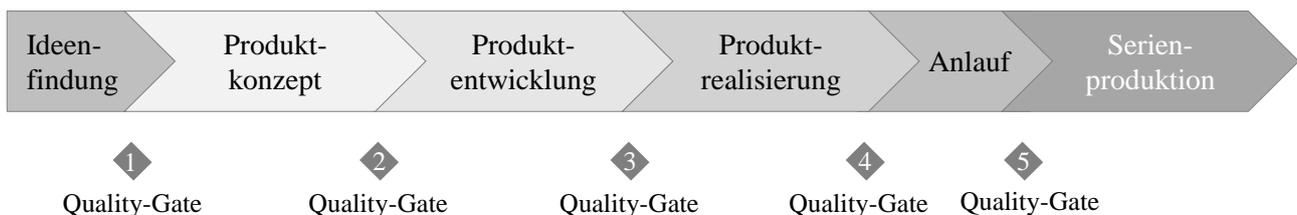


Abbildung 2: Grundphasen im Produktentstehungsprozess (eigene Darstellung nach Kugler et al., 2010)

- Nach der *Ideenfindung*, in der die Produkteigenschaften und die Produktionsanforderungen festgelegt werden, erfolgt in der *Konzeptphase* die Konzeption bzw. Grobentwicklung des Produkts und des Produktionsprozesses, woraus sich das Produktdesign und die Programmplanung ergeben (Eigner & Stelzer, 2009; Engeln, 2006).
- In der *Entwicklungsphase* findet eine weitere Ausgestaltung von Produkt und Produktionsprozessen statt; im Rahmen der Fertigungs- und Montageplanung werden die Abläufe an den Arbeitsstationen sowie die räumliche Anordnung von Arbeits- und Betriebsmitteln konkretisiert (Eigner & Stelzer, 2009; Wiendahl et al., 2010).
- In der *Realisierungsphase* wird mit der Umsetzung der Detailplanungen begonnen, Arbeits- und Betriebsmittel beschafft und in Betrieb genommen; anschließend startet der *Anlauf* des Produktionsprozesses (Engeln, 2006; Wiendahl et al., 2010).
- Ab Beginn der *Serienproduktion* wird die geplante Stückzahl gefertigt, womit die Arbeitssystemplanung abgeschlossen ist.

---

Damit enthält der PEP in seiner Gesamtheit alle Planungsschritte von der Konzeption eines neuen Fahrzeugs bis zu dessen Serienanlauf. In der Praxis wird der Prozessablauf oftmals unternehmensspezifisch ausgelegt. Von Interesse sind insbesondere die jeweiligen unternehmenseigenen Planungsschritte, wie die Entwicklung des Montagekonzepts oder die Ausgestaltung der Arbeitsplätze (Kugler et al., 2010). Auf den PEP des in der Arbeit untersuchten Unternehmens wird in Kapitel 4.1.2 näher eingegangen.

Für eine standardisierte Bewertung und Berichterstattung des Prozessfortschritts sind Quality Gates in den jeweiligen Prozessphasen installiert. Ergänzend kann die Güte der Arbeitsgestaltung eingestuft und dokumentiert werden (Bruder et al., 2008). Einige Automobilhersteller haben diesbezüglich sogenannte *Ergonomic Quality Gates* eingeführt, an denen nachzuweisen ist, dass die späteren Produktionsbedingungen kein potentiell Gesundheitsrisiko für die einzusetzenden Mitarbeiter darstellen (Bruder, 2013). Optimalerweise sollten hierbei nach jeder Phase im PEP ergonomische Bewertungen durchgeführt werden (Bubb, 2007).

### **Produktionsergonomische Strategien**

Je nach Zeitpunkt der Berücksichtigung arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse im PEP lassen sich verschiedene produktionsergonomische Strategien beschreiben: Korrektive, konzeptive und prospektive Ergonomie. Der prospektive Ansatz ist am weitreichendsten; er sieht die Einbindung persönlichkeitsfördernder Tätigkeiten bereits im Planungsstadium vor und berücksichtigt objektive Handlungs- und Gestaltungsspielräume für den Mitarbeiter. Exemplarisch ist hier die individuelle Anordnungsmöglichkeit von Werkzeugen und zu montierenden Teilen zur Optimierung des Montageprozesses anzuführen (Ulich, 2011). In Unternehmen spielt er jedoch bislang eine untergeordnete Rolle.

In der Regel agieren die Unternehmen korrektiv. Vorrangiges Ziel einer korrektiven Arbeitsgestaltung ist die Nachbesserung von im Arbeitssystem erkannten Mängeln (Ulich, 2011). Bestehende Arbeitssysteme werden dabei durch Maßnahmen der Verhältnisergonomie nachträglich an die Anforderungen menschlicher Arbeit ausgerichtet. In der Unternehmenspraxis nimmt die Adaption technischer und organisatorischer Gestaltungselemente eine wichtige Rolle ein, zum Beispiel im Rahmen von kontinuierlichen Verbesserungsprozessen, kurz KVP (Schlick et al., 2010). Beim KVP werden die Mitarbeiter durch Anreizsysteme, wie einer Beteiligung an den Einsparungen, motiviert, selbstständig Optimierungspotentiale zu erkennen und diese aktiv in der Belegschaft einzubringen (Koblank, 2001). Ein Beispiel hierfür ist der Kauf von ergonomisch optimierten Arbeitsstühlen, nachdem Rücken- und Nackenbeschwerden aufgetreten sind (Ulich, 2011). Ferner sind organisatorische

Anpassungen, wie die Einführung von Gruppenarbeit, denkbar (Schlick et al., 2010). Bei nachträglichen Eingriffen ist ein positiver Beitrag der Ergonomie aus wirtschaftlicher Sicht nicht immer gegeben: Wenn die strategische Ausrichtung der Produkte und der Prozesse getroffen worden ist, ist ein Großteil der Ressourcen bereits verteilt und die Vornahme von nachträglichen Änderungen wird erheblich schwieriger. Unter diesen Bedingungen sind nur noch kleinere Anpassungen möglich: Ergonomische Maßnahmen werden als zeitaufwendig und kostenintensiv angesehen oder sind schlichtweg nicht mehr realisierbar (Dul & Neumann, 2009; Falck et al., 2008; Neubert et al., 2012).

Besser ist es daher, bei der Neugestaltung von Arbeitssystemen den Arbeitsplatz direkt auf die menschlichen Erfordernisse hin auszurichten und nachträgliche Eingriffe im Regelfall zu vermeiden; man spricht dann von konzeptiver Arbeitsgestaltung. Hierbei werden in der Gestaltungsphase ergonomische Anforderungen neben technischen, wirtschaftlichen und organisatorischen Kriterien gleichrangig berücksichtigt (Landau, 2007). Abbildung 3 beschreibt die Kosten für ergonomische Maßnahmen im zeitlichen Verlauf des PEP: In der Produktentwicklungsphase ist der Spielraum bei der Arbeitssystemgestaltung am größten bei gleichzeitig niedrigen Kosten. Dies verbessert die Resultate hinsichtlich der Kriterien „performance“ und „well-being“ (Bruder, 2013).

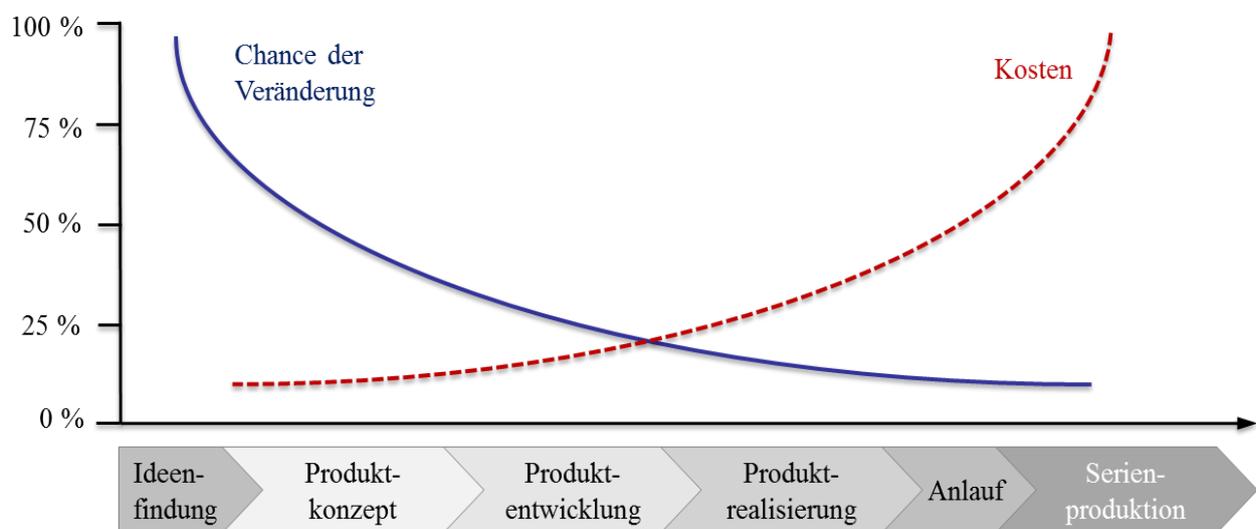


Abbildung 3: Ergonomie und Wirtschaftlichkeit im Produktentstehungsprozess (eigene Darstellung nach Schaub & Landau, 2004)

Bisher ist die präventive, ergonomisch korrekte Auslegung von Arbeitsplätzen nicht Standard in der Industrie (Nyhuis & Hattesohl, 2012). Die Berücksichtigung der Eigenschaften von Mitarbeitern beschränkt sich oftmals auf die Körpergröße und das Geschlecht (Kugler et al., 2010). Jedoch sprechen nicht zuletzt die wirtschaftlichen Aspekte für eine konzeptive Arbeitsgestaltung: Wird das Produkt-

---

design früh auf eine gute Montierbarkeit hin entwickelt, werden Folgekosten für Eingriffe am Arbeitsplatz vermieden. Fortführend ergibt sich durch den verbesserten Montageprozess eine deutliche Erhöhung der Produktqualität (Landau et al., 2003; Falck et al., 2008).

### 2.1.3 Gesetzliche Anforderungen

Die Gestaltungsziele der Produktion werden nicht alleinig am Arbeitsprozess selbst oder dessen wissenschaftlicher Analyse festgemacht; vielmehr existieren für Unternehmen vielschichtige Beweggründe, um sich mit der Thematik der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung auseinanderzusetzen (Schlick et al., 2010). Bereits in rechtlicher Hinsicht ist eine Berücksichtigung der Ergonomie unerlässlich, da den Unternehmen sonst Strafen drohen. Demnach haben Unternehmen die in den Gesetzen verankerten Standards zu garantieren und die Einrichtungen der Arbeitsstätten entsprechend auszuliegen (Spelten, 2007).

Die rechtliche Grundlage bildet die Europäische Rahmenrichtlinie Arbeitsschutz 89/391/EWG vom 12.06.1989, die in Verbindung mit verschiedenen Einzelrichtlinien erstmals gemeinsame Mindeststandards zum Arbeits- und Gesundheitsschutz in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union festgelegt hat (Birk, 1990). Die Richtlinien wurden schließlich durch das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) vom 07.08.1996 in nationales Recht umgesetzt (Schaub et al., 2013; Schaub & Landau, 2004). § 3 ArbSchG überträgt dem Arbeitgeber die Verantwortung für die Sicherheit und Gesundheit seiner Beschäftigten. Zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes sind erforderliche Maßnahmen zu ergreifen und nachzuverfolgen. Zur Durchführung von Maßnahmen sollen „gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse“ (§ 4 ArbSchG) einbezogen und nach § 5 ArbSchG die Arbeitsbedingungen beurteilt werden. Dies spricht für eine Einführung von ergonomischen Bewertungsverfahren.

Weiterführende Verordnungen geben detaillierte Gestaltungsvorgaben, wie zum Beispiel die Lastenhandhabungsverordnung vom 04.12.1996 in Bezug auf das manuelle Handhaben von Lasten. Nach § 2 LasthandhabV wird der Arbeitgeber angehalten, sowohl durch organisatorische Maßnahmen als auch durch entsprechende Arbeitsmittel die Gefahren für den Arbeitnehmer möglichst gering zu halten.

Im Jahr 2006 wurde ferner die EU-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG eingeführt, die ein einheitliches Schutzniveau bei der Inbetriebnahme von Maschinen innerhalb des europäischen Wirtschaftsraums gewährleistet (Fraser, 2010). Diese enthält grundlegende Sicherheitsanforderungen, die durch harmonisierte Standards in konkrete Bestimmungen gewandelt werden. Die Harmonisierung erfolgt durch das Europäische Komitee für Normung (CEN), das Europäische Standards (EN) festlegt.

Dadurch wird den Konstrukteuren und Herstellern Orientierung beim Bau von Maschinen und Anlagen gegeben (Schaub et al., 2013; Schaub & Landau, 2004). Eine Übersicht zu den beiden Europäischen Richtlinien gewährt Tabelle 1:

Tabelle 1: EU-Rahmenrichtlinien mit Bedeutung für die ergonomische Arbeitsgestaltung (eigene Darstellung nach Schaub et al., 2013)

	<b>EU-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG</b>	<b>EU-Rahmenrichtlinie 89/391/EWG</b>
<b>Adressat</b>	Konstrukteure und Produzenten	Arbeitgeber und Arbeitnehmer
<b>Definition</b>	Maximale ergonomische Anforderungen, die aufgrund der Handelsfreiheit innerhalb der EU nicht überschritten werden dürfen	Minimale ergonomische Anforderungen, die bei einer Risikoanalyse eingehalten werden müssen
<b>Normen</b>	EN 1005 - 1: Definition EN 1005 - 2: Heben EN 1005 - 3: Aktionskräfte EN 1005 - 4: Körperhaltungen EN 1005 - 5: Obere Extremitäten	ISO 11228 - 1: Heben und Tragen ISO 11228 - 2: Ziehen und Schieben ISO 11226: Körperhaltungen ISO 11228 - 3: Obere Extremitäten

Weiterführend von Bedeutung ist die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), die die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln regelt. Der Arbeitgeber hat die dabei entstehenden Gefährdungen zu beurteilen und erforderliche Maßnahmen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz einzuleiten; hierbei sind stets die ergonomischen Zusammenhänge zwischen den Arbeitsmitteln und weiteren Elementen des Arbeitssystems zu berücksichtigen.

Ein Recht, das den Arbeitnehmer im Zuge der Arbeitsgestaltung begünstigt, ist die betriebliche Mitbestimmung. Der Betriebsrat dient dabei als zentraler Ansprechpartner für die Mitarbeiter. Die Unterstützungs- und Überwachungsrechte, die er innehat, gründen auf dem Betriebsverfassungsgesetz (BetrVG) vom 15.01.1972. Nach § 90 BetrVG hat der Arbeitgeber bei einer geplanten Neu- oder Umgestaltung von Arbeitsplätzen den Betriebsrat zu informieren und sich mit ihm zu beraten. Zusätzlich kann dieser gemäß § 91 BetrVG Maßnahmen einfordern, falls bei der Arbeitsplatzgestaltung gegen arbeitswissenschaftlich gesicherte Erkenntnisse verstoßen wird.

#### 2.1.4 Wirkungen menschlicher Arbeit

Im Zuge der Arbeitsgestaltung soll die Arbeit in ihren Wirkungen auf die Arbeitsperson verbessert werden. Hierzu muss unterschieden werden zwischen den gewünschten bzw. unerwünschten Wirkungen und den Bedingungen, die diese Wirkungen hervorrufen und teilweise auch beeinflussen können (Kirchner, 1993). Aufbauend auf das Arbeitssystem bietet das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept nach Rohmert (1984) einen entsprechenden Ansatz, der die Zusammenhänge zwischen der

---

Arbeitssituation und der Wirkung auf die Arbeitsperson beschreibt. Das in der Arbeitswissenschaft etablierte Modell stellt die Belastungen als Einwirkungsgrößen bei der Arbeit und die Beanspruchungen als Auswirkungen beim Menschen dar (Ulich, 2011). Auf beide Größen wird nachfolgend eingegangen und ihre Bedeutung im Kontext der Arbeitsgestaltung hervorgehoben.

### **Belastungen im Arbeitssystem**

Die Arbeitsbelastung wird als die Gesamtheit der äußeren Merkmale im Arbeitssystem aufgefasst, die auf den physiologischen und psychologischen Zustand eines Menschen einwirken (DIN EN ISO 6385). Bei den Merkmalen wird allgemein von den Arbeitsbedingungen gesprochen. Sind die Arbeitsbedingungen darüber hinaus beeinflussbar, werden sie als Gestaltungsmerkmale bezeichnet (Kirchner, 1993).

Generell setzen sich Arbeitsbelastungen aus parallel oder sequentiell auftretenden Teilbelastungen zusammen, die nach ihrer Höhe und Dauer bemessen werden können (Schlick et al., 2010). Charakteristisch für die Teilbelastungen sind die unterschiedlichen Belastungstypen, die situations- oder aufgabenbezogen entstehen können. Situationsbezogene Belastungstypen ergeben sich aus der Arbeitsumgebung. Maßgeblich für die Belastung sind hierbei sowohl die soziale Umgebung, wie das Betriebsklima, als auch die physikalische und chemische Umgebung in Form von Hitze, Lärm oder Stäuben (DIN EN ISO 6385). Aufgabenbezogene Belastungstypen sind an der Tätigkeit orientiert und lassen sich in energetische und informatorische Belastungen unterteilen. Informatorische Belastungen wirken psychisch und werden beispielsweise durch die Schwierigkeit der Informationsverarbeitung beeinflusst (Schlick et al., 2010). Energetische Arbeitsanteile demgegenüber wirken als körperliche Belastung auf die Skelettmuskulatur (Luczak, 1993). Eine eindeutige Trennung zwischen körperlichen und mentalen Belastungen erweist sich in der Praxis häufig als problematisch (Schultetus, 1987). Treten physische und psychische Belastungen parallel auf, wird von sensumotorischen Tätigkeiten gesprochen; diese bedingen die Koordination von Motorik und Sensorik (Landau et al., 2001; Rohmert et al., 1971).

Bezogen auf die Arbeitsplätze in der Automobilindustrie existiert ein breites Spektrum verschiedener sowohl körperlich als auch geistig belastender Tätigkeiten für den Mitarbeiter. Allgemein ist in Bezug auf die Fahrzeugmontage festzustellen, dass an den Arbeitsplätzen sensumotorische Tätigkeiten in Verbindung mit einseitiger dynamischer Muskelarbeit überwiegen (Sinn-Behrendt et al., 2011). Bei einseitiger dynamischer Arbeit ermüden vor allem kleinere Muskelgruppen infolge hoher Bewegungsfrequenz; dies ist exemplarisch der Fall bei Einlegetätigkeiten oder der Feinmontage (Luczak, 1993; Rohmert, 1980). Bei den Körperhaltungen dominieren in der Regel stehende Tätigkeiten.

---

Durch die dabei eingenommenen statischen Zwangshaltungen kommt es zu ungünstigen Belastungen der Beine und der Lendenwirbelsäule (Kugler et al., 2015). Eine Analyse von 464 Montagearbeitsplätzen durch Rally (1996) bestätigte dies: 35,4 % der Arbeitsplätze sind durch einseitige dynamische Muskularbeit beschrieben, wovon über die Hälfte ungünstige Körperhaltungen aufwiesen. Oftmals ergibt sich auch aus der Handhabung von Lasten ein Belastungsengpass (Sinn-Behrendt et al., 2011). Gerade die Manipulation großer Werkstücke und komplexer Module führt zu Zwangshaltungen und erhöhten Belastungen des Finger-Hand-Arm-Systems (Prasch, 2010). Ebenso werden durch kurzzyklische, repetitive Montagevorgänge von Kleinteilen Belastungen des Hand-Finger-Arm-Systems hervorgerufen (Kugler et al., 2015). Der Mitarbeiter ist dabei hohen Arbeitsgeschwindigkeiten mit nur kurzen Erholungen und einer geringen Arbeitsautonomie ausgesetzt (Punnet et al., 2004).

Insgesamt ist der Anteil an energetischer Arbeit bei Montagearbeiten deutlich größer als der Anteil an informatorischer (Rohmert, 1983). Ein Vergleich von Studien in der Automobilindustrie zeigt einen Anteil von 2 % bis 10 % informatorischer und rein geistiger Tätigkeiten bei Montagearbeiten (Freiboth et al., 1997). Das Ergebnis bezieht neben den Montagearbeiten auch weitere Tätigkeiten wie Überwachungs- und Prüftätigkeiten oder Dispositions- und Instandhaltungsaufgaben ein. Zwischen diesen Aufgabenbereichen können sich die Tätigkeiten als auch die Belastungen allgemein erheblich unterscheiden (Landau et al., 2001).

Für eine weiterführende Beurteilung der Wirkungen menschlicher Arbeit auf die Arbeitsperson stellt die Beanspruchung einen wesentlichen Aspekt dar (Kirchner, 1986). Dieser Aspekt wird nun erläutert.

### **Beanspruchungen der Arbeitsperson**

Als Arbeitsbeanspruchung wird allgemein die innere Reaktion der Arbeitsperson auf die Arbeitsbelastung verstanden (DIN EN ISO 6385). In diesem Zusammenhang sind neben der Höhe und Dauer der Einwirkung insbesondere die Merkmale der Arbeitsperson von Bedeutung (Kirchner, 1986; Rohmert, 1984). Da die Merkmale von Mensch zu Mensch unterschiedlich ausgeprägt sind, führt eine identische Belastung bei jedem Menschen letztlich zu individuellen Auswirkungen. Demnach ist die Beanspruchung der Arbeitsperson im Gegensatz zur Belastung, die gemäß ihrer Höhe und Dauer erfasst werden kann, nicht allgemeingültig messbar.

Durch die Wirkungen auf die Arbeitsperson ergeben sich ferner Auswirkungen auf das Arbeitsergebnis, sprich die erbrachte Leistung im Arbeitssystem. Die Leistungen, die Arbeitspersonen erbringen

---

können, unterliegen grundsätzlich Schwankungen, wobei die Leistung sowohl interindividuell – zwischen verschiedenen Personen – als auch intraindividuell – bei einer Einzelperson – differiert (Luczak, 1993).

Allgemein betrachtet ist das erreichte Leistungsniveau abhängig vom Zusammenwirken sachlicher und menschlicher Leistungsvoraussetzungen (Schmidtke, 1993). Menschliche Leistungsvoraussetzungen lassen sich in zwei Dimensionen des menschlichen Leistungsvermögens differenzieren: Die Leistungsfähigkeit und die Leistungsbereitschaft. Die Leistungsfähigkeit beschreibt die individuellen Faktoren, aufgrund derer eine Arbeitsperson zur Erfüllung der Arbeitsaufgabe überhaupt in der Lage ist. Hierfür sind exemplarisch die Leistungskapazitäten von Organsystemen, wie die maximale Sauerstoffaufnahme oder die maximalen Muskelkräfte, ebenso aber kognitive Fähigkeiten zu nennen (Landau & Pressel, 2009). Die Leistungsbereitschaft wiederum ist eine notwendige Bedingung, um vorhandene Potentiale der Leistungsfähigkeit einzubringen (Luczak, 1993).

Die Merkmale einer Person, die diese zur Leistung befähigen, werden nach Luczak (1989) in vier Kategorien eingeteilt und als die individuellen Bestimmungsgrößen menschlicher Leistung bezeichnet:

1. Konstitutionsmerkmale wie das Geschlecht, die im Lebenszyklus unveränderbar sind.
2. Dispositionsmerkmale wie das Alter oder der Körperbau, die nur in geringem Maße direkt beeinflusst werden können, aber trotzdem veränderlich sind.
3. Qualifikationsmerkmale wie die Erfahrung als auch Fähigkeiten und Fertigkeiten, die durch entsprechende Prozesse kurz- bis langfristig veränderbar sind. Neben Aus- und Weiterbildung sind Training oder Übung hierbei von großer Relevanz.
4. Anpassungsmerkmale wie die Ermüdung oder Motivation, die durch Eingriffe kurzfristig veränderbar sind.

Gemäß des Belastungs-Beanspruchungs-Konzepts (Rohmert, 1984) erfolgt beispielsweise durch Arbeitsaufgaben, bei denen die Leistungserbringung im Alter abnimmt, bei gleicher Belastungshöhe und -dauer modellbedingt eine höhere Beanspruchung.

---

## 2.2 Fähigkeitsentwicklung im Altersverlauf

Welchen Veränderungen die Eigenschaften und Fähigkeiten einer Arbeitsperson im Altersverlauf unterliegen und welche Auswirkungen dies für deren Leistungsfähigkeit impliziert, wird nun detaillierter behandelt.

### 2.2.1 Physiologie des Alterns und Veränderungen von Fähigkeiten

Wird das Thema Alter im betrieblichen Kontext diskutiert, handelt es sich in der Regel um die älteren Beschäftigten. Der Begriff des älteren Arbeitnehmers lässt sich nicht eindeutig definieren, sondern nur anhand verschiedener Kriterien umschreiben (Landau et al., 2007). Dementsprechend differenziert ist die Auffassung in der Literatur, ab wann von älteren Mitarbeitern zu sprechen ist. Das Alter wird nicht in eine einheitliche Kategorie eingeordnet, sondern wird in verschiedenen, aufeinander bezogenen und häufig miteinander vermischten Konzepten beschrieben (Fiehler & Thimm, 2003).

Das geläufigste Konzept ist das kalendarische Alter, das eine zeitlich-lineare und chronologisch-numerische Vorstellung von Alter darstellt (Fiehler & Thimm, 2003). So zählt die Bundesagentur für Arbeit Arbeitnehmer, die das 50. Lebensjahr vollendet haben, zu den älteren Arbeitnehmern (Bundesagentur für Arbeit, 2011). Im Gegensatz hierzu beziehen sich die Regelungen zur Verdienstsicherung älterer Arbeitnehmer in den Tarifverträgen der Metall- und Elektroindustrie auf die 55-, 54- oder 53-Jährigen, sofern eine bestimmte Dauer der Betriebszugehörigkeit erfüllt ist (Adenauer, 2002). Insgesamt betrachtet lässt sich festhalten, dass die Angaben zwischen circa 45 und 55 Jahren liegen, wenn vom älteren Mitarbeiter gesprochen wird (Kugler et al., 2015). Das kalendarische Alter allein ist jedoch kein hinreichender Indikator für die in der Regel mit dem Alter verbundene Abnahme körperlicher und geistiger Leistungsfähigkeit.

Als weiteres Konzept ist das biologische Alter bzw. das physiologische Alter anzuführen, das aus Sicht der Biologie durch zelluläre Alterungsprozesse hervorgerufen wird. Mit zunehmendem Alter sind in Bezug auf die physiologische Leistungsfähigkeit größere Unterschiede innerhalb einer Altersgruppe als zwischen verschiedenen Altersgruppen festzustellen (Buck, 2002; Rading, 2010). Aufgrund der individuellen und vielfältigen Ausprägungsformen biologischer bzw. physiologischer Veränderungen beim Menschen ist auch dieses Konzept nicht hinreichend genau, um einer einheitlichen Definition des Alters gerecht zu werden.

Die Darstellung der Konzepte verdeutlicht, dass es sich beim Altern um einen sehr individuellen und komplexen Vorgang handelt, bei dem sowohl physiologische als auch psychische Aspekte zu berücksichtigen sind. Über die Verknüpfung messbarer physiologischer Größen mit dem kalendarischen

Alter können zumindest tendenzielle Aussagen getroffen werden, die bei der Identifikation alterssensibler Engpässe hilfreich sein können.

Allgemein beginnen Alterungsprozesse um das 30. Lebensjahr. Sie umfassen eine fortschreitende Abnahme der Leistungsfähigkeit verschiedener Organsysteme, der körperlichen Belastbarkeit und der Anpassungsfähigkeit an die Umwelt (Zglinicki, 2010). Zahlreiche Studien haben ergeben, dass mit zunehmendem Alter tendenziell eine Abnahme der Skelettmuskelmasse und damit der erreichbaren Maximalkräfte feststellbar ist. Ebenso sinken die mittlere und die maximale Pulsfrequenz sowie die Pumpleistung des Herzens über das Lebensalter ab und verringern die physiologische Leistungsfähigkeit des Menschen (Zglinicki, 2010). Zur Veranschaulichung der Entwicklung dient Abbildung 4, in der physiologische Parameter auf deren Maximalkapazitäten hin gemessen wurden.

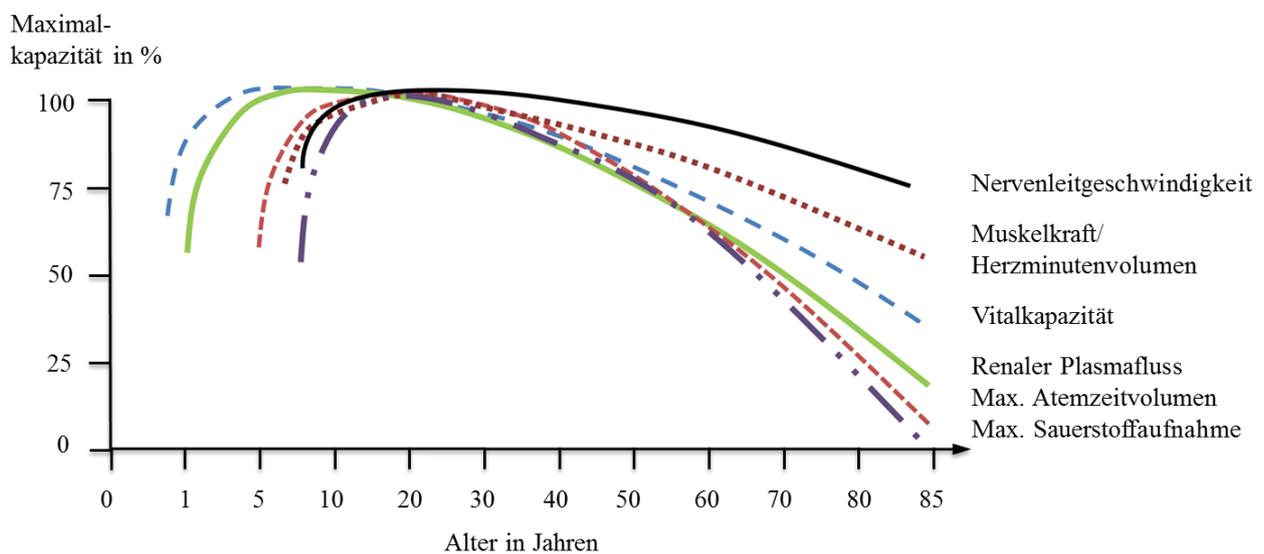


Abbildung 4: Altersgang physiologischer Parameter (eigene Darstellung nach Zglinicki, 2010)

Die Maximalkapazität ist vor allem in Extremsituationen relevant, spielt jedoch im Arbeitskontext, in dem bis zu 60 Prozent des Maximums abgerufen werden, eine untergeordnete Rolle. Somit wirken sich die Alterungsprozesse in der beruflichen Praxis oftmals geringer aus als erwartet (Kugler et al., 2015). Über die physiologischen Parameter hinaus ist der Großteil der altersbedingten Veränderungen nicht messbar, sondern lediglich qualitativ darstellbar. Tabelle 2 zeigt die altersbedingten Veränderungen anhand einer qualitativen Übersicht: Neben den Merkmalen, die im Altersgang tendenziell abnehmen, bleiben andere konstant oder nehmen mit dem Alter zu. Gerade die mentalen Fähigkeiten entwickeln sich oftmals positiv aufgrund der vielfältigen Lern- und Erfahrungseffekte mit zunehmendem Alter.

Tabelle 2: Qualitative Fähigkeitsveränderungen im Alter (eigene Darstellung nach Morschhäuser & Sochert, 2006)

Fähigkeiten, die mit dem Alter abnehmen	Fähigkeiten, die sich entwickeln, aber kaum zurückbilden	Fähigkeiten, die mit dem Alter zunehmen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muskelkraft, Beweglichkeit</li> <li>• Sehkraft, Hörvermögen, Tastsinn</li> <li>• Stärke und Geschwindigkeit</li> <li>• Geschwindigkeit, Informationen für komplexe Aufgaben zu verarbeiten, Kurzzeitgedächtnis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit, Informationen zu verarbeiten, generelles Wissen</li> <li>• Intelligenz und systematisches Denken, Konzentrationsfähigkeit</li> <li>• Langzeitgedächtnis</li> <li>• Kooperative und kommunikative Fähigkeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfahrung, Qualitätsbewusstsein</li> <li>• Unternehmensspezifisches Wissen</li> <li>• Kritisches Denken und Urteilsvermögen</li> <li>• Unabhängigkeit, Verantwortungsbewusstsein und soziale Kompetenz</li> </ul>

Bei den altersbedingten Veränderungen ist stets die Bedeutung für die Ausübung der berufsbezogenen Tätigkeit zu betrachten. Mehrere Fähigkeiten, wie das Erfahrungswissen oder das Qualitätsbewusstsein, die in der beruflichen Praxis von hoher Relevanz sind, nehmen im Alter zu. Durch die im Laufe der Erwerbstätigkeit angeeigneten Fähigkeiten, wie z.B. die gewonnene Erfahrung, können potentielle Schwächen wie die nachlassende Maximalkraft ausgeglichen werden. Inwieweit sich die genannten Fähigkeiten im Alter verändern, wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst und ist von Person zu Person verschieden. Folglich impliziert eine relative Fähigkeitsabnahme bei einer Altersgruppe nicht, dass diese Tendenz auf alle zugehörigen Mitarbeiter der Gruppe übertragbar ist (Kugler et al., 2015).

Eine pauschale und ausschließlich defizitäre Sicht auf die Fähigkeiten älterer Mitarbeiter erweist sich somit als problematisch. Dies steht im Widerspruch zur sogenannten *Defizit-Hypothese*, von der früher in der Literatur ausgegangen wurde. Demnach ging das Altern mit einer linearen Abnahme physischer und kognitiver Funktionen einher. Es wurde impliziert, dass alle Menschen in gleicher Weise altern. Diese einseitig negative Betrachtungsweise wurde in den 1970er Jahren durch verschiedene Studien widerlegt und die Literatur distanziert sich inzwischen von der Annahme einer generellen Verschlechterung der Fähigkeiten mit steigendem Alter (Landau et al., 2007). Stattdessen wird heutzutage von einem differenzierteren Modell des Alterns und des Alters ausgegangen, dem sogenannten *Kompensations-Modell*. Demzufolge unterliegen sämtliche körperlichen und geistigen Fähigkeiten nicht zwingend einer gleichförmigen, altersbedingten Abnahme. Fähigkeiten können im Alter erhalten bleiben und positiv beeinflusst werden (Adenauer, 2002). Ferner ist die Streuung der individuellen Fähigkeiten bei älteren Mitarbeitern stärker ausgeprägt als deren durchschnittliche Abnahme (Frieling et al., 2006; Ilmarinen & Tempel, 2001). Dies ist in Abbildung 5 ersichtlich, in der verschiedene Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit angeführt werden.

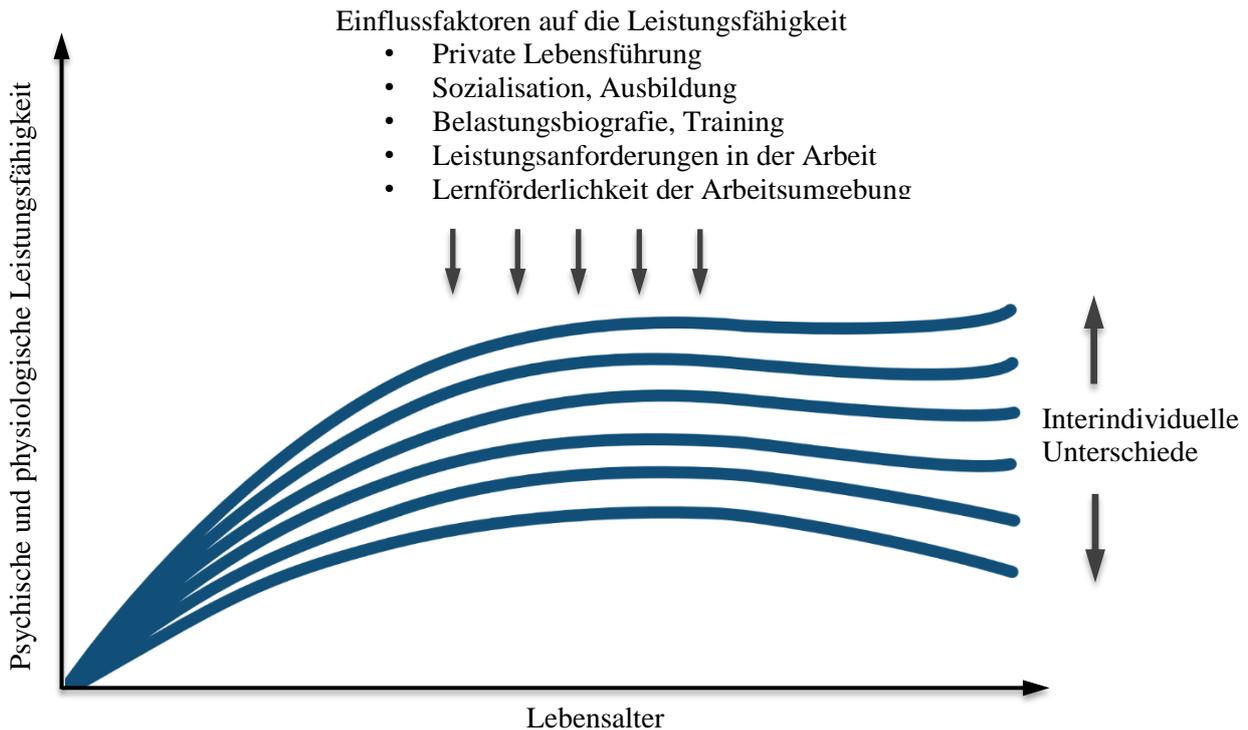


Abbildung 5: Interindividuelle Unterschiede bei der Fähigkeitsentwicklung (eigene Darstellung nach Buck, 2002)

Neben der Arbeit ist demnach auch das Privatleben von hoher Bedeutung. Bei den täglichen Arbeits- und Alltagsanforderungen wird die Entwicklung von körperlichen Fähigkeiten positiv durch Trainingseffekte beeinflusst. Überschreiten die Belastungen, die ein Mensch im Laufe seines bisherigen Lebens erfahren hat, jedoch – bezogen auf seine jeweilige Konstitution – ein gesundes, erträgliches Maß, kann es zu Verschleißerscheinungen kommen (Buck, 2002).

### 2.2.2 Tätigkeitsrelevante Fähigkeiten im Altersverlauf

Der älter werdende Mitarbeiter mit seinen Fähigkeiten wurde in Bezug auf verschiedene Industrietätigkeiten in der Forschung mehrmalig thematisiert. In Tabelle 3 werden ausgewählte Studien zusammengefasst, die sich mit der altersdifferenzierten Entwicklung von industrierelevanten Fähigkeiten auseinandersetzen. Neben dem Studiendesign und den Untersuchungsparametern werden relevante Resultate hervorgehoben. Die Studien sollen mögliche Erkenntnisse liefern, ob die Hypothesen zur Fähigkeitsentwicklung in die betriebliche Praxis übertragbar sind.

Tabelle 3: Studien zur Untersuchung tätigkeitsrelevanter Fähigkeiten

Autor	Studiendesign und Erkenntnisse
Kawamaki et al. (2000)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Japanische Studie, Unterteilung in Jüngere (Ø 20,5 J.) und Ältere (Ø 50,5 J.)</li> <li>• Parameter: Ausführungszeit von Montagevorgängen</li> <li>➤ 3,4 Mal höhere Standardabweichung von Älteren gegenüber Jüngeren aufgrund niedrigerer Bewegungsgeschwindigkeit im Alter</li> <li>➤ Verlangsamung des Finger-Hand-Arm-Systems bei schwierigeren Greif- und Fügeoperationen</li> <li>➤ Möglichkeit zur teilweisen Kompensation durch Berufserfahrung</li> </ul>
Savinainen (2004)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwei betriebliche Stichproben über zehn bzw. 16 Jahre</li> <li>• Parameter: Altersbezogene Entwicklung der körperlichen Leistungsfähigkeit</li> <li>➤ Defizitmodell des Alterns</li> <li>➤ Möglichkeit der Kompensation durch Erfahrungswissen</li> </ul>
Gall & Parkhouse (2004)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Studie mit Starkstromtechnikern (n = 40), Unterteilung in Jüngere (≤ 39 Jahre) und Ältere (&gt; 50 Jahre)</li> <li>• Parameter: Altersbezogene Entwicklung der körperlichen Leistungsfähigkeit</li> <li>➤ Jüngere bei drei von neun arbeitsspezifischen Versuchen signifikant besser</li> <li>➤ Fähigkeiten der Älteren allgemein ausreichend für Tätigkeitsanforderungen</li> <li>➤ Positive Trainingseffekte im Altersgang durch schwere körperliche Arbeit</li> </ul>
Aittomäki et al. (2005)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Studie der Stadt Helsinki</li> <li>• Parameter: Körperliche Belastung bei Gruppen verschiedenen Alters</li> <li>➤ Trend zu weniger belastender Arbeit bei älteren Mitarbeitern</li> <li>➤ Geringere Leistungsfähigkeit bei älteren Mitarbeitern bei der Ausübung hoch belastender Tätigkeiten</li> </ul>
Hamberg-van Reenen et al. (2009)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Studie mit circa 1500 Mitarbeitern</li> <li>• Parameter: Muskuläre Leistungsfähigkeit</li> <li>➤ Beste statische Ausdauer der Nacken- und Schultermuskulatur bei ältesten Mitarbeitern bzw. der Rückenmuskulatur bei 30- bis 40-Jährigen</li> <li>➤ Beste muskuläre Leistungsfähigkeit bei drei Stunden Sport pro Woche</li> </ul>
Kenny et al. (2008)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Literaturstudie</li> <li>• Parameter: Altersbedingte Veränderungen physiologischer Grundfunktionen (max. Muskelkraft, max. Sauerstoffaufnahme, etc.) und des Muskel-Skelett-Systems (z.B. Flexibilität, Stabilität der Wirbelsäule)</li> <li>➤ altersbezogene Abnahmen in der funktionellen Leistungsfähigkeit</li> <li>➤ Möglichkeit der Kompensation durch regelmäßiges körperliches Training</li> </ul>
Xu et al. (2014)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laborstudie (n = 20), Unterteilung in Jüngere (18 - 28 J.) und Ältere (55 - 65 J.)</li> <li>• Parameter: Bewegungszeit bei simulierten Montagevorgängen</li> <li>➤ Beide Altersgruppen mit Einhaltung der Vorgabezeiten</li> <li>➤ Keine Aussage über mögliche Reserven der jeweiligen Altersgruppe für eine schnellere Bearbeitung der Aufgabe</li> </ul>

Insgesamt betrachtet ergeben sich aus den veröffentlichten Studien kaum detaillierte, qualitative Aussagen über die Altersabhängigkeit der Leistungsfähigkeit eines Mitarbeiters im industriellen Umfeld. Konsequenzen für die betriebliche Praxis lassen sich diesbezüglich nicht ableiten.

Eine Ausnahme bildet die Studie von Rademacher et al. (2013), die im Rahmen des DFG-Projekts „Assistenzsystem zur altersdifferenzierten Arbeitsgestaltung und zum Mitarbeiterinsatz“ durchgeführt wurde. Hier wurden wertvolle Erkenntnisse hinsichtlich alterssensibler Tätigkeitsmerkmale von Werkern in der Fahrzeugfertigung gewonnen. In einer Querschnittsstudie bei einem deutschen Automobilhersteller aus dem Nutzfahrzeugbereich wurden 106 männliche, arbeitsfähige Produktionsmitarbeiter im Alter von 20 bis 63 Jahren untersucht. Die Datenerhebung erfolgte mittels arbeitsspezifischer Tests, einer arbeitsmedizinisch-orthopädischen Untersuchung mit einer standardisierten Eigen- und Familienanamnese, eines standardisierten Fragebogens zu arbeitsbedingten körperlichen Beschwerden und einer Selbsteinschätzung der Arbeitsfähigkeit anhand der Kurzversion des Work Ability Index-Fragebogens.

Die statistische Datenauswertung zeigt, dass die Fähigkeit, den Oberkörper stark zu beugen, signifikante Differenzen zwischen jüngeren (20 bis 35 Jahre) und älteren Mitarbeitern (45 bis 63 Jahre) aufweist. Bei zwei weiteren Merkmalen in der Kategorie der statischen Körperhaltungen existieren Unterschiede auf einem schwachen Signifikanzniveau von 10 %. Eine Übersicht gibt Tabelle 4:

Tabelle 4: Paarvergleich physischer Fähigkeiten von arbeitsfähigen Produktionsmitarbeitern (eigene Darstellung nach Rademacher et al., 2011)

<b>Eingestufte physische Fähigkeit</b>	<b>Signifikanzniveau</b>
Oberkörper leicht gebeugt (20 - 60°)	$\alpha = 0,1$ ° (schwach signifikant)
Oberkörper stark gebeugt (> 60°)	$\alpha = 0,05$ * (signifikant)
statische Armhaltung im Schulter- / Überkopfbereich (dominante Extremität)	$\alpha = 0,1$ ° (schwach signifikant)
Umsetzen (Heben/Senken) einer Last von 5 kg zwischen Boden- und Taillenhöhe	$\alpha = 0,01$ ** (hochsignifikant)
Umsetzen (Heben/Senken) einer Last von 5 kg zwischen Taillen- und Kopfhöhe	$\alpha = 0,01$ ** (hochsignifikant)

Zwischen jüngeren und älteren Mitarbeitern ergeben sich ferner bei den Fähigkeiten zur manuellen Lastenhandhabung hochsignifikante Unterschiede. Vergleichbare Resultate liegen ebenfalls für die in Tabelle 4 nicht dargestellten Lastgewichte von 10, 15, 20 und  $\geq 25$  kg vor. Bei den signifikanten Merkmalen weisen ältere Mitarbeiter größere Fähigkeitseinschränkungen als jüngere auf. Es handelt sich dabei um praxisrelevante Altersabhängigkeiten, die bestimmten Tätigkeitsumfängen in der Fertigung klar zugeordnet und so für eine altersdifferenzierte Arbeitsplatzgestaltung verwendet werden

---

können. Eine weitere wichtige Erkenntnis ist demgegenüber, dass insgesamt betrachtet bei dem Großteil der 20 untersuchten Fähigkeitsmerkmale keine signifikanten Altersabhängigkeiten festgestellt wurden.

Zusammenfassend kann anhand der skizzierten Literaturdiskussion verschiedener Untersuchungen festgestellt werden, dass die Leistungsfähigkeit im Altersgang tendenziell abnimmt; allerdings existieren vielfältige Möglichkeiten zur Kompensation, beispielsweise durch Training oder Erfahrungswissen. Industrierelevante Tätigkeitsmerkmale sind von den im Alter auftretenden Defiziten nur teilweise betroffen. Oftmals ergeben sich somit eher geringere Auswirkungen auf betriebliche Tätigkeitsumfänge als allgemein angenommen (Bruder, 2013).

### 2.2.3 Bedeutung für die Arbeitsgestaltung

Die erläuterten Veränderungen von Eigenschaften und Fähigkeiten von Mitarbeitern im Altersverlauf erschweren den fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz. Durch den demografischen Wandel wird diese Problematik zunehmen. Eine isolierte Belastungsreduzierung an den Arbeitsplätzen erscheint nicht mehr ausreichend, um alle Mitarbeiter entsprechend ihrer individuellen Merkmale wertschöpfend einsetzen zu können. Arbeitssysteme sind daher alters- und altersndifferenziert zu gestalten (Frieling, 2006). Für ein klares Verständnis wird der Begriff einer alters- und fähigkeitsgerechten Arbeitsgestaltung erläutert und von dem einer rein altersgerechten Arbeitsgestaltung abgegrenzt.

Der fähigkeitsgerechte Mitarbeiterereinsatz setzt sich aus zwei Komponenten zusammen: Einer individuellen, wie dem Einsatz von Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen, und einer statischen, wie dem Einsatz älterer Mitarbeiter (Ghezel-Ahmadi et al., 2007). Wird dabei Bezug auf das Alter genommen, wird von einem altersgerechten Mitarbeiterereinsatz gesprochen. Altersgerechte Arbeitsgestaltung fokussiert spezielle Maßnahmen für eine Altersgruppe (Buck, 2002). Fähigkeitsgerechte Arbeitsgestaltung erfolgt altersunabhängig. Sind in Folge arbeitsbezogener Belastungen individuelle gesundheitliche Schädigungen bereits eingetreten, gilt es nach erfolgter Rehabilitation durch Belastungsanpassung am Arbeitsplatz oder Versetzung einen fähigkeitsgerechten Einsatz des Mitarbeiters sicherzustellen (Ghezel-Ahmadi et al., 2007). Der Begriff der altersgerechten Arbeitsgestaltung geht einen Schritt weiter.

Altersgerechte Arbeitsgestaltung impliziert, Arbeitssysteme so zu gestalten, dass Mitarbeiter über ihre gesamte Lebensarbeitszeit ihre Leistungsfähigkeit erhalten und die an sie gestellte Leistung erbringen können. Hierfür ist eine vorausschauende Planung notwendig, die Altersverläufe tätigkeitsrelevanter Mitarbeiterfähigkeiten und -kompetenzen sowie daraus resultierende Anforderungen bei

---

der Arbeitssystemgestaltung berücksichtigen (Egbers et al., 2010). Die Anforderungen im Arbeitssystem sollten bei Bedarf adaptiv sein. Die Fähigkeiten und Fertigkeiten des individuellen Mitarbeiters sollten durch die Betriebliche Gesundheitsförderung sowie durch Qualifikations- und Weiterbildungsmaßnahmen gefördert werden (Kugler et al., 2015). Als zentrales Moment für die menschliche Gesundheit und Leistungsfähigkeit ist hierbei der Erhalt und Ausbau der Lernfähigkeit zu verstehen (Buck, 2002; Buck et al., 2002). Zusammenfassend lässt sich das Ziel altersgerechter Arbeitsgestaltung als „Erhalt und Förderung von Gesundheit, Motivation und Qualifikation im Erwerbsverlauf“ festhalten (Buck et al., 2002). Zur altersgerechten Arbeitsgestaltung empfehlen Kugler et al. (2015) ein stufenweises Vorgehen: Neben einer allgemein guten Arbeitsgestaltung sind in einem zweiten Schritt altersbedingte Veränderungen, wie zum Beispiel eine Altersfehlentscheidung, zu bedenken, die bei konventionellen Gestaltungshinweisen oftmals vernachlässigt werden. Darüber hinaus sind unabhängig vom Alter potentielle Einsatzeinschränkungen zu berücksichtigen (Kugler et al., 2015).

In Unternehmen existieren verschiedene Managementansätze, die die Ziele der vorgestellten Perspektiven zur Arbeitsgestaltung teilen. Auf diese wird nun näher eingegangen.

## **2.3 Ansätze zum fähigkeits- und altersgerechten Mitarbeiterereinsatz**

Nachfolgend werden die verschiedenen Ansätze des betrieblichen Eingliederungsmanagements, des Human-centered Managements und des Alternsmanagements vorgestellt. Die Ausführungen thematisieren den fähigkeitsgerechten sowie weiterführend den altersgerechten Einsatz aller Mitarbeiter in der Produktion. Die Ansätze greifen eng ineinander und besitzen insgesamt große Schnittmengen. Für die Fragestellung – wie Mitarbeiterfähigkeiten und Arbeitsplatzanforderungen systematisch abgeglichen und angepasst werden können – repräsentieren sie den relevanten Stand von Forschung und Technik. Letztlich sind sie somit richtungsweisende Aufsetzpunkte für die Vorgehensweise, die in Kapitel 4 dieser Arbeit konzipiert wird.

### **2.3.1 Betriebliches Eingliederungsmanagement**

Das Betriebliche Eingliederungsmanagement (BEM) ist ein Teilbereich des Gesundheitsmanagements (BGM). Das BGM beabsichtigt die systematische und nachhaltige Gestaltung gesundheitsförderlicher Strukturen und Prozesse sowie die Förderung persönlicher Gesundheitspotentiale der Mitarbeiter (Badura et al., 2010).

---

Ein weiterer Teilbereich des BGM ist die Betriebliche Gesundheitsförderung (BGF): Sie bietet präventive Maßnahmen zur Förderung der Gesundheit der Mitarbeiter unter dem Blickwinkel von Verhaltens- und Verhältnisprävention (Badura et al., 2010; Huber, 2002). Die Verhältnisprävention zielt auf eine verbesserte Arbeitssituation ab; die Verhaltensprävention beabsichtigt eine Veränderung bei der Person (Klotter, 1999). Verhältnispräventive Maßnahmen sind grundsätzlich vorrangig und gesundheitsförderliche Arbeitsbedingungen sollten von den Unternehmen allein schon wegen gesetzlicher Vorgaben angestrebt werden (Semmer & Zapf, 2004). In der Praxis stellen jedoch oftmals verhaltensbezogene Maßnahmen, wie zum Beispiel ein Ernährungskurs, die kostengünstigere Alternative zu einem Ausbau der Kantine dar und werden deshalb bevorzugt (Klotter, 1999). Auf weitere Maßnahmen der BGF wird in Kapitel 4.1.1 näher eingegangen.

Das BEM demgegenüber agiert korrektiv; es dient der Bewältigung von längerer Arbeitsunfähigkeit, der Vorbeugung erneuter Arbeitsunfähigkeit und der Integration von chronisch kranken Mitarbeitern in den Arbeitsprozess. Nach § 84 Abs. 2 SGB IX hat der Arbeitgeber allen Beschäftigten, die innerhalb eines Jahres länger als sechs Wochen ununterbrochen oder wiederholt arbeitsunfähig sind, ein BEM anzubieten. Der Arbeitgeber hat zu klären, "wie die Arbeitsunfähigkeit möglichst überwunden werden und mit welchen Leistungen oder Hilfen erneuter Arbeitsunfähigkeit vorgebeugt und der Arbeitsplatz erhalten werden kann." Wie diese Klärung zu gestalten ist, lässt der Gesetzgeber bewusst offen (Bundesministerium für Arbeit und Soziales, 2013). Üblicherweise findet in der Praxis eine individuelle Berücksichtigung von Mitarbeiterfähigkeiten bei der Zuordnung eines Arbeitsplatzes statt (Bruder, 2013).

Für die Reintegration von Produktionsmitarbeitern, die neben längerer Arbeitsunfähigkeit dauerhafte Einsatzeinschränkungen vorweisen, werden in vielen Unternehmen sogenannte Profilvergleichsverfahren angewendet. Die Zielgruppe sind demnach Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen, sprich Personen aus der Produktion und aus produktionsnahen Bereichen mit schwerwiegenden gesundheitlichen Beeinträchtigungen, die voraussichtlich länger als 6 Monate anhalten (Tilling, 2013). Oftmals synonym kommen in anderen Unternehmen ähnliche Begriffe zur Anwendung, wie der des leistungsgewandelten Mitarbeiters: Der Begriff „leistungsgewandelt“ nimmt Bezug auf eine Mitarbeitergruppe, die wegen gesundheitlicher Beeinträchtigungen ihre bisherigen Tätigkeiten nicht mehr oder nicht mehr im erforderlichen Umfang auszuführen in der Lage ist, ohne den Nachweis der Anerkennung als Schwerbehinderte inne zu haben (Wieland, 1995). Unter „leistungsgemindert“ werden Werker verstanden, die – selbst wenn der Arbeitsplatz angepasst wurde und eine Einarbeitung stattgefunden hat – nicht mehr die geforderte Normalleistung erreichen können (North & Rohmert, 1980; Luczak, 1993). Des Weiteren werden Einsatzeinschränkungen oftmals in Bezug zum Alter von Mitarbeitern thematisiert, was am Beispiel der ISO/TR 22411 „Guidelines for standards developers to

---

adress the needs of older persons and persons with disabilities“ deutlich wird. Die körperlichen Einschränkungen sind jedoch häufig Folgeerscheinungen von Krankheiten, die unabhängig vom Alter, zum Beispiel in Folge eines Unfalls, auftreten (Kugler et al., 2015).

Ein methodischer Lösungsansatz, um Mitarbeiter fähigkeitsgerecht einzusetzen, ist der Abgleich von Mitarbeiterfähigkeiten und Arbeitsanforderungen (Bruder et al., 2008; Rademacher et al., 2010). Der Ansatz des Profilvergleichs stellt inzwischen bei mehreren Unternehmen der Automobilindustrie eine Herangehensweise zur Wiedereingliederung einsatzeingeschränkter Mitarbeiter dar (Adenauer, 2004). Derartige Profilvergleichssysteme ersetzen die unstrukturierte, einzelfallbezogene Beurteilung der Eignung eines Arbeitsplatzes für einen bestimmten Mitarbeiter durch definierte Kriterien und Abfragen, mit denen körperliche Fähigkeiten anonymisiert mit den Arbeitsplatzanforderungen abgeglichen werden können (Prasch, 2010; Sinn-Behrendt et al., 2004).

Der Profilvergleich bedingt die Erstellung von Fähigkeitsprofilen und Anforderungsprofilen. Die individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten einer Arbeitsperson werden im Rahmen einer arbeitsmedizinischen Untersuchung erfasst und anhand vordefinierter Merkmale in einem standardisierten Fähigkeitsprofil dokumentiert; das Fähigkeitsprofil zeigt die Tätigkeitsinhalte und -anteile auf, die der Mitarbeiter ohne erhöhte Risiken für seine Gesundheit ausführen kann (Rademacher et al., 2010). Demgegenüber sind in der Produktion die Anforderungen eines Arbeitsplatzes zu profilieren: Ähnlich der Belastungsbewertung sind Arbeitsbelastungen auf Prozessbasis zu erfassen. Durch eine Einordnung entsprechend der vordefinierten Merkmale und die Verwendung einer ordinalen Skalierung für den zeitlichen Anteil erfolgt die notwendige Arbeitsplatzbeschreibung (Dombrowski et al., 2008). Im Anschluss ist der Vergleich von Mitarbeiterfähigkeiten und Arbeitsanforderungen, wie in Abbildung 6 dargestellt, möglich. Durch die Gegenüberstellung der erfassten Merkmale werden arbeitseinsatzrelevante Diskrepanzen festgestellt und eine Entscheidungshilfe gegeben, ob der Arbeitsplatz für den Mitarbeiter geeignet ist.

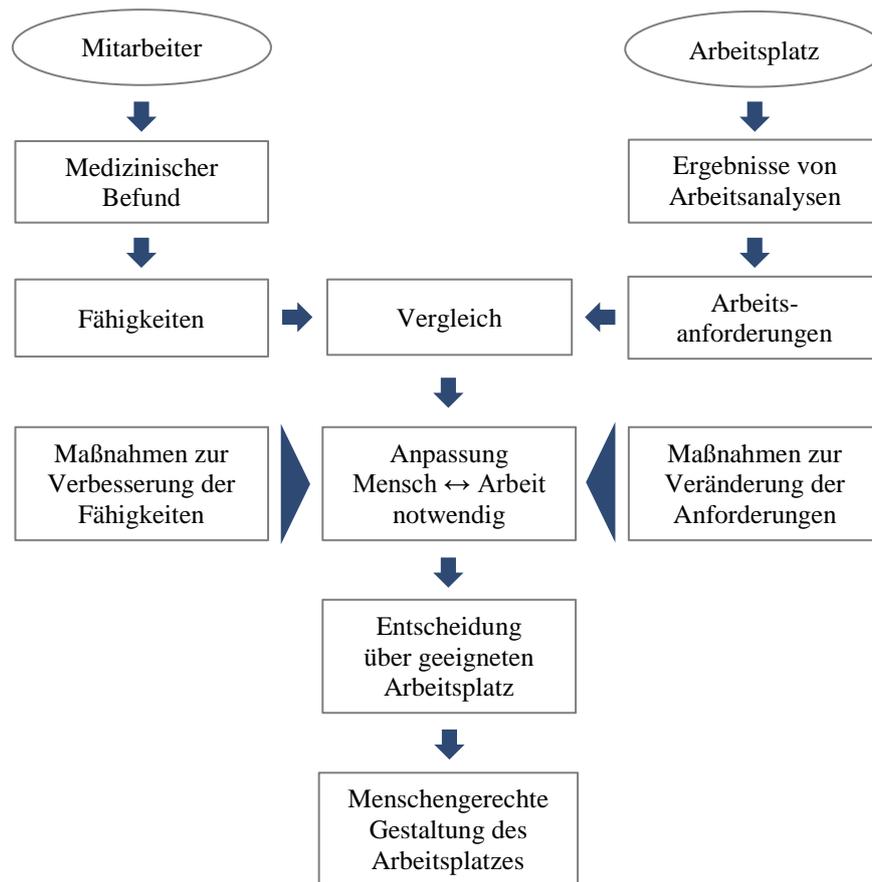


Abbildung 6: Prozess zum fähigkeitsgerechten Mitarbeitereinsatz (eigene Darstellung nach Laurig et al., 1984)

Können Mitarbeiter infolge zu großer Unterschiede zwischen vorliegenden Anforderungen und vorhandenen Fähigkeiten keinem Arbeitsplatz zugeordnet werden, sehen Laurig et al. (1984) vor, Mensch und Arbeit aufeinander anzupassen. Das Anpassungsproblem ist sowohl durch Maßnahmen zur Verbesserung der Fähigkeiten als auch solchen zur Veränderung der Anforderungen zu lösen, um eine menschengerechte Gestaltung des Arbeitsplatzes zu realisieren.

Der Abgleich von Arbeitsplatz- und Mitarbeiterprofilen ist aufgrund der Menge an zu profilierenden Daten sehr komplex. Bei der Umsetzung sind einheitliche und durchgängige Systeme wünschenswert, die sowohl in der Planung als auch in der Serie anwendbar sind (Schaub et al., 2006). Ferner sind rechnergestützte Verfahren nützlich und bei Unternehmen einer gewissen Größe unabdingbar (Bruder, 2013). Für die Unternehmenspraxis wurden verschiedene Verfahren entwickelt, die je nach Einsatzgebiet entsprechende Profilvergleichsmerkmale beinhalten:

- Das ABA-Verfahren, kurz für Anforderungs- und Belastbarkeitsanalyse, stellt das erste für die Fahrzeugfertigung entwickelte und wissenschaftlich fundierte Profilvergleichsverfahren dar. Anhand von 19 ABA-Kriterien werden die Leistungsfähigkeit eines Mitarbeiters, u.a. in

---

Bezug zur Belastungshöhe und -dauer an den Körpersegmenten sowie in Bezug zur Informationsverarbeitung, untersucht. Ein Abgleich mit den Arbeitsplätzen in der Produktion ist mit denselben Merkmalen vorgesehen (Friedrich, 1986; Prasch, 2010).

- Beim Ergonomie-Frühwarnsystem, kurz Ergo-FWS, wird die Anforderungsanalyse anhand der AAWS-Methodik (Automotive Assembly Worksheet) durchgeführt. Die Leistungsfähigkeit eines Mitarbeiters wird in Relation zur vollen Leistungsfähigkeit von 100 % gesetzt und mit einem entsprechenden Prozentwert eingestuft (Sinn-Behrendt et al., 2004).
- Das aus der beruflichen Rehabilitation und Integration stammende IMBA-Verfahren (Integration von Menschen mit Behinderungen in die Arbeitswelt) wird inzwischen branchen- und behinderungsunabhängig in Unternehmen eingesetzt, zum Beispiel im Projekt FILM (Förderung der Integration leistungsgewandelter Mitarbeiter) in der Automobilindustrie: Bewertet werden die Arbeitsplatzanforderungen und Mitarbeiterfähigkeiten in neun Analysekomplexen mit insgesamt 70 Merkmalen (Adenauer, 2004; Knülle, 2005).
- Das Job Match-Verfahren aus dem in der Arbeit untersuchten Unternehmen wird in Kapitel 3.1.1 ausführlich dargestellt.

Die genannten Verfahren schaffen Transparenz unter allen Beteiligten und stoßen auf positive Resonanz und Akzeptanz in Unternehmen, da sie sich von der Defizit-Betrachtung des Mitarbeiters befreien und vielmehr die vorhandenen Fähigkeiten betonen (Adenauer, 2004). Durch den Einsatz der erwähnten Profilvergleichsverfahren lässt sich das Zuordnungsproblem von Mensch zu Arbeit in vielen Fällen lösen; jedoch ist die Profilierung der Mitarbeiterfähigkeiten bisher fast ausschließlich auf die Gruppe der Leistungsgewandelten reduziert (Spanner-Ulmer et al., 2009). Durch die im BEM initiierten Versetzungen werden die als vollständig leistungsfähig geltenden Kollegen eher an Arbeitsplätzen mit höheren Belastungen eingesetzt, wodurch deren Leistungsfähigkeit mittel- bis langfristig abzunehmen droht und Einsatzeinschränkungen die Folge sein können (Bierwirth, 2012). Aufgrund der allgemein zu erwartenden Zunahme an Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen könnte der bisherige Einzelfall zu einem Regelfall werden (Bruder, 2013). Zukunftsbetrachtungen sind jedoch nicht Teil der isolierten und statischen Analyse in den Unternehmen, die lediglich bei vorliegenden Engpässen in der Gegenwart greift. Für die Problematik der Anpassung von Mensch und Arbeit zum Beispiel durch Gestaltungsmaßnahmen wird im Rahmen der Verfahren kein ergänzender Lösungsansatz dargeboten. Korrektive Einzelmaßnahmen werden zwar vereinzelt eingesteuert; jedoch wird dem Ziel – eine menschengerechte Gestaltung des Arbeitsplatzes – dadurch oftmals unzureichend Rechnung getragen.

### 2.3.2 Human-centered Management

Das isolierte Ableiten von Einzelmaßnahmen stellt lediglich einen ersten Schritt auf dem Weg zu einem gesundheitsförderlichen Unternehmen dar (Bruder, 2012). Um die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit von Mitarbeitern zu fördern oder wenigstens zu erhalten, müssen menschenbezogene Aspekte bei der Planung und Gestaltung von Arbeitssystemen bereits in der frühen Phase des PEP systematisch einbezogen werden (Bruder, 2013). Entlang des PEP treffen die Arbeitsplatzgestalter Entscheidungen, die in direktem Bezug zur Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Produktionsmitarbeiter stehen. Das notwendige Wissen für eine menschenbezogene Arbeitssystemgestaltung ist von den Verantwortlichen zu verinnerlichen und bei sämtlichen Planungs- und Gestaltungsprozessen zu berücksichtigen.

Bierwirth (2012) entwickelte hierzu den ganzheitlichen Ansatz eines „Total Ergonomics Management“ (TEM), der auf dem „modularen Konzept für die Primärprävention in Produktionsplanungsprozessen“ von Bruder et al. (2008) beruht. Die vier Module des TEM für eine systematische Verhältnisprävention bauen aufeinander auf und sind in Abbildung 7 ersichtlich:

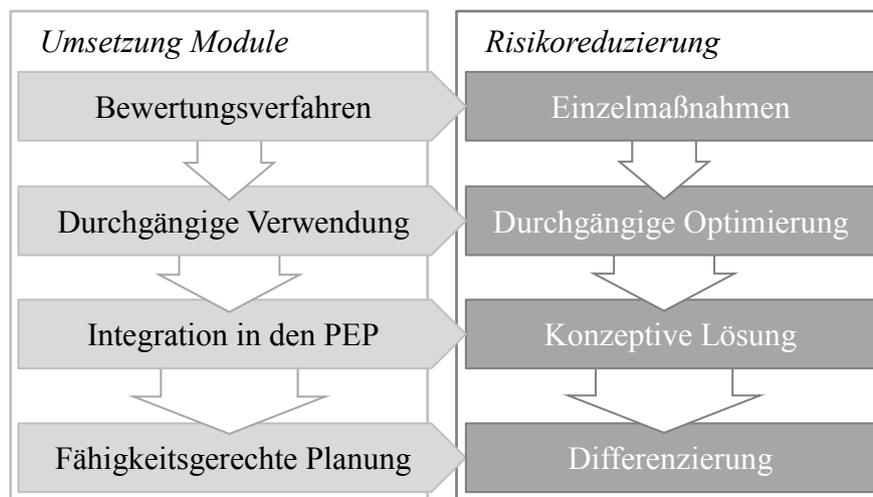


Abbildung 7: Total-Ergonomics-Management-Model (eigene Darstellung nach Bierwirth, 2012)

Es wird nahe gelegt, als ersten Schritt arbeitswissenschaftliche Belastungsbewertungsverfahren (Modul 1) im Unternehmen einzuführen. Sie ermöglichen, die körperlichen Belastungen der Arbeitspersonen objektiv zu erfassen und zu quantifizieren. Mit der Durchführung von Ergonomie-Bewertungen werden Potentiale zur Belastungsreduzierung innerhalb des Arbeitssystems herausgestellt und korrektive Einzelmaßnahmen ableitbar. Es existieren verschiedene Bewertungsverfahren, die sich maßgeblich hinsichtlich ihrer Komplexität und der zu untersuchenden Belastungsarten unterscheiden

---

(Kugler et al., 2010). Zu den verbreitetsten zählen die Leitmerkmalmethoden, die von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin veröffentlicht wurden. Exemplarisch ist hier die Leitmerkmalmethode Heben, Halten, Tragen zur Analyse der manuellen Lastenhandhabung anzuführen (siehe Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2001). Für eine ganzheitliche Bewertung physischer Belastungen stellt das Ergonomic Assessment Worksheet (EAWS) ein fundiertes Bewertungsinstrument dar (siehe Schaub et al., 2013). Als Zielgruppe von EAWS wird in erster Linie die Automobilindustrie gesehen, wo das Verfahren mit seinen unternehmensspezifischen Derivaten weit verbreitet ist (Otto & Scholl, 2013). Als Ergebnis eines Bewertungsverfahrens werden oftmals Punktwerte generiert, die nach dem Ampelschema bewertet werden (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2001; Kugler et al., 2010). Gemäß dem Ampelschema nach DIN EN 614-1 signalisiert der Risikowert „Grün“ eine geringe Belastung am Arbeitsplatz; es besteht kein Handlungsbedarf, da nicht von einer Gesundheitsgefährdung auszugehen ist. „Gelb“ steht für ein erhöhtes Risiko; Gestaltungsmaßnahmen sind angezeigt. Bei „Rot“ sind Gestaltungsmaßnahmen aufgrund der hohen Belastungen am Arbeitsplatz erforderlich.

Durch die durchgängige Anwendung (Modul 2) der Analyseinstrumente werden vorhandene Belastungseingänge in sämtlichen Arbeitssystemen aufgedeckt und z.B. anhand von Ergonomie-Landkarten visualisierbar; dies erlaubt eine konsequente Optimierung. Die Integration von Ergonomie Quality Gates in den PEP (Modul 3) ermöglicht es, ergonomische Erkenntnisse aus der aktuellen Serie bei der Neuplanung in Form von konzeptiven Gestaltungslösungen einfließen zu lassen. Modul 1 bis Modul 3 dienen somit vornehmlich der Belastungserfassung und -reduktion. Die Verhältnisprävention ist dabei auf den gesunden Mitarbeiter ausgerichtet, um längerfristig Muskel-Skelett-Erkrankungen zu vermindern. Weiterführend erfolgt im vierten Modul eine notwendige Differenzierung in Bezug auf nicht voll leistungsfähige Werker. Nach dem Prinzip des Profilvergleichs werden Einsatzeinschränkungen und Arbeitsbelastungen planungsbegleitend abgeglichen mit dem Ziel, passende Arbeitsplätze zu identifizieren und notwendige Änderungen des aktuellen Planungsstands vorzunehmen. Die vier Module werden durch ein fünftes ergänzt, das ein Bewertungsinstrument zur Steuerung und Kontrolle sämtlicher Prozesse vorsieht. Insgesamt wird dadurch eine ganzheitliche Anpassung von Fähigkeiten und Anforderungen zueinander realisiert.

Für die vorliegende Arbeit ist insbesondere eine Ausgestaltung des vierten Moduls, die der fähigkeitsgerechten Planung, von Relevanz. Denn eine rein statische Betrachtung der Merkmale von Personen ist im Rahmen der Arbeitssystemgestaltung unzureichend. Zu erwartende Veränderungen, wie

---

Alterungsprozesse, sollten berücksichtigt, gewünschte Entwicklungen, wie die Persönlichkeitsentfaltung, gefördert werden. Ungünstige Wirkungen, wie Gesundheitsschädigungen, sind möglichst zu vermeiden. Eine ganzheitliche Betrachtung der Bestimmungsgrößen mit Berücksichtigung von Überschneidungen ist auch hier nützlich: Altersbedingte Fähigkeitsveränderungen können beispielsweise durch Qualifizierungsmaßnahmen ausgeglichen werden (Schlick et al., 2010). Somit ist eine dynamische Betrachtung anzustreben, die die Entwicklung der Eigenschaften und Fähigkeiten der Belegschaft projiziert und die gewonnenen Informationen gezielt im Rahmen von Neuplanungen verarbeitet. Auf diese Weise kann frühzeitig auf Veränderungen der Belegschaftsstruktur infolge des demografischen Wandels reagiert werden, um eine möglichst große Anzahl von Arbeitspersonen zukünftig, z.B. beim Anlauf eines neuen Modells, fähigkeitsgerecht einzusetzen. Die vorausschauende Arbeitssystemgestaltung soll vermeiden, hoch effiziente Arbeitssysteme zu planen, die die Mitarbeiter letztlich physisch überfordern (Bierwirth, 2012). Prinzipiell wird im Zuge der fähigkeitsgerechten Planung der klassische Profilvergleich erweitert. Neben der statischen Ist-Betrachtung findet eine Zukunfts-Betrachtung statt, bei der bezogen auf die Zukunft die Arbeitsanforderungen des neu gestalteten Arbeitssystems mit den prognostizierten Fähigkeiten der eigenen Belegschaft abgeglichen werden (Bierwirth, 2012). Das beschriebene Vorgehen wird zu einer zentralen Aufgabe für Unternehmen, um den Herausforderungen des demografischen Wandels zu begegnen (Rademacher et al., 2008). Eine Erprobung durch Bierwirth (2012) in 19 Organisationseinheiten der Metall- und Elektroindustrie und Glas- und Keramikindustrie kam zum Ergebnis, dass die TEM-Module oftmals in der Unternehmenspraxis realisiert sind. Jedoch wird in keinem der Betriebe das für die Bevölkerungsentwicklung besonders relevante, vierte Modul umgesetzt. In diesem Zusammenhang ist des Weiteren festzuhalten, dass Zukunfts-Betrachtungen in Form von Prognosen bisher kaum in Unternehmen Eingang gefunden haben (Bruder, 2013; Kugler et al., 2015).

Für Zukunfts-Betrachtungen wird in der Regel das Instrument der Altersstrukturprognose hinzugezogen. Durch Altersstrukturanalysen werden die gegenwärtige und zukünftige betriebliche Altersstruktur und somit auch die Folgen des demografischen Wandels ersichtlich. Um fundierte Aussagen bezüglich zukünftiger Altersstrukturen treffen zu können, kommt im untersuchten Unternehmen ein Alterssimulationstool zur Anwendung. Verschiedene Faktoren wie Fluktuation, Altersteilzeit- oder Frühpensionierungskontingente, Ausbildungs- und Nachwuchssicherungsquoten können in die Prognosen einfließen. Somit werden frühzeitig bereichsspezifische Handlungsbedarfe aufgedeckt, die durch personalstrategische und konkrete Maßnahmen nachhaltig angegangen werden können; ferner dient es der Sensibilisierung von Führungskräften und Mitarbeitern (Deller et al., 2008). Weiterführend können anhand der prognostizierten Altersstruktur und auf Basis von empirischen Fähigkeitsda-

---

ten, die in Bezug zur bestehenden Altersstruktur gesetzt sind, die zukünftig vorhandenen Einsatzeinschränkungen extrapoliert werden (Bogus & Dorn, 2010; Schmal et al., 2001). Ein entsprechendes Vorgehen, das Bezug auf das untersuchte Unternehmen nimmt, wird in Kapitel 3.2.3 vorgestellt.

Als Hilfsmittel für eine fähigkeitsgerechte Planung wurde im Rahmen des DFG-Transferprojekts „Anwendung altersdifferenzierter Fähigkeitsdaten zur Ableitung ergonomischer Gestaltungslösungen für altersrobuste Arbeitsplätze“ am Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt eine Fähigkeitsdatenbank entwickelt. In die Datenbank lassen sich Fähigkeitsdaten importieren, die beispielsweise aus Fähigkeitsprofilen von Unternehmen abgeleitet sind. Anhand verschiedener Auswertefunktionen wird der Planer mit Informationen zur Altersabhängigkeit von tätigkeitsrelevanten Fähigkeitsmerkmalen unterstützt, idealerweise bereits in den frühen Planungsphasen (Möglich et al., 2015). Eine Funktion der Datenbank besteht in der deskriptiven Auswertung der Fähigkeitsentwicklung über den Altersverlauf der betrachteten Mitarbeitergruppe. Das Projekt wurde von einem Industrieunternehmen begleitet, in dem erste Prototypen evaluiert und sukzessive auf die Nutzerbedürfnisse ausgerichtet wurden (Möglich et al., 2015). Die Fähigkeitsdatenbank ermöglicht eine kollektive Auswertung von Fähigkeiten, bleibt jedoch bei einer Ist-Betrachtung. Sie dient somit vornehmlich als Instrument zur Sensibilisierung von Arbeitsplatzgestaltern hinsichtlich der Fähigkeiten in der Belegschaft.

### 2.3.3 Alternsmanagement

Neben einer menschengerechten Planung von Arbeitsplätzen gibt es vielfältige Aktivitäten verschiedener Unternehmensbereiche mit Einfluss auf die Gesundheit der Mitarbeiter. Für die Entwicklung hin zu einem gesundheitsförderlichen Betrieb ist es wichtig, die oftmals unabhängig voneinander laufenden Maßnahmen stärker zu vernetzen (Bruder, 2012). Dieser Gedanke wird durch neue Ansätze eines sogenannten Alterns- bzw. Generationenmanagements aufgegriffen. Das Konzept des Alternsmanagements hat in Regel zum Ziel, die Arbeits- und Beschäftigungsfähigkeit aller Mitarbeiter über das Erwerbsleben zu erhalten, und bündelt dafür sämtliche Maßnahmen der Gesundheitsförderung, des Personalmanagements und der Arbeitsgestaltung (Landau & Pressel, 2009). Das Alternsmanagement besitzt ein ressourcenorientiertes Grundverständnis, Mitarbeiterpotentiale zu erschließen und zu entwickeln, um Wettbewerbsvorteile zu generieren (Bögel & Frerichs, 2011). Das grundlegende Konzept des Alternsmanagements ist für alle Altersgruppen identisch, jedoch werden die unterschiedlichen alters- und alternsrelevanten Faktoren bei der Arbeitsgestaltung miteinbezogen. So sind die erforderlichen Anpassungen und Einzelmaßnahmen abhängig vom Alter der betrachteten Gruppe. Im

---

Regelfall wirken die Maßnahmen bei den älteren Mitarbeitern eher unterstützend in Form einer innerbetrieblichen Rehabilitation, wohingegen bei den jüngeren Mitarbeitern eher präventiv angesetzt wird (Ilmarinen, 2011).

Grundlegend für die Beschäftigungsfähigkeit und somit für ein produktives Arbeitsleben bis zum Renteneintrittsalter ist die Erhaltung der Arbeitsfähigkeit (*work ability*). Im Gegensatz zur Leistungsfähigkeit werden bei der Arbeitsfähigkeit nach Ilmarinen (2011) neben individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten des Mitarbeiters auch die an ihn gestellten Anforderungen gleichwertig betrachtet. Die Arbeitsfähigkeit resultiert stets als Interaktion zwischen Humanressourcen und den Arbeitsanforderungen (Richenhagen, 2009); sie kann durch arbeitsbezogene und individuelle Maßnahmen erhalten und gefördert werden (Bellmann et al., 2007; Ilmarinen & Tempel, 2001). Dabei hat das Unternehmen eine zentrale Rolle zum Erhalt der Arbeitsfähigkeit inne (Ilmarinen, 2006). Im Gegenzug eröffnen sich für den Arbeitgeber viele Nutzenpotentiale: Eine höhere Qualität und Produktivität der Arbeit, ein niedrigerer Krankenstand und niedrigere Arbeitsunfähigkeitsrisiken und folglich ebenso geringere Personalkosten (Ilmarinen, 2011).

In über 30-jährigen Längsschnittstudien wurden von Ilmarinen und Tempel (2001) sowohl ein Messinstrument für die Arbeitsfähigkeit – der *Work Ability Index*, kurz *WAI* – als auch das so genannte *Haus der Arbeitsfähigkeit* entwickelt. Die vier Stockwerke des Hauses beschreiben vier Handlungsfelder: Gesundheit, Qualifikation, Werte und Arbeit (Ilmarinen, 2011; Richenhagen, 2015). Die individuelle physische und psychische Gesundheit bilden die Basis für die Aufnahme von Tätigkeiten im Arbeitsleben. Mit einem betrieblichen Gesundheitsmanagement können Einschränkungen in Gesundheit und Leistungsfähigkeit entgegengewirkt werden. Darauf baut die berufliche Qualifikation als auch die fachliche und soziale Kompetenz auf. Durch Maßnahmen der Personalentwicklung, wie lebenslanges Lernen, sind die Mitarbeiter in der Lage, den Herausforderungen in einer sich kontinuierlich verändernden Arbeitswelt zu begegnen. Die Werte des Mitarbeiters, die sein Arbeitsverhalten prägen und Einfluss auf motivierende Faktoren besitzen, sollten in Einklang mit der Organisationskultur stehen. Passende Anreize, wie der gewünschte Freizeitausgleich statt einer Gehaltserhöhung, schaffen Motivation durch den Vorgesetzten. Die Arbeit selbst hat enormes Gewicht und Einfluss auf alle anderen Ebenen. Die Arbeitsetage ist maßgeblich durch die Arbeits- und Organisationsgestaltung beeinflussbar. Langjährige finnische Studien belegen ferner, dass ebenso das Führungsverhalten der Vorgesetzten von hoher Relevanz ist (Peter & Conrads, 2007).

Der Aufbau des Hauses besitzt ein hohes Maß an Komplexität und an Interdependenzen. Um die Arbeitsfähigkeit nachhaltig zu fördern, sind, wie in Abbildung 8 dargestellt, verschiedene Maßnah-

men aus allen Ebenen einzubeziehen. Somit wird der tendenziell linearen Abnahme der Arbeitsfähigkeit im Altersgang, die lediglich zu circa 40 % auf die sich wandelnden Fähigkeiten zurückzuführen ist, entgegengewirkt (Prümper & Richenhagen, 2011).

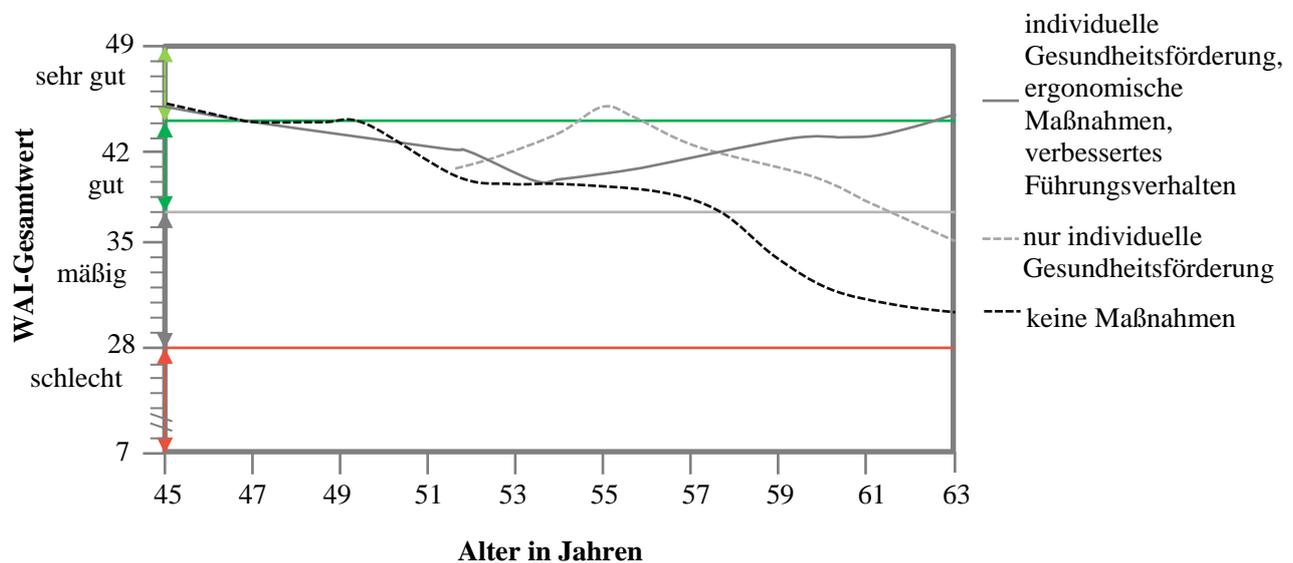


Abbildung 8: Idealtypische Darstellung der Entwicklung der Arbeitsfähigkeit über das Alter (eigene Darstellung nach Richenhagen, 2007)

Zusammenfassend ist das Konzept vom Haus der Arbeitsfähigkeit ein gutes Instrument zur Sensibilisierung, jedoch scheint es stark auf den Arbeitnehmer ausgerichtet zu sein. Gerade in produzierenden Unternehmen, deren Struktur sich eng am zu fertigenden Produkt orientiert, wird Alternsmanagement oftmals als Auftrag der betrieblichen Gesundheitsförderung und des Personalmanagements sowie als Führungsaufgabe verstanden, mit nur kurzfristigen Effekten. Darüber hinaus sind jedoch längerfristige Veränderungen von Produkt, Produktionstechnologie und Personalstruktur zu berücksichtigen, die nur durch eine vernetzte Betrachtung erfolgen können (Kugler et al., 2015). Die Vernetzung wird bisher von engagierten Einzelakteuren vorangetrieben, eine Verankerung in den Unternehmensstrukturen fehlt (Kugler et al., 2016).

Die stärkere Vernetzung der Aktivitäten des Alternsmanagements stand im Mittelpunkt des Projekts "Gesund und qualifiziert älter werden in der Automobilindustrie. Partizipation und Inklusion von Anfang an (PINA)". Es wurde in Kooperation mit dem Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt und der Automobilindustrie durchgeführt. Ein Projekt-Ergebnis ist das *Fit-Modell* aus Abbildung 9:

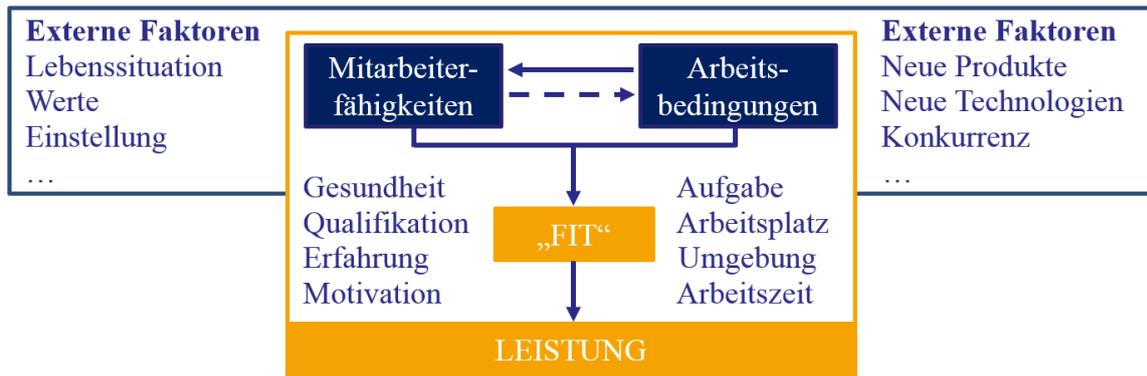


Abbildung 9: Fit-Modell (eigene Darstellung nach Kugler et al., 2015)

Das Fit-Modell nimmt Bezug auf das Haus der Arbeitsfähigkeit. Die Merkmale, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Bedürfnisse der Mitarbeiter werden als Mitarbeiterfähigkeiten aggregiert und den Arbeitsbedingungen gegenübergestellt. Um eine gute Leistung der Beschäftigten zu erlangen, müssen der Erhalt der Mitarbeiterfähigkeiten und die Arbeitsgestaltung aufeinander abgestimmt sein. Das wird durch den Begriff der Passung („Fit“) wiedergegeben (Kugler et al., 2016). Die Elemente Gesundheit, Qualifikation und Motivation werden zu Zielkategorien für die Arbeitsgestaltung (Bögel & Frerichs, 2011; Langhoff, 2009). So lässt sich das Konzept des Alternsmanagements besser auf Unternehmen übertragen und der Beitrag zur Erreichung der Unternehmensziele wird sichtbar: Die Arbeitsbedingungen können die Mitarbeiterfähigkeiten sowohl fördern als auch einschränken. Anfragen und Bedarfe von Mitarbeiterseite können demgegenüber die Arbeitsbedingungen direkt beeinflussen. Die gegenseitigen Abhängigkeiten werden durch die Pfeile zwischen den Begriffen symbolisiert. Die Lebenssituation prägt die Rahmenbedingungen auf Mitarbeitererebene, Werte und Einstellungen beeinflussen den Anspruch an die Arbeit und die Arbeitssituation. Kundenforderungen, neue Technologien und die Konkurrenz mit Mitbewerbern oder anderen Standorten beeinflussen die Arbeit als externe Faktoren auf Unternehmensebene (Kugler et al., 2015). Das Konzept der Passung weist Parallelen zum Profilvergleich auf, jedoch wird im Fit-Modell über das Individuum hinausgegangen und ein größeres Kollektiv bis hin zur gesamten Belegschaft miteinbezogen. Dadurch rücken die Einzelmaßnahmen in den Hintergrund und die übergreifenden Zusammenhänge werden deutlich. Es entsteht ein universaler Ansatz zur Erkennung von Risiken und zum Steuern von Maßnahmen (Kugler et al., 2016).

---

## 2.4 Ableiten von Forschungsfragen

Anhand der zu Beginn dargestellten Aspekte der ergonomischen Arbeitsgestaltung wird deutlich, dass im Arbeitssystem vielfältige Belastungen auf die Mitarbeiter wirken, die entsprechend der individuellen Fähigkeiten und Eigenschaften zu unterschiedlichen Beanspruchungen beim jeweiligen Mitarbeiter führen. Ferner ist bekannt, dass viele der physischen Fähigkeiten im Alter tendenziell abnehmen. Mit zunehmenden Alter bilden sich starke interindividuelle Unterschiede aus; zudem besteht die Möglichkeit zur Kompensation. Die Alterung gestaltet sich als komplexer Vorgang. Pauschale Aussagen zur Fähigkeitsentwicklung im Altersgang sind nicht realistisch und im Unternehmenskontext nicht zielführend. Vielmehr ist die Untersuchung der körperlichen Leistungsfähigkeit eines Mitarbeiters auf industrierelevante Anforderungsmerkmale einzugrenzen. Dieser Aspekt wurde jedoch bisher kaum erforscht (Landau et al., 2007; Rademacher et al., 2013); insbesondere über tätigkeitsrelevante Einsatzeinschränkungen und deren Entwicklung im Alter bestehen nur unzureichend Kenntnisse. Daraus lässt sich die erste Forschungsfrage formulieren:

- Welche Fähigkeiten von Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen bedingen im Vergleich zu den Anforderungen der Arbeitsplätze in der Fahrzeugfertigung einen gestalterischen, gegebenenfalls alterssensiblen Engpass?

Die Auseinandersetzung mit der ersten Forschungsfrage ist Gegenstand von Kapitel 3. Hier werden Fähigkeitsprofile von Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen und Arbeitsplatzanforderungsprofile aus dem untersuchten Industriebetrieb empirisch analysiert.

Der in diesem Zusammenhang angewandte Profilvergleich stellt ein wichtiges Instrument in vielen Industrieunternehmen dar, um Mitarbeiter wieder fähigkeitsgerecht in die Produktionsprozesse einzugliedern. Der Abgleich bleibt jedoch auf einzelne Arbeitspersonen mit spezifischen Einschränkungen beschränkt. Potentielle gestalterische Engpässe für zukünftige Arbeitssysteme werden nicht identifiziert. Zudem fehlt eine Vorgehensweise, Mensch und Arbeit bei Bedarf aufeinander anzupassen. Die Konzepte des Human-centered Managements und des Alternsmanagements bieten praxisnahe Lösungsansätze, die Arbeitsfähigkeit der Belegschaft nachhaltig zu sichern. Bezogen auf das Konzept der Passung stellt sich jedoch die Frage, wie bei einem „Mis-Fit“ von Mitarbeiterfähigkeiten und Arbeitsanforderungen vorgegangen werden kann. Eine Konkretisierung der Inhalte ist aus Praxissicht wünschenswert. An dieser Stelle knüpft das zu konzipierende Verfahren zur Ableitung ergonomischer Gestaltungslösungen an, das gemäß Kapitel 1.2 Ziel der vorliegenden Arbeit ist. Zusammenfassend lässt sich die zweite Forschungsfrage formulieren:

- 
- Wie kann bei einem gestalterischen Engpass methodisch vorgegangen werden, um durch den gezielten Einsatz von ergonomischen Maßnahmen einen fähigkeitsgerechten Mitarbeiterinsatz zu ermöglichen?

Die methodische Vorgehensweise wird in Kapitel 4 entwickelt werden und auf die Erkenntnisse aus der nachfolgend vorgestellten empirischen Analyse von Fähigkeitsdaten aufbauen.

---

### 3 Empirische Analyse altersdifferenzierter Fähigkeitsdaten

---

Nachdem in Kapitel 2 der Stand der Forschung bezüglich der altersabhängigen Fähigkeitsentwicklung von Personen generell und im industriellen Umfeld dargelegt wurde, stehen in diesem Kapitel insbesondere Produktionsmitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen im Fokus der Untersuchung. Diesbezüglich werden Fähigkeits- und Arbeitsplatzdaten aus einem Unternehmen der Automobilindustrie vorgestellt und mit statistischen Methoden ausgewertet. Hierbei wurden 1233 Arbeitspersonen, bei denen Einsatzeinschränkungen vorhanden sind, auf 32 tätigkeitsrelevante physische Merkmale hin untersucht.

Zu Beginn des Kapitels werden neben der im untersuchten Unternehmen verwendeten Methodik zur Erhebung der Fähigkeits- und Arbeitsplatzdaten die statistischen Auswertungsmethoden und die Datengrundlage vorgestellt. Die anschließende Evaluation von altersdifferenzierten Fähigkeitsdaten gliedert die Ergebnisse entsprechend der drei Merkmalskategorien des zugrunde liegenden Fähigkeitsprofils. Dem werden eine Korrelationsanalyse, eine Projektion der zukünftigen Fähigkeitsentwicklung sowie eine Gegenüberstellung mit Daten eines voll leistungsfähigen Kollektivs angeschlossen. Unabhängig vom Alter wird eine Grenzwertbetrachtung durchgeführt, die Auskunft über Merkmale mit weitestgehend vollständiger bzw. nicht vorhandener Leistungsfähigkeit gibt. Daraus lassen sich Gestaltungsempfehlungen ableiten, ebenso wie aus der abschließenden Gegenüberstellung der Fähigkeitsdaten mit bestehenden Arbeitsplatzanforderungen in der Produktion.

#### 3.1 Methodik & Datengrundlage

Im Rahmen dieser Arbeit werden Datensätze analysiert, die von einem deutschen Unternehmen aus der Automobilindustrie zu Forschungszwecken zur Verfügung gestellt wurden. Es handelt sich dabei um anonymisierte Fähigkeitsprofile von Mitarbeitern sowie Anforderungsprofile aus verschiedenen Produktionsbereichen. Die Daten werden im unternehmensinternen Job Match-System eingesetzt, das an den Produktionsstandorten zur Wiedereingliederung von Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen Verwendung findet. Die darin enthaltene Methodik zur Fähigkeitsdatenerhebung auf der Mitarbeiterseite und zur Anforderungsprofilierung der Arbeitsplätze in den Werken wird nachfolgend skizziert. Ferner werden die statistischen Methoden zur Auswertung der Daten und die Datengrundlage selbst dargelegt.

---

### 3.1.1 Methodik zur Fähigkeitsdatenerhebung und Anforderungsprofilierung

Der vom Industrieunternehmen zur Verfügung gestellte Datensatz umfasst ausschließlich Mitarbeiter aus der Produktion und aus produktionsnahen Bereichen, die gesundheitliche Beschwerden über einen Zeitraum von mindestens sechs Monaten aufgewiesen haben, sogenannten Mitarbeitern mit Ein- satzeinschränkungen. Job Match ist die Bezeichnung für das unternehmensinterne Profilvergleichs- verfahren. Grundlegend für die Durchführung des Job Match-Verfahrens ist die Gegenüberstellung von Fähigkeiten und Anforderungen. Das untersuchte Fähigkeitsprofil erfasst insgesamt 32 tätigkeits- relevante Merkmale, die sich auf körperliche Fähigkeiten beziehen und den folgenden drei Katego- rien zugeordnet werden können:

1. Körperhaltungen (Bein-System, Wirbelsäule, Schulter-Arm-System / Überkopf)
2. Aktionskräfte / Körperteilbewegungen (Hand-Arm-Finger-System, Schulter-Arm-Ganzkör- per-System)
3. Manuelles Handhaben von Lasten (Heben, Tragen, Halten; Ziehen und Schieben)

Neben den physischen Fähigkeiten werden weitere Merkmale in dem Bogen erfasst. Diese umfassen die Umgebungseinflüsse (z.B. Lärm, Hitze), die Arbeitsorganisation (z.B. Schichtbetrieb, Taktbin- dung) und die Informationswahrnehmung (z. B. Sehen, Hören, Sprachverständnis). Diese Merkmale werden im Rahmen der Arbeit nicht ausgewertet.

Die Ausprägung der einzelnen Fähigkeiten eines Mitarbeiters wird in einem sechsstufigen, ordinal skalierten Schema beurteilt. Das Schema ist wie folgt:

- *nie* (0 % der Schichtdauer)
- *gelegentlich* (1 - 5 % der Schichtdauer)
- *zeitweise* (6 - 25 % der Schichtdauer)
- *häufig* (26 - 50 % der Schichtdauer)
- *überwiegend* (51 - 75 % der Schichtdauer)
- *ständig* (76 - 100 % der Schichtdauer)

Die Skalierung ermöglicht eine prozentuale Zuordnung für den individuellen Mitarbeiter, wie lange er in Bezug auf eine generelle Schichtdauer von 8 Stunden in der Lage ist, eine Tätigkeit mit den entsprechenden Merkmalen auszuführen. Die Einstufung der Mitarbeiterfähigkeiten erfolgt aufgrund einer individuellen arbeitsmedizinischen Untersuchung und Anamnese durch den werksärztlichen Dienst. Sie findet nur mit der schriftlichen Einwilligung des Mitarbeiters statt (Tilling, 2013). Abbil- dung 10 zeigt einen Ausschnitt aus dem Fähigkeitsprofil zum Bein-System in der Kategorie der Kör- perhaltungen, der das Schema mit exemplarischen Einstufungen verdeutlicht.

**(1) Körperhaltungen**

Bein-System		nie 0%	gelegtl. 1..5	zeitw. 6..25	häufig 26..50	überw. 51..75	ständig 76..100%
Stehen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sitzen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Knien		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hocken		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 10: Ausschnitt aus dem Fähigkeitsprofil in der Kategorie Körperhaltungen (unternehmensinterne Quelle)

Dem Fähigkeitsprofil eines Mitarbeiters steht das Anforderungsprofil für einen Arbeitsplatz in der Produktion gegenüber. Durch einen Experten, dem sogenannten Arbeitsplatzprofilierer, werden sämtliche Arbeitsplätze eines Produktionsbereiches nach der gleichen Logik eingestuft. Die Passung kann anhand der gleichen Systematik und kongruenten Ausprägungsmerkmalen überprüft werden. Der nahezu identische Aufbau von Fähigkeits- und Anforderungsprofil der jeweils zweiseitigen Einstufungsbögen ist vollständig im Anhang A ersichtlich.

Mithilfe der Job Match-Software wird das Fähigkeitsprofil eines Mitarbeiters mit den Anforderungen von sämtlichen Arbeitsplätzen eines definierten Bereiches auf vorhandene Übereinstimmungen hin untersucht. Die positiven Übereinstimmungen werden in der IT-Anwendung tabellarisch ausgegeben. Dabei kann der Toleranzbereich zur Suche passender Arbeitsplätze mehrstufig definiert werden. Zum Start wird die Suche meist auf die zugehörige Meisterei eingegrenzt; wird hier keine Übereinstimmung mit den Arbeitsplätzen ermittelt, erweitert sich der Toleranzbereich auf Teamleiter Ebene und weiterführend auf andere Werksbereiche, sogenannten Centern. Somit versucht das Verfahren einen möglichst stammarbeitsplatznahen Einsatz zu realisieren. Das Ergebnis des Matching-Prozesses zeigt sowohl der beteiligten Führungskraft als auch dem direkt betroffenen Mitarbeiter transparent auf, welche Arbeitsplätze sich für einen Arbeitsversuch eignen. Nach einem erfolgreichen Arbeitsversuch am ausgewählten Arbeitsplatz wird der Mitarbeiter der Station fest zugeordnet.

Das Job Match-Verfahren wurde an vielen Standorten des Industrieunternehmens erfolgreich eingeführt und ist eine feste Säule des Integrationsmanagements. Die Arbeitsplätze werden flächendeckend profiliert – unabhängig von der Art der Tätigkeit – um möglichst gute Matching-Ergebnisse zu erzielen. Neben der Analyse für das Job Match-System werden ferner ergonomische Risikobewertungen mit einem ganzheitlichen Bewertungsverfahren, vergleichbar der EAWS-Methodik (siehe Schaub et al., 2013), von Ergonomie-Beauftragten durchgeführt. Dadurch wird ein fähigkeitsgerechter Mitarbeiter Einsatz auch dann sichergestellt, wenn bei einem gewissen Merkmal im Fähigkeitsprofil keine Einschränkungen vermerkt wurden, aber die Ausübung der Tätigkeit über eine komplette Schicht von

---

8 Stunden auch für einen Mitarbeiter mit voller Leistungsfähigkeit Gesundheitsrisiken birgt. Dies wäre zum Beispiel beim statischen Knien oder bei statischer Überkopf-Arbeit über einen längeren Zeitraum der Fall. Die Untersuchung von Arbeitsplatzanalysen im Rahmen dieser Arbeit beschränkt sich jedoch auf die vorliegenden Anforderungsprofile des Job Match-Systems.

### 3.1.2 Vorgehen bei der statistischen Auswertung

Job Match legt den Fokus auf einen einzelnen Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen. In dieser Arbeit werden nachfolgend die vorliegenden Fähigkeits- und Anforderungsprofile kollektiv anhand statistischer Methoden untersucht. Das Vorgehen bei der statistischen Auswertung erfolgt in mehreren Schritten. Zu Beginn werden die Daten deskriptiv analysiert: In Säulendiagrammen wird die relative Häufigkeit von Merkmalsausprägungen grafisch dargestellt. Zur Feststellung von Altersabhängigkeiten ist eine Einteilung der Daten in verschiedene Altersklassen erforderlich. Im Säulendiagramm werden entlang der Abszisse die jeweiligen Altersklassen und entlang der Ordinate die prozentuale Häufigkeit der Fähigkeitseinstufungen für ein gewisses Merkmal aufgetragen. Weiterführend wird über die Klassen hinweg der Median (MD) als Lagemaß bestimmt. Voraussetzung für den Median sind mindestens ordinal skalierte Merkmale, wie sie in den Profilen vorliegen (Bortz, 2005). Zur Darstellung des Medians wird das sechsstufige Schema der Fähigkeits- und Anforderungsprofile auf eine Skala von 0,0 bis 5,0 übersetzt:

- 0,0 = nie
- 1,0 = gelegentlich
- 2,0 = zeitweise
- 3,0 = häufig
- 4,0 = überwiegend
- 5,0 = ständig

Ferner wird im Rahmen der deskriptiven Auswertung der Korrelationskoeffizient betrachtet. Er stellt ein dimensionsloses Maß für den Zusammenhang zwischen zwei oder mehreren Merkmalen dar. Der Korrelationskoeffizient kann Werte zwischen -1 und +1 annehmen, wobei -1 einen vollständig negativen bzw. +1 einen vollständig positiven Zusammenhang impliziert. Bei einem Wert von null besteht kein linearer Zusammenhang (Fahrmeir et al., 2004). Die Einstufung des Korrelationskoeffizienten wird in Tabelle 5 wiedergegeben. Zur Darstellung werden Streudiagramme verwendet. Als Zusammenhangsmaß bei der Korrelation zweier ordinal skalierten Merkmale wird die Rangkorrelation nach *Kendall's Tau* angewendet (Kendall, 1938; Kendall, 1942).

Tabelle 5: Einstufung des Korrelationskoeffizienten

<b>Korrelationskoeffizient</b>	<b>Einstufung</b>
$\tau \leq 0,2$	sehr geringe Korrelation
$0,2 < \tau \leq 0,5$	geringe Korrelation
$0,5 < \tau \leq 0,7$	mittlere Korrelation
$0,7 < \tau \leq 0,9$	hohe Korrelation
$0,9 < \tau \leq 1$	sehr hohe Korrelation

In einem zweiten Schritt sind die bestehenden Mittelwertsunterschiede zwischen den Altersgruppen auf Signifikanz hin zu überprüfen. Der statistische Test ist entsprechend der Eigenschaften der Daten zu wählen. Die Fähigkeitsdaten sind zum einen ordinal skaliert und zum anderen hängen sie nicht miteinander zusammen, sprich sie sind unabhängig. Im Weiteren ist das Vorliegen einer Normalverteilung bei Ordinaldaten anhand des *Kolmogorow-Smirnow-Tests* zu untersuchen (Bortz, 2005). Werden die vorliegenden Profile anhand des Kolmogorow-Smirnow-Tests analysiert, wird die Nullhypothese für jede betrachtete Variable verworfen. Das bedeutet, die vorhandenen Daten sind nicht normalverteilt. Abhängig von der Anzahl der zu betrachtenden Altersgruppen stehen somit folgende Verfahren zur Verfügung:

- 1) *Kruskal-Wallis-Test (H-Test)* bei mehr als zwei unterschiedlichen Altersgruppen (Bortz, 2005; Kruskal & Wallis, 1952)
- 2) *Mann-Whitney-U-Test* bei zwei unterschiedlichen Altersgruppen (Mann & Whitney, 1947; Zöfel, 2003)

Die zu untersuchende Nullhypothese der Tests impliziert, dass die Verteilung der Fähigkeitsausprägungen in den Altersgruppen keine signifikanten Unterschiede aufweist. Um aufzuzeigen, ob und auf welchem Niveau die Nullhypothese verworfen wird, werden aus der Literatur bekannte Symboliken verwendet:

- $p \leq 0,1$  → *schwach signifikant* (°)
- $p \leq 0,05$  → *signifikant* (\*)
- $p \leq 0,01$  → *hoch signifikant* (\*\*)
- $p \leq 0,001$  → *höchst signifikant*(\*\*\*)

Von Signifikanz spricht man im Allgemeinen ab einem P-Wert kleiner gleich 5 %, sprich kleiner gleich 0,05. Er sagt aus, dass die Irrtumswahrscheinlichkeit bei 5 % der Fälle oder niedriger liegt. Somit stimmen die in den signifikanten Hypothesen getroffenen Aussagen zu 95 %. Ein Ergebnis ist hoch signifikant ab einem P-Wert kleiner gleich 1 % und höchst signifikant, wenn p kleiner gleich

---

0,1 % ist. In den genannten Fällen treffen die in den Hypothesen getroffenen Annahmen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit zu (Fahrmeir et al., 2004).

Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests kann es sein, dass signifikante Unterschiede zwischen den untersuchten Altersgruppen existieren. Der Kruskal-Wallis-Test gibt jedoch keine Auskunft darüber, welche der Gruppen sich signifikant von den anderen unterscheiden oder ob sich gar alle voneinander signifikant unterscheiden. Daher ist zusätzlich ein Post-Hoc-Test anzuwenden, indem für die einzelnen Altersgruppen untereinander Paarvergleiche mithilfe von Tests nach Mann-Whitney-U gerechnet werden. Bei mehrfacher Testung ist die auftretende  $\alpha$ -Inflation zu beachten; d.h. dass bei Betrachtung derselben Grundgesamtheit die Wahrscheinlichkeit, einen Fehler 1. Art zu begehen, mit der Anzahl an Testdurchführungen steigt. Daher wird eine  $\alpha$ -Fehler-Korrektur durchgeführt, die das Signifikanzniveau durch die Anzahl der durchgeführten Testungen korrigiert. Die auftretende  $\alpha$ -Fehler-Inflation wird mit einer Bonferroni-Korrektur ausgeglichen (Bortz, 2005):

$$\alpha_k = \frac{\alpha}{k} \quad \text{mit } k = \text{Anzahl der Paarvergleiche}$$

Bei vier Altersgruppen sind sechs Paarvergleiche notwendig. Ein Signifikanzniveau von  $\alpha \leq 0,008$  wird für die Serie von Mann-Whitney-U-Tests festgelegt, um den  $\alpha$ -Fehler zu korrigieren.

Nachdem mit den statistischen Auswertungsmethoden die Grundlage für die Datenauswertung geschaffen ist, werden im nächsten Schritt die zu untersuchenden Datensätze vorgestellt.

### 3.1.3 Datengrundlage

Der verwendete Datensatz ist aus dem Jahr 2012 und stellt eine Auswahl der Daten von verschiedenen Standorten dar. Als Datengrundlage liegen insgesamt 1233 Fähigkeitsprofile von Mitarbeitern und 6297 Anforderungsprofile von Arbeitsplätzen aus verschiedenen Standorten des Industrieunternehmens vor.

Die Fähigkeitsprofile von 1233 Mitarbeitern wurden aus acht verschiedenen Produktionswerken des Industrieunternehmens im Jahr 2012 bezogen. Da die Fähigkeitsprofilierung durch den Werksarzt standortübergreifend einheitlich erfolgt, sind die Standort-Charakteristika für die Analyse nicht von Relevanz. Die Daten wurden anonymisiert erhoben. Als personenbezogene Daten wurden nur die Angaben des Alters übermittelt. Das Alter lag zwischen 20 und 63 Jahren. Es gibt keine Angaben über Geschlecht, Körpergröße, Gewicht oder das Tätigkeitsgebiet bzw. die Abteilung oder Meisterei der Werker. Zur Vergleichbarkeit der Fähigkeiten zwischen jüngeren und älteren Werkern und zur

detaillierten deskriptiven Statistik wird eine Unterteilung in vier Altersgruppen vorgenommen. Die Altersgruppen mit der Verteilung der leistungsgewandelten Mitarbeiter (Mittelwert = 46,7 Jahre) sind in Abbildung 11 dargestellt:

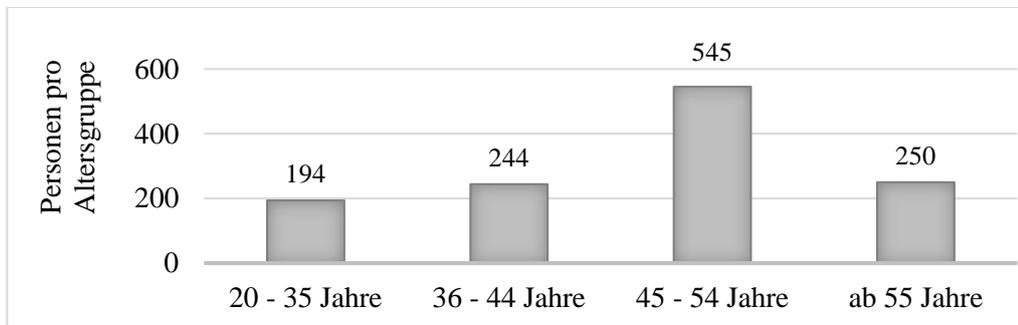


Abbildung 11: Altersverteilung der Fähigkeitsprofile (n = 1233)

Die Einteilung in die Altersgruppen ist angelehnt an Rademacher et al. (2013), wobei dort zusätzlich eine weitere Differenzierung der Altersgruppen vorgenommen wurde. Von besonderem Interesse für die Auswertung ist die jüngste Altersgruppe (20 - 35 Jahre) im Vergleich zu den zwei Gruppen der ältesten Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen (45 - 54 Jahre sowie ab 55 Jahre).

Der Anteil von Fähigkeitsprofilen im Unternehmen ist bei den älteren Mitarbeitergruppen höher als bei den jüngeren. Demnach steigt der Anteil von leistungsgewandelten Mitarbeitern in der Belegschaft mit dem Alter an. Dieser Trend bestätigt sich bis zu einem Alter von 61 Jahren; danach nimmt der relative Anteil an einsatzeingeschränkten Mitarbeitern wieder ab (unternehmensinterne Quelle).

Die vorliegenden 6297 Anforderungsprofile entstammen vier verschiedenen Produktionsstandorten des Industrieunternehmens. Die Verteilung der Anforderungsprofile der unterschiedlichen Standorte mit der vorherrschenden Produktionsart ist wie folgt:

- Werk A: Aufbau PKW (n = 2831 Profile)
- Werk B: Aufbau LKW (n = 2261 Profile)
- Werk C: Antriebe PKW (n = 1099 Profile)
- Werk D: Logistik-Zentrum (n = 106 Profile)

An der Aufteilung der Werke A bis D und der deren Produktionsart ist ersichtlich, dass an den Arbeitsplätzen sehr unterschiedliche Tätigkeiten nach Belastungsart und -dauer auftreten. Ebenso weist die Taktung an den einzelnen Standorten als auch innerhalb der Standorte deutliche Unterschiede auf. Die für die Automobilindustrie typischen Gewerke (Presswerk, Lackierung, Rohbau, Vormontage,

---

Endmontage, Logistik) werden abgedeckt. Dadurch ist eine realistische Abbildung des breiten Spektrums an Tätigkeiten in der Automobilindustrie durch die vorliegenden Anforderungsprofile gegeben.

### **3.2 Evaluation altersdifferenzierter Fähigkeitsdaten**

Nachfolgend werden die vorliegenden 1233 Fähigkeitsprofile, unterteilt in die vier beschriebenen Altersgruppen, statistisch ausgewertet. Ziel der Analyse ist es, neue Erkenntnisse über die körperlichen Eigenschaften und Fähigkeiten einsatzeingeschränkter Mitarbeiter zu erhalten. Ein zentraler Untersuchungsparameter ist das Alter eines Mitarbeiters. Es wird die Schwere der Einsatzeinschränkungen je nach Alter analysiert und schließlich deren Entwicklung im Altersverlauf abgebildet.

Weiterführend wird ein Vergleich zur Studie von Rademacher et al. (2013) gezogen, indem das Kollektiv einsatzeingeschränkter Mitarbeiter dem der voll leistungsfähigen gegenübergestellt wird. Zu prüfen ist, ob bei Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen vergleichsweise stärkere Altersabhängigkeiten auftreten oder nicht.

Abschließend werden die Fähigkeiten von Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen in Bezug zu den Anforderungen in der Produktion betrachtet. Hier stellt sich die Frage, inwieweit die noch vorhandenen Fähigkeitsausprägungen den Anforderungen an den Arbeitsplätzen genügen. Bezogen auf die Summe der Arbeitsplätze in den analysierten Produktionsbereichen sollte für Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen im Allgemeinen eine ausreichende Anzahl an fähigkeitsgerechten Arbeitsplätzen zur Verfügung stehen; ansonsten würde es sich um einen gestalterischen Engpass bei einem Merkmal handeln.

Als Struktur zur Darstellung der Fähigkeitsentwicklungen der verschiedenen Merkmale dienen die drei Kategorien der Belastung: Körperstellungen und -haltungen, Aktionskräfte / Körperteilbewegungen sowie manuelle Lastenhandhabungen. Zu Beginn eines jeden Abschnitts werden die Daten auf signifikante Mittelwertsunterschiede generell als auch paarweise überprüft. Darauf aufbauend wird ein Teil der empirischen Daten deskriptiv ausgewertet, um markante Ergebnisse hervorzuheben und grafisch zu veranschaulichen. Die Merkmalsauswahl richtet sich nach der jeweiligen Relevanz der spezifischen Fähigkeit- bzw. Arbeitsanforderung in der Produktion. Anhand der in Kapitel 2.2.2 gewonnenen Erkenntnisse zum Forschungsstand in Bezug auf die physischen Fähigkeiten von Produktionsmitarbeitern werden zusätzliche Untersuchungsschwerpunkte abgeleitet. Eine vollständige deskriptive Ergebnispräsentation sämtlicher Merkmale befindet sich im Anhang B.

### 3.2.1 Auswertung im Hinblick auf Altersabhängigkeiten

#### Merkmalskategorie 1: Körperstellungen und -haltungen

Statische Körperstellungen bzw. -haltungen sind insbesondere für Tätigkeiten in der manuellen Endmontage charakteristisch und führen aufgrund der Dauer zu teilweise hohen Belastungen für den Mitarbeiter. In Tabelle 6 werden die Ergebnisse der Merkmalsanalyse für Körperstellungen und -haltungen in einer vollständigen Übersicht dargestellt:

Tabelle 6: Ergebnisse der Mittelwertvergleiche für Körperstellungen und -haltungen

Körperstellungen und -haltungen		P-Wert bei H-Test	Signifikante Paarvergleiche bei Mann-Whitney-U-Test ( $p \leq 0,008$ )
Bein-System	Stehen	0,294	keine signifikanten Paarvergleiche
	Sitzen	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (35-44J>45-54J); (35-44J>ab55J)
	Knien	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (35-44J>45-54J); (35-44J>ab55J)
	Hocken	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (35-44J>45-54J); (35-44J>ab55J)
	Gehen	0,001 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J)
	Steigen	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (35-44J>45-54J); (35-44J>ab55J); (45-54J>ab55J)
Wirbelsäule	gebeugt 20° - 60° (statisch)	0,826	keine signifikanten Paarvergleiche
	gebückt > 60° (statisch)	0,004 **	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J)
	Torsion > 30° (statisch)	0,034 *	(20-35J>ab55J)
	seitliche Rumpfneigung > 20° (statisch)	0,011 *	(20-35J>ab55J)
Schulter-Arm-System	Rechter Arm über Schulterhöhe (statisch)	0,001 ***	(20-35J>ab55J); (35-44J>ab55J)
	Linker Arm über Schulterhöhe (statisch)	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (35-44J>ab55J)
	Rechter Arm über Kopf (statisch)	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (35-44J>ab55J)
	Linker Arm über Kopf (statisch)	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (35-44J>ab55J)

Bei den insgesamt 14 untersuchten Merkmalen werden bei zwölf signifikante Unterschiede zwischen den Altersgruppen ausgewiesen. Das Merkmal „Stehen“ besitzt keine signifikanten Altersabhängigkeiten und hat über alle Kategorien einen Median von 4,0. Demnach können die einsatzeingeschränkten Mitarbeiter diese Anforderung im Mittel noch zu über 50 % der Schicht leisten. Die Verteilung

der Fähigkeitsausprägungen bei leicht gebeugter statischer Körperhaltung ( $20^\circ - 60^\circ$ ), ebenso ein Merkmal ohne wesentliche Altersabhängigkeiten, zeigt Abbildung 12:

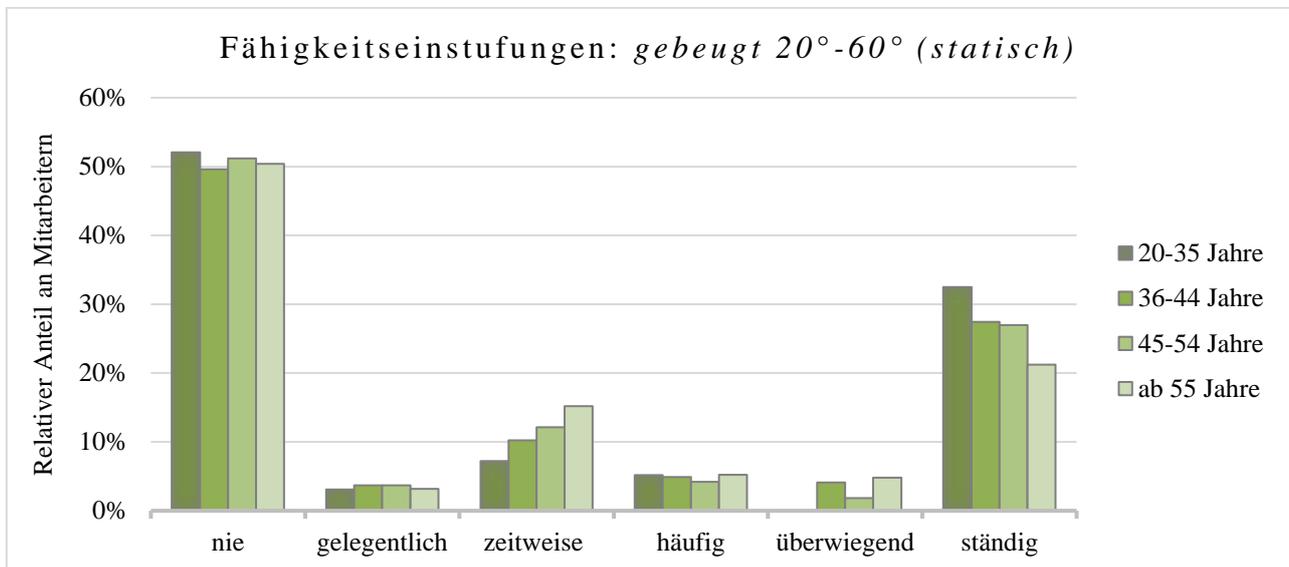


Abbildung 12: Auswertung Fähigkeit "Wirbelsäule - gebeugt,  $20^\circ - 60^\circ$  (statisch)" (eigene Darstellung nach Scheller et al., 2015).

Aus der Grafik geht hervor, dass die Fähigkeitseinstufung „nie“ zu etwa 50 % vergeben wird. Dies bedeutet, dass circa die Hälfte der untersuchten Mitarbeiter altersunabhängig, beginnend bei der jüngsten Gruppe (20 bis 35 Jahre) bis zur ältesten (ab 55 Jahre), eine Wirbelsäulen-Beugung nach vorne von  $20 - 60^\circ$  nicht ausüben können. Eine Altersabhängigkeit dieses Merkmals ist demzufolge nicht feststellbar. Der Median ist bei den Mitarbeitern von 36 bis 44 Jahren mit 1,0 am höchsten; ansonsten ist  $MD = 0,0$ .

Bei einer starken Beugung der Wirbelsäule werden demgegenüber signifikante Altersdifferenzen deutlich. In Abbildung 13 wird die Fähigkeit zur starken Beugung ( $60^\circ$ ) Wirbelsäule bzw. zum statischen Bücken dargestellt: 34,5 % der Personen in der jüngsten Mitarbeitergruppe (20 bis 35 Jahre) werden dahingehend eingestuft, diese Haltung nicht bzw. „nie“ einnehmen zu können, wohingegen der Wert bei den älteren Mitarbeitergruppen deutlich höher ist (43 % bei den 36 bis 44 Jährigen; 47,2 % bei den über 55 Jährigen). Bei der Fähigkeitseinstufung „ständig“ ist dieser Trend umgekehrt; d.h. die älteren Mitarbeitergruppen sind im Vergleich zu den jüngeren seltener dazu in der Lage, eine gebückte Haltung durchgehend einzunehmen. Somit sind bei diesem Merkmal Altersunterschiede ersichtlich; signifikante Paarvergleiche bestehen zwischen der jüngsten Mitarbeitergruppe (20 bis 35 Jahre) und den älteren ( $> 35$  Jahre).

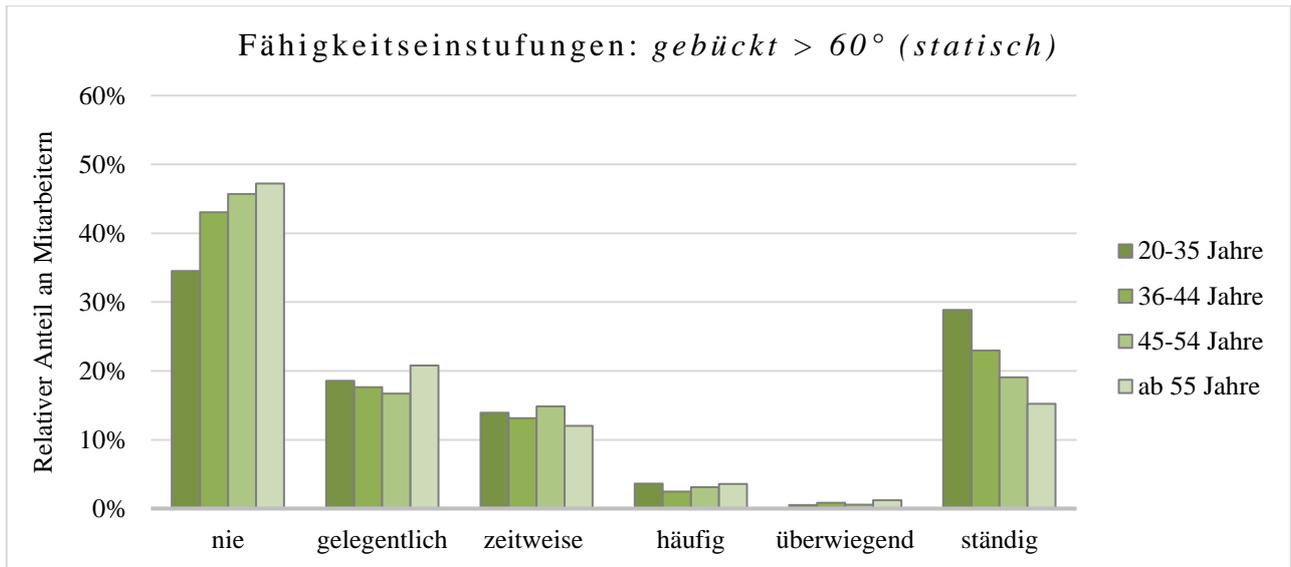


Abbildung 13: Auswertung Fähigkeit "Wirbelsäule - gebückt > 60° (statisch)"

In Abbildung 14 ist ebenso ein erheblicher Einfluss des Alters auf die Fähigkeit, über Schulterhöhe zu arbeiten, zu erkennen. Die ältesten Mitarbeiter, die über 55 Jahre alt sind, sind zu 54,4 % und somit am häufigsten nicht („nie“) mehr in der Lage, Arbeiten über Schulterniveau ausführen. Ein signifikanter Mittelwertsunterschied ist zur jüngsten Altersgruppe festzustellen, die deutlich häufiger arbeitsmedizinisch dahingehend eingestuft ist, Tätigkeiten über Schulterhöhe „ständig“, also ohne Einschränkungen, ausüben zu können.

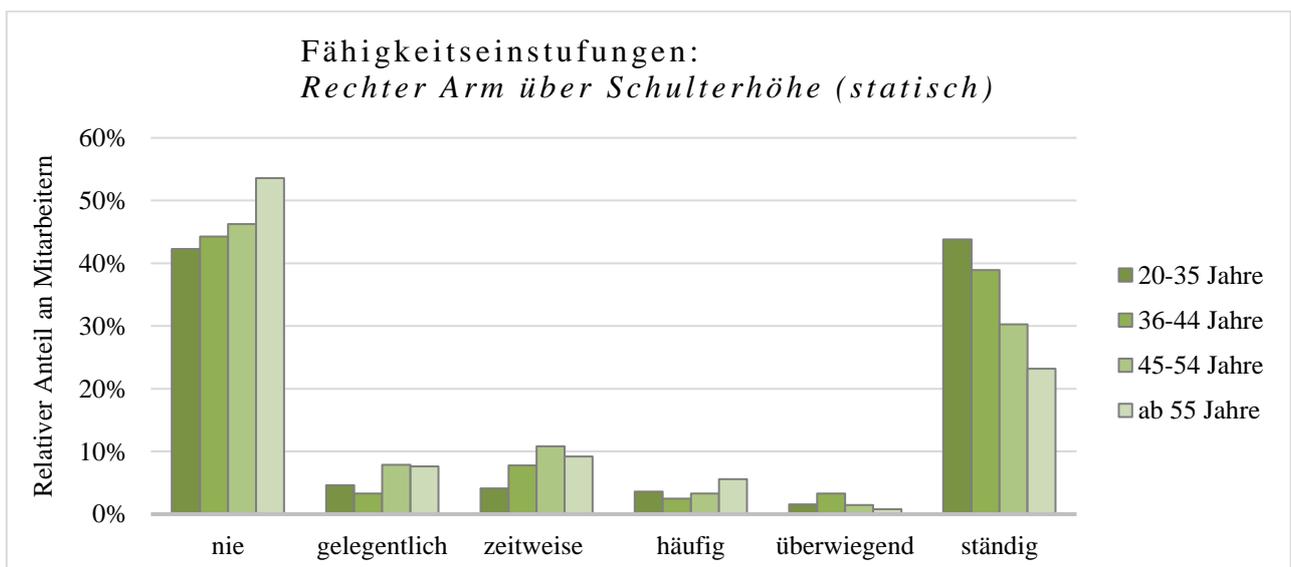


Abbildung 14: Auswertung Fähigkeit "Schulter-Arm - rechter Arm über Schulterhöhe (statisch)" (eigene Darstellung nach Scheller et al., 2015)

## Merkmalskategorie 2: Aktionskräfte / Körperteilbewegungen

In der Merkmalskategorie der Aktionskräfte werden bei allen acht untersuchten Merkmalen signifikante Unterschiede zwischen den Altersgruppen ausgewiesen, wie Tabelle 7 zu entnehmen ist.

Tabelle 7: Ergebnisse der Mittelwertvergleiche für Aktionskräfte / Körperteilbewegungen

Aktionskräfte / Körperteilbewegungen		P-Wert bei H-Test	Signifikante Paarvergleiche bei Mann-Whitney-U-Test ( $p \leq 0,008$ )
Hand-Arm-Finger-System	Rechts leichter Druck durch Finger / Hand (bis 40 N)	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (35-44J>ab55J)
	Links leichter Druck durch Finger / Hand (bis 40 N)	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (35-44J>ab55J)
	Rechts erhöhter Druck durch Finger / Hand (> 40 N) bzw. kraftbetontes Greifen	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (35-44J>ab55J)
	Links erhöhter Druck durch Finger / Hand (> 40 N) bzw. kraftbetontes Greifen	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (35-44J>ab55J)
	Rechts Ein-/Auswärtsdrehen des Unterarmes	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J)
	Links Ein-/Auswärtsdrehen des Unterarmes	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J)
	Hantieren mit kleineren Handwerkzeugen	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J)
Schulter-Arm-Ganzkörper-System: Kraftbetontes Arbeiten an großen Handwerkzeugen		0,023 *	(35-44J>ab55J)

Das Merkmal „Rechts erhöhter Druck durch Finger / Hand (> 40 N) bzw. kraftbetontes Greifen“ wird in Abbildung 15 dargestellt. Diese Fähigkeit ist von hoher Relevanz in der Montage, zum Beispiel beim Eindrücken von Stopfen oder Klipsen.

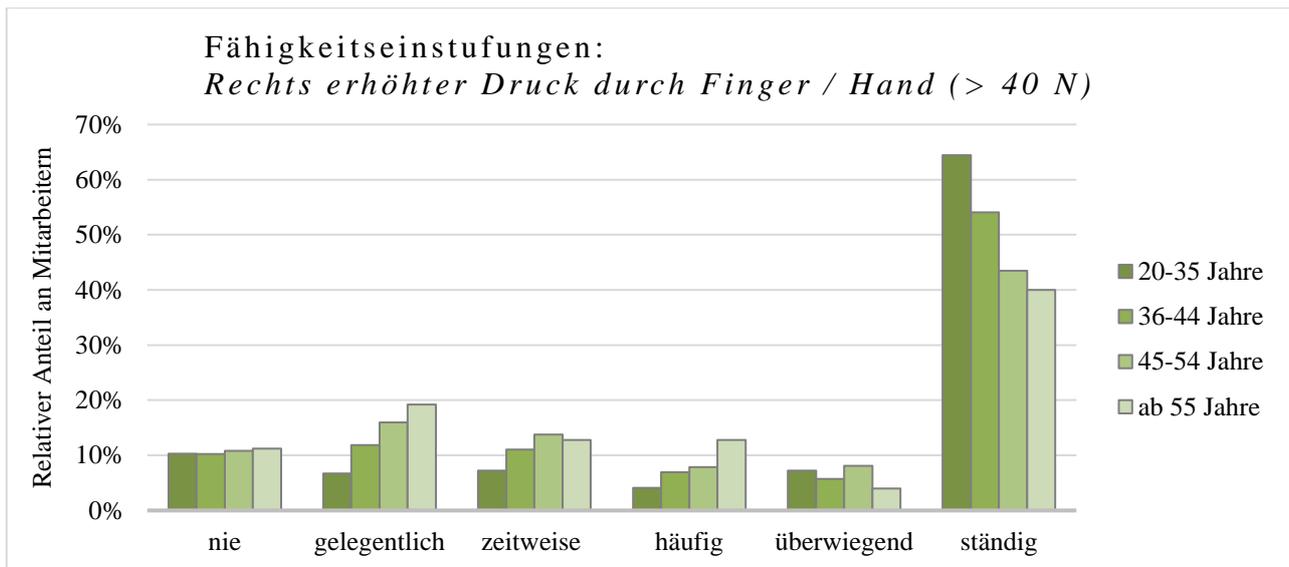


Abbildung 15: Auswertung Fähigkeit "Rechts erhöhter Druck durch Finger / Hand (> 40 N)"

Bei der Betrachtung der verschiedenen Altersgruppen werden speziell bei der Einstufung „ständig“ die Altersabhängigkeiten deutlich. Während 64,4 % der 20 bis 35 Jährigen in der Lage sind, einen erhöhten Druck durch ihre Finger bzw. ihre Hand auszuüben, sind dies in der Gruppe von 45 bis 54 Jahren nur noch 43,3 %. Signifikante Paarvergleiche zwischen den 20 bis 35 Jährigen und denjenigen, die 45 Jahre oder älter sind, untermauern dieses Ergebnis. Bei der Einstufung „nie“ sind die Differenzen allgemein gering; das Fähigkeitsniveau liegt im Durchschnitt der jeweiligen Gruppen bei knapp über 10 %.

### **Merkmalskategorie 3: Manuelle Lastenhandhabung**

Vor allem Arbeitsplätze im Logistikbereich sind durch die Manipulation von Gewichten geprägt. Ebenso stellt die Lastenhandhabung in anderen Gewerken einen festen Tätigkeitsbestandteil dar. Ein Risiko für Schädigungen des muskuloskelettalen Systems entsteht beim Mitarbeiter, wenn dieser schwere Gewichte teils in Kombination mit hoher Frequenz über einen längeren Zeitraum oder in ungünstiger Körperhaltung manuell handzuhaben hat (DIN EN 1005-2). Tabelle 8 zeigt die Auswertung der Merkmale zur manuellen Lastenhandhabung auf. Bei 9 von 10 Merkmalen werden signifikante Mittelwertsunterschiede festgestellt.

Tabelle 8: Ergebnisse der Mittelwertvergleiche für manuelle Lastenhandhabungen

Manuelles Handhaben von Lasten		P-Wert bei H-Test	Signifikante Paarvergleiche bei Mann-Whitney-U-Test ( $p \leq 0,008$ )
Heben & Umsetzen, Tragen, Halten	0 - 5 kg	0,028 *	(35-44J>ab55J)
	5 - 10 kg	0,001 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (36-44J>ab55J)
	10 - 15 kg	0,001 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (36-44J>ab55J)
	15 - 25 kg	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (36-44J>45-54J); (36-44J>ab55J)
	> 25 kg	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (36-44J>45-54J); (36-44J>ab55J)
Ziehen und Schieben	0 - 50 N	0,072 °	keine signifikanten Paarvergleiche
	50 - 100 N	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (36-44J>ab55J)
	100 - 150 N	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (36-44J>45-54J); (36-44J>ab55J)
	150 - 250 N	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (36-44J>45-54J); (36-44J>ab55J)
	> 250 N	0,000 ***	(20-35J>45-54J); (20-35J>ab55J); (36-44J>45-54J); (36-44J>ab55J); (45-54J>ab55J)

In Abbildung 16 werden die Analyseergebnisse für ein Lastgewicht von 5 bis 10 kg abgebildet, das in der Regel – abhängig von der Frequenz und den Eigenschaften des Lastgewichts – ohne technische Hilfsmittel umgesetzt wird.

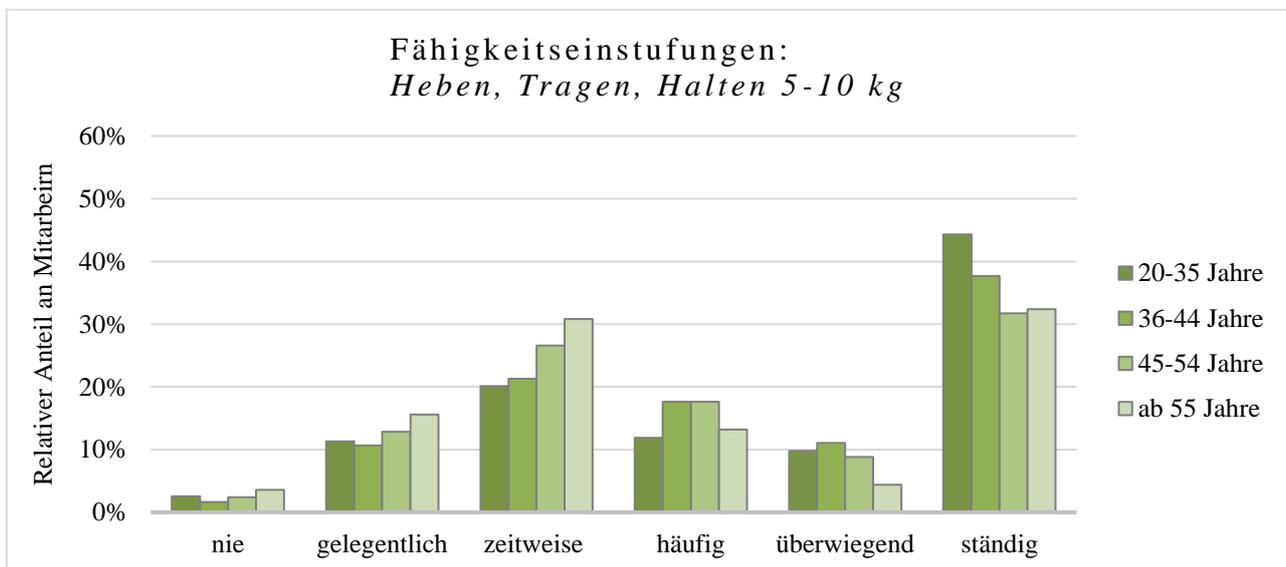


Abbildung 16: Auswertung Fähigkeit "Heben & Umsetzen, Tragen, Halten 5 - 10 kg"

Die geringsten Limitationen können in der Altersgruppe von 20 bis 35 Jahren festgestellt werden (MD = 4,0). Mit zunehmendem Alter erhöht sich die Anzahl an Einschränkungen. In der Altersgruppe von 45 bis 54 Jahren liegt der Median bei 3,0 und bei den Mitarbeitern, die 55 Jahre oder älter sind, bei MD = 2,5. Bezogen auf die Gesamtheit der Mitarbeiter ist der MD = 3,0. Die statistischen Paarvergleiche zeigen, dass signifikante Differenzen zwischen der jüngsten (20 bis 35 Jahre) und den beiden ältesten Mitarbeitergruppen (ab 45 Jahre) bestehen, eine Last zwischen 5 bis 10 kg zu heben, zu halten oder zu tragen.

Bei höheren Lastgewichten sind die Fähigkeiten der Mitarbeiter in allen Altersgruppen geringer. Abbildung 17 zeigt die Auswertung der Fähigkeit, eine Last von 10 bis 15 kg umzusetzen.

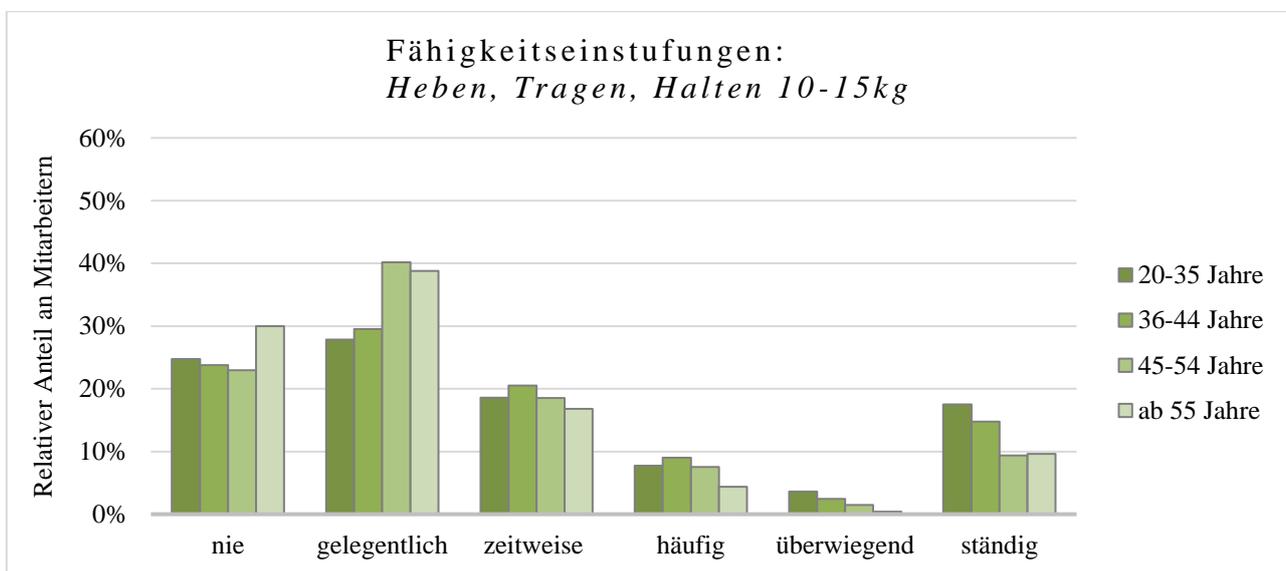


Abbildung 17: Auswertung Fähigkeit "Heben & Umsetzen, Tragen, Halten 10 - 15 kg"

Die Altersgruppe von 20 bis 35 Jahren besitzt die geringsten Einschränkungen unter allen Altersgruppen. Der Median ist jedoch über alle Altersgruppen hinweg gleich (MD = 1,0). Anhand des paarweisen Vergleichs der jüngsten (20 bis 35 Jahre) mit den beiden ältesten Mitarbeitergruppen (ab 45 Jahre) werden ebenso in dieser Lastkategorie signifikante Altersabhängigkeiten festgestellt.

Bei höheren Lasten, die schwerer als 15 kg sind, nimmt das Fähigkeitsniveau deutlich ab. Bei Lasten zwischen 15 bis 25 kg ist der Median über alle Altersgruppen mit 0,0 sehr gering. Eine signifikante Altersabhängigkeit ist weiterhin zu verzeichnen. Diese gilt ebenso für Lasten größer 25 kg. Diesbezüglich werden durchschnittlich 84,3 % der Mitarbeiter dahingehend eingestuft, solch hohe Lasten „nie“ manuell umsetzen zu können. Dies gilt bereits für über drei Viertel der jüngsten Altersgruppe (77,8 %).

---

Ein signifikanter Paarvergleich zwischen den jüngsten (20 bis 35 Jahre) und den beiden ältesten Mitarbeitergruppen (ab 45 Jahre) lässt sich jedoch nicht für das Umsetzen von geringen Lasten von 0 bis 5 kg nachweisen. Der Median liegt bei allen Altersgruppen bei MD = 5,0. Auffällig ist zudem, dass bei keinem der untersuchten Mitarbeiter die vorhandenen Fähigkeiten, solch geringe Lasten umzusetzen, mit „nie“ eingestuft wurden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Fähigkeit, Lasten in diesem Gewichtsbereich zu heben, eine Grundvoraussetzung dafür ist, überhaupt eine Tätigkeit in der Produktion aufnehmen zu können.

Beim „Ziehen und Schieben“ von Lasten ergibt sich ein parallel verlaufendes Muster: Bei den aufzubringenden Kräften von größer 50 N ergeben sich signifikante Differenzen zwischen den jüngsten und den beiden ältesten Mitarbeitergruppen. Lediglich beim „Ziehen und Schieben (0 - 50 N)“ besteht nur eine schwache Tendenz ( $p = 0,072^\circ$ ).

### 3.2.2 Korrelation mit dem Alter

Die bisherigen Ergebnisse lassen einen negativen Zusammenhang zwischen den Variablen „Alter“ und „spezifisches Fähigkeitsmerkmal“ bei Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen vermuten. Dies bedeutet: Je älter ein Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen ist, desto geringer ist tendenziell die Einstufung seiner Fähigkeiten. Die Vermutung bestätigt sich in 31 der 32 untersuchten Fähigkeitsmerkmale; diese sind signifikant negativ mit dem Alter korreliert. Lediglich das Merkmal „Wirbelsäule gebeugt 20° - 60° (statisch)“ besitzt keine Signifikanz, wodurch die Erkenntnis gestützt wird, dass es sich um ein altersunabhängiges Merkmal handelt.

Der Korrelationskoeffizient Kendalls Tau-b ist in allen Fällen sehr schwach. Die jeweiligen Koeffizienten können dem Anhang C entnommen werden. Eine Erklärung für die schwache Korrelation gibt Abbildung 18. Sie stellt exemplarisch die Häufigkeitsverteilung der Fähigkeitsausprägungen für das Merkmal „rechter Arm über Schulterhöhe“ über das Alter der Mitarbeiter dar. Kendalls Tau-b beträgt  $\tau = (-0,103)$ . Es wird ersichtlich, dass Mitarbeiter sowohl im jungen als auch im höheren Alter starke Einschränkungen besitzen; bei beiden Altersgruppen wird oftmals „nie“ im Fähigkeitsprofil vermerkt. Die höhere Anzahl an Datenpunkten im Streudiagramm ist bei den Älteren darauf zurückzuführen, dass für diese mehr Fähigkeitsprofile vorliegen. Eine Aussage, dass bei älteren Mitarbeitern stärkere Einschränkungen vorliegen, ist nicht abzulesen und bestätigt die sehr schwach gemessene Korrelation.

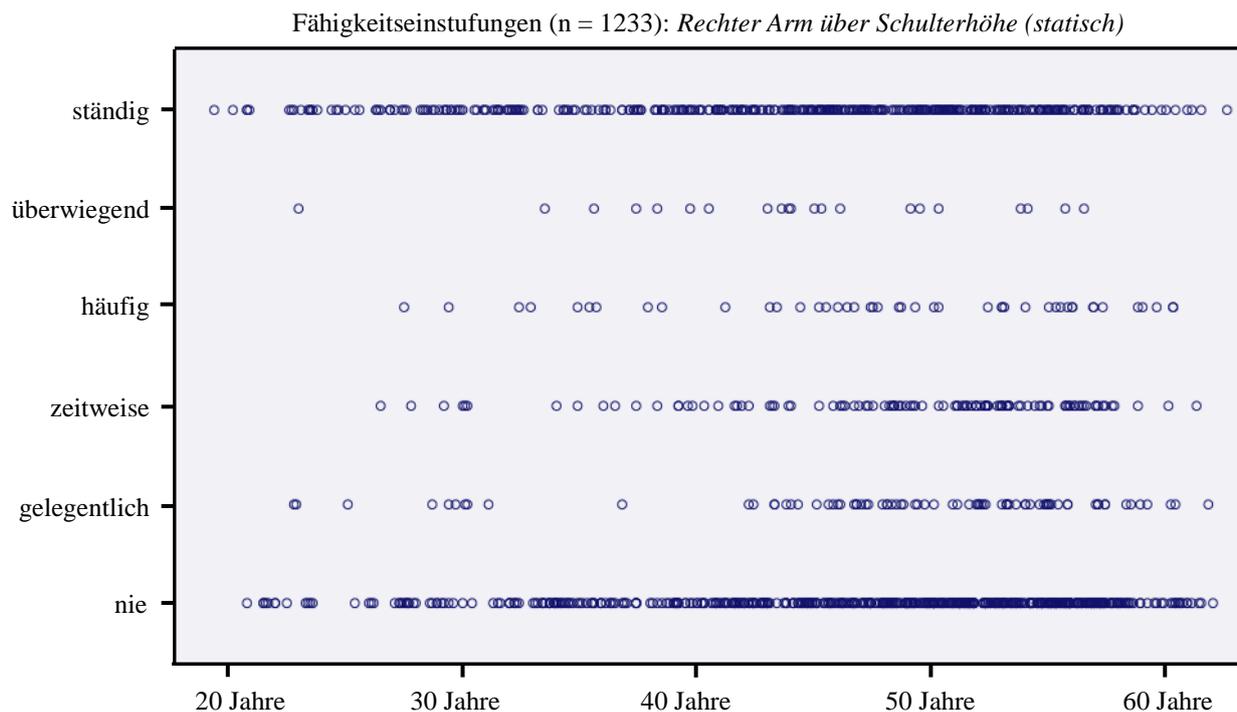


Abbildung 18: Streudiagramm zur Fähigkeit "rechter Arm über Schulterhöhe (statisch)"

In der Skala zur Fähigkeitseinstufung wurden insgesamt 576 Mal „nie“ und 403 Mal „ständig“ durch die Werksärzte angekreuzt. Die anderen Einstufungsmöglichkeiten „gelegentlich“, „zeitweise“, „häufig“ und „überwiegend“ wurden in 254 Fällen gewählt.

Die Fähigkeitsprofilierungen für viele der weiteren Merkmale weisen ein ähnliches Muster auf: Es werden schwerpunktmäßig „nie“ oder „ständig“ vermerkt. Dadurch werden einerseits die Einschränkungen des Mitarbeiters dokumentiert. Andererseits werden die vorhandenen Fähigkeiten des Mitarbeiters und seine Einsatzmöglichkeiten in der Produktion hervorgehoben.

### 3.2.3 Projektion von Fähigkeitsdaten

Anhand der Untersuchung der bestehenden Altersstruktur der Belegschaft ist eine Prognose der zukünftigen Altersstrukturen zulässig (vgl. Kapitel 2.3.2). Datengrundlage ist eine Querschnittsbetrachtung über die bestehende Belegschaft. Für die Durchführung einer Altersstruktursimulation sind Eingangsprämissen zu definieren: Eine Prämisse ist ein gleichbleibender Personalbestand mit einer relativ niedrigen Fluktuationsquote von einem Prozent. Für die Altersstrukturprognose wird zudem angenommen, dass der Eintritt von Mitarbeitern in das Unternehmen sich auf einem konstanten Niveau mit entsprechender Altersverteilung wie beim Ausgangspunkt fortschreibt (unternehmensin-

terne Quelle). Eine Altersstrukturprognose für das Jahr 2022 ist bezüglich des untersuchten Unternehmens in Abbildung 19 dargestellt. Die Extrapolation bezieht sich auf 2012 als Ausgangsjahr, da die Fähigkeitsdaten aus diesem Jahr stammen. Berücksichtigt werden alle Mitarbeiter des Unternehmens, das heißt sämtliche Standorte und sowohl direkte als auch indirekte Bereiche:

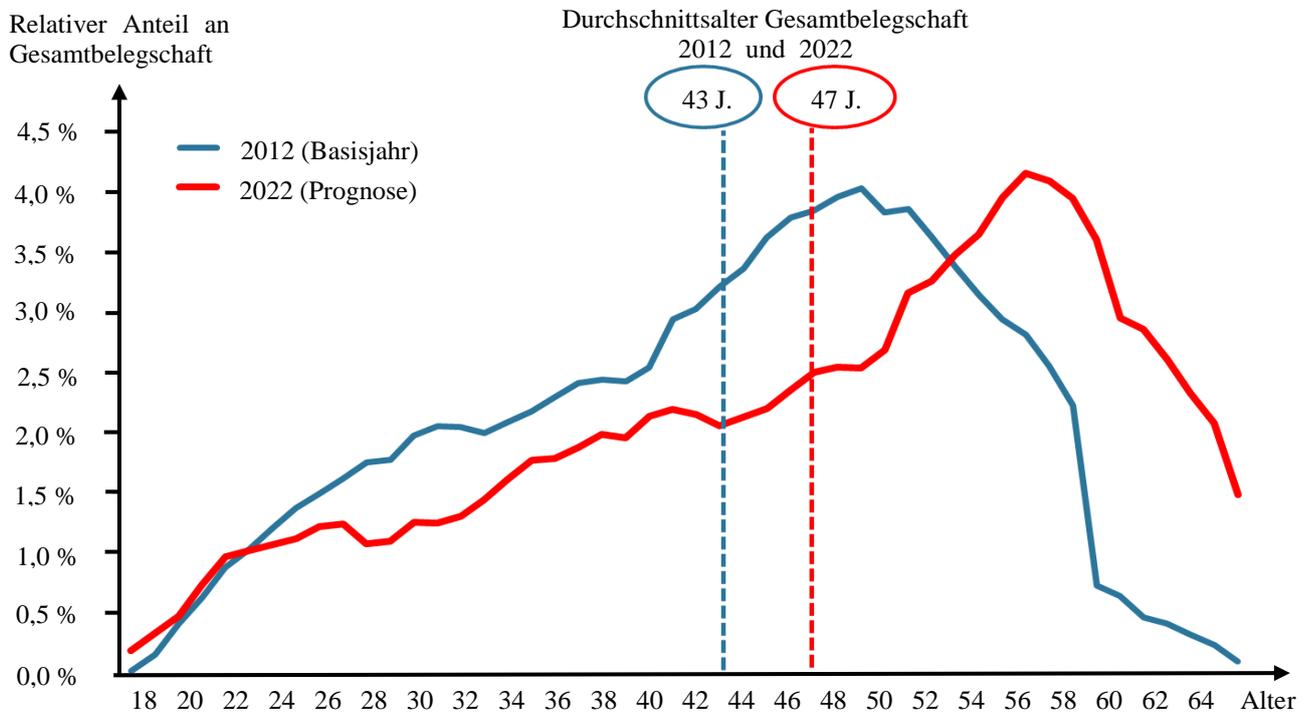


Abbildung 19: Altersstrukturprognose für das Jahr 2022 (eigene Darstellung nach unternehmensinterner Quelle)

Laut Prognose würde das Durchschnittsalter in der Belegschaft insgesamt von 43,2 Jahre in 2012 auf circa 47 Jahre bis 2022 ansteigen. Zur Analyse der strukturellen Veränderung verschiedener Altersklassen in der Belegschaft wird der *Faktor Alter* eingeführt. Dieser beschreibt die Veränderung der Gruppenstärke der jeweiligen Altersklasse von 2022 in Relation zu 2012; er ist wie folgt definiert:

- = 1 Gruppenstärke gleichbleibend
- > 1 Gruppenstärke nimmt prozentual zu
- < 1 Gruppenstärke nimmt prozentual ab

Bezogen auf die der Untersuchung zugrunde liegenden Altersklassen ist der Faktor Alter wie folgt:

- Altersgruppe 1 (20 - 35 Jahre): Faktor Alter = 0,75 ↓
- Altersgruppe 2 (36 - 44 Jahre): Faktor Alter = 0,75 ↓
- Altersgruppe 3 (45 - 54 Jahre): Faktor Alter = 0,77 ↓
- Altersgruppe 4 (ab 55 Jahre): Faktor Alter = 2,36 ↑

Bezogen auf die ersten drei Altersgruppen, also auf Mitarbeiter bis 54 Jahre, wird eine relative Abnahme der Gruppenstärke prognostiziert. Dementsprechend ergibt sich eine relative Erhöhung an Mitarbeitern über 55 Jahren im Unternehmen. Anhand des hohen Faktors von 2,36 wird der Einfluss des demografischen Wandels besonders deutlich.

Der Faktor Alter, der für die Gesamtbelegschaft ermittelt wurde, wird nun auf die Verteilung der einsatzeingeschränkten Mitarbeiter übertragen, da für diese Mitarbeitergruppe keine spezifischen Prognosen vorliegen. Die Projektion von Fähigkeitsdaten erfolgt daher auf Basis der Veränderungen in der Gruppenstärke bezüglich der Gesamtbelegschaft. In einem ersten Schritt zeigt Tabelle 9 eine zukünftige, hypothetische Verteilung von Fähigkeitsprofilen in den Altersgruppen, die auf Basis der strukturellen Veränderungen des Faktors Alter ermittelt wird.

Tabelle 9: Prognostizierte Fähigkeitsprofilverteilung in den Altersgruppen

	20 - 35 Jahre	36 - 44 Jahre	45 - 54 Jahre	ab 55 Jahre	n
Σ Profile 2012	16 %	20 %	44 %	20 %	1233
Σ Profile 2022	11 %	14 %	31 %	44 %	1339

Durch die prognostizierte Altersstruktur würde nicht nur eine starke Verschiebung der Verteilung auf die vierte Altersgruppe stattfinden, auch die Gesamtanzahl an Fähigkeitsprofilen würde sich erhöhen. Die höhere Wahrscheinlichkeit von Fähigkeitseinschränkungen im Alter erklärt diese Entwicklung. Abbildung 20 zeigt exemplarisch potentielle Auswirkungen auf die Fähigkeitsausprägungen für das Merkmal „rechter Arm über Schulterhöhe“:

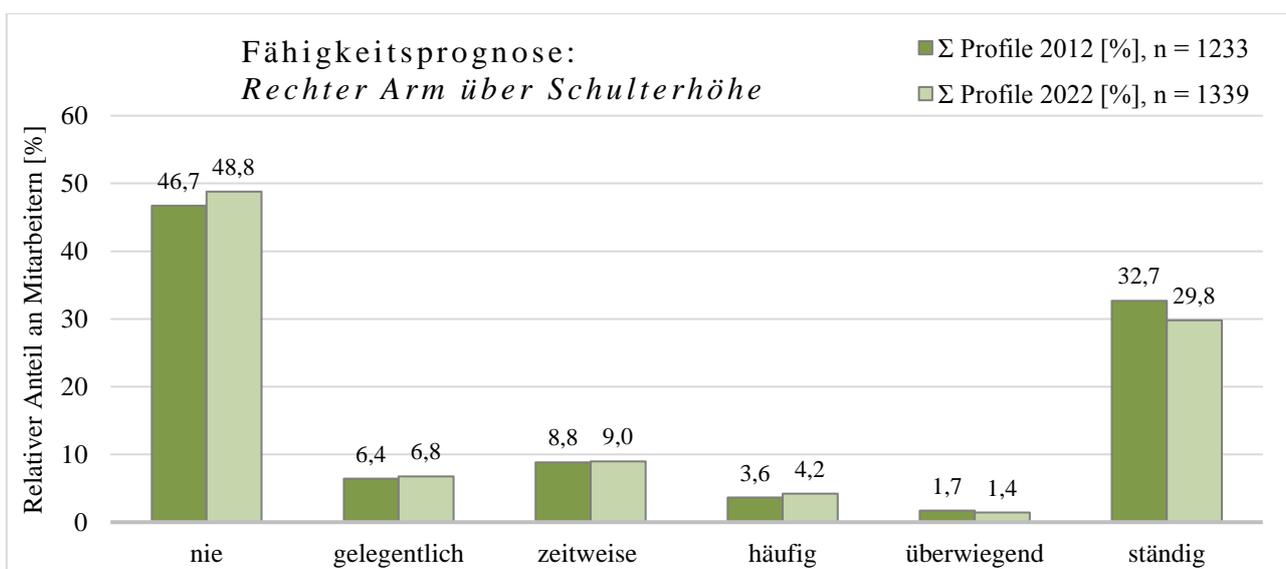


Abbildung 20: Fähigkeitsprognose für Merkmal "rechter Arm über Schulterhöhe"

Da es sich um ein alterssensibles Merkmal handelt, das tendenziell eine Fähigkeitsabnahme im Alter vorsieht, führt die Prognose zu einem allgemein geringeren Fähigkeitsniveau. Das bedeutet, dass im Jahr 2022 der relative Anteil an Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen, der die Fähigkeit „nie“ ausüben kann, höher ist. Demgegenüber sinkt der relative Anteil derjenigen, die eine solche Tätigkeit „ständig“ ausführen können. Entsprechend der Projektion der Fähigkeitsdaten kommen Alterseffekte stärker zum Tragen, wodurch ein weiteres Argument für eine altersgerechte Arbeitsgestaltung im Zuge des demografischen Wandels deutlich wird.

### 3.2.4 Gegenüberstellung mit den Fähigkeiten eines voll leistungsfähigen Kollektivs

Neben der ausschließlichen Betrachtung der Fähigkeiten leistungsgewandelter Mitarbeiter ist ein Vergleich dieser Daten mit einer Stichprobe von Werkern mit voller Leistungsfähigkeit von Interesse. Ein solches Kollektiv wurde bei Rademacher et al. (2013) untersucht. Eine direkte Gegenüberstellung der beiden Studien ist nur eingeschränkt möglich, da die Methodik zur Fähigkeitsdatenerhebung deutliche Unterschiede aufweist. Die Rahmenbedingungen der Untersuchungen werden in Tabelle 10 gegenübergestellt.

Tabelle 10: Gegenüberstellung der Untersuchungsparameter mit der Rademacher-Studie

	Fähigkeitsprofile aus Unternehmen	Studie von Rademacher et al. (2013)
Umfang	1233 Personen	106 Personen
Zeitpunkt	Stand von 2012	abgeschlossen 2010
Anlass	Betriebliche Wiedereingliederung in der Automobilindustrie	Feldstudie in der Automobilindustrie
Inhalt / Vorgehen	- Körperstellungen, -haltungen, - manuelle Lastenhandhabung - Aktionskräfte, Körperteilbewegungen	- Tests physischer Leistungsfähigkeit - Fragebögen - medizinische Untersuchung, - Aktionskräfte
Einstufung	6-stufiges Rating (von „nie“ bis „ständig“ bezogen auf Schichtdauer)	5-stufiges Rating (von „keine“ bis „schwere“ Einschränkung)
Personenmerkmale	- alle Altersstufen - männlich und weiblich - dauerhafte Einsatzeinschränkungen	- „jung“ (20 - 35 J.) und „alt“ (45 - 63 J.) - männlich - voll leistungsfähig

Um die Vergleichbarkeit zu den Ergebnissen der Studie von Rademacher et al. (2013) herzustellen, wird eine Unterteilung in äquivalente Altersgruppen vorgenommen. Zur Erstellung der Gesamtheit der „älteren Werker“ werden die ursprünglichen Unterteilungen „45-54 Jahre“ und „ab 55 Jahre“

---

aufgehoben. Fähigkeitsprofile von Werkern, die älter als 63 Jahre alt sind, liegen nicht vor. Somit ergeben sich zwei Altersgruppen:

- Altersgruppe 1 („jüngere Werker“): 20 bis 35 Jahre (n = 194 Fähigkeitsprofile)
- Altersgruppe 2 („ältere Werker“): 45 bis 63 Jahre (n = 795 Fähigkeitsprofile)

Nach Rademacher et al. (2013) spielt die Mitarbeitergruppe von 36 bis 44 Jahren eine untergeordnete Rolle, da in der Literatur angenommen wird, dass in dieser Altersgruppe keine signifikante Zu- oder Abnahme der körperlichen Leistungsfähigkeit stattfindet.

Anhand des Mann-Whitney-U-Tests werden die Gruppen auf signifikante Fähigkeitsunterschiede in Bezug auf das Alter der Mitarbeiter überprüft. Die Ergebnisse des Paarvergleichs der zwei Altersgruppen sind im Anhang D für die untersuchten physischen Fähigkeiten mit dem jeweiligen Signifikanzniveau ersichtlich. Beim Paarvergleich der Fähigkeitsprofile von leistungsgewandelten Mitarbeitern ergeben sich Unterschiede zu den in Kapitel 2.2.2 vorgestellten Studienergebnissen von Rademacher et al. (2013). Die Auswertung zeigt, dass einsatzeingeschränkte Mitarbeiter bei den meisten Fähigkeiten signifikante Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen aufweisen: Bei 25 von den 32 ermittelten Fähigkeiten existiert ein hoch signifikanter Unterschied zwischen der Fähigkeitseinstufung von „jüngeren“ (20 bis 35 Jahre) und „älteren Werkern“ (45 bis 63 Jahre). Bei Rademacher et al. (2013) wurden in der Gesamtheit weniger Altersabhängigkeiten festgestellt (Scheller et al., 2015). Zudem besitzen beide Studien Gemeinsamkeiten: Das starke Beugen bei Rademacher et al. (2013) und das entsprechende Merkmal „Wirbelsäule gebückt > 60° (statisch)“ in dieser Untersuchung zeigen signifikante Altersabhängigkeiten. Ebenso werden Parallelen in der Kategorie der manuellen Lastenhandhabung deutlich: Hier bestehen sowohl beim voll leistungsfähigen Kollektiv als auch bei Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen signifikante Unterschiede zwischen den betrachteten Altersgruppen bei der Manipulation von Lastgewichten größer 5 kg. Eine Abweichung vom dargestellten Trend ergibt sich in der Kategorie der Körperhaltungen: Beim Merkmal „Wirbelsäule gebeugt 20° - 60° (statisch)“ wird in der hier vorgenommenen Auswertung kein signifikanter Unterschied ausgemacht (vgl. Kapitel 3.2.1); bei Rademacher et al. (2013) hingegen wird eine schwache Tendenz in Bezug auf die Altersabhängigkeit dieses Merkmals ausgewiesen.

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass bei Gegenüberstellung der Studien Gemeinsamkeiten bei den Ergebnissen zu einzelnen Fähigkeitsmerkmalen gefunden wurden. Die Datenlage deutet zudem darauf hin, dass bei einsatzeingeschränkten Mitarbeitern vergleichsweise stärkere Altersabhängigkeiten vorliegen als in einem voll leistungsfähigen Kollektiv. Die Aussagekraft der Resultate ist jedoch aufgrund des unterschiedlichen Studiendesigns reduziert.

### 3.3 Grenzwertbetrachtung von Fähigkeiten

In diesem Unterkapitel wird eine Grenzwertbetrachtung vorgenommen und sowohl „kritische“ als auch „unkritische“ Fähigkeiten von Produktionsmitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen hervorgehoben. Diese Merkmale sind im Zuge der Arbeitsgestaltung zu vermeiden bzw. zu begünstigen. Hierzu erfolgt nun eine differenzierte Betrachtung: Fähigkeitsmerkmale werden als kritisch definiert, wenn sie von mindestens einem Drittel der einsatzeingeschränkten Mitarbeitern „nie“ ausgeführt werden können. In Tabelle 11 werden die Merkmale aufgelistet, bei denen entsprechend häufig die Fähigkeit zur Tätigkeitsausführung nicht mehr vorhanden ist. Bei Arbeitsplätzen mit entsprechenden Arbeitsanforderungen kann es zu Engpässen kommen.

Tabelle 11: „Kritische“ bzw. bei der Arbeitsgestaltung zu vermeidende Merkmale

Merkmal mit zugehöriger Häufigkeit der Einstufung „nie“ im Fähigkeitsprofil	20 - 35 Jahre	36 - 44 Jahre	45 - 54 Jahre	ab 55 Jahre	Gesamt
1) Heben, Tragen, Halten: > 25 kg	77,8 %	78,7 %	86,8 %	89,2 %	84,3 %
2) Ziehen und Schieben: > 250 N	70,1 %	70,5 %	80,7 %	88,0 %	77,9 %
3) Heben, Tragen, Halten: 15 - 25 kg	62,9 %	61,9 %	71,6 %	75,2 %	69,0 %
4) Ziehen und Schieben: 150 - 250 N	42,8 %	45,1 %	56,3 %	64,8 %	53,7 %
5) Wirbelsäule: gebeugt 20 - 60°	52,1 %	49,6 %	51,2 %	50,4 %	50,9 %
6) Rechter Arm über Schulterhöhe	42,3 %	44,3 %	46,2 %	53,6 %	46,7 %
7) Rechter Arm über Kopf	35,6 %	39,8 %	47,0 %	54,4 %	45,3 %
8) Linker Arm über Kopf	36,1 %	38,1 %	46,6 %	52,4 %	44,4 %
9) Wirbelsäule: gebückt > 60°	34,5 %	43,0 %	45,7 %	47,2 %	43,7 %
10) Arbeiten an großen Handwerkzeugen	38,1 %	35,7 %	38,3 %	44,0 %	38,9 %
11) Wirbelsäule: Torsion > 30°	33,5 %	37,7 %	38,9 %	42,4 %	38,5 %
12) Wirbelsäule: seitl. Rumpfneigung >20°	33,0 %	35,7 %	37,8 %	42,8 %	37,6 %

Unkritische Fähigkeiten wiederum sind diejenigen Fähigkeiten, bei denen möglichst wenige Mitarbeiter Einsatzeinschränkungen besitzen. Tabelle 12 bietet eine Rangfolge der Merkmale, bei denen nur selten die Einstufung „nie“ in den vorliegenden Fähigkeitsprofilen vermerkt wurde. Die entsprechenden Anforderungen sind an den Arbeitsplätzen bevorzugt einzuplanen, da diese für die meisten Mitarbeiter problemlos zu bewältigen sind.

Tabelle 12: „Unkritische“ bzw. bei der Arbeitsgestaltung vorzusehende Merkmale

Merkmal mit zugehöriger Häufigkeit der Einstufung „nie“ im Fähigkeitsprofil	20 - 35 Jahre	36 - 44 Jahre	45 - 54 Jahre	ab 55 Jahre	Gesamt
1) Heben, Tragen, Halten: 0 - 5 kg	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
2) Bein-System: Sitzen	0,0 %	0,0 %	0,2 %	0,0 %	0,1 %
3) Bein-System: Gehen	1,0 %	1,0 %	0,0 %	0,0 %	0,2 %
4) Bein-System: Stehen	0,5 %	0,4 %	0,2 %	0,0 %	0,2 %
5) Ziehen und Schieben: 0 - 50 N	1,5 %	0,4 %	0,0 %	0,0 %	0,3 %
6) Rechts Ein- / Auswärtsdrehen Unterarm	0,5 %	0,4 %	0,4 %	0,8 %	0,5 %
7) Rechts leichter Druck bis 40 N	1,0 %	0,0 %	0,6 %	0,8 %	0,6 %
8) Links leichter Druck bis 40 N	1,5 %	0,0 %	0,4 %	0,8 %	0,6 %
9) Hantieren mit kleineren Handwerkzeugen	1,0 %	1,2 %	0,7 %	0,4 %	0,8 %
10) Links Ein- / Auswärtsdrehen Unterarm	1,5 %	0,4 %	1,3 %	1,2 %	1,1 %
11) Ziehen und Schieben: 50 - 100 N	2,6 %	1,6 %	1,7 %	3,2 %	2,1 %
12) Heben, Tragen, Halten: 5 - 10 kg	2,6 %	1,6 %	2,4 %	3,6 %	2,5 %

Die Häufigkeit stellt jedoch allgemein noch keine Aussage über die Relevanz der kritischen bzw. unkritischen Fähigkeiten für die Tätigkeiten in der Produktion und den fähigkeitsgerechten Einsatz von Mitarbeitern dar. Als Beispiel sei das Heben, Tragen, Halten mit Lastgewichten > 25 kg angeführt, das nach DIN EN 1005-2 das maximale Lastgewicht für den allgemeinen beruflichen Gebrauch übersteigt. Ein Ausführen dieser Tätigkeit ist selbst in Einzelfällen nicht vorgesehen.

### 3.4 Gegenüberstellung der Fähigkeitsdaten und der Arbeitsplatzanforderungen

Für eine realistische Einschätzung, ob vorliegende Einsatzeinschränkungen von Mitarbeitern ein Hindernis beim fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz darstellen, ist der Vergleich mit den tatsächlichen Arbeitsplatzanforderungen in der Produktion notwendig; diese werden in den Anforderungsprofilen beschrieben. Hierzu findet nachfolgend eine kollektive Gegenüberstellung von Fähigkeits- mit Anforderungsprofilen statt. Erst dann kann eine verlässliche Aussage über das Vorliegen eines möglichen Gestaltungseingpasses getroffen werden.

Bei der isolierten Betrachtung der 6297 vorliegenden Anforderungsprofile wird deutlich, dass die meisten Anforderungsmerkmale allgemein als eher niedrig in Bezug zur Schichtdauer eingestuft werden: Es werden vornehmlich die ersten drei Ausprägungen „nie“, „gelegentlich“ oder „zeitweise“ in

der Zeitskala angekreuzt. Eine Ausnahme bilden die häufig vorkommenden Tätigkeitsinhalte „Stehen“, „Gehen“ und „Sitzen“, denen längere Schichtanteile nach der Skala zugerechnet werden. Eine vollständige deskriptive Ergebnisdarstellung befindet sich in Anhang E. Beim Vergleich der 6297 Anforderungsprofile mit den 1233 Fähigkeitsprofilen wird ersichtlich, dass die noch vorhandenen Fähigkeiten der einsatzeingeschränkten Mitarbeiter zumeist ausreichen, um die Arbeitsplatzanforderungen zu bewältigen. Somit bestehen bei diesen Merkmalen gute Chancen, einen wertschöpfenden Einsatz für die betrachtete Personengruppe unabhängig vom Alter zu ermöglichen. Lediglich zwei der 32 Merkmale stellen Ausnahmen dar: Erstens die Fähigkeit des leichten statischen Beugens der Wirbelsäule von 20° bis 60°; zweitens das Arbeiten mit dem rechten Arm über Schulterhöhe, worauf in Abbildung 21 näher eingegangen wird:

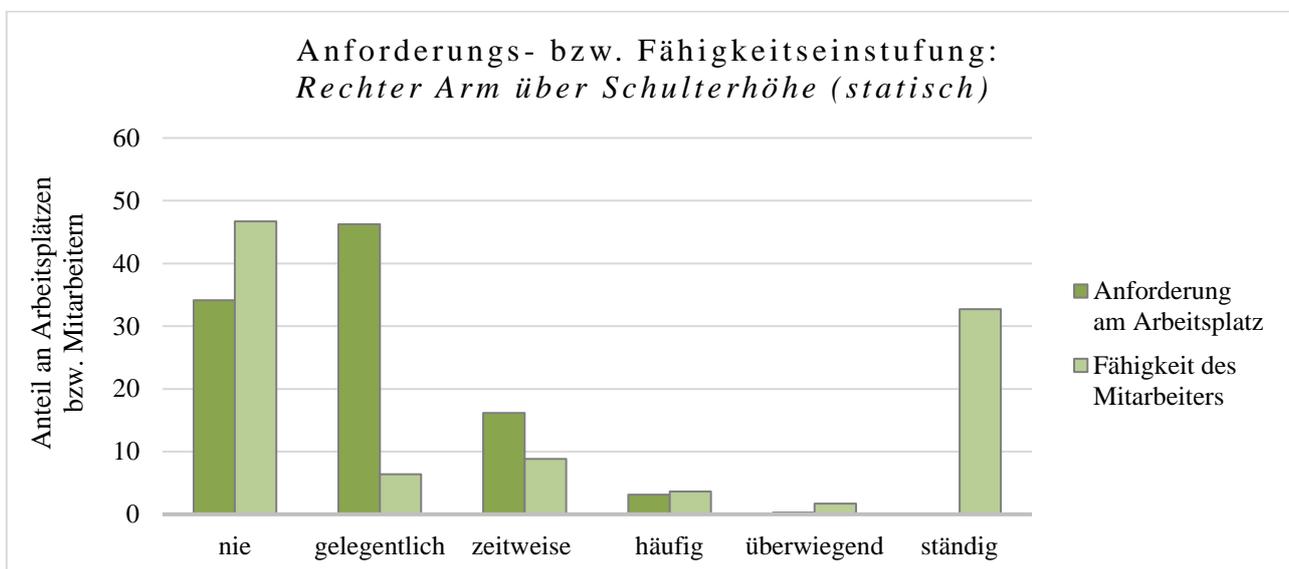


Abbildung 21: Vergleich von Anforderungen und Fähigkeiten eines spezifischen Merkmals (eigene Darstellung nach Scheller et al., 2015)

Die deskriptive Analyse der Fähigkeit „Rechter Arm über Schulterhöhe (statisch)“ zeigt, dass circa ein Drittel (34 %) der eingestuften Mitarbeiter keine bzw. nur sehr geringe Einschränkungen (Einstufung: überwiegend, ständig) im Bereich der Überschulterarbeit besitzen. Andererseits wird festgestellt, dass knapp die Hälfte der Werker (47 %) diese Tätigkeit „nie“ ausführen können und diesbezüglich starke Einschränkungen besitzen. Gleichzeitig zeigt die Auswertung der Anforderungsprofile, dass die Anforderungen an den Arbeitsplätzen zu 34 % mit „nie“ bewertet werden. Der relative Anteil an Arbeitsplätzen, die kein Arbeiten über Schulterhöhe erfordern, ist somit niedriger als der relative Anteil der Personen, die einen solchen Arbeitsplatz benötigen würden.

---

Ebenso wie bei dem Merkmal „Wirbelsäule gebeugt 20° - 60° (statisch)“ würden somit die Anforderungen der Arbeitsplätze das durchschnittliche Fähigkeitsniveau der Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen überschreiten. In solchen Fällen wird von einem gestalterischen Engpass gesprochen. Es besteht somit Handlungsbedarf, um das Gleichgewicht zwischen Fähigkeiten und Anforderungen herzustellen.

### **3.5 Schlussfolgerungen**

Die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche des Kruskal-Wallis-Tests (H-Test) für alle untersuchten physischen Merkmale des Fähigkeitsprofils zeigen, dass einsatzeingeschränkte Mitarbeiter bei den meisten Fähigkeiten signifikante Unterschiede zwischen den vier betrachteten Altersgruppen aufweisen. Die Auswertung ergibt, dass bei 25 von den 32 ermittelten Fähigkeiten ein hoch signifikanter Unterschied bei der Verteilung der Fähigkeitsausprägungen zwischen den Gruppen existiert. Weitere vier Fähigkeitsmerkmale weisen signifikante Unterschiede auf. Bei drei Merkmalen bestehen keine signifikanten Differenzen.

Bei der kollektiven Gegenüberstellung der Fähigkeiten von Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen und den Anforderungen der Arbeitsplätze ergibt sich bei den Merkmalen „rechter Arm über Schulterhöhe“ und „gebeugt 20° - 60° (statisch)“, dass im Verhältnis mehr Arbeitsplätze dieses Merkmal erfordern als Mitarbeiter in der Lage sind, diese Tätigkeit auszuführen. Das Ergebnis wird jedoch dadurch relativiert, dass nur Fähigkeitsdaten von einsatzeingeschränkten Mitarbeitern betrachtet wurden, die einen geringen Anteil der Belegschaft repräsentieren. Mitarbeiter mit voller Leistungsfähigkeit wurden nicht berücksichtigt. Dennoch besteht bei den genannten Merkmalen eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für einen gestalterischen Engpass. Die Passung von Mitarbeiterfähigkeiten und Arbeitsbedingungen sollte bezogen auf diese Merkmale besonders im Blick des Unternehmens stehen.

Anknüpfend an die Thematik wird im vierten Kapitel ein praxisnaher Lösungsansatz entwickelt. Ferner werden die Ergebnisse der statistischen Analyse der Fähigkeitsdaten in Kapitel 5 vertiefend diskutiert.

---

---

## 4 Entwicklung eines Konzepts zur Ableitung ergonomischer Gestaltungslösungen

---

Die Unternehmen in der Fahrzeugindustrie setzen zunehmend auf eine kontinuierliche Verbesserung der Ergonomie in der Produktion. Die ergonomische Gestaltung von Arbeitsplätzen wird zum festen Bestandteil des Produktentstehungsprozesses; konzeptive als auch korrektive Maßnahmen werden umgesetzt. Im Zuge des demografischen Wandels sind jedoch weitere Schritte notwendig, um die Arbeitsfähigkeit der Belegschaft zu erhalten. Die Altersstrukturen und Fähigkeitsspektren der Belegschaftsgruppen sind differenziert zu betrachten (Abele & Reinhart, 2011). Ausgehend von den identifizierten Gestaltungsengpässen in der Produktion wird in diesem Kapitel ein Konzept entwickelt, das die Fähigkeitsentwicklung der Mitarbeiter im Alter berücksichtigt und ergonomische Lösungsvorschläge ableitet, die in verschiedenen Phasen des PEP greifen. Ein fähigkeitsgerechter und wertschöpfender Einsatz aller Mitarbeiter soll dadurch zukünftig gewährleistet werden.

### 4.1 Ansatzpunkte einer systematischen Arbeitsgestaltung

Für die Entwicklung des Konzepts ist es grundlegend, die abzuleitenden ergonomischen Maßnahmen zu strukturieren und weiterführend zu priorisieren. Ein systematisches Vorgehen zeigt das sogenannte TOP-Prinzip auf, das technische (T), organisatorische (O) und persönliche (P) Maßnahmen vorsieht. Es unterteilt mögliche Ansatzpunkte zur Arbeitsplatzgestaltung im Arbeitssystem bezüglich der Dimensionen Arbeitsplatz, Arbeitsorganisation sowie der Arbeitsperson selbst. Darauf aufbauend erfolgt in Kapitel 4.1.2 eine Zuordnung dieser Dimensionen zu den Phasen des PEP.

Für mögliche Ansatzpunkte zur Arbeitsplatzgestaltung ist es sinnvoll, die Belastungsfaktoren, die an einem Arbeitsplatz auftreten, zu sammeln und zu kategorisieren. Grundsätzlich wird zwischen physischen und psychischen Belastungsfaktoren, wie in Tabelle 13 dargestellt, differenziert:

Tabelle 13: Physische und psychische Belastungsfaktoren (eigene Darstellung nach Kugler et al., 2015)

Physische Belastungsfaktoren	Psychische Belastungsfaktoren
<ul style="list-style-type: none"><li>• Körperstellungen, -haltungen</li><li>• Manuelle Lastenhandhabung</li><li>• Aktionskräfte, Körperteilbewegungen</li><li>• Repetitive Kräfte</li><li>• Umgebungsfaktoren (Beispiele: Hitze, Lärm, schlechte Beleuchtungsverhältnisse)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Unter-/ Überforderung (durch die Aufgabe oder den Verantwortungsbereich)</li><li>• Soziale Kontaktmöglichkeiten am Arbeitsplatz, Arbeitsklima</li><li>• Mobilitätsanforderungen</li></ul>

---

Die genannten Belastungsfaktoren gehen über die im Fähigkeitsprofil gelisteten Merkmale hinaus und ermöglichen so eine weiterführende Analyse. Hinsichtlich einer altersgerechten Arbeitsgestaltung sollten zusätzlich körperlich anstrengende, einseitige Routinetätigkeiten unter Taktbindung und hohem Zeitdruck sowie Schicht- und Nachtarbeit vermieden werden. Diese sind als „alternskritisch“ anzusehen, da sie auf Dauer Gesundheitsschäden oder Qualifikationsverluste verursachen und den Mitarbeiter „vorzeitig altern“ lassen (Huber, 2002). Die Analyse von Belastungsfaktoren ist der Ausgangspunkt, um die Belastungen im Zuge der Arbeitssystemgestaltung zu reduzieren.

#### 4.1.1 Strukturierung der Arbeitsgestaltung nach dem TOP-Prinzip

Grundlegend für die Arbeitssystemgestaltung, also die Auslegung von Arbeitsstätten, Arbeitsumgebung und Arbeitsmitteln, ist das Arbeitsschutzgesetz mit den damit verbundenen Verordnungen (vgl. Kapitel 2.1.3). Im Arbeitsschutzgesetz verankert ist das TOP-Prinzip der Arbeitssicherheit. Nach §4 ArbSchG ist die Arbeit derart zu gestalten, dass *„eine Gefährdung für das Leben sowie die physische und die psychische Gesundheit möglichst vermieden und die verbleibende Gefährdung möglichst gering gehalten wird“* (§4 ArbSchG, Abs. 1). Folgende Grundsätze sind dabei zu beachten: *„Gefahren sind an ihrer Quelle zu bekämpfen“* (§4 ArbSchG, Abs. 2); *„individuelle Schutzmaßnahmen sind nachrangig zu anderen Maßnahmen“* (§4 ArbSchG, Abs. 5) und *„den Beschäftigten sind geeignete Anweisungen zu erteilen“* (§4 ArbSchG, Abs. 7). In dem bewährten Interventionskonzept sind demnach vorrangig technische, sprich konstruktive Maßnahmen, vorzusehen. Sofern technische Lösungen nicht möglich oder ausreichend sind, sind organisatorische Maßnahmen einzuleiten. Hier wird zum Beispiel geregelt, dass Personen sich nicht bzw. nicht durchgängig im Gefahrenbereich aufhalten, was einer räumlich-zeitlichen Trennung entspricht (Pieper & Vorath, 2005). Diesen Lösungen nachrangig sind personenbezogene Maßnahmen, nach denen persönliche Schutzeinrichtungen oder Verhaltensregeln angewendet werden. Gemäß diesen leistet die Arbeitsperson im Sinne des Arbeitsschutzes selbst einen aktiven oder passiven Beitrag zur Sicherheit des Arbeitssystems (Schlick et al., 2010). Weiterführend wird der TOP-Ansatz zum STOP-Prinzip erweitert. Das „S“ steht für Substitution, sprich Ersatz. Die effektivste Maßnahme ist schließlich, die Gefährdung gänzlich zu vermeiden oder zu eliminieren (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2014).

Die Maßnahmenhierarchie des Arbeitsschutzes ist in Abbildung 22 ersichtlich und gut am Beispiel gesundheitsgefährdender Stoffe zu veranschaulichen:



Abbildung 22: Maßnahmenhierarchie des Arbeitsschutzes (eigene Darstellung nach Berufsgenossenschaft Holz und Metall, 2015)

Die beste Lösung ist, gesundheitsgefährdende Stoffe durch harmlosere zu ersetzen (Berufsgenossenschaft Holz und Metall, 2015). Falls keine Substitution realisierbar ist, sollte zu sicherheitstechnischen Maßnahmen übergangen werden. Prämisse der sicherheitstechnischen Gestaltung ist die gefahrlose Technik oder die unbedingt wirkende Sicherheitstechnik, bei denen Gefährdungen bereits im Vorfeld ausgeschlossen werden können (Luczak, 1993). Die zweite Maßnahmenstufe ist die gängigste in der Praxis. Bezogen auf das Beispiel könnten durch das Anbringen einer Absaugung subjektiv sichere Arbeitsbedingungen erreicht werden. Gegebenenfalls nachfolgende organisatorische Maßnahmen verfolgen das Ziel, die Exposition der Mitarbeiter gegenüber der Gefahrenquelle möglichst kurz und die Zahl der exponierten Mitarbeiter gering zu halten. Ein Beispiel dafür sind Personal- oder Tätigkeitswechsel (Berufsgenossenschaft Holz und Metall, 2015).

Wenn eine Umsetzung einer gefahrlosen oder unbedingt wirkenden Sicherheitstechnik nicht durchführbar ist oder noch Gefahrenquellen verbleiben, sind bedingt wirkende Sicherheitstechniken in Form von persönlichen Maßnahmen zu realisieren (Luczak, 1993). Diese vierte Hierarchiestufe beinhaltet die Nutzung persönlicher Schutzausrüstung (PSA), wie das Tragen einer Atemschutzmaske (Berufsgenossenschaft Holz und Metall, 2015). Die Wirkung von PSA ist abhängig von der Anwendung durch den Mitarbeiter. Deshalb sollten Unternehmen die Verwendung von PSA durch die Arbeitsbedingungen und Arbeitsorganisation sowie verhaltensbezogene Maßnahmen unterstützen (Luczak, 1993). Nach §12 ArbSchG ist der Arbeitgeber dazu angehalten, stets eine Sicherheitsunterweisung durchzuführen. §15 ArbSchG nimmt wiederum die Arbeitnehmer in die Pflicht, gemäß der Unterweisung und Weisung des Arbeitgebers für die eigene Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit zu sorgen. Verhaltensbezogene Maßnahmen bilden die unterste Hierarchiestufe und sind für sich allein genommen kaum wirksam. Durch das alleinige Anbringen eines Schildes mit dem Hinweis auf

---

die Gefahr wird ein Unfall nur bedingt verhindert. Somit stellen sie eine Ergänzung der vorangegangenen Schritte dar, die die Arbeitsperson zum Beispiel anhalten, die persönliche Schutzausrüstung korrekt zu tragen (Berufsgenossenschaft Holz und Metall, 2015). Begleitend erfolgen arbeitsmedizinische Präventionsmaßnahmen, wonach für Mitarbeiter, die Gefahren über einen längeren Zeitraum ausgesetzt sind, Vorsorgeuntersuchungen verpflichtend sind: Beispielsweise setzt die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) die G20 Vorsorgeuntersuchung für Beschäftigte in Lärmbereichen fest.

Das TOP-Prinzip der Arbeitssicherheit sowie die Maßnahmenhierarchie des Arbeitsschutzes zeigen einen Weg auf, Maßnahmen zu strukturieren und zu priorisieren. Dieser Weg wird in der Konzeption weiter verfolgt. Eine Übertragung des Prinzips auf das Feld der Arbeitswissenschaft ist hierfür von Nutzen und wird durch die „Kerndefinition“ der Arbeitswissenschaft nach Luczak und Volpert (1987) geleistet: Per Definition setzt sich die Arbeitswissenschaft unter anderem mit der systematischen Gestaltung der technischen, organisatorischen und sozialen Bedingungen von Arbeitsprozessen auseinander (Luczak & Volpert, 1987). Diese dreigliedrige Unterteilung wird zur Kategorisierung von Maßnahmen in der Konzeption angewendet. Demnach werden folgende Arten der Arbeitsgestaltung differenziert:

- Technische Arbeitsgestaltung (T)
- Organisatorische Arbeitsgestaltung (O)
- Personenbezogene Gestaltung (P)

Nachfolgend werden auf mögliche Ansatzpunkte und Stellhebel der Kategorien eingegangen.

### **Technische Arbeitsgestaltung**

Die körperliche Belastung, die während der Tätigkeitsausübung auf den Mitarbeiter wirkt, wird durch die Ausprägung der verschiedenen physischen Belastungsfaktoren festgelegt. Im Verlauf des PEP kann auf verschiedene belastungsrelevante Planungsparameter Einfluss genommen werden. Stellhebel technischer Art sind, wie in Tabelle 14 gelistet, vorrangig die Produktkonstruktion und Arbeitsplatzgestaltung:

Tabelle 14: Belastungsrelevante Planungsparameter technischer Art (eigene Darstellung nach Kugler et al., 2010)

Produktkonstruktion	Arbeitsplatzgestaltung
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produktgeometrie / -gewicht</li> <li>• Teilegeometrie / -gewicht (Stückliste)</li> <li>• Fügeoperationen / Montageschritte</li> <li>• Fügekräfte / Drehmomente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitshöhe / -tiefe (inkl. Materialbereitstellung)</li> <li>• Zugangsrichtungen / Greifbedingungen</li> <li>• Umgebungseinflüsse</li> </ul>

Eine klare Abgrenzung zu belastungsrelevanten Planungsparametern organisatorischer Art, die anschließend vorgestellt werden, ist nicht immer gegeben; oftmals überschneiden sich die Stellhebel. Es wird nun auf ausgewählte Empfehlungen zur technischen Arbeitsgestaltung eingegangen:

- Die Teilegeometrie mit den Einflussgrößen Form, Ausdehnung, Abmessungen und Seitenverhältnisse gibt die einzunehmende Körperhaltung vor. Kleinere Teile können körpernah und im Sitzen gefügt werden; Arbeitsschritte an größeren Teilen sind dagegen in der Regel stehend auszuführen (Wiendahl et al., 2010). Kompakte Werkstücke mit niedrigem Gewicht ermöglichen eine gute Positionierung des Lastgewichts zum Körper. Infolge dessen wird die eingenommene Körperhaltung bei Umsetzvorgängen verbessert (Bierwirth, 2012).
- Eine durchdachte Produktkonstruktion senkt die Anzahl durchzuführender Montageschritte und verringert die aufzubringenden Kräfte. Durch die Zunahme an einsatzeingeschränkten Mitarbeitern besteht unter anderem der Bedarf, aufzuwendende Körperkräfte im Rahmen der Arbeitsgestaltung zu senken (Bruder, 2013). Ein exemplarischer Lösungsansatz sind Clipverbindungen mit deutlich verringerten Eindrückkräften bei einer vergleichsweise stabilen Fixierung der Bauteile.
- Die Arbeitsmittel sollten eine gute Produktgestaltung durch einfache Handhabbarkeit, geringe Rückstellkräfte, geringe Vibrationen, geringes Gewicht und niedrige Lärmemission gewährleisten. Insbesondere die günstige Handhabbarkeit von oftmals kostenintensiven Handhabungsgeräten sollte beachtet werden, da beispielsweise eine umständliche Zweihandbedienung die Nutzungsfrequenz aufgrund mangelnder Akzeptanz senkt (Kugler et al., 2015).
- Die Arbeitshöhe und -tiefe sollten aufgrund der unterschiedlichen anthropometrischen Maße der Mitarbeiter möglichst individuell einstellbar sein, zum Beispiel durch verstellbare Arbeitstische und Regale mit variablen Greifräumen. Altersbedingte Veränderungen, wie eine abnehmende Körpergröße im Alter bei einer tendenziellen Zunahme des Körperumfangs, sollten ebenso wie körperliche Einschränkungen beachtet werden (Kugler et al., 2015). Adaptive bzw. individuell einstellbare Arbeitsplätze sind jedoch mit entsprechenden Kosten verbunden (Bruder, 2012).

- Um einseitige Belastungen, wie statisches Stehen, zu reduzieren, können Steh- und Sitzhilfen installiert werden (Prasch, 2010). Ein trittelastischer Fußboden, beispielsweise aus Holz, sowie arbeitssicherheitskonforme Fußmatten erleichtern das Gehen (Kugler et al., 2015).
- Der Einsatz von Hilfsmitteln ist in der manuellen Endmontage eines Fahrzeugs häufig notwendig, da die Belastungen durch das Produktionssystem vorgegeben sind. Hänge-Dreh-Förderer mit individueller Höhen- und Neigungsverstellung reduzieren statische Überkopparbeiten oder Zwangshaltungen aufgrund von schwer zugänglichen Bauteilen. Bei hohen Lasten bzw. Kräften unterstützen Handhabungssysteme, Werkzeugunterstützungen oder Produktionssassistentensysteme, beispielsweise zum Fixieren von Clipverbindungen, den Mitarbeiter (Spanner-Ulmer et al., 2009).
- Bei den Umgebungseinflüssen sollte gerade im Hinblick auf eine älter werdende Belegschaft einer guten Beleuchtung und dem Lärmschutz eine besondere Bedeutung beigemessen werden. Der im Alter abnehmenden Akkommodationsfähigkeit kann durch eine erhöhte Beleuchtungsstärke mit wenigen Helligkeitsdifferenzen entgegengewirkt werden. Die abnehmende Blendempfindlichkeit ist beispielsweise bei der Anbringung von Kontrollleuchten an Anlagen und Maschinen zu berücksichtigen. Ebenso vermindert sich im Alter das Hörvermögen, insbesondere bei hohen Tonlagen. Bei Warnsignalen oder notwendiger Kommunikation ist dies zu beachten. Ältere Mitarbeiter werden zudem lärmempfindlicher, weswegen technische Maßnahmen zum Lärmschutz im Rahmen der Wirtschaftlichkeit umzusetzen sind (Kugler et al., 2015).

### Organisatorische Arbeitsgestaltung

Stellhebel organisatorischer Art, die im Verlauf des PEP determiniert werden, sind in Tabelle 15 ersichtlich:

Tabelle 15: Belastungsrelevante Planungsparameter organisatorischer Art (eigene Darstellung nach Kugler et al., 2010)

Projekt-/Auftragsinformation	Ablaufplanung	Personalplanung
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stückzahl</li> <li>• Varianten</li> <li>• Sequenz / Losgröße / Kundentakt</li> <li>• Verpackung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montagekonzept / Layout</li> <li>• Tätigkeiten und Ablauf</li> <li>• Stationsanzahl / Austaktung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitarbeiteranzahl</li> <li>• Mitarbeiterauswahl</li> <li>• Mitarbeiterzuweisung</li> <li>• Rotationsmuster</li> </ul>

---

Eine Vielzahl der Planungsparameter hat einen Einfluss auf die Häufigkeiten bzw. die Dauer bei der Tätigkeitsausübung durch den Mitarbeiter. Die Auftragsinformationen geben die zu fertigende Stückzahl in einer entsprechenden Variantenvielfalt für einen gewissen Zeitraum vor. Die Ablaufplanung konkretisiert die Details der Fertigung: Die Anzahl an Stationen zur Arbeitsteilung mit festgelegter Austaktung sowie den Ablauf und die Inhalte der Tätigkeiten an den einzelnen Stationen selbst. Eine erste Abschätzung von Häufigkeiten bzw. der Dauer an einem Arbeitsplatz kann erfolgen, wenn die Personalplanung die Anzahl an verfügbaren Mitarbeitern den Stationen zugewiesen hat (Bierwirth, 2012). Anhand einer hohen Anzahl an Lastenhandhabungen oder lang andauernden Zwangshaltungen wird ersichtlich, dass erhöhte Belastungen am Arbeitsplatz vorliegen können. Körperliche Beanspruchungen entstehen für den Mitarbeiter häufig aber dadurch, dass monotone Tätigkeiten ohne Belastungswechsel ausgeführt werden. Zielführend zur Beanspruchungsreduktion für den Mitarbeiter ist deshalb nicht ein allgemeiner Belastungsabbau, sondern eine ausgewogene Kombination unterschiedlicher Tätigkeitsinhalte (Buck et al., 2002). Hierbei sind Arbeitsstrukturierungsmaßnahmen dienlich; sie enthalten sämtliche Maßnahmen zur Veränderung der Arbeitsorganisation (Grap, 1992). Nachfolgend werden verschiedene arbeitsorganisatorische Maßnahmen vorgestellt:

- Job Rotation ist allen voran in der Automobilindustrie die bedeutendste Arbeitsstrukturierungsmaßnahme (Otto & Scholl, 2013). Lang andauernde, einseitige Belastungen können durch eine belastungsorientierte Rotation gezielt verkürzt oder vermieden werden. Für einen Rotationsplan wird optimalerweise eine körpersegmentbezogene Betrachtung zum Wechsel der relevanten Muskelgruppen empfohlen (Wagner et al., 2015). Hierbei werden die Belastungen über die Schichtdauer günstig verteilt, um den Mitarbeiter zu entlasten. Dabei gilt der Grundsatz: Je unterschiedlicher die Tätigkeiten, desto positiver ist der Effekt für den Mitarbeiter (Ellis, 1999). Der regelmäßige Wechsel der Tätigkeitsinhalte im Rahmen einer Rotation führt nicht nur zu einer körperlichen, sondern auch zu einer psychischen Entlastung; monotone Arbeitsvorgänge werden reduziert und die Arbeitsaufgabe wird abwechslungsreicher (Bruder et al., 2009). Lösungsansätze zur Belastungsverteilung werden bei Stanic (2010) und Wagner et al. (2015) für die Montage sowie bei Walch & Günthner (2010) für häufige Lastenhandhabungsvorgänge am Beispiel der Logistik vorgestellt. Eine häufige Vorgehensweise besteht in der arbeitsplatzübergreifenden Berechnung eines zeitanteiligen Durchschnittswerts der Belastungen, die der Mitarbeiter im Rahmen der Rotation an den verschiedenen Stationen erfährt. Durch einen Wechsel von stark belastenden Montageplätzen auf Schonarbeitsplätze würde die Gesamtbelastung für den Mitarbeiter entsprechend reduziert werden (Otto &

---

Scholl, 2013). Dieses Vorgehen ist jedoch wissenschaftlich nicht abgesichert; zur Untersuchung der tatsächlichen Erholungseffekte sind entsprechende Studien erforderlich (Schaub et al., 2013).

- Eine weitere Maßnahme stellt das Auslagern von Tätigkeiten in die Vormontage dar. Modulare Produktgestaltung ermöglicht es, einen Teil der Prozesse aus der Linie herauszulösen und die Tätigkeitsanteile der Vormontage zu steigern. So werden die starr verketteten Montagebereiche, die zumeist in der Fahrzeugfertigung vorherrschen und durch kurze Taktzeiten charakterisiert sind, aufgebrochen (Kugler et al., 2015).
- Bei Prozessen, die nicht aus den verketteten Bereichen herausgelöst werden können, sollte den Mitarbeitern soweit möglich Handlungsspielräume bei der Ausführung der Tätigkeit eingeräumt werden. Eine enge Taktbindung, die in der Regel an der Fertigungslinie vorherrscht, gibt den Arbeitsablauf fest vor und Pausen sind aufgrund des erhöhten Arbeitstempos nur mit Springern möglich; ebenso sind Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten nicht gegeben (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2011). Doch gerade im Alter oder bei Einsatzeinschränkungen besteht ein teils veränderter Pausenbedarf, der in Form von individuelleren Pausen zu berücksichtigen ist (Kugler et al., 2015). Des Weiteren stellt das Arbeiten in Schichtsystemen eine Beanspruchung für die Mitarbeiter dar, wobei insbesondere die Nacharbeit für eine wachsende Zahl von Mitarbeitern problematisch ist (Bruder, 2012).
- Neben der Job Rotation sind als arbeitsplatzübergreifende Strategien das Job Enlargement (bzw. vertikale Laufbahngestaltung) und das Job Enrichment (bzw. horizontale Laufbahngestaltung) von hohem Interesse (Herzberg, 1987). Beim Job Enlargement werden mehrere strukturell gleichartige, miteinander in Beziehung stehende Arbeitsaufgaben zu einem Tätigkeitsfeld aggregiert. Die Teiltätigkeiten erfordern das gleiche Qualifikationsniveau. Einseitige physische Belastung und eine zunehmende Ermüdung werden eingegrenzt (DIN EN ISO 10075). Beim Job Enrichment werden Arbeitsinhalte mit höheren Qualifikationsanforderungen ergänzt. Neben der ausführenden Tätigkeit werden der vorausgehende Schritt der Planung und der nachfolgende der Kontrolle mit in das Tätigkeitsfeld aufgenommen, wodurch die Arbeitnehmer ein höheres Maß an Arbeitsautonomie erhalten und die Motivation zunimmt (Schlick et al., 2010).

---

## Personenbezogene Gestaltung

Die personenbezogene Gestaltung nimmt keinen unmittelbaren Bezug auf Parameter, die im Rahmen des PEP geplant werden. Dennoch sind auch hier ganzheitliche und früh ansetzende Konzepte zu bevorzugen, die die Belegschaft dauerhaft arbeitsfähig im Unternehmen halten. Hierzu förderlich sind folgende Aufsetzpunkte:

- Von der Personalentwicklung angebotene Qualifizierungsmaßnahmen unterstützen den Mitarbeiter, sich Wissen und Kompetenzen anzueignen, um den Anforderungen in der sich wandelnden Arbeitswelt zu begegnen. Der Arbeitgeber sollte hierzu eine lernförderliche Arbeitssituation schaffen, die auf die individuellen Fähigkeiten und Bedürfnisse ausgerichtet ist und Entwicklungsmöglichkeiten fördert (Ilmarinen, 2011). Darüber hinaus sind fachliche Weiterbildungen des Mitarbeiters zur Umsetzung der dargestellten Arbeitsstrukturierungsmaßnahmen wie dem Job Enrichment oftmals unabdingbar. Dies sollte sowohl bei einer Rotation im Arbeitsbereich als auch bei einem längerfristigen Tätigkeitswechsel bedacht werden (Huber, 2002).
- Unabhängig davon hat der Arbeitgeber den Mitarbeiter zu Themen der Arbeitssicherheit durch regelmäßige Unterweisungen zu schulen bzw. zu sensibilisieren und trägt somit maßgeblich für ein gesundes und sicherheitsbewusstes Verhalten am Arbeitsplatz bei (Luczak, 1993).
- Bei Gesundheitsthemen ist die BGF der zentrale Ansprechpartner, der die Mitarbeiter sensibilisiert und motiviert. Hierfür wird auf Unternehmensseite ein breites Portfolio an unterstützenden Maßnahmen in verschiedenen Themenfeldern angeboten. Diese umfassen zum Beispiel von Physiotherapeuten angeleitete Trainingseinheiten, die teilweise am Arbeitsplatz stattfinden. Bestimmte Muskelpartien sollen gestärkt werden, um die Arbeitsaufgabe schonender zu verrichten. Ferner werden Ausgleichsübungen erlernt, so dass Mitarbeiter eine Entlastung gegenüber den bei der Arbeit eingenommenen Zwangshaltungen verspüren. Darüber hinaus spielt ein ausgewogenes Verhältnis von Arbeit und Privatleben für viele Mitarbeiter eine zunehmende Rolle. Die Mitarbeiter selbst können den Erhalt ihrer Leistungsfähigkeit durch einen gesunden und aktiven Lebensstil unterstützen. Sie sollten ein Bewusstsein für Gesundheit entwickeln und sich gesundheitsorientiert verhalten, zum Beispiel durch Vorsorgemaßnahmen, ausreichend Bewegung, gesunde Ernährung sowie ein entsprechendes Verhalten in der Freizeit und am Arbeitsplatz (Huber, 2002; Kugler et al., 2015).

---

Alles in allem bieten die Maßnahmen strukturiert nach dem TOP-Prinzip der Arbeitssicherheit ein breites Spektrum an Ansatzpunkten für eine systematische Arbeitsgestaltung. Nach Thematisierung der verschiedenen Maßnahmenkategorien wird deutlich, dass eine klare Abgrenzung nach TOP nicht immer gegeben ist. Die Maßnahmen bedingen sich oftmals gegenseitig und müssen im Gesamtzusammenhang gesehen werden, um ihr volles Potential zu entfalten. Das Gesamtbild ist in der Fahrzeugproduktion durch den Produktentstehungsprozess darstellbar.

#### 4.1.2 Systematische Arbeitsgestaltung entlang des Produktentstehungsprozesses

Die vorgestellten Ansatzpunkte zur ergonomischen Arbeitsgestaltung nach dem TOP-Prinzip der Arbeitssicherheit sind in der Automobilindustrie entlang des PEP von der Entwicklung bis zur Serienproduktion eines Fahrzeugs konkret zuordenbar, wobei es zu Überlappungen zwischen den Phasen kommen kann. Die Zuordnung erfolgt simultan aus Fähigkeits- und Anforderungsperspektive. Das Resultat ist eine systematische Beschreibung von Maßnahmen zur Gestaltung fähigkeitsgerechter Arbeitsplätze.

Im untersuchten Unternehmen ist der PEP grundlegend bei der Einführung neuer Produkte und dient als zeitliche Dimension für die gewählte Darstellungsform. Er unterscheidet vier charakteristische Phasen, die analog den in Kapitel 2.1.2 vorgestellten Prozessen verlaufen:

1. Architektur- und Strategiephase (analog zur Konzeptphase)
2. Frühe Neutypphase (analog zur Entwicklungsphase)
3. Späte Neutypphase (analog zur Realisierungsphase)
4. Serienphase

Die in diesen Phasen an der Arbeitsgestaltung beteiligten Prozesse und Strukturen werden nun erläutert; dies entspricht einer Beschreibung des Ist-Zustands, der auf andere Unternehmen der Fahrzeugindustrie übertragbar ist. In der Beschreibung wird zwischen der Arbeitsgestaltung für den Mitarbeiter mit voller Leistungsfähigkeit und der Arbeitsgestaltung für den einsatzeingeschränkten Mitarbeiter unterschieden.

Für den voll leistungsfähigen Mitarbeiter setzen entlastende Maßnahmen fast ausschließlich auf Seite der Anforderungen an, worauf zuerst eingegangen wird: In der frühen Architektur- und Strategiephase sind ergonomische Optimierungen auf Basis der Vorgängerbaureihe für das geplante Nachfolgemodell zu übernehmen und weiterzuentwickeln. Grundlegend, um erhöhte Belastungen zu erkennen und anzupassen, ist zudem ein durchgängiger Ergonomie-Prozess von der Entwicklung über die Planung bis hin zur Serienproduktion. Zur Identifizierung vorhandener Belastungseingänge kommen

verschiedene Methoden der Ergonomie-Untersuchung und -Bewertung in den jeweiligen Phasen des PEP zum Einsatz: In der frühen Phase ist die Belastungssituation durch digitale Methoden wie *Motion Capturing* (siehe Weisner & Deuse, 2014) abbildbar. Liegt erste Hardware vor, kommen Grob-Screening-Verfahren wie *AWS light* (siehe Kugler et al., 2010) zur Anwendung. Werden die Arbeitsprozesse weiter vervollständigt, sind ganzheitliche Bewertungsverfahren wie EAWS (siehe Schaub et al., 2013) einsetzbar. Anhand der Arbeitsanalysen wird eine sogenannte Ergonomie-Landkarte für den Produktionsbereich befüllt, die vor Serienanlauf komplettiert und bei Prozessänderungen in der laufenden Serie aktualisiert wird. Die Etablierung eines KVP hilft im Rahmen von Workshops, auftretende Probleme durch die Mitarbeiter zu erkennen und zu geeigneten Lösungen zu finden (Koblank, 2001). In der Regel gilt: Je früher Belastungsengpässe identifiziert werden, desto einfacher ist es, gegenzusteuern und wirtschaftliche und technische Maßnahmen einzuleiten. Alle diese Prozesse werden in Abbildung 23 zusammengefasst.

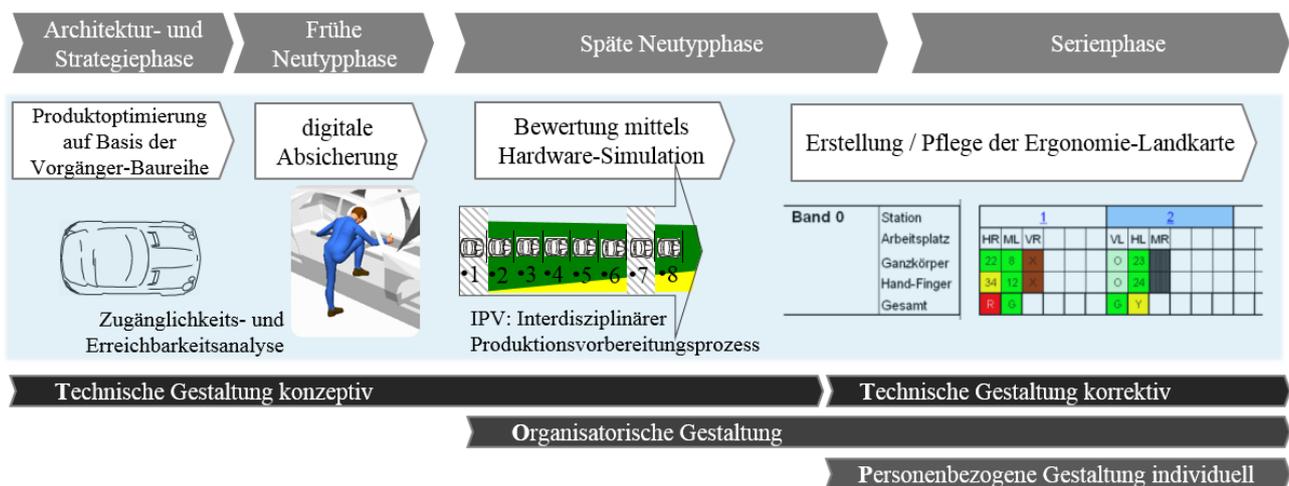


Abbildung 23: Gestaltungsprozess entlang des PEP am Beispiel Aufbau-PKW

Weiterführend wird im Zuge der Arbeitsorganisation durch die Personaleinsatzplanung den Mitarbeitern ein Arbeitsplatz an einer Station zugewiesen. Dies ist möglich, sobald in der späten Neutypphase die Stationen entlang der Linie mit den einzelnen Tätigkeitsinhalten und Arbeitsschritten definiert sind. Organisatorische Maßnahmen wie Job Rotation sind zu diesem Zeitpunkt einzu-steuern, wenn durch technische Lösungen keine ausreichende Entlastung für die Mitarbeiter an bestimmten Arbeitsplätzen geschaffen wird. Die personenbezogene Gestaltung setzt meist erst in der Serienphase an, wenn durch die BGF initiierte, verhaltensergonomische Maßnahmen am Arbeitsplatz durchgeführt werden. Diese richten sich in der Regel nicht an die individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten des einzelnen Mitarbeiters, sondern sind aus Effizienzgründen für die Belegschaft allgemein

---

ausgelegt. Aus der Abbildung wird ferner deutlich, wie die durch das TOP-Prinzip vorgegebene Maßnahmenhierarchie zum Tragen kommt. Demnach wird der Einsatz von isolierten technischen Lösungen mit Priorität vorangetrieben, wohingegen die personenbezogenen Maßnahmen eine untergeordnete Rolle spielen.

Die Arbeitsgestaltung für Mitarbeiter mit gesundheitlichen Einschränkungen setzt klassischerweise eher spät bzw. im Serienbetrieb an. Besitzt der Mitarbeiter ein Fähigkeitsprofil und liegen Anforderungsprofile für den ihm zugewiesenen Bereich vor, ist ein Abgleich mittels Profilvergleich möglich. Dabei wird ein individuelles „Matching“ von einem einsatzeingeschränkten Mitarbeiter auf eine bestimmte Anzahl an Arbeitsplätzen in einem Bereich durchgeführt. Weiterführend existieren speziell auf den Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen abgestimmte Angebote der BGF sowie Möglichkeiten zur Weiterbildung, um weniger belastende Tätigkeiten in anderen Bereichen ausüben zu können. Anhand der Abbildung eines praxisnahen Produktentstehungsprozesses am Beispiel der Fahrzeugmontage wird zusammenfassend ersichtlich, dass ein starkes Ungleichgewicht zu Gunsten der Seite der Anforderungen vorherrscht. Personenbezogene Maßnahmen kommen erst spät zum Tragen. Ferner werden die individuellen Fähigkeiten und Bedürfnisse von Mitarbeitern erst dann berücksichtigt, wenn der Werker mit erhöhter Wahrscheinlichkeit die Tätigkeiten an dem für ihn vorgesehenen Arbeitsplatz nicht aufnehmen kann. Folglich betrifft dies die spezielle Gruppe der Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen. An eben diesen Kritikpunkten wird in der nachfolgenden Entwicklung des Konzepts für einen fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz angesetzt.

## **4.2 Methodik zur Ableitung ergonomischer Gestaltungslösungen**

In diesem Kapitel wird eine Methodik, sprich ein strukturiertes Vorgehen, zur Ableitung ergonomischer Gestaltungslösungen konzipiert. Anhand des Konzepts soll es möglich sein, systematisch in allen Phasen des PEP gezielte Maßnahmen für fähigkeitsgerechte Arbeitsplätze zu ergreifen. Die bisherigen Ausführungen haben verdeutlicht, dass das Ziel mit aktuellen Methoden nicht vollumfänglich erreichbar ist. Es wurden aber Potentiale aufgezeigt, wie man sich dem Ziel annähert. Diese Potentiale sind maßgeblicher Bestandteil der Konzeption und werden nachfolgend erläutert.

Eine Intention von fähigkeitsgerechter Arbeitsgestaltung ist die Erhaltung der Arbeitsfähigkeit der Mitarbeiter. Unter dem Begriff der Arbeitsfähigkeit nach Ilmarinen (2011) versteht man das Gleichgewicht zwischen dem, was von jemandem verlangt wird, und dem, was jemand zu leisten imstande ist (Richenhagen, 2009). Wird bei der Arbeitsgestaltung der Fokus ausschließlich auf die Anforderungen in der Produktion im Sinne einer Belastungsreduzierung gelegt, ist dies nur bedingt zielführend. Zur Erhaltung der Arbeitsfähigkeit sind in der Konzeption daher die individuellen Fähigkeiten

---

und Eigenschaften der Mitarbeiter auf eine Ebene mit den Anforderungen am Arbeitsplatz zu stellen. Grundlegend hierfür und für den fähigkeitsgerechten Einsatz aller Mitarbeiter ist, die Fähigkeiten der Arbeitspersonen als auch die Anforderungen der Arbeitsplätze innerhalb der Arbeitssysteme zu analysieren (Rademacher et al., 2010). Die Konzeption hat zum Ziel, das grundlegende Vorgehen des Profilvergleichs aufzugreifen, dieses aber weiterzuentwickeln: So soll die Betrachtung nicht mehr statisch und auf Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen beschränkt, sondern dynamisch und auf die gesamte Belegschaft bezogen erfolgen.

Ein weiteres Potential wird in der frühzeitigen Berücksichtigung von Mitarbeiterfähigkeiten im PEP gesehen: Entgegen dem bisherigen Vorgehen soll die personenbezogene Gestaltung bereits in den frühen Phasen ansetzen, um die Fähigkeiten der Mitarbeiter für die zukünftige Serienphase zu prognostizieren und entsprechende Maßnahmen treffen zu können. Der dynamische Charakter der Konzeption wird dadurch deutlich, dass sowohl in den frühen Phasen des PEP als auch in der Serienphase konkrete Handlungshilfen auf Anforderungs- als auch Fähigkeitsseite abgeleitet werden.

An diese Grundgedanken wird in der Konzeption des nachfolgend vorgestellten Modells angeknüpft. Die Untersuchungsschwerpunkte liegen auf den Anforderungen in der Fertigung allgemein und den hierbei relevanten körperlichen Fähigkeitsmerkmalen von Mitarbeitern.

#### 4.2.1 Schematisches Vorgehen zur Passung von Fähigkeiten und Anforderungen

Das Modell zum fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz wird durch mehrere, teils iterative Vorgänge beschrieben, die zur Zielerreichung führen. Das Ziel ist es, eine Passung zwischen den Anforderungen der Arbeitsplätze und den Fähigkeiten der Beschäftigten zu erreichen, insbesondere in Bezug auf einsatzeingeschränkte Mitarbeiter. Dadurch wird ein fähigkeitsgerechter Mitarbeiterereinsatz realisiert und die Arbeitsfähigkeit der Belegschaft erhalten. Ein Unternehmen soll so den Herausforderungen in der zukünftigen Arbeitswelt gewachsen sein. Die Grundlage für die Konzeption bildet das Fit-Modell (siehe Kapitel 2.3.3), von dem die wichtige Begrifflichkeit der Passung bzw. des „Fit“ aufgegriffen wird. Ferner werden theoretische Erkenntnisse aus dem Fit-Modell in das zu entwickelnde Konzept übernommen. Anschließend erfolgt eine Übertragung auf die Unternehmenspraxis.

Das schematische Vorgehen des Modells zum fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz ist in Abbildung 24 dargestellt. Im Modell wird zwischen einer allgemeinen und einer spezifischen Betrachtung von Merkmalen differenziert. Auf allgemeiner Ebene werden die Fähigkeiten und Eigenschaften von Mitarbeitern sowie die Anforderungen ganzheitlich und langfristig betrachtet. Weiterführend wird auf eines dieser Merkmale spezifisch eingegangen und ein Vergleich auf Passung durchgeführt.

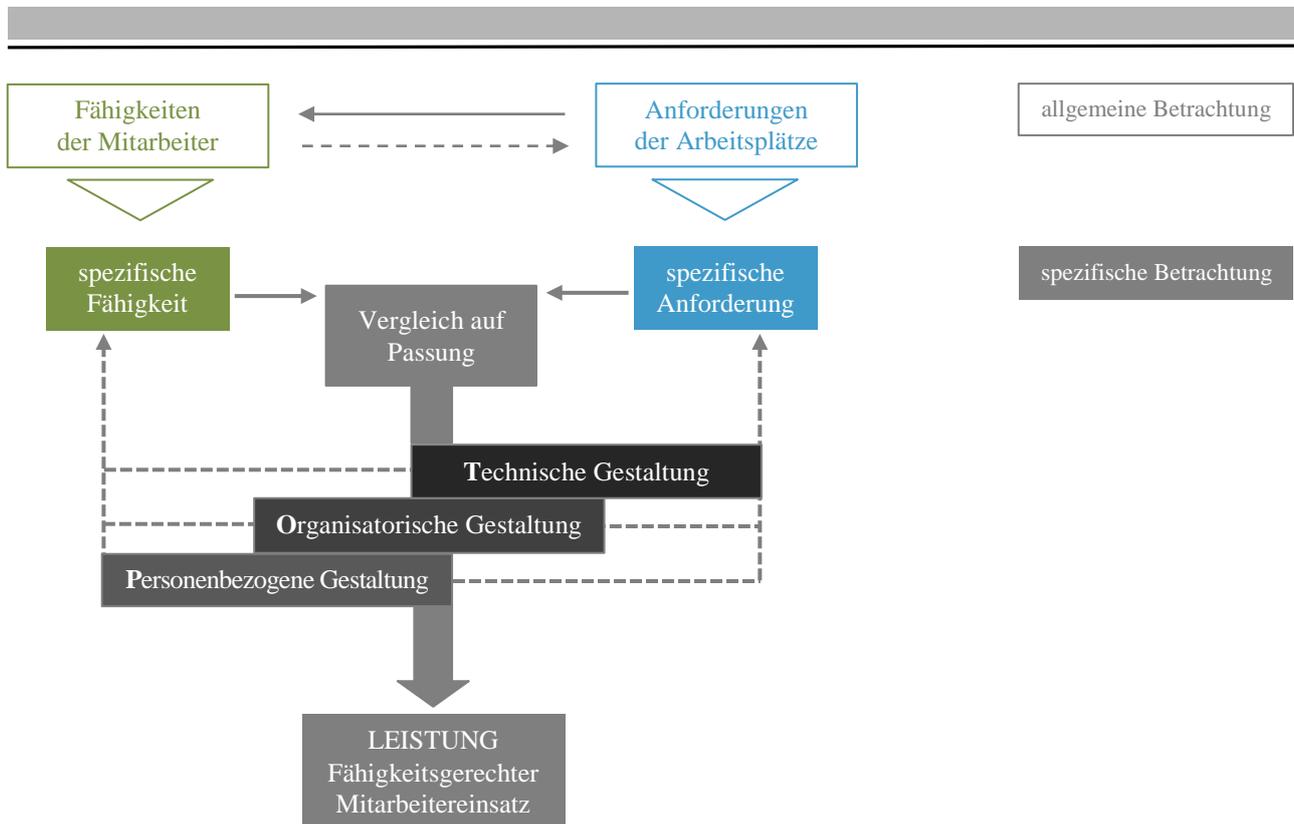


Abbildung 24: Modell zum fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte beschrieben; beginnend auf der allgemeinen Ebene, in der die Sensibilisierung zu Mitarbeiterfähigkeiten und Arbeitsplatzanforderungen im Vordergrund steht.

### Sensibilisierung zu Mitarbeiterfähigkeiten und Arbeitsplatzanforderungen

Fähigkeiten und Anforderungen bedingen sich gegenseitig, was durch die Pfeile zwischen den Feldern im obersten Bereich von Abbildung 24 dargestellt wird. Allgemein gesehen können die Arbeitsanforderungen das individuelle Potential einer Person sowohl begünstigen als auch einschränken. Ebenso beeinflussen die Fähigkeiten der Mitarbeiter sowie deren Werte und aktuelle Lebenssituation den Anspruch an die Arbeit. Für eine gute Passung tragen daher das Unternehmen und die Mitarbeiter eine gemeinsame Verantwortung (Richenhagen, 2015). Eine Sensibilisierung der Akteure sollte hierzu in einer möglichst frühen Phase ansetzen. Sensibilisierung auf Unternehmensseite bedeutet, dass sowohl die aktuellen Fähigkeiten und Bedürfnisse der Belegschaft als auch deren Entwicklungsprognosen durch die Arbeitsgestalter berücksichtigt werden. Bei der Einführung neuer Technologien sollte zum Beispiel die Akzeptanz bei den Produktionsmitarbeitern und die notwendige Qualifikation bedacht werden. Auf der anderen Seite sollte eine Sensibilisierung zur Eigenverantwortung der Produktionsmitarbeiter stattfinden.

---

## **Vergleich auf Passung spezifischer Fähigkeits- und Anforderungsmerkmale**

Nach der allgemeinen Betrachtung wird im Modell in einem nächsten Schritt auf die konkrete Passung von spezifischen körperlichen Fähigkeits- und Anforderungsmerkmalen eingegangen. Diese vergleichende Darstellung einzelner Merkmale weist zwar Parallelen zum Prinzip des Profilvergleichs auf; der Anspruch des Modells geht jedoch darüber hinaus: Weg von einer statischen Einzelfallbetrachtung hin zu einer dynamischen Betrachtung eines Mitarbeiterkollektivs. Demnach werden im Unternehmen vorliegende Fähigkeitsdaten kollektiv mit den Arbeitsplatzanalysen verschiedener Produktionsbereiche abgeglichen und potentielle gestalterische Engpässe identifiziert. Ein Gestaltungsengpass liegt vor, wenn die vorhandenen Fähigkeiten eines Mitarbeiterkollektivs den gegebenen Anforderungen des zugehörigen Produktionsbereichs nicht entsprechen.

## **Maßnahmenverfolgung nach dem TOP-Prinzip**

Bei Vorliegen eines gestalterischen Engpasses sind gezielte ergonomische Maßnahmen einzuleiten, die gemäß dem TOP-Prinzip kategorisiert und priorisiert werden. So erfolgt keine einseitige Untersuchung der Verhältnisergonomie, sondern es werden bei Bedarf ebenso verhaltensergonomische Maßnahmen mit einbezogen. Dies ermöglicht eine ganzheitliche Betrachtung des Arbeitssystems und eine ergonomisch optimale Gestaltung. In Abbildung 24 wird durch die Platzierung der Felder deutlich, dass technische Gestaltungsmaßnahmen eher auf der Arbeitsplatzanforderungsseite durch Belastungsreduktion ansetzen, wohingegen personenbezogene Maßnahmen, wie die der betrieblichen Gesundheitsförderung, die Mitarbeiterfähigkeiten erhalten und fördern. Trotzdem sollte eine Maßnahme nicht isoliert betrachtet, sondern die gegenseitigen Abhängigkeiten bei der Gestaltung berücksichtigt werden. Technische Änderungen zum Beispiel wirken sich stets auf die Personen im Arbeitssystem aus, sei es durch Be- oder Entlastung oder geforderte Kenntnisse zur Tätigkeitsausübung. Die Interdependenzen der Felder werden durch die gestrichelten Linien in Abbildung 24 visualisiert.

## **Überprüfung der Zielerreichung**

Schließlich ist infolge der Maßnahmenumsetzung zu prüfen, ob der Erhalt und das Fördern der Mitarbeiterfähigkeiten und das Gestalten von Arbeit und Arbeitsbedingungen gut aufeinander abgestimmt sind. Bei Passung wird – gemäß dem Modell durch einen fähigkeitgerechten Mitarbeiterinsatz – eine gute Leistung im Unternehmen erreicht. Bei mangelnder Passung ist das Vorgehen durch Einsatz weiterer Maßnahmen zu wiederholen. Auch ohne Vorliegen eines gestalterischen Engpasses sollte regelmäßig ein Abgleich durchgeführt werden, um dem ständigen Wandel im Unternehmen Rechnung zu tragen.

---

Da der Leistungsbegriff im Modell für eine Umsetzung im Unternehmen nicht ausreichend formuliert ist, wird dieser nun weiter definiert. Generell ist das Ziel nicht als variable Leistung zu interpretieren, sondern vielmehr als eine Aufgabenerfüllung zu verstehen; der Zielinhalt unterscheidet sich je nach Unternehmen bzw. Produktsegment und lässt sich anhand verschiedener Parameter messen (Kugler et al., 2016). Der Begriff der Leistung ist somit vielschichtig und für die vorliegende Arbeit aus mehreren Perspektiven zu betrachten. Im Modell zum fähigkeitsgerechten Mitarbeitereinsatz werden zwei Parameter angeführt: Fähigkeiten und Anforderungen, deren Passung maßgeblich für eine gute Leistung im Unternehmen ist.

Aus Perspektive der Fähigkeiten ist der Einsatz von Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen von hoher Bedeutung. Ferner handelt es sich bei dem Personaleinsatz um eine messbare Größe. Durch die Umsetzung der abgeleiteten Maßnahmen sollten demnach die Chancen auf Vermittlung dieser Mitarbeitergruppe auf zu besetzende Stellen erhöht werden. Als Ziel sollte der vollständige Einsatz aller Mitarbeiter formuliert werden, da nicht beschäftigte Mitarbeiter hohe Ausfallkosten verursachen (Neubert et al., 2012).

Aus Perspektive der Anforderungen ist eine Belastungsreduzierung von hohem Interesse, da dadurch die Chance auf den Einsatz eines Werkers mit seinen individuellen Fähigkeiten und Eigenschaften erhöht wird. Längerfristig führen niedrigere Belastungen zu einem geringeren Risiko für Erkrankungen des Muskel-Skelett-Apparats (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2001). Anhand von Methoden zur ergonomischen Arbeitssystem-Bewertung sind Belastungsreduktionen durch ergonomische Optimierungen nachweisbar (siehe Kapitel 2.3.2). Da eine vollständige Belastungseliminierung weder realistisch noch wünschenswert ist, sind andere Zielformen zu wählen, die auf eine Belastungsoptimierung setzen. Als Zielvereinbarung ist exemplarisch die Reduktion der Ergonomie-Punkte um ein bestimmtes Punkte-Delta denkbar. Ebenso wird oftmals eine bestimmte Anzahl an grünen Arbeitsplätzen mit dem Sozialpartner vereinbart, zum Beispiel 75 % grüne Arbeitsplätze für einen definierten Bereich. Das formulierte Ziel ist stark von den örtlichen Gegebenheiten und dem herzustellenden Produkt abhängig. In der Fahrzeugindustrie ist die Bauart des Fahrzeugs maßgeblich für die auftretenden Belastungen. Bei der LKW-Montage sind deutlich höhere Kräfte aufzuwenden und schwerere Teile umzusetzen als bei der PKW-Montage. Abschließend ist festzuhalten, dass eine Reduzierung der Belastungen der Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens zuträglich ist, da so der Krankenstand gesenkt und Ausfallzeiten reduziert werden können (Dul & Neumann, 2009).

## 4.2.2 Integration des Verfahrens in den Produktentstehungsprozess

Eine gute Passung von Fähigkeiten und Anforderungen ermöglicht eine gute Leistung im Unternehmen. Das entwickelte Modell zum fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz bietet ein ganzheitliches Vorgehen zur Erfüllung dieser Zielsetzung. Um den theoretischen Ansatz weiter auf die Unternehmenspraxis zu übertragen, wird der in Kapitel 4.1.2 vorgestellte PEP am Beispiel der Fahrzeugmontage erneut aufgegriffen. In der folgenden erweiterten Darstellung soll aufgezeigt werden, dass sich das Modell zum fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz in den PEP integrieren lässt und letztlich eine Mehrwert-bringende Ergänzung darstellt.

Unverändert zur ursprünglichen Darstellung wird auch hier zwischen der Arbeitsgestaltung auf Anforderungsseite für den Mitarbeiter mit voller Leistungsfähigkeit und der Arbeitsgestaltung auf Fähigkeitsseite für den einsatzeingeschränkten Mitarbeiter differenziert. Die parallel verlaufenden Gestaltungsprozesse werden in Abbildung 25 über den PEP in der Fahrzeugmontage als zeitliche Dimension betrachtet. Auf der Seite der Anforderungen wird eine möglichst früh ansetzende Belastungsanpassung angestrebt, um eine schädigungslose Tätigkeit für den gesunden Mitarbeiter dauerhaft zu ermöglichen. Auf die einzelnen Prozessschritte wurde bereits in Kapitel 4.1.2 eingegangen.

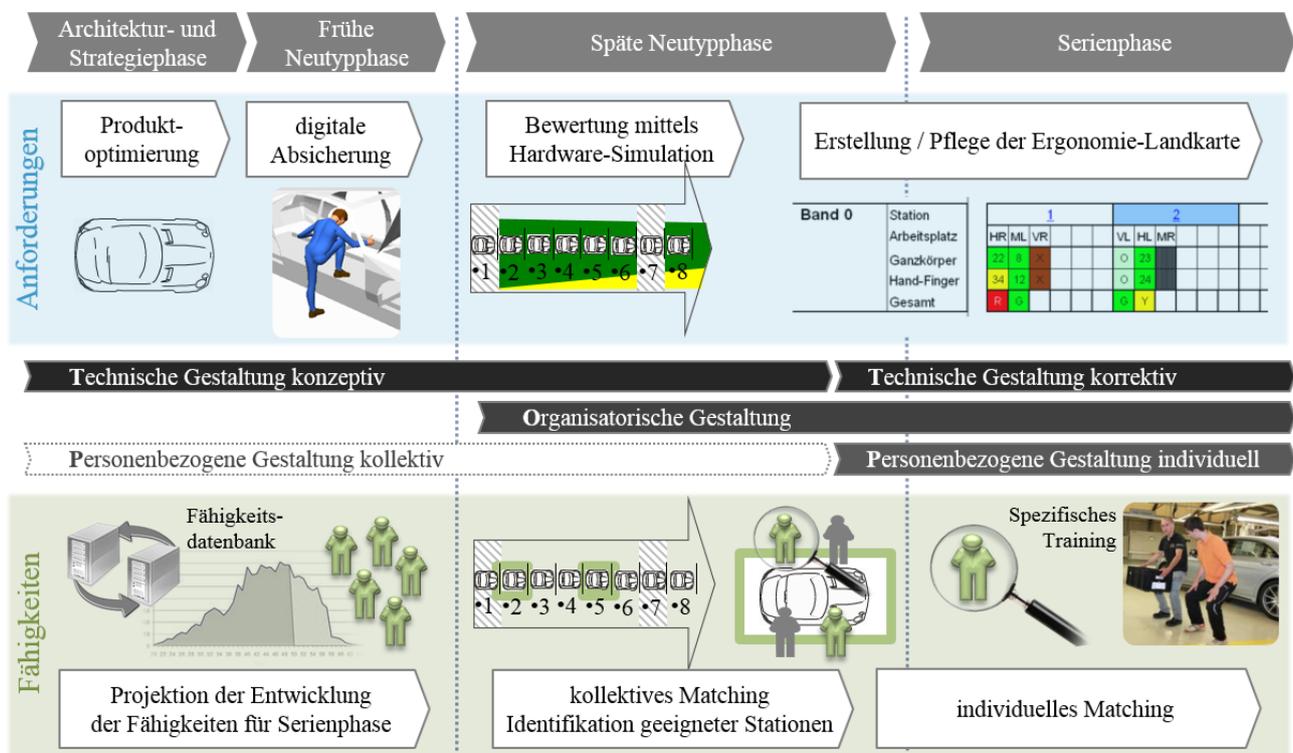


Abbildung 25: Fähigkeitsgerechter Gestaltungsprozess am Beispiel Aufbau-PKW

---

Gemäß der übergeordneten Zielstellung, die einen adäquaten und wertschöpfenden Einsatz aller Mitarbeiter unabhängig ihres Alters verfolgt, geht man auf der Seite der Fähigkeiten einen Schritt weiter. Für den fähigkeitsgerechten Einsatz von Mitarbeitern mit gesundheitlichen Einschränkungen ist oftmals ein ergonomisch günstig gestalteter Arbeitsplatz allein nicht ausreichend, um den individuellen Einschränkungen gerecht zu werden. Wichtig ist eine Berücksichtigung der Belegschaftsstruktur bereits in der Strategiephase. Eine kollektive Auswertung von Fähigkeitsdaten im Unternehmen – wie bei Mücklich et al. (2015) in Form einer „Fähigkeitsdatenbank“ realisiert (vgl. Kapitel 2.3.2) – gibt Auskunft über vorliegende Fähigkeitsengpässe auf Mitarbeiterseite. Weiterführend ist es interessant, die Entwicklung der Mitarbeiterfähigkeiten im Altersverlauf zu betrachten. Mit Hilfe einer Altersstrukturanalyse werden so die Auswirkungen des demografischen Wandels für die zukünftige Serienphase prognostizierbar. Werden diese Informationen, aufbereitet als Kriterien-Katalog, frühzeitig an die Planung weitergegeben, findet dort eine Sensibilisierung für die Fähigkeiten der zukünftigen Belegschaft statt. Als Planungsempfehlung aus dem Katalog ist eine gewisse Anzahl an Stationen vorzusehen, bei denen alterssensible Merkmale nie oder nur zu einem geringen Anteil auftreten.

Liegen im weiteren Verlauf des PEP erste Arbeitsplatz-Analysen vor, ist ein Vergleich auf Passung mit den Fähigkeitsdaten möglich. Ein Ziel für die Planung sollte eine ausreichende Anzahl an Stationen für zukünftig beschäftigte Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen darstellen. Daher müssen in der späten Neutypphase geeignete Stationen für den Einsatz eingeschränkter Mitarbeiter identifiziert und auf potentiell kritische Tätigkeitsinhalte überprüft werden. Ergonomische Maßnahmen wie der Einsatz zusätzlicher Handlingsgeräte oder Hilfsmittel zur Belastungsanpassung sind bei Bedarf umzusetzen. Sind die technischen Möglichkeiten erschöpft, ist nachfolgend die Arbeitsorganisation zu betrachten: Arbeitsvorgänge können entlang der Linie verschoben oder in die Vormontage ausgelagert werden. Des Weiteren ist eine belastungsoptimierte Rotation in Betracht zu ziehen, falls dies zu Entlastung führt.

Sind die Prozesse an den Stationen für den Serienanlauf festgelegt, erfolgt ein klassisches Matching der einsatzeingeschränkten Mitarbeiter auf einen anforderungsgerechten Arbeitsplatz. Schließlich sind personenbezogene Maßnahmen für alle Mitarbeiter anzubieten, um ihre individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten zu erhalten und zu fördern. Exemplarisch können Physiotherapeuten ein spezifisches Training der für die Tätigkeitsausführung benötigten Muskelgruppen mit den Mitarbeitern durchführen und zu Ausgleichsübungen animieren.

Durch die schrittweise Arbeitsgestaltung entlang des PEP von technischen hin zu personenbezogenen Maßnahmen kommen die Vorzüge des TOP-Prinzips auch auf der Fähigkeitsseite zum Tragen. Wichtig für eine gute Passung ist ein harmonisches Zusammenspiel beider Seiten. Dies gelingt vor allem

---

durch eine frühzeitige Sensibilisierung des Managements, der Planung, der Produktgestalter als auch der Produktionsmitarbeiter selbst. So wird ein gemeinsames Verständnis geschaffen und eine gute Passung von Arbeitsplatzanforderungen und Mitarbeiterfähigkeiten über den kompletten Produktentstehungsprozess erzielt.

Der PEP, ergänzt um die Potentiale aus dem Modell zum fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz, zeigt im Gesamten auf, wie das Ziel von fähigkeitsgerechten Arbeitsplätzen für alle Mitarbeitergruppen erreicht werden kann. Hierbei wurden die Prozesse und Strukturen hinreichend beschrieben, um eine Implementierung im Unternehmen anzustoßen. Eine Konkretisierung ist jedoch bei der Maßnahmenableitung erforderlich.

#### 4.2.3 Maßnahmenableitung anhand einer Gestaltungsmatrix

Der bisher abstrakt formulierte Vergleich auf Passung („Fit“) von Fähigkeiten und Anforderungen, der für die Ableitung von spezifischen Gestaltungsmaßnahmen maßgeblich ist, wird im Folgenden weiter beschrieben, um als geeigneter Ansatz in der Realität eines Unternehmens anwendbar zu sein. Wie in Kapitel 4.2.1 ausgeführt, stellt der direkte Vergleich eines spezifischen Merkmals auf Passung das zentrale Element des Modells zum fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz dar. Aus der ermittelten Passung resultieren die Notwendigkeit und die Art der abzuleitenden Gestaltungsmaßnahmen. Dieser strukturierte Vorgang wird nun im Detail dargelegt.

Ausgangspunkt zur Entwicklung einer Vorgehensweise zur Ableitung von ergonomischen Maßnahmen ist der Prozess zum fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz nach Laurig et al. (1984). Dieser sieht bei einem negativen Ergebnis des Profilvergleichs vor, notwendige Anpassungen auf Fähigkeits- und Anforderungsseite zu initiieren (siehe Kapitel 2.3.1). Basierend darauf wird ein neuer Ansatz geschaffen: Die Bausteine Fähigkeiten und Arbeitsanforderungen sowie die Bausteine zur Maßnahmengenerierung auf Fähigkeits- und Anforderungsseite werden aggregiert und laufen zentral in einem neuen Baustein, der sogenannten *Gestaltungsmatrix*, zusammen. Die Gestaltungsmatrix ist das Kernelement des neuen Ansatzes und ordnet einer spezifischen Fähigkeits- und Anforderungskombination eine Auswahl von ergonomischen Maßnahmen zu. Dies geschieht durch eine vergleichende Gegenüberstellung von Fähigkeiten und Anforderungen, um Engpässe zu identifizieren. Ziel ist die Anpassung der Elemente aufeinander. Die Herleitung der Gestaltungsmatrix aus dem ursprünglichen Modell wird in Abbildung 26 ersichtlich:

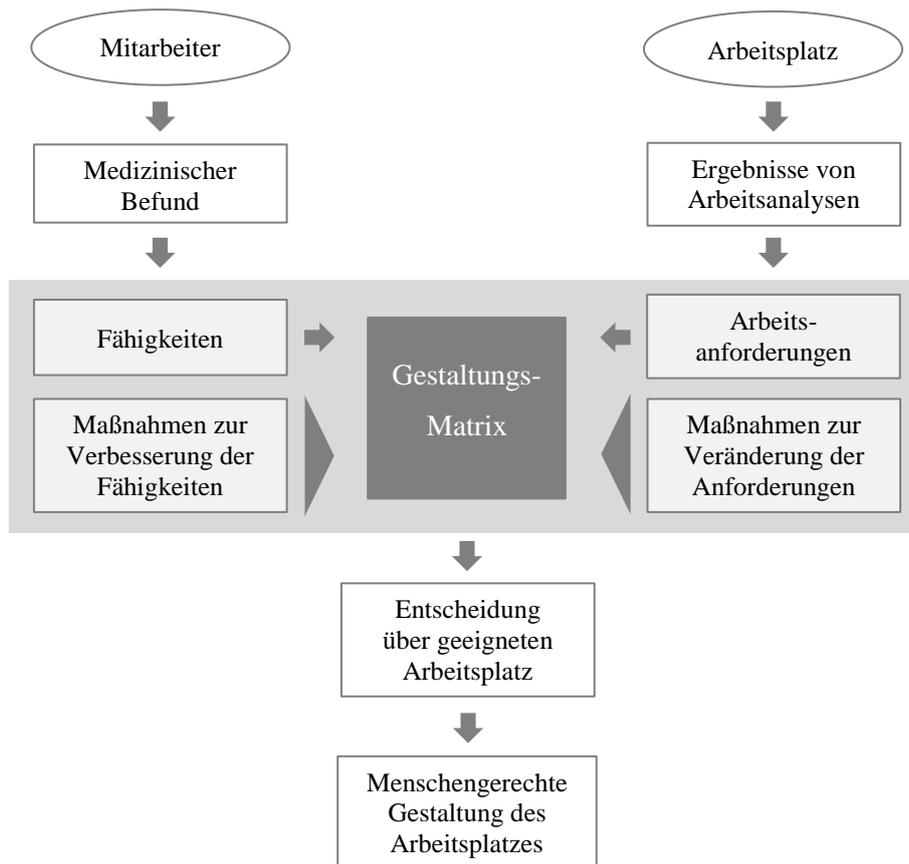


Abbildung 26: Herleitung der Gestaltungsmatrix

Um den theoretischen Ansatz der Gestaltungsmatrix zu verstehen, werden Form und Struktur erläutert. Die Matrix ist als rechteckige Anordnung von Elementen zu sehen und entspricht somit in der Form einer Tabelle. Die Notation orientiert sich an der Matrixschreibweise aus der Mathematik. Der Typ einer Matrix wird durch die Zeilen- und Spaltenanzahl beschrieben. Liegen  $m$  Zeilen und  $n$  Spalten vor, spricht man von einer  $m \times n$ -Matrix. Besteht eine Matrix nur aus einer Spalte oder einer Zeile, wird von einem Vektor, spezifischer von einem Spaltenvektor oder Zeilenvektor, gesprochen. Die Elemente der Matrix werden ferner als Einträge angeführt. Ein spezifisches Element wird anhand von zwei Indizes angegeben. Demnach benennt  $a_{ij}$  allgemein das Element in der  $i$ -ten Zeile und der  $j$ -ten Spalte.

Bezug nehmend auf den zu konzipierenden Ansatz zur Generierung von Gestaltungsmaßnahmen sind die theoretischen Grundkenntnisse zur Matrix in den thematischen Zusammenhang zu bringen. Die Gestaltungsmatrix wird als  $m \times n$ -Matrix zur Beschreibung gestalterischer Engpässe definiert. In den  $m$  Zeilen werden die Anforderungen in der Produktion, in den  $n$  Spalten die Fähigkeiten der Mitarbeiter aufgetragen. Der Funktionswert  $a_{ij}$  ist das kombinierte Element einer spezifischen Anforderung

aus der  $i$ -ten Zeile und einer spezifischen Fähigkeit der  $j$ -ten Spalte. Jedes Element mit einer spezifischen Fähigkeits- und Anforderungskombination beinhaltet eine Auswahl an ergonomischen Maßnahmen. In Abbildung 27 wird auf der linken Seite eine unbeschriebene Gestaltungsmatrix dargestellt, um den theoretischen Ansatz zu visualisieren. Auf der rechten Seite wird exemplarisch das Schieben eines Warenkorbs in der Materialbereitstellungszone als gestalterische Herausforderung in der Matrix dargestellt:

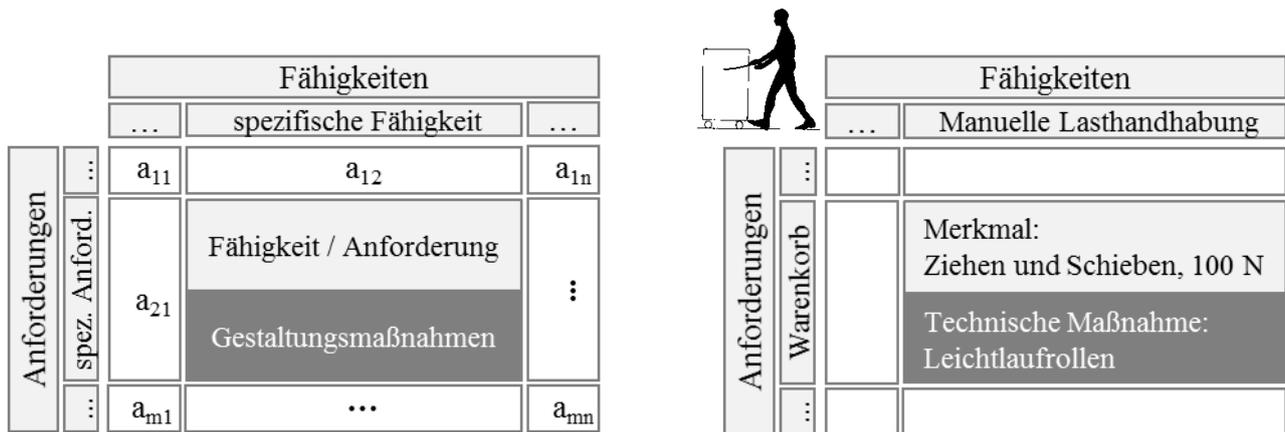


Abbildung 27: Ansatz der Gestaltungsmatrix allgemein und exemplarische Anwendung

Der Belastungsschwerpunkt beim Schieben des Warenkorbs ist die erhöhte Losreiß- bzw. Anschubkraft, die beispielsweise 100 N beträgt. Diese Anforderung ist dem Merkmal „Ziehen und Schieben, 100 N“ in der Kategorie der manuellen Lastenhandhabung zuordenbar. Da der Wagen zu über 50 % der Schichtdauer geschoben wird, spricht „überwiegend“, kann ein Fähigkeitsengpass bei dort eingesetzten Mitarbeitern auftreten. Notwendige Maßnahmen technischer Art könnten Leichtlaufrollen oder alternativ eine elektrische Schubhilfe sein. Anhand der Darstellung wird ersichtlich, dass die Gestaltungsmatrix die vorliegende Problemstellung strukturiert. Um dem Anwender aber letztlich als ein hilfreiches Instrument bei der Arbeitsplatzgestaltung dienen zu können, müssen die Matrixzeilen, -spalten und -elemente weiter beschrieben werden. Dies geschieht im Folgenden.

In den  $n$  Spalten werden die Fähigkeiten aufgetragen. Es bietet sich hierbei eine Kategorisierung nach den Arten körperlicher Belastung an:

- Körperstellungen und -haltungen (z.B. Stehen, Knien, Arme über Kopf)
- Aktionskräfte (z.B. Finger-Hand-Kräfte)
- Manuelle Lastenhandhabung (z.B. Heben, Tragen, Halten, Ziehen, Schieben)

Durch eine Differenzierung der Hauptmerkmalskategorien in weitere Untereinheiten wird schließlich ein spezifisches Merkmal der Belastung herausgestellt, dem ergonomische Gestaltungsempfehlungen zugeordnet sind. In der vorliegenden Arbeit ist die Anzahl möglicher Spalten auf  $n = 32$  festgelegt. Die Spalten beinhalten die Merkmale aus dem Fähigkeitsprofil des untersuchten Unternehmens. Ein zugehöriger Spaltenvektor würde sich wie folgt niederschreiben lassen:

$$\begin{pmatrix} \text{Gehen} \\ \text{Hocken} \\ \text{Knien} \\ \text{Sitzen} \\ \text{Stehen} \\ \text{Steigen} \\ \vdots \end{pmatrix}$$

Im Spaltenvektor sind die Einzelmerkmale der Untergruppierung „Bein-System“ ersichtlich, die wiederum auf oberster Ebene der Merkmalsgruppe der „Körperstellungen und -haltungen“ zugehörig sind. Die verschiedenen Ebenen bieten Möglichkeiten zur Strukturierung. Die Kategorisierung von Fähigkeiten eingebunden in die Matrix stellt Abbildung 28 dar:



Abbildung 28: Kategorisierung von Fähigkeiten eingebunden in die Gestaltungsmatrix

Die Priorisierung der Merkmale erfolgt mittels der statistischen Auswertung: Je kritischer ein einzelnes Merkmal ist bzw. je eher ein Merkmal einen gestalterischen Engpass mit sich bringt, desto relevanter ist es in der Gestaltungsmatrix. Orientierung bietet hier Kapitel 3 der vorliegenden Arbeit. In der Matrix wird der Fokus insbesondere auf dieses Merkmal gerichtet.

Die Anforderungen der Arbeitsplätze werden demgegenüber in den  $m$  Zeilen dargestellt. Hier wird eine praxisnahe Aufgliederung angestrebt, die aus der Perspektive der Produktionsplanung hervorgeht. In der ersten Ebene findet eine Unterteilung in die für die Automobilindustrie typischen Gewerke statt. Im Rahmen von Begehungen werden als zweite Ebene einzelne Problemfelder im jeweiligen Gewerk identifiziert. Nachfolgend ergibt sich abermals eine Unterteilung bis zu einem spezifischen Merkmal aus dem Anforderungsprofil des untersuchten Unternehmens. Ein Beispiel zur Kategorisierung zeigt Abbildung 29:

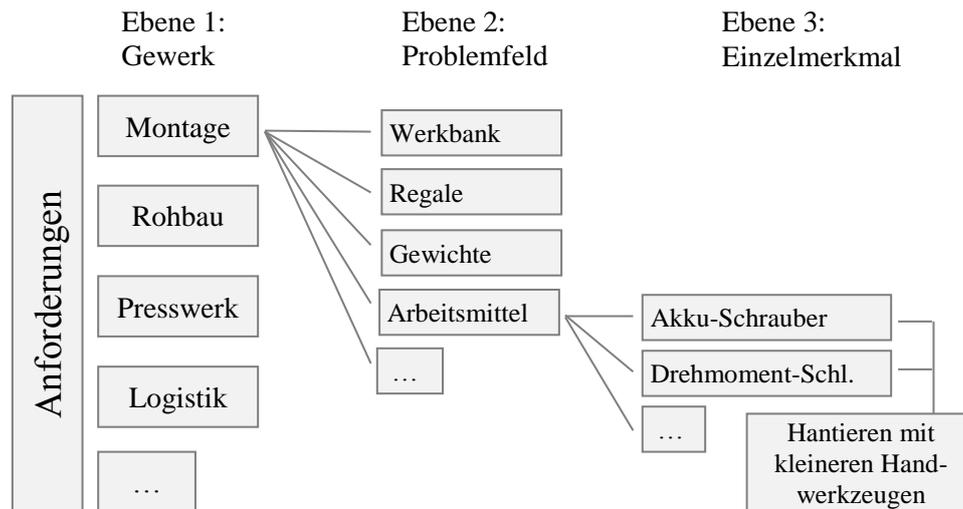


Abbildung 29: Kategorisierung von Anforderungen eingebunden in die Gestaltungsmatrix

Generell wird bei der Strukturierung der Anforderungen ein generischer Ansatz verfolgt: Die Anzahl der Ebenen bei der Aufgliederung der Anforderungsmerkmale ist erweiterbar bzw. reduzierbar. Ferner ist die Angabe von Problemfeldern nicht begrenzt. Ziel ist eine ganzheitliche Abbildung von Belastungsempässen in der Produktion. Bei der Visualisierung der Matrix ist jedoch im Gegenzug auf Übersichtlichkeit zu achten. Hierzu können die Problemfelder geclustert und vernetzt werden. Letztendlich führt die Struktur zu einem der 32 Anforderungsmerkmale; demnach ist die maximale Anzahl der Zeilen in der letzten Stufe auf  $m = 32$  festgelegt. Die gleiche Anzahl von  $m$  Zeilen und  $n$  Spalten ergibt sich aus dem Prinzip des Profilvergleichs. Da auch hier die Aufgliederung in einem spezifischen Merkmal mündet, lassen sich von beiden Seiten der Matrix, sowohl von den Zeilen (bzw. den Fähigkeiten) als auch von den Spalten (bzw. den Anforderungen) dieselben Charakteristika erschließen. Durch die relevanten Merkmale bzw. deren Kombination wird die Belastungssituation präzise in einem Matrix-Element  $a_{ij}$  beschrieben.

In jedem Element  $a_{ij}$  bzw. Eintrag der Gestaltungsmatrix werden dem Anwender zur Belastungssituation passende Gestaltungsempfehlungen angezeigt. Ziel ist es, dem Arbeitsplatzgestalter ein breites Spektrum an Maßnahmen zur Verfügung zu stellen. Die Maßnahmen werden – wie im Modell beschrieben – durch das TOP-Prinzip der Arbeitssicherheit kategorisiert sowie priorisiert. Diese Anordnung ermöglicht eine gezielte Selektion aus dem Maßnahmenkatalog.

Die teils mehrstufige Untergliederung der Gestaltungsparameter lässt viel Raum für Reaktionsmöglichkeiten bei gestalterischen Engpässen, ohne die Matrix gleich mit Inhalten zu überfüllen. Zu er-

---

wähnen ist aber auch, dass die Matrix ebenso Elemente ohne Inhalt besitzen kann. Nicht jedes Merkmal führt gezwungenermaßen zu einem gestalterischen Engpass; ebenso existiert nicht für jede ergonomische Problemstellung ein Lösungsansatz.

Ein wichtiger Punkt, um die Effizienz und Produktivität der Matrix zu erhöhen, ist die Vernetzung der Einträge. Oftmals entstehen auf Anforderungsseite dieselben Problemfelder in unterschiedlichen Gewerken. Hier ist von Relevanz, die Synergien zu erkennen und zu nutzen. Dadurch wird die Gestaltungsmatrix ihrem Auftrag am besten gerecht, gestalterische Ideen im Sinne von Best Practice zu sammeln und innerhalb des Anwenderkreises zu teilen. Bei einer weitläufigen Vernetzung der Einträge über verschiedene Produktionsbereiche oder gar Gewerke ist es wichtig, die für den Anwender nützlichen Einträge hervorzuheben und eine unübersichtliche Darstellung zu vermeiden. Hierzu besitzt die Gestaltungsmatrix einen Filter bzw. eine Filterfunktion, durch die auf einer der Ebenen in den Spalten oder Zeilen der Matrix bevorzugte Merkmale, Kategorien, Bereiche oder Problemfelder selektiv betrachtet werden können. So werden dem Arbeitsplatzgestalter nur für seinem Bereich relevante Gestaltungsempfehlungen dargelegt. Die Aktivierung des Filters ist optional.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass mittels der vorgestellten Methodik ein Ansatz zur systematischen Anpassung von Mitarbeiterfähigkeiten und Arbeitsplatzanforderungen geschaffen wird. Der Arbeitsplatzgestalter erhält mit der Gestaltungsmatrix ein Instrument, mit dem sowohl aus Fähigkeits- als auch aus Anforderungssicht gezielte Maßnahmen ergriffen werden können. Durch die Integration des TOP-Prinzips wird insgesamt ein breites Spektrum an Gestaltungsmöglichkeiten für einen fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz aufgezeigt.

Für eine Übertragung des theoretischen Konzepts in ein Unternehmen ist es notwendig, die Arbeitsplatzanforderungen und die Gestaltungsmaßnahmen praxisbezogen zu beschreiben. Dies ermöglicht eine Anwendung der Gestaltungsmatrix im Unternehmen, worauf im nachfolgenden Unterkapitel eingegangen wird.

### **4.3 Anwendung und Evaluation des Konzepts in der betrieblichen Praxis**

Den theoretischen Überlegungen folgend wird das konzipierte Verfahren auf eine Anwendung in der Praxis analysiert. Ergonomie-Beauftragte und Experten aus dem untersuchten Unternehmen beschreiben Belastungsengpässe aus ihren Bereichen und befüllen dadurch das Konzept systematisch mit Aufsetzpunkten zur Arbeitsgestaltung. Ferner werden Best Practice Maßnahmen in das Konzept übertragen. Schließlich wird die erfolgreiche Anwendung des Modells auf das geforderte Ziel eines fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatzes anhand der festgelegten Kriterien überprüft.

### 4.3.1 Vorgehen bei Entwicklung und Anwendung des Konzepts

Das Konzept wurde in enger Verknüpfung mit den Herausforderungen der betrieblichen Praxis entwickelt. Der Grundgedanke der Gestaltungsmatrix entstand im Rahmen von Workshops zum fähigkeitsgerechten Mitarbeitereinsatz älterer Mitarbeiter. Durch die gleichzeitige und gleichwertige Betrachtung von Fähigkeiten und Anforderungen wurden sowohl die Argumente der Produktionsplanung als auch des BGM platziert.

Nach Skizzierung des Ansatzes der Gestaltungsmatrix wurde diese in ihren einzelnen Dimensionen mit Daten aus dem Unternehmen befüllt. Neben den in Kapitel 3 beschriebenen statistischen Auswertungen der Fähigkeiten von einsatzeingeschränkten Mitarbeitern wurden Workshops angestoßen, um die Anforderungen in der Produktion zu erfassen und passende Lösungsansätze für einen fähigkeitsgerechten Mitarbeitereinsatz zu ermitteln.

Die Anwendbarkeit des Modells in der betrieblichen Praxis und der Nutzen wurden in mehreren, teils iterativen Schritten untersucht. Bei der Durchführung waren neben Planern, Produktionsmitarbeitern und Führungskräften insbesondere Experten aus der Ergonomie beteiligt. Die wichtigsten Erprobungsschritte, die im untersuchten Unternehmen stattfanden, sind in Tabelle 16 aufgelistet:

Tabelle 16: Erprobungsschritte zur Entwicklung des Konzepts

<b>Maßnahme</b>	<b>Personenkreis</b>	<b>Ergebnisse</b>
Begehungen zum fähigkeitsgerechten Mitarbeitereinsatz	Mitarbeiter, Planer, Integrationsmanager, Führungskräfte	Entwicklung des Konzepts und von Gestaltungsmatrizen für <ul style="list-style-type: none"><li>• Materialbereitstellungszone</li><li>• Montage PKW</li></ul>
Workshop zur Identifizierung von Belastungsengpässen in der Produktion	Ergonomie-Beauftragte der Werke	Gestaltungsmatrizen für <ul style="list-style-type: none"><li>• BUS: Vor-, Modulmontage</li><li>• PKW: Montage Fahrwerk</li><li>• PKW: Rohbau</li><li>• PKW: Montage Inneneinbau</li><li>• LKW: Logistik</li><li>• LKW: Fertigung</li><li>• LKW: Presswerk</li></ul>
Befragung zum Konzept der Gestaltungsmatrix	Ergonomie-Beauftragte der Werke	Evaluation zum Nutzen der Gestaltungsmatrix in der betrieblichen Praxis
Vorstellung der SharePoint-Liste mit Best Practice Maßnahmenammlung	Ergonomie-Beauftragte der Werke	Aufsetzpunkt für Best Practice Datenbank

Die Aussagen der in den Erprobungsschritten involvierten Experten aus dem Unternehmen unterstützten die Konzeption hinsichtlich des verfolgten Ansatzes und der Relevanz für die Praxis. Außerhalb des Unternehmens wurde die Konzeption ferner im Rahmen von Tagungen und Kongressen vorgestellt und mit Experten aus Wissenschaft und Praxis diskutiert. Die Relevanz der Konzeption,

---

insbesondere im Zuge des demografischen Wandels, wurde herausgestellt. Im Gegenzug wurden jedoch vielfältige Schwierigkeiten bei einer möglichen Realisierung in Unternehmen aufgezeigt. Exemplarisch ist hier der Datenschutz bei der Erfassung personenbezogener Daten hervorzuheben. In der Diskussion (Kapitel 5.2.2) werden solche potentiellen Hindernisse weiter vertieft.

### **Abgrenzung des Konzepts**

In dem in dieser Arbeit entwickelten Verfahren werden ausschließlich die Fähigkeiten von Mitarbeitern mit Einsatzbeschränkungen betrachtet. ME stellen im Mittel circa 5 % der Belegschaft in den untersuchten Standorten. Der Teil der Belegschaft mit voller Leistungsfähigkeit wird aufgrund nicht vorliegender Fähigkeitsdaten nicht abgebildet. Die Betrachtung des dargestellten Kollektivs ist demnach nicht repräsentativ für die Gesamtbelegschaft.

Bei der Analyse der Fähigkeitsmerkmale von Mitarbeitern wird ein Schwerpunkt auf die körperliche Leistungsfähigkeit gesetzt, da diese Faktoren vornehmlich in den vorliegenden Fähigkeitsdaten behandelt werden. Teils fließen Elemente wie Qualifikation oder Motivation der Mitarbeiter in die Betrachtung mit ein. Psychische Faktoren, wie beispielsweise Stress, werden weitestgehend von der Betrachtung ausgenommen.

Nachfolgend soll anhand der Bestandteile der Gestaltungsmatrix – Fähigkeiten, Anforderungen und Maßnahmen – ausgeführt werden, wie eine praxisnahe Befüllung und Anwendung des Konzepts in einem Unternehmen der Fahrzeugproduktion aussehen könnte. Wird dabei von *Merkmalen* gesprochen, sind stets die Kriterien aus dem Fähigkeits- und Anforderungsprofil gleichermaßen gemeint.

#### **4.3.2 Eingrenzung relevanter Fähigkeitsmerkmale**

Für die Anwendung des Verfahrens in der Praxis werden die im Fähigkeitsprofil des untersuchten Unternehmens festgelegten 32 Merkmale betrachtet. Die Befüllung der Matrix in Bezug auf die Fähigkeiten erfolgt in dieser Arbeit vorrangig mit den in Kapitel 3 ermittelten Merkmalen, die als „kritisch“ angesehen werden bzw. eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für einen gestalterischen Engpass mit sich bringen. Demnach steigt die Relevanz einer Fähigkeit in den  $n$  Spalten der Gestaltungsmatrix, je kritischer diese anhand der Statistik eingestuft wird. Neben den in Kapitel 3.2 vorgestellten Ergebnissen der vom Unternehmen freigegebenen Datensätze existieren weitere Vorgehensweisen in der betrieblichen Praxis des Unternehmens, um die noch vorhandenen Fähigkeiten von einsatzeingeschränkten Mitarbeitern zu identifizieren und fähigkeitsgerechte Arbeitsplätze insbesondere für diese Personengruppe zu schaffen. Hierbei werden Gestaltungsempfehlungen an die Produktionsplanung

---

herausgegeben, die sich auf spezifische Merkmale aus dem Fähigkeits- bzw. Anforderungsprofil beziehen. Vom Ansatz entsprechen diese Empfehlungen der in Kapitel 3.3 vorgestellten Grenzwertbetrachtung, in der Fähigkeiten ermittelt werden, die für Produktionsmitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen als „unkritisch“ angesehen werden können. Bei solchen Merkmalen weisen möglichst viele der einsatzeingeschränkten Mitarbeiter die (nahezu) vollständige Leistungsfähigkeit auf. Über die reine Grenzwertbetrachtung hinausgehend wurde von den Experten vor Ort aufgrund der Erfahrungen aus der Serienproduktion festgelegt, welche dieser Fähigkeiten in der Praxis von besonderer Relevanz sind. Diese Informationen fließen letztendlich in die Gestaltungsempfehlungen ein, die für ein bestimmtes Arbeitsplatzkollektiv als Vorgabe gesehen werden können. Im untersuchten Unternehmen existieren zwei Gestaltungsvorgaben für einen fähigkeitsgerechten Arbeitsplatz, die die produktions-spezifischen Charakteristika berücksichtigen: Zum einen für einen PKW-Aufbau-Standort, zum anderen für einen Fertigungsstandort von LKW-Motoren.

Für den PKW-Aufbau werden folgende Kriterien an einen Arbeitsplatz, der für Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen geeignet ist, definiert. Bei der Neuplanung von Baureihen sind 14 Kernforderungen für die Gestaltung eines ME-geeigneten Arbeitsplatzes zu berücksichtigen. Dadurch erhöht sich die Chance auf die Integration fähigkeitseingeschränkter Mitarbeiter. Bei folgenden Merkmalen sollte der Tätigkeitsanteil möglichst als „nie“ bzw. 0 % der Schicht eingestuft sein:

- Heben / Tragen / Halten > 10 kg
- Ziehen / Schieben von schweren Lasten > 100 N
- Hocken
- Knien
- Arm über Kopf
- Wirbelsäule gebückt > 60°

Ferner werden Kriterien mit möglichst geringem zeitlichen Anteil genannt; diese sollen „gelegentlich“ bzw. maximal 5 % über eine Schichtdauer vorkommen:

- Steigen
- Dauerhaftes Stehen / Gehen (mit Vorhandensein einer temporären Sitzgelegenheit)
- Heben / Tragen / Halten 5 - 10 kg
- Ziehen / Schieben 50 - 100 N
- Arm über Schulter
- Seitliche Rumpfneigung > 20°
- Wirbelsäule > 20°

Als letzte Kernforderung wird darauf hingewiesen, dass das Nicht-Vorhandensein einer starren Taktbindung die Chance auf Vermittlung von Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen deutlich erhöht. Parallel hierzu ist eine Gestaltungsvorgabe in der LKW-Motorenfertigung entstanden, die die Anforderungen an einen belastungsreduzierten Arbeitsplatz definiert, der sich für die Integration von fähigkeitseingeschränkten Mitarbeitern besonders eignet. Als Basis für die Definition wurden neben Merkmalen aus dem Profilvergleichsverfahren ebenso Analyse Kriterien aus der Bewertungsmethodik zur Ergonomie und den Vorgaben der Arbeitssicherheit hinzugezogen. Die relevanten Faktoren sind in Tabelle 17 ersichtlich:

Tabelle 17: Anforderungen an einen belastungsreduzierten Arbeitsplatz

<b>Merkmalkategorie</b>	<b>Zeitanteil</b>	<b>Merkmal</b>
Statische Körperhaltungen	nie:  gelegentlich:	gebückt (Wirbelsäule > 60°) Arm(e) über Kopf Knien / Hocken Arm(e) über Schulterhöhe seitliche Rumpfneigung > 20° Wirbelsäule gebeugt > 20°
Umsetzen, Halten, Tragen von Lasten	nie: gelegentlich:	> 10 kg 5 - 10 kg (Voraussetzung: günstige Körperhaltung)
Ziehen und Schieben	nie: gelegentlich:	> 100 N von Lasten 50 - 100 N (Voraussetzung: günstige Körperhaltung)
zusätzliche Belastungen	nie: gelegentlich:	Erschütterungen / Vibrationen Steigen
Arbeitsorganisation		<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine starre Taktbindung mit geringer zeitlicher Flexibilität</li> <li>• keine 3. Schicht mit Nachtschicht bzw. Dauernachtschicht</li> </ul>
Arbeitsumgebung		<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine Arbeit unter ungünstigen klimatischen Bedingungen</li> <li>• kein Hautkontakt mit Ölen, Fetten, Emulsionen</li> <li>• keine Arbeit in Bereichen mit belästigenden Gasen, Dämpfen, Aerosolen, Stäuben, Rauch</li> </ul> <p>Alle weiteren Arbeitsumgebungsfaktoren (z.B. Lärm, Klima, Beleuchtung etc.) sind entsprechend den Vorgaben der Arbeitssicherheit zu gestalten.</p>

Viele der Merkmale der Gestaltungsempfehlungen aus den Bereichen PKW und LKW sind deckungsgleich. Ein Unterschied ist die insgesamt detailliertere Betrachtung im Bereich LKW, wo ergänzend ungünstige Umgebungsfaktoren angeführt werden. Neben den bereits aus Kapitel 3 bekannten physischen Belastungen werden weiterführend Aspekte der Arbeitsorganisation thematisiert. Die starre Taktbindung in den verketteten Montagebereichen ist demnach oftmals ein Ausschlusskriterium für die Vermittlung von Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen (Mohrlang, 2005; Zäh & Prasch,

---

2006). Ebenso ist eine temporäre Sitzgelegenheit, die der Mitarbeiter individuell im Rahmen seiner Verteilzeit nutzen kann, von hoher Wichtigkeit und daher im PKW-Bereich hervorgehoben. Im untersuchten Anforderungsprofil ist das Vorhandensein von Sitzgelegenheiten demnach ein Ja/Nein-Kriterium, das zum Matching hinzugezogen werden kann.

In der Produktionsplanung der entsprechenden Bereiche haben sich die Gestaltungsempfehlungen etabliert und maßgeblich zur Sensibilisierung der Arbeitsplatzgestalter beigetragen. In Bezug auf die Gestaltungsmatrix bieten sie neben den Ergebnissen der statistischen Analyse in Kapitel 3 eine geeignete Basis, um die Fähigkeitsmerkmale zu filtern und zu priorisieren. Somit lässt sich festhalten, dass für den Arbeitsplatzgestalter sowohl die Betrachtung von „kritischen“ als auch „unkritischen“ Fähigkeitsmerkmalen zielführend sein kann: Auf der einen Seite, um Gestaltungsengpässe zu entschärfen; auf der anderen Seite, um eine notwendige Anzahl an Arbeitsplätzen für Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen sicherzustellen.

#### 4.3.3 Erfassung und Strukturierung von Anforderungsengpässen

##### **Erfassung von Belastungsengpässen**

Für die Befüllung der Zeilen in der Matrix, die Anforderungsengpässen in der Produktion eines Fahrzeugherstellers entsprechen, wurde ein praxisnaher Ansatz gewählt: In Workshops und Begehungen wurden Ergonomie-Beauftragte aus verschiedenen Standorten und Gewerken darum gebeten, typische Belastungen und Anforderungsengpässe in ihrem Produktionsbereich zu beschreiben. Ferner wurde die Möglichkeit eingeräumt, bei Kenntnis eine vorbildliche ergonomische Maßnahme zu ergänzen. Als Basis für eine weitestgehend einheitliche Beschreibung wurde den Ergonomie-Experten die vordefinierte Zeilen-Struktur der Gestaltungsmatrix vorgegeben. Diese besteht aus Gewerk, Produktionsbereich, (Gestaltungs-)Engpass und dem Merkmal. Da die Struktur flexibel gestaltet ist, konnten die Teilnehmer diese bei Bedarf anpassen. Als (Gestaltungs-)Engpass kann entweder das Arbeitsmittel bzw. Arbeitsobjekt oder die Tätigkeit selbst angegeben werden. Ein Arbeitsmittel, das einen Engpass verursachen kann, könnte exemplarisch ein Drehmoment-Schlüssel aufgrund der aufzubringenden Kräfte sein. Eine entsprechende Tätigkeit stellt die Verschraubung des Frontmoduls dar, bei der das Anziehen von Drehmomenten ein Tätigkeitsbestandteil ist. Die Unterscheidung zwischen Arbeitsmittel, -objekt oder Tätigkeit ist für das Clustern von Anforderungen von Interesse, worauf später eingegangen wird.

Nachfolgend werden die Ergebnisse eines Workshops bei der „Arbeitstagung Ergonomie“ im untersuchten Unternehmen dargestellt. Insgesamt waren 17 Ergonomie-Beauftragte aus verschiedenen

Standorten beteiligt. Die am häufigsten gelisteten Belastungsengpässe wurden der Kategorie der Lastenhandhabung zugeordnet. Beim manuellen Umsetzen wurden neben dem hohen Gewicht von Einzelteilen, wie exemplarisch bei zusammengebauten Modulen, eine hohe Umsetzhäufigkeit, wie beispielhaft beim Bestücken von LCA-Anlagen (Low Cost Automation), als problematisch angesehen. Daneben wird insbesondere das Ziehen und Schieben schwerer Wägen wie Großladungsträger (GLT) moniert, selbst wenn die Tätigkeit mit geringer Häufigkeit ausgeführt wird. Manipulatoren und Handhabungsgeräte, die den Mitarbeiter entlasten sollen, erfüllen oftmals ihre Funktion nicht zufriedenstellend, da sie nicht intuitiv zu bedienen sind und ein hoher Kraftaufwand bei Korrekturen notwendig ist. Eine Übersicht identifizierter Belastungsengpässe bietet Abbildung 30:

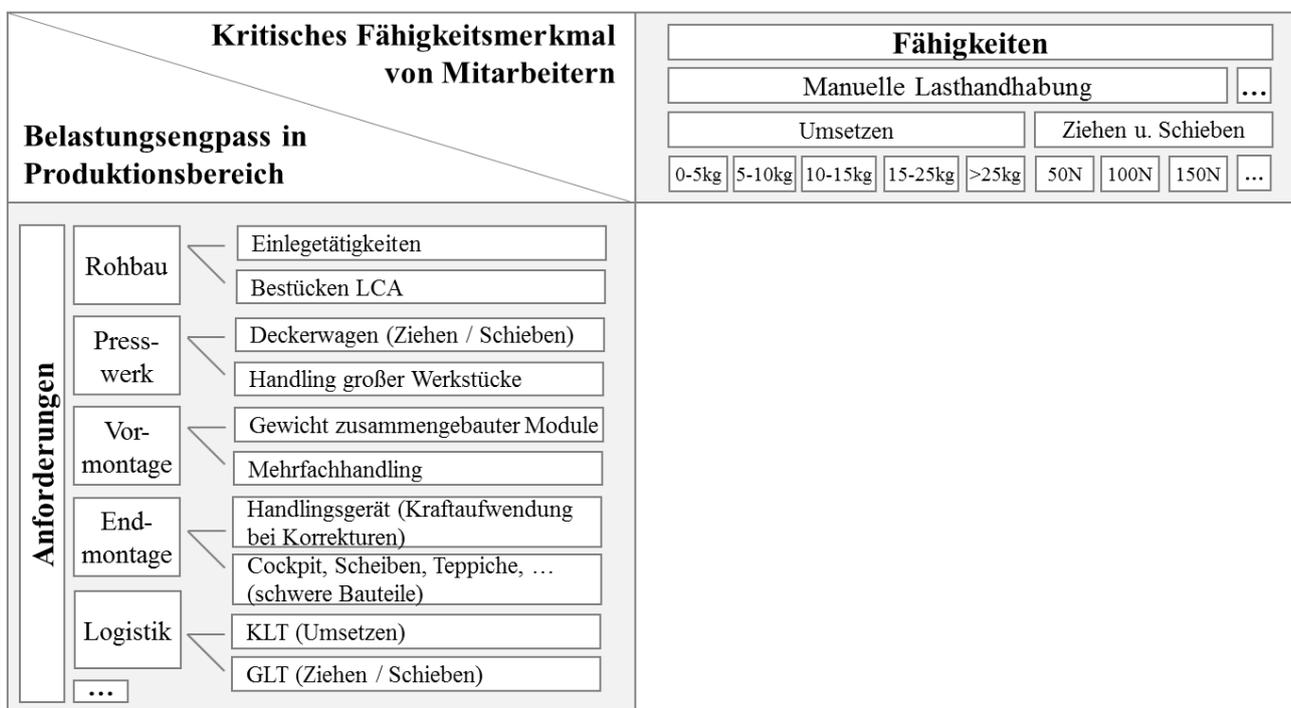


Abbildung 30: Belastungsengpässe in der Kategorie manuelle Lastenhandhabung

Werden die Anforderungen gefiltert nach Umsetzen von Lasten > 5 kg, ergibt sich eine Gestaltungsmatrix wie in Abbildung 31, die deutlich an Übersichtlichkeit gewinnt. Lasten, die schwerer als 5 kg sind, sollten bei einem ME-geeigneten Arbeitsplatz maximal gelegentlich umgesetzt werden (vgl. Tabelle 17). Deshalb werden hierfür Maßnahmen benötigt, die in der Matrix durch den Filter gezielt eingeblendet werden können.

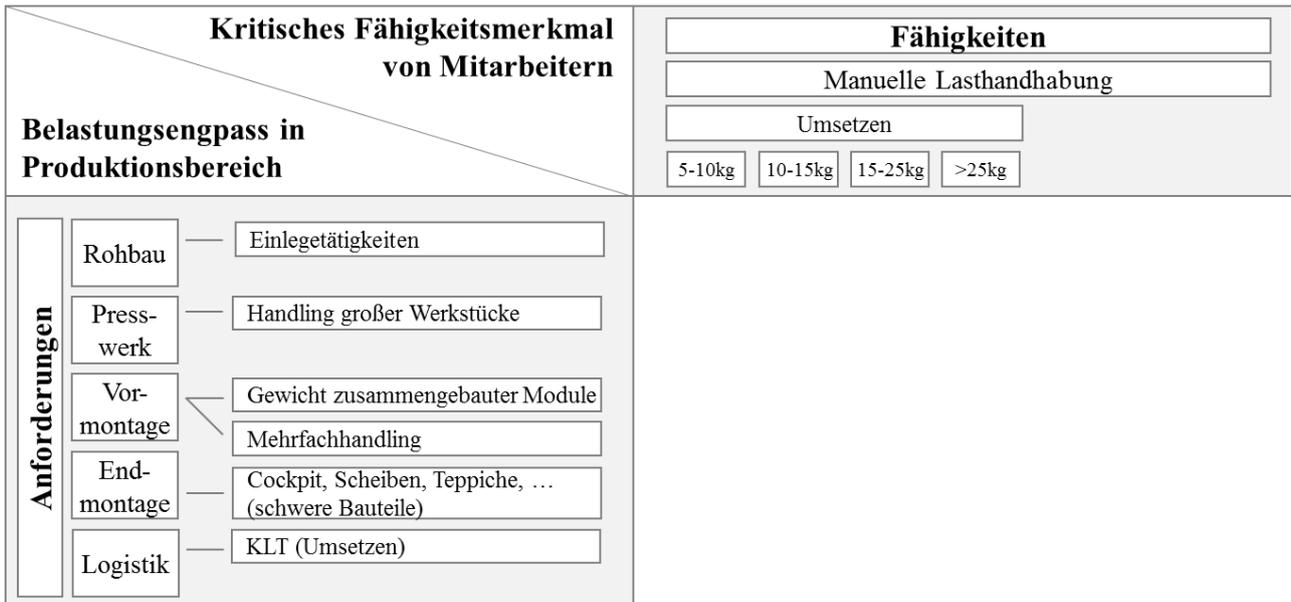


Abbildung 31: Kategorie Lastenhandhabung mit Filter „Umsetzen > 5 kg“

In den gelisteten Anforderungen bezüglich des Umsetzens finden sich Einträge aus allen Gewerken für die Kategorie der Lastenhandhabung. Dies ähnelt dem Bild der Anforderungen in der Kategorie der Körperhaltungen, das in Abbildung 32 dargestellt wird.

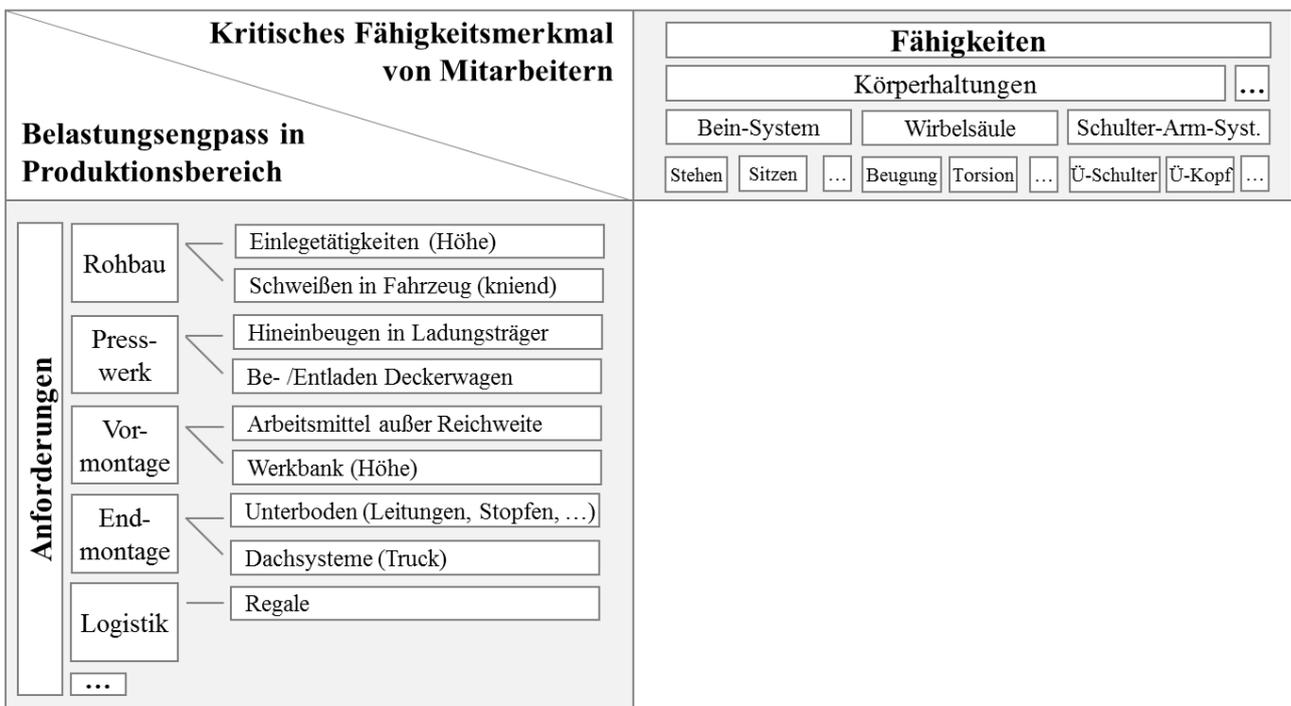


Abbildung 32: Belastungsengpässe in der Kategorie Körperhaltungen

---

In den Gewerken Rohbau, Presswerk und in der Logistik sind die Probleme eng verbunden mit den regelmäßig vorkommenden Umsetztätigkeiten. Unpassende Höhen der Regalebene bedingen ungünstige dynamische Körperhaltungen durch Beugung oder Überschulterarbeit. Hohe Entfernungen zum greifenden Arbeitsobjekt erfordern eine hohe Reichweite der Arme. Oftmals sind die Teile zwar bei Anlieferung durch die Logistik anfangs passend angeordnet, Belastungen entstehen jedoch dadurch, dass sich der Mitarbeiter zunehmend weiter in das Regal bzw. tiefer in den Ladungsträger strecken muss. In der Vormontage sind Werkbank und angrenzende Regale oftmals auf den durchschnittlich großen Mitarbeiter ausgerichtet, sodass kleinere bzw. größere Werker in ungünstigen statischen Körperhaltungen montieren. Ferner sind die regelmäßig zu nutzenden Arbeitsmittel nicht effizient angeordnet. Die Probleme in der manuellen Endmontage sind teils ähnlicher Art, jedoch deutlich vielfältiger, da jeder Arbeitsplatz auf das zu fertigende Endprodukt – das Fahrzeug – ausgerichtet ist. Jede Tätigkeit am Fahrzeug benötigt vom Mitarbeiter eine individuelle Positionierung. Anzuführen sind exemplarisch Tätigkeiten, die am Unterboden des Fahrzeugs durchzuführen sind: Das Verlegen von Kabeln und Leitungen sowie das Eindrücken von Stopfen bedingt einen Belastungsengpass durch statische Überkopfarbeit.

Von den Teilnehmern wurde des Weiteren angemerkt, dass speziell die Kombination aus manueller Lastenhandhabung und ungünstiger Körperhaltung - in Form einer verdrehten Wirbelsäule - ein Problem darstellt. Die Notwendigkeit von ergonomischen Maßnahmen ist in diesem Fall besonders hoch anzusehen. Ergonomische Engpässe wurden ebenso bei den weiteren Belastungskategorien verzeichnet, werden jedoch für eine kompakte Darstellung an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt.

### **Clustern und Vernetzen der Anforderungen**

Eine kompakte, übersichtliche Darstellung der Gestaltungsmatrix ist mit zunehmendem Detaillierungsgrad nicht unbedingt gewährleistet. Die Zusammenstellung von Anforderungen anhand der Workshop-Ergebnisse lässt dies erkennen. Die so generierte Gestaltungsmatrix ist ferner lediglich zu Teilen befüllt und besitzt keine Vollständigkeit im Hinblick auf sämtliche Anforderungen in der Fahrzeugproduktion. Ein weiterer logischer Schritt in der Vorgehensweise ist daher das Clustern und Vernetzen von Anforderungen. Es dient dazu, die Übersichtlichkeit bei komplexen Matrizen zu erhöhen, indem Problemfelder zusammengefasst und zwischen verschiedenen Gewerken verbunden werden. In Tabelle 18 werden anhand der gewonnenen Erkenntnisse aus den Workshops die jeweils drei relevantesten Engpässe des untersuchten Gewerks herausgestellt. Die Einstufung erfolgt gemäß der genannten Häufigkeit bei Workshops und Begehungen in den entsprechenden Gewerken.

Tabelle 18: Belastungsengpässe mit höchster Relevanz nach Gewerk

Gewerk	Problemfeld	Problem	Merkmal
Endmontage	Modulverbau Innenraum-Montage Unterboden-Montage	Gewicht, Handhabungsgeräte Zugänglichkeit Leitungen, Stopfen, Klipse	Umsetzen > 10 kg, Kräfte Torsion der Wirbelsäule Arme über Kopf (statisch)
Vormontage	Werkbank Arbeitsmittel Einzelteile	Arbeitshöhe Entfernung, Gewicht Gewicht, Mehrfachhandling	gebeugt 20 - 60° Arm über Schulterhöhe (dyn.) Umsetzen > 5 kg
Rohbau, Presswerk, Teilefertigung	Großladungsträger Teile klein Teile groß	Anschieben Häufigkeit Einlegen Handhabungsgerät	Ziehen/Schieben >100N Umsetzen 0 - 5 kg Ganzkörperkräfte
Material- bereitstellung	Regale Warenkorb Einzelteile	Abgriffhöhe Anschieben Häufigkeit	Arme über Schulterhöhe (dyn.) Ziehen/Schieben > 100N Umsetzen 0 - 5 kg
Logistik	Großladungsträger Kleinladungsträger Regale	Anschieben Häufigkeit, Gewicht > 15 kg Höhe Materialzufuhr	Ziehen/Schieben > 100 N Umsetzen > 10 kg Arme über Schulterhöhe (dyn.)

Anhand der tabellarischen Ansicht wird deutlich, dass es zwischen den Gewerken zu thematischen Überschneidungen der Problemfelder kommt. Das Umsetzen von Teilen spielt oftmals eine maßgebliche Rolle, ebenso wie die Arbeits- bzw. Abgriffhöhe der Arbeitsfläche bzw. Regalebenen. Die Problemfelder und Anforderungsmerkmale lassen sich in diesen Fällen durch die Bildung von Clustern vereinheitlichen und Gewerke-übergreifend vernetzen. Ein Austausch der ergonomischen Lösungsansätze im Sinne von Best Practice wird gefördert.

Das Clustern erfolgt in den dargestellten Feldern meistens nach Arbeitsmitteln bzw. Arbeitsobjekten, die eine zentrale Rolle bei der auszuführenden Tätigkeit spielen: Beispielsweise ein Großladungsträger. Die Tätigkeitsschritte sind selten komplex und oftmals innerhalb einer Tätigkeit als auch zwischen den Arbeitsplätzen nahezu identisch. Demnach bieten sich viele Ansatzpunkte zur Standardisierung und für eine Vernetzung der Anforderungen zwischen den Gewerken. Eine Schubhilfe beispielsweise ist einsetzbar für zu schiebende Wägen in der Logistik, der Materialbereitstellung oder der Teilefertigung.

Eine Ausnahme bilden die Problemfelder in der manuellen Endmontage. Auch hier ist zum Beispiel die Lastenhandhabung manuell oder mit Handhabungsgeräten häufig problematisch. Jedoch unterscheidet sich die Art der Manipulation von Station zu Station und die Tätigkeiten besitzen eine hohe Diversität. Ferner sind die Tätigkeitsbestandteile von vergleichsweise hoher Komplexität. An jeder Station erfolgen viele Einzelschritte; der Standardisierungsgrad ist gering. Daher ist ein Clustern nach

Arbeitsmitteln an dieser Stelle nicht sinnvoll. Es bietet sich das Clustern nach Tätigkeiten an. Ein Beispiel ist die Cockpit-Montage, die über verschiedene Baureihen im PKW-Bereich ähnlich ist. Intelligente ergonomische Lösungen, wie ein speziell angepasstes Handhabungsgerät, können hier Baureihen-übergreifend zum Einsatz kommen. Eine Verwendung in anderen Gewerken ist unwahrscheinlich. Somit ist die Möglichkeit der Vernetzung zwischen den Gewerken als niedrig einzustufen. Der erläuterte Zusammenhang wird durch Abbildung 33 visualisiert.

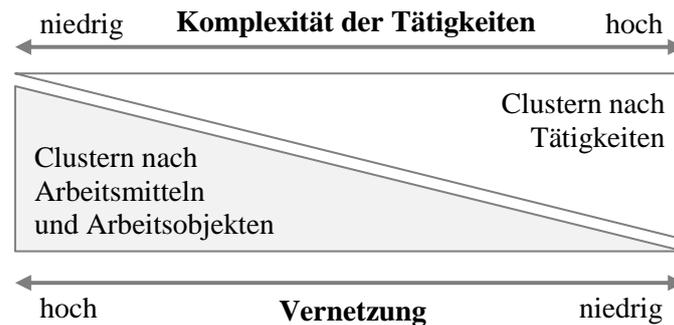


Abbildung 33: Clustern von Anforderungen nach Komplexität sowie Vernetzungsgrad

Demnach empfiehlt es sich, Tätigkeiten mit niedriger Komplexität nach Arbeitsmitteln und Arbeitsobjekten zu bündeln. Dies ist zielführender als das Clustern nach Tätigkeiten, da die Tätigkeit „Umsetzen“ allein das Problemfeld unzureichend beschreiben würde. „Umsetzen von Kleinladungsträgern“ demgegenüber wäre eine unnötig ausführliche Beschreibung, da sich der Vorgang aus dem Objekt erschließt. Bei „Cockpit“ ist jedoch nicht hinreichend definiert, ob das Material bereitgestellt, das Modul vormontiert oder ob die Verbauung im Fahrzeug gemeint ist, sodass man hier nach Tätigkeiten clustern muss.

In Abbildung 34 werden die Synergien für die Beschreibung von Belastungsengpässen aufgezeigt. Eine Zusammenstellung von relevanten Problemfeldern aus fünf Gewerken mündet schließlich in der Berücksichtigung von sieben verschiedenen Merkmalen.

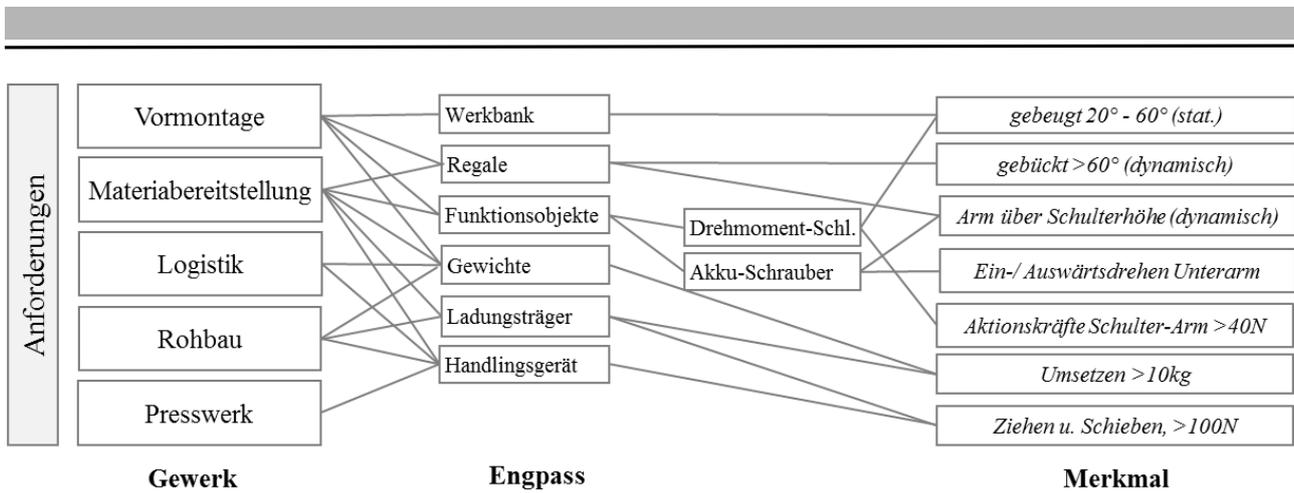


Abbildung 34: Vernetzungsbeispiel von Tätigkeitsbereichen mit niedriger Komplexität

Mithilfe einer intelligenten Vernetzung wird somit die Anzahl an  $m$  Zeilen in der Gestaltungsmatrix gering gehalten. Ferner finden in verschiedenen Bereichen gesammelte Maßnahmen Verwendung in mehreren Problemfeldern. Dies erhöht die Effizienz der Konzeption maßgeblich.

#### 4.3.4 Sammlung von Best Practice Gestaltungsmaßnahmen

Neben der Befüllung der  $m$  Zeilen und  $n$  Spalten der Matrix, die einen gestalterischen Engpass beschreiben, sind die zugehörigen Matrix-Einträge von Interesse, die ergonomische Lösungswege aufzeigen. Ein Matrix-Element  $a_{ij}$  verweist auf die Anforderungen in der  $i$ -ten Zeile und die Fähigkeiten in der  $j$ -ten Spalte. Neben der bisher vorgestellten Herangehensweise, ausgehend von einem gestalterischen Engpass, ist auch der umgekehrte Weg denkbar. Ergonomische Maßnahmen, die in der Produktion und Planung bereits umgesetzt sind, lassen Rückschlüsse auf ergonomische Problemfelder zu. Diese sind lokal gelöst, bestehen möglicherweise aber auch in anderen Bereichen. Genau darauf zielt das Best Practice Sharing ab, indem unterschiedliche Produktionsbereiche voneinander lernen.

Im Rahmen der Arbeit wurden solche Best Practice Maßnahmen gesammelt, um auftretende Problemfelder in der laufenden Produktion zu identifizieren und Lösungsansätze für prognostizierte gestalterische Engpässe zu kennen. Ferner wurde das Best Practice Sharing im untersuchten Unternehmen gefördert. Die Maßnahmen wurden aus verschiedenen Standorten des Unternehmens zentral zusammengetragen und in einer Datenbank strukturiert abgelegt, für die alle Ergonomie-Beauftragten Zugriffsrechte besitzen.

Als Plattform für diese Best Practice Datenbank wurde *Microsoft SharePoint* gewählt. Die Webanwendung zeichnet sich insbesondere durch vielfältige Möglichkeiten für eine virtuelle Zusammenarbeit der Nutzer innerhalb einer festgelegten Gruppe aus. Als Nutzer des bereits im Unternehmen installierten *SharePoint Ergonomie* sind die Ergonomie-Beauftragten der Werke sowie vereinzelt weitere Personen wie Integrations- oder Demografie-Manager freigeschaltet. Die Startseite, die in Abbildung 35 zu sehen ist, führt direkt zu den Best Practice Beispielen.



Abbildung 35: Startseite des SharePoint mit Verknüpfung zur Best Practice Datenbank (unternehmensinterne Quelle)

Die Datenbank wurde in verschiedenen Gremien, wie der Arbeitstagung Ergonomie, vorgestellt und die Ergonomie-Beauftragten wurden zur Einbringung von Maßnahmen aus ihrem eigenen Standort motiviert. Das entwickelte Konzept fungiert als Aufsetzpunkt für die Datenbank: Die Ansätze der Konzeption, wie die Ausrichtung nach dem Fähigkeits- bzw. Anforderungsmerkmal oder das TOP-Prinzip, sind in die Datenbank eingeflossen. Im SharePoint kann der Nutzer gezielt nach diesen Kriterien filtern, um die passende Lösung für seine ergonomische Problemstellung zu finden. Abbildung 36 zeigt einen Ausschnitt aus der Best Practice Datenbank, die als SharePoint Liste aufgesetzt ist. Bei Aufruf eines Listenelements erscheint eine detaillierte Beschreibung der Maßnahme mit Bildern.

## Best Practice Datenbank



In der Datenbank werden Best Practice Beispiele aus den Werken gesammelt, um die Ideen für alle Ergonomie-Beauftragten transparent und zugänglich zu machen. In der Tabelle werden die Maßnahmen nach der jeweiligen Arbeitsplatz-Belastung bzw. Mitarbeiter-Fähigkeit sortiert. Die Abbildungen sind nur für den internen Gebrauch bestimmt. Für weitere Informationen können Sie sich mit dem Ansprechpartner im Werk in Verbindung setzen. Falls Sie Best Practice Maßnahmen von Ihrem Standort teilen möchten, senden Sie bitte eine PDF bzw. PowerPoint an [philipp.witemann@...](mailto:philipp.witemann@...) Gerne können Sie Maßnahmen selbst über "Neues Element" hinzufügen [\[hier klicken für Anleitung\]](#). Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

[+ Neues Element](#) oder diese Liste [bearbeiten](#)

**Best Practice Beispiele**

Alle Elemente

...

Element suchen



✓ Lösungsansatz	Division	Merkmal (Fähigkeit/Anforderung)	Ansprechpartner	Art nach TOP
Holzboden (gefedert)	Bus, Cars, Truck, Van	(Bein-System) Gehen	...	technisch
Mitfahrband	Cars	(Bein-System) Gehen	...	technisch
Anti – Ermüdungsmatte	Bus, Cars, Truck, Van	(Bein-System) Stehen	...	technisch

Abbildung 36: Ausschnitt aus der Best Practice Datenbank (unternehmensinterne Quelle)

Die Ergonomie-Beauftragten haben die Möglichkeit, Maßnahmen selbst einzustellen oder diese an den Zentralbereich Ergonomie zu senden. Das Ziel ist, eine große Akzeptanz bei den Nutzern zu schaffen, um den Austausch im Sinne von Best Practice zu fördern. Aktuell liegen circa 60 Maßnahmen in der Datenbank vor.

### 4.3.5 Beispielhafte Anwendung der Gestaltungsmatrix

Das Konzept der Gestaltungsmatrix wird im Folgenden exemplarisch auf ein spezifisches Fähigkeits- bzw. Anforderungsmerkmal angewandt. Zur Anwendung wird das Merkmal „Rechter Arm über Schulterhöhe“ gewählt, da es als gestalterischer Engpass anhand der Datenanalyse in Kapitel 3.4 identifiziert wurde. Es besteht somit ein potentiell erhöhter Bedarf an gestalterischen Maßnahmen an Produktionsarbeitsplätzen mit dieser Anforderung. Die vollständig beschriebene Gestaltungsmatrix ist in Abbildung 37 ersichtlich; die Definition der Spalten, Zeilen und Maßnahmen in der Matrix wird nachfolgend hergeleitet.

Die Matrix-Spalten, die für das Anwendungsbeispiel von Bedeutung sind, ergeben sich durch die bereits erfolgte statistische Auswertung der Fähigkeitsdaten. Die „Körperhaltungen“ stellen die Obergruppierung (Ebene 1) dar, wodurch die Art der physischen Belastung kategorisiert wird. Weiterführend wird auf das „Schulter-Arm-System“ als Unterkategorie (Ebene 2) eingegangen. Schließlich wird auf das relevante Einzelmerkmal (Ebene 3) der Überschulterarbeit verwiesen. Für die Anwendung in einem bestimmten Produktionsbereich wird in der Praxis der Datensatz auf die in diesem

Bereich tätigen Mitarbeiter eingegrenzt. So werden den Anforderungen vor Ort gezielt die Fähigkeiten der potentiell zuordenbaren Werker gegenübergestellt, um diese auf Passung zu untersuchen. Zu den Arbeitsplätzen, die einen hohen zeitlichen Tätigkeitsanteil mit dem spezifischen Anforderungsmerkmal aufweisen, zählt die Himmelmontage im Innenraum eines PKW. Bezogen auf das Konzept der Matrix wird in der ersten Ebene die (End-)Montage als Gewerk gewählt und auf der zweiten Ebene das Problemfeld im Arbeitssystem beschrieben. Unter ergonomischen Gesichtspunkten besitzt die Dachhimmelmontage-Station ein erhöhtes Risiko; bei sämtlichen Tätigkeiten im Innenraum der PKW-Karosserie kommt es zu belastenden Körperhaltungen. Bei der Tätigkeit sitzt ein Mitarbeiter in der Mitte der PKW-Karosserie und führt den Dachhimmel, während zwei Mitarbeiter den Himmel im Frontscheibenbereich montieren. Die Situation gestaltet sich für die Mitarbeiter wie in Abbildung 37 als Ausschnitt dargestellt:

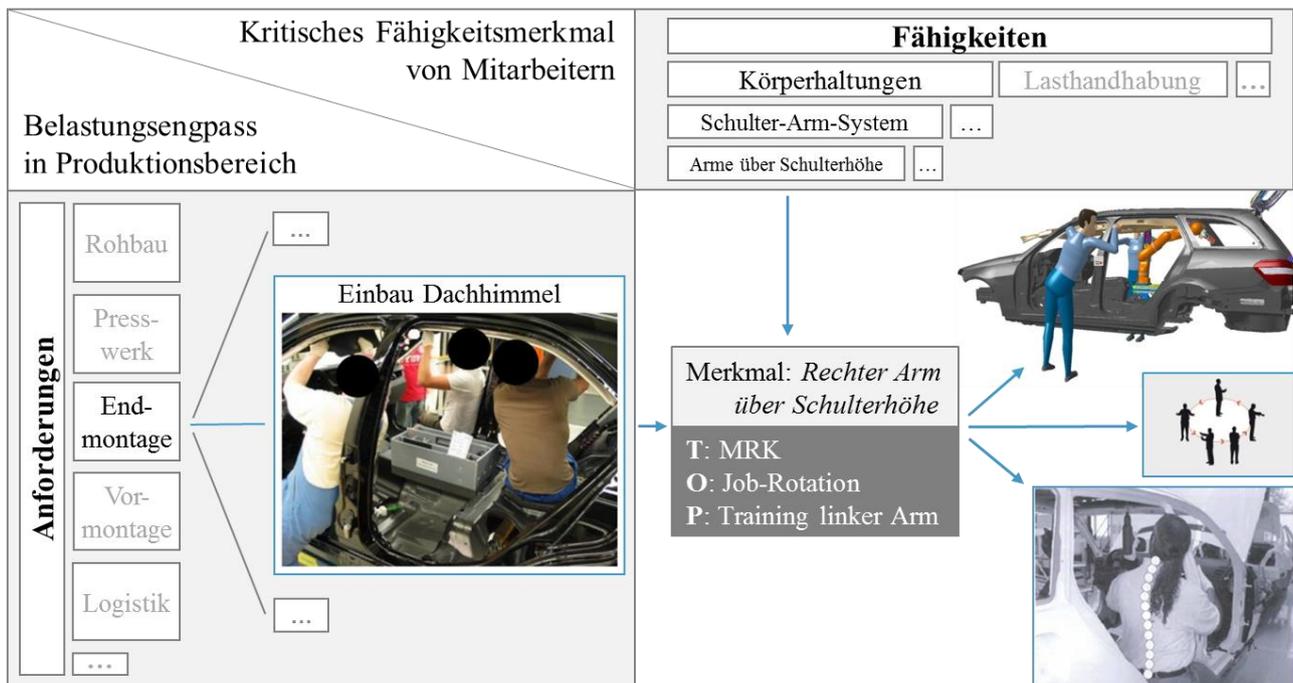


Abbildung 37: Beispielhafte Gestaltungsmatrix für die Dachhimmelmontage PKW

Eine ergonomische Analyse der Arbeitssituation anhand des unternehmensinternen Belastungsbewertungsverfahrens, eines EAWS-Derivats, ergab eine erhöhte, zu vermeidende Belastungssituation beim Einbau des Dachhimmels (Lyska, 2015): Die Arbeitsplätze der beiden Werker, die sich vorne links und rechts im Fahrzeug befinden, werden mit einem mittleren ergonomischen Risiko beurteilt („gelbe Belastungssituation“ gemäß dem Ampelschema nach DIN EN 614-1). Angemessene Gestaltungsmaßnahmen sind hier angezeigt. Der Arbeitsplatz des Werkers, der hinten im Fahrzeug sitzt,

---

wird mit einem hohen ergonomischen Risiko eingestuft („rote Belastungssituation“ gemäß dem Ampelschema nach DIN EN 614-1). Dieser Fall erfordert eine vorrangige Umgestaltung zur Risikoreduzierung. Für den gegebenen gestalterischen Engpass werden in der Matrix in Abbildung 37 drei exemplarische Gestaltungsmaßnahmen, priorisiert nach dem TOP-Prinzip, dargestellt.

### Technische Gestaltung

Als technische Lösung bietet sich für die Dachhimmel-Montage die Unterstützung durch einen Leichtbauroboter (LBR) an. Es wird von einer Mensch-Roboter-Kooperation, kurz MRK, gesprochen. MRK beschreibt die gemeinsame, aber zeitlich getrennte Bearbeitung eines Produkts in einem genau definierten, gemeinsamen Arbeitsraum. Der eingesetzte, autonome LBR *InCarRob*, dargestellt in Abbildung 38, ist charakterisiert durch einen mittleren Automatisierungsgrad und eine sehr intensive Mensch-Roboter-Kooperation. Im neuen, optimierten Prozess arbeiten zwei Werker direkt mit dem im Inneren des Fahrzeugs positionierten LBR zusammen. Der LBR übernimmt alle Tätigkeiten, die der hinten mittig sitzende Werker ehemals ausgeführt hat, und unterstützt zusätzlich die äußeren Werker, indem er die Sonnenblenden und die Haltegriffe montiert.

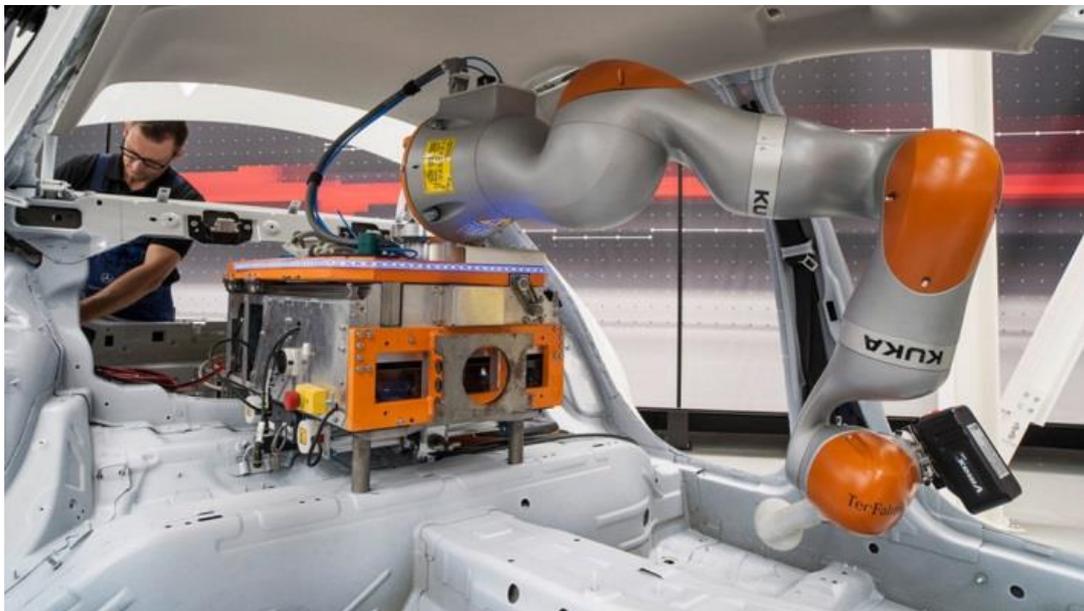


Abbildung 38: Leichtbauroboter bei der Dachhimmelmontage (Daimler AG, 2016)

Im Vorfeld werden die Tätigkeiten zwischen Mensch und LBR aufgeteilt. Der Mensch bereitet die Schraubtätigkeiten für den LBR vor, indem er die diversen Bauteile vormontiert und ausrichtet. Der LBR übernimmt die Schraubvorgänge, bei denen eine hohe statische Belastung sowie eine untypische

---

Verdrehung des menschlichen Körpers vorliegen. Die Führung des Dachhimmels während der Montage wird auch zur Aufgabe des LBR. Die Werker werden durch die MRK-Technologie umfassend entlastet: So verringert sich die physische Belastung für die Mitarbeiter deutlich, die mit der unternehmensinternen Bewertungsmethode ermittelt wurde, von einer „roten“ bzw. „gelben“ durchweg zu einer „grünen“ Belastungssituation gemäß dem Ampelschema nach DIN EN 614-1 (Lyska, 2015).

### **Organisatorische Gestaltung**

Auch durch belastungsorientierte Job Rotation (vgl. Kapitel 4.1.1) als arbeitsorganisatorische Maßnahme mit dem Ziel, die Überschulterarbeit zu reduzieren, kann eine ausreichende Entlastung für die Mitarbeiter erreicht werden. Für eine weitreichende Entlastung sollten die verschiedenen Tätigkeiten möglichst gegensätzliche Muskelgruppen ansprechen. Durch Rotation an Arbeitsplätze mit niedriger Belastung ist es möglich, unter Einbeziehung des zeitanteiligen Durchschnittswerts die ergonomische Situation für den Mitarbeiter zu verbessern. Bei einem passenden Anforderungsprofil des Wechselarbeitsplatzes wird so die Überschulterarbeit in Relation zur kompletten Schichtdauer reduziert.

### **Personenbezogene Gestaltung**

Eine Schulung von Mitarbeitern zum Bewegungsverhalten am Arbeitsplatz wird durch den Einsatz des Montagewürfels erreicht. Am Montagewürfel, der in Abbildung 39 links zu sehen ist, werden ergonomische Bewegungsabläufe trainiert. Ziele der Übung sind zum Beispiel prozesssicheres Verschrauben und eine verbesserte Bewegungsergonomie. Bezogen auf den Arbeitsplatz ermöglicht dies dem Werker eine individuelle, für ihn physiologisch günstige Ausführung der Tätigkeit. In Abbildung 39 rechts wird das erlernte Bewegungsverhalten auf die Verschraubungen im PKW-Innenraum übertragen. Durch den Wechsel von der rechten, meist dominanten Hand auf die linke wird die Verdrehung der Wirbelsäule deutlich reduziert. Die körperliche Belastung, die beim Montieren auf den Mitarbeiter wirkt, wird dadurch herabgesetzt.

Montagewürfel



Verschraubung Haltegriff-Konsole



Akku-Schrauber rechts,  
Wirbelsäule verdreht

Akku-Schrauber links,  
Wirbelsäule gerade

Abbildung 39: Schulung zu ergonomischem Verhalten am Beispiel Montagewürfel

### Erreichung der Zielsetzung

Neben den ergonomischen Gesichtspunkten sprechen auch wirtschaftliche Aspekte und Qualitätsaspekte für die Umsetzung der Gestaltungsmaßnahmen: Durch das Training am Montagewürfel und die damit einhergehende optimierte Bewegungsökonomie werden Prozess-Sicherheit, Qualität und Effizienz bei Montage-Abläufen erhöht. Ferner wird die Einsatzflexibilität für eine günstige Rotationsplanung gesteigert. Die Integration des LBR *InCarRob* verbessert die Prozessqualität und Prozesskontrolle. Ebenso ergeben sich Kostenersparnisse durch eine Verkürzung von Fertigungszeiten sowie eine Verringerung von Ausschussmaterial und Nacharbeit (Lyska, 2015).

Festzuhalten ist, dass die Tätigkeitsanteile im Überschulterbereich durch die technische Lösung zu einem geringen zeitlichen Anteil herabgesetzt werden. Die Belastungssituation an den Arbeitsplätzen wird deutlich verbessert. Durch die Automatisierung entfällt einer der drei Arbeitsplätze. Dies hat den Vorteil, dass der frei werdende Mitarbeiter auf einen für ihn geeigneten Arbeitsplatz versetzt werden kann. Schließlich ist anzumerken, dass durch eine Kombination von Maßnahmen, wie einem Bewegungsverhaltenstraining und einer sinnvoll gestalteten Rotationsplanung, die positiven Effekte für den Mitarbeiter verstärkt werden können. Ein fähigkeitsgerechter Einsatz für die am Prozess beteiligten Mitarbeiter wird somit durch die Gestaltungsmaßnahmen wahrscheinlicher; aufgrund der individuellen Fähigkeiten bzw. Einschränkungen der Werker ist dies jedoch nicht garantiert.

---

## 4.4 Evaluation zum Nutzen des Verfahrens in der betrieblichen Praxis

Nach der Definition und Befüllung des Konzepts ist in einem letzten Schritt der Nutzen in der betrieblichen Praxis zu beurteilen. Hierzu wurde ein potentielles Nutzerkollektiv von Arbeitsplatzgestaltern befragt.

### Methodik zur Evaluation

Befragungen sind sowohl zur Untersuchung von Nutzergruppen und des Nutzungskontextes als auch zur Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit des zu evaluierenden Produkts geeignet; sie werden angewandt, um subjektive Meinungen und Einstellungen der Nutzer zu erlangen (Richter & Flückiger, 2013). Eine Befragung kann generell auf zwei Arten erfolgen: Mündlich in Form von Interviews und schriftlich anhand von Fragebögen (Bortz & Döring, 2006). Unterschiede in der methodischen Vorgehensweise ergeben sich aus der Standardisierung der Fragen sowie bei der Durchführung und der nachfolgenden Auswertung: Interviews benötigen weniger Zeit bei der Vorbereitung und erlauben, qualitative Daten durch die Befragung von wenigen Nutzern zu erfassen. Demgegenüber lassen Fragebögen quantifizierbare Aussagen über Häufigkeiten, Bewertungen, Vorlieben und Meinungen einer großen Anzahl von Nutzern zu. Die Durchführung und Auswertung von Fragebögen erfolgt zudem vergleichsweise effizient (Böcker & Schneider, 2013).

Da im Rahmen der vorliegenden Untersuchung eine größere Anzahl an Arbeitsplatzgestaltern in einem Terminfenster direkt erreicht werden konnte, wurde als Format eine Befragung mittels Fragebögen gewählt. Allgemein stellen Fragebögen schriftliche Zusammenstellungen von Fragen bzw. Aussagen, sogenannten Items, dar. Eine Unterteilung des Fragebogen in unterschiedliche Themenbereiche ist zulässig; hierzu werden Subskalen definiert (Sarodnick & Brau, 2011).

Die Beantwortung der Items ist von der Art der Fragestellung abhängig. Offene Fragen ermöglichen ein freies Verfassen einer Antwort; geschlossene Fragen geben dem Befragten eine Auswahl an Antworten vor. Neben vorgegebenen Antwortmöglichkeiten, beispielsweise „ja“ oder „nein“, ist es bei geschlossen formulierten Fragen üblich, dass Befragte ihre Einschätzungen auf einer mehrstufigen Ratingskala abgeben (Böcker & Schneider, 2013). Ratingskalen eignen sich beispielsweise zur Erhebung von Häufigkeiten, von „nie“ bis „sehr häufig“, und ermöglichen so eine numerische Codierung der Items. Ein sehr häufig eingesetzter Skalentyp bei der qualitativen Datenerhebung, der ebenso in der vorliegenden Untersuchung angewandt wird, ist die Likert-Skala. Die Befragten sind bei Items vom Likert-Typ angehalten, die aufgestellten Behauptungen auf einer vorgegebenen Antwortskala auf Zustimmung oder Ablehnung hin einzustufen (Bortz & Döring, 2006).

Die Befragung wurde im Rahmen einer „Arbeitstagung Ergonomie“ mit 28 Ergonomie-Beauftragten von verschiedenen Standorten anonymisiert durchgeführt. Diese teils seit mehreren Jahren im Themenfeld Ergonomie und Arbeitsgestaltung tätigen Mitarbeiter werden als potentielles Nutzerkollektiv für die Gestaltungsmatrix angesehen.

Vor der Befragung wurde die Methodik zur Ableitung ergonomischer Gestaltungslösungen (siehe Kapitel 4.2) vorgestellt. Das Konzept war vielen der Ergonomie-Beauftragten bereits aus vorangegangenen Workshops vertraut. Ferner hatte die Mehrheit bei der Erfassung von Belastungsengpässen in der Produktion (siehe Kapitel 4.3.3) und der Sammlung von Gestaltungsmaßnahmen (siehe Kapitel 4.3.4) aktiv mitgewirkt. Im Anschluss an die Methodik wurden Anwendungsfälle der Gestaltungsmatrix für zwei verschiedene Merkmale simuliert, vergleichbar mit der exemplarischen Anwendung der Gestaltungsmatrix im vorangegangenen Kapitel 4.3.5. Neben statistischen Auswertungen von Mitarbeiterfähigkeiten im Vergleich zu den jeweiligen Produktionsanforderungen wurden Belastungsengpässe aus betrieblichen Begehungen und Best Practice Gestaltungslösungen aufgezeigt. Der Nutzer wurde aktiv eingebunden und konnte die Gestaltungsmatrix weiter befüllen und so mit ihr arbeiten. Im Anschluss wurden die Ergonomie-Beauftragten gebeten, einen Evaluationsbogen mit sieben Items auszufüllen. Die Bewertung der Gestaltungsmatrix erfolgte in den Subskalen Ansatz, Struktur und Praxis-Anwendung. Zusätzlich konnten Anmerkungen und Verbesserungsvorschläge als Freitext zu jedem Item ergänzt werden. In Tabelle 19 sind die Items aufgelistet; der Evaluationsbogen ist Anhang F zu entnehmen.

Tabelle 19: Items des Evaluationsbogens für das Konzept der Gestaltungsmatrix

Subskala	Item
Ansatz	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Berücksichtigung der individuellen Fähigkeiten von Mitarbeitern spielt eine zunehmend wichtige Rolle in meiner Funktion als Ergonomie-Beauftragter.</li> <li>2. Die gleichzeitige Betrachtung von Mitarbeiterfähigkeiten neben den physischen Belastungen am Arbeitsplatz – wie in der Gestaltungsmatrix – ist zunehmend wichtig für meine Tätigkeit als Ergonomie-Beauftragter.</li> <li>3. Der Ansatz der Gestaltungsmatrix ist für mich klar verständlich.</li> </ol>
Struktur	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Die Unterteilung der Fähigkeiten nach kritischen Fähigkeitsmerkmalen von Mitarbeitern ist übersichtlich und praxisnah.</li> <li>5. Die Unterteilung der Anforderungen nach Belastungsengpässen in einem Produktionsbereich ist übersichtlich und praxisnah.</li> <li>6. Die Unterteilung der Maßnahmen nach dem TOP-Prinzip der Arbeitssicherheit ist übersichtlich und stellt mir ausreichend Beispiele zur Arbeitsplatzgestaltung zur Verfügung.</li> </ol>
Praxis-Anwendung	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Wie gut eignen sich die angezeigten Informationen in der Gestaltungsmatrix zur Unterstützung bei der Arbeitsplatzgestaltung?</li> </ol>

Die Items 1 bis 6 waren mit einer fünf-stufigen Likert-Skala zu beantworten, von „trifft völlig zu“ über „trifft eher zu“, „trifft teilweise zu“ und „trifft eher nicht zu“ zu „trifft überhaupt nicht zu“. Nachteilig bei einer fünf-stufigen Ordinalskala ist, dass die Abstände zwischen den Antwortoptionen und der mittlere Skalenwert nicht eindeutig zu interpretieren sind; jedoch bietet die ungerade Stufenzahl den Befragten die Möglichkeit, differenziert und gegebenenfalls neutral zu antworten (Bortz & Döring, 2006; Porst, 2011).

## Ergebnisse der Evaluation

Nachfolgend werden die Ergebnisse von drei Items, die für die Konzeption von besonderem Interesse sind, vorgestellt. Bei Item 1 wurde gefragt, inwieweit die individuellen Fähigkeiten von Mitarbeitern bei der Arbeit eines Ergonomie-Beauftragten von Relevanz sind. Ein Ergonomie-Beauftragter ist in der Regel vorrangig für die Belastungsanalyse der Arbeitsplätze in seinem Produktionsbereich zuständig. Die Ergebnisse in Abbildung 40 zeigen auf, dass für die Mehrheit der Befragten die Berücksichtigung von Mitarbeiterfähigkeiten zunehmend wichtig ist.

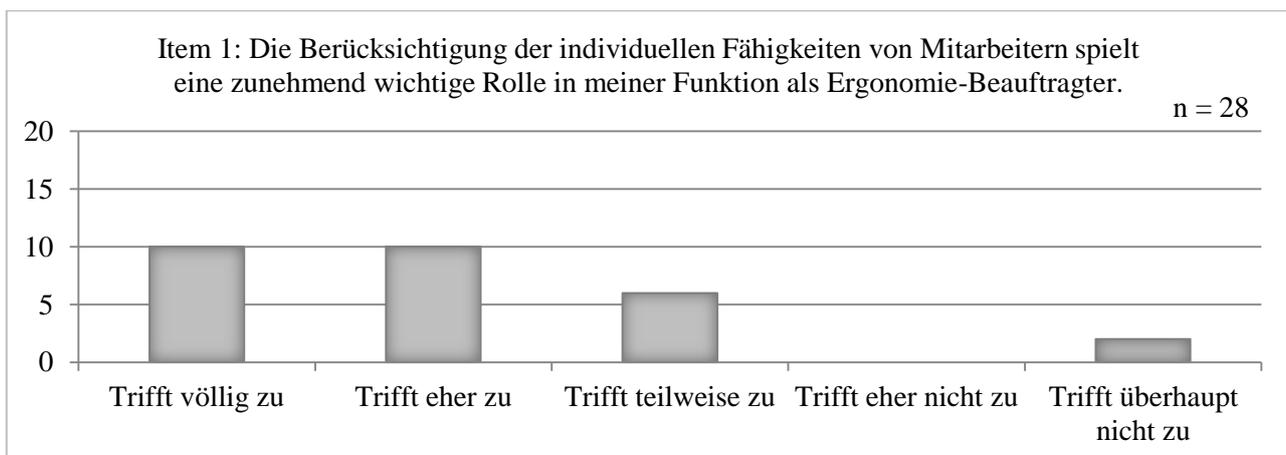


Abbildung 40: Ergebnisse der Evaluation zu Item 1

Als Grund wurden von einem der Teilnehmer die steigenden Anforderungen in der Produktion genannt, die zum Verlust von Schonarbeitsplätzen führen. Es wurde ferner angeführt, dass eine fähigkeitsgerechte Arbeitsgestaltung oftmals fester Bestandteil von Betriebsvereinbarungen ist. Neben ergonomisch günstigen Arbeitsplätzen ist eine feste Anzahl von ME-gerechten Arbeitsplätzen vorzusehen. Zwei der Befragten sahen eine fähigkeitsgerechte Arbeitsgestaltung nicht in ihrem Aufgabenbereich. Einer merkte hierzu an, dass diese Aufgabe bei Bedarf nur durch die Führungskraft betrachtet wird.

Weiterführend wurde ermittelt, ob der theoretische Ansatz der Gestaltungsmatrix für den potentiellen Anwender nachvollziehbar dargestellt wurde. Nach den Ergebnissen in Abbildung 41 zu urteilen, konnte bei den meisten der Befragten ein grundsätzliches Verständnis geschaffen werden. Auf einen der Teilnehmer traf die Aussage jedoch eher nicht zu.

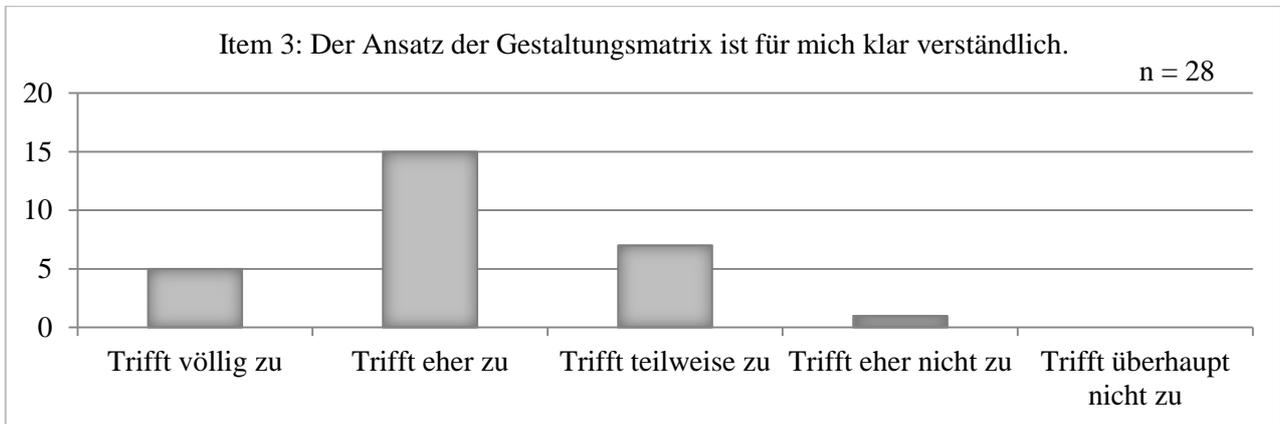


Abbildung 41: Ergebnisse der Evaluation zu Item 3

Abschließend war die Eignung der Gestaltungsmatrix für die Praxis anhand einer fünfstufigen Notenskala mit den Ausprägungen „sehr gut“, „gut“, „befriedigend“, „ausreichend“ sowie „mangelhaft“ zu beurteilen. Die Verteilung, die in Abbildung 42 dargestellt ist, zeigt, dass die Matrix für die Anwender eine gute Unterstützung bei der Arbeitsplatzgestaltung bietet.

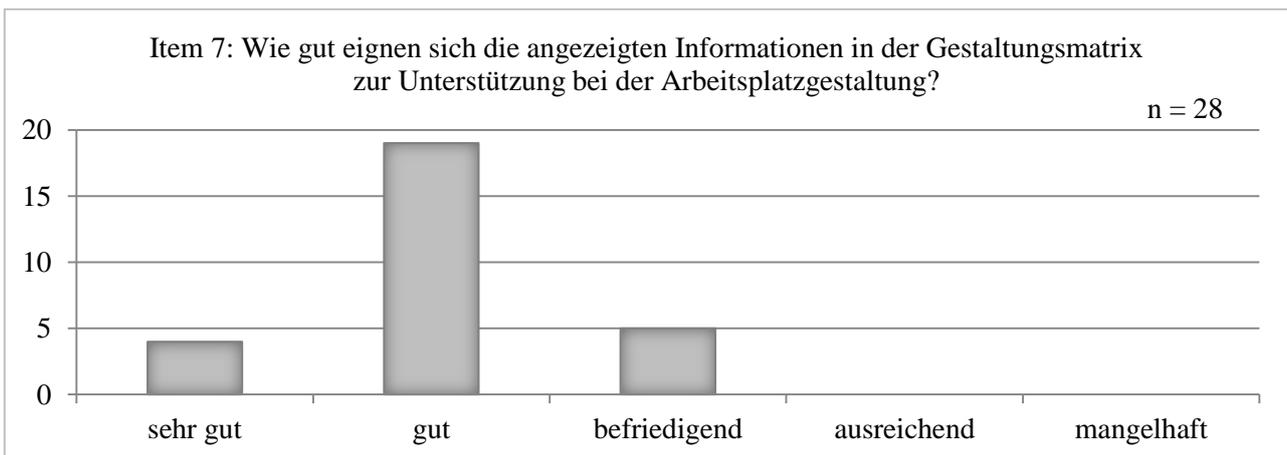


Abbildung 42: Ergebnisse der Evaluation zu Item 7

---

Angemerkt wurde hierbei, dass vor allem die Verknüpfung von statistischen Auswertungen der Fähigkeitsdaten mit ergonomischen Praxisbeispielen von großem Nutzen ist. Einer der Befragten kritisierte, dass die gezeigten technischen Lösungen wahrscheinlich sehr kostenintensiv in der Umsetzung seien. Ferner äußerte sich ein Teilnehmer zu Item 7: *„Der Ansatz ist in der Theorie gut. In der Praxis konnte ich das noch nicht durchführen.“* Für mehr Praxisnähe plädierten zwei weitere Ergonomiebeauftragte und schlugen vor, die Best Practice Gestaltungsmaßnahmen aus den Werken zentral abzuspeichern und den Zugriff für alle Standorte freizuschalten. Zu diesem Zeitpunkt war die zentrale Maßnahmen-Sammlung auf dem SharePoint Ergonomie noch nicht verfügbar.

Die weiteren Ergebnisse der Evaluation sind Anhang G zu entnehmen. In der anschließenden Diskussion werden Anregungen aus der Evaluation aufgegriffen.

---

## 5 Diskussion

---

Das Ziel der Forschungsarbeit bestand in der Konzeption eines Verfahrens zur zielgerichteten Ableitung von ergonomischen Gestaltungslösungen für fähigkeitsgerechte Arbeitsplätze. Das entwickelte Modell zum fähigkeitsgerechten Mitarbeiterinsatz und der daran anknüpfende Ansatz der Gestaltungsmatrix beschreiben ein ganzheitliches Vorgehen, um dieses Ziel zu erreichen. Ergonomische Gestaltungslösungen können aus der Perspektive der Fähigkeiten und der Anforderungen in verschiedenen Phasen des PEP abgeleitet werden, um den fähigkeitsgerechten und wertschöpfenden Mitarbeiterinsatz sicherzustellen.

Maßgeblich in der Konzeption war der Anspruch, Mitarbeiter mit dauerhaften Einsatzeinschränkungen zu integrieren. Durch eine empirische Auswertung von altersdifferenzierten Fähigkeitsdaten aus dem untersuchten Unternehmen konnten neue Erkenntnisse diesbezüglich gewonnen werden, die unmittelbar in die Konzeption eingeflossen sind. Um die Bedeutung der Daten für die Gesamtkonzeption hervorzuheben, werden ausgewählte Ergebnisse zu Beginn der Diskussion aufgegriffen und vertieft. Die Aussagekraft solcher Ergebnisse ist stark abhängig von bestehenden Limitationen bei der Datenerhebung, -pflege und -auswertung, die im Anschluss thematisiert werden. Generell ergeben sich dadurch nicht nur Auswirkungen für die vorliegenden Daten aus Kapitel 3, sondern auch für das in Kapitel 4 entwickelte Konzept. Auf dieses wird abschließend näher eingegangen und dessen Umsetzung in der betrieblichen Praxis beurteilt.

### 5.1 Ergebnisse der Fähigkeitsdatenevaluation

#### 5.1.1 Bewertung der analysierten Altersabhängigkeiten

Die altersdifferenzierte Auswertung von 1233 Fähigkeitsprofilen von Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen zeigt signifikante Altersabhängigkeiten bei den meisten der untersuchten körperlichen Fähigkeitsmerkmale auf: Wird das Kollektiv in „jüngere“ (20 bis 35 Jahre) und „ältere“ (45 bis 63 Jahre) Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen unterteilt, ergeben sich bei 25 der insgesamt 32 analysierten Merkmalen hoch signifikante Mittelwertsunterschiede. Zudem ist keine der drei untersuchten Kategorien von Arbeitsplatzanforderungen – Körperhaltungen, Aktionskräfte sowie manuelles Handhaben von Lasten – von den identifizierten Altersabhängigkeiten ausgenommen. Durch die Ergebnisse wird die zukünftige Bedeutung einer fähigkeits- und altersdifferenzierten Arbeitsgestaltung unterstrichen. Weiterführend können die Erkenntnisse unmittelbar in die Arbeitsgestaltung für Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkungen einfließen. Da die Profilvergleichsmerkmale für eine hinrei-

---

chende Abbildung von Arbeitsplatzanforderungen entwickelt wurden, lassen sich qualitative Aussagen über alterssensible Merkmale im industriellen Umfeld treffen. Die Untersuchung leistet damit einen Beitrag zum aktuellen Stand der Forschung und ergänzt die in Kapitel 2.2.2 beschriebene Literaturdiskussion verschiedener industrieller Studien.

Der im Weiteren durchgeführte Vergleich zur Studie von Rademacher et al. (2013) ist somit eine logische Konsequenz (siehe Kapitel 3.2.4). In der Gegenüberstellung zu Mitarbeitern mit voller Leistungsfähigkeit ist die Anzahl signifikanter Fähigkeitsunterschiede im Altersgang bei Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkung in Relation deutlich höher. Zudem nehmen in den signifikanten Fällen die Fähigkeiten in den Datensätzen umso stärker ab, je älter die betrachtete Gruppe ist. Demgegenüber wird bei Rademacher et al. (2013) von einem *healthy worker effect* (Wen et al., 1983) gesprochen, d.h. die körperlichen Fähigkeiten der Belegschaft steigen in den letzten Beschäftigungsjahren wieder an. Der *healthy worker effect* ist auf die älteren Mitarbeiter zurückzuführen, die aufgrund ihres geringen Fähigkeitsniveaus in Frührente gehen und so aus der Statistik herausfallen. Diejenigen, die nicht in Frührente gehen, bleiben häufig bis ins hohe Alter gesund und verbessern die Statistik. Diese Gruppe zählt jedoch nicht zu den Einsatzeingeschränkten, weswegen auf die Letzteren bezogen keine positive Tendenz in den späten Beschäftigungsjahren ausgemacht wird.

Es besteht demnach eine defizitäre Sicht auf die körperliche Leistungsfähigkeit von Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen. Ferner ist zu erwähnen, dass Fähigkeitsprofile in vielen Fällen befristet sind. Verbessert sich das Fähigkeitsniveau des Mitarbeiters im Zeitverlauf erheblich, ist er nicht mehr als ME einzustufen und erscheint nicht länger in der Statistik.

### 5.1.2 Konsequenzen aus dem Vergleich mit den Arbeitsplatzanforderungen

Trotz des eher gering eingestuften Fähigkeitsniveaus von Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen zeichnet sich beim direkten Merkmalsvergleich mit den Arbeitsplatzanforderungen in der Produktion ein positives Bild ab. Ein fähigkeitgerechter Einsatz im Hinblick auf ein spezifisches Merkmal ist in der Regel möglich. In lediglich zwei Fällen übersteigen die Anforderungen die Fähigkeiten anteilig (siehe Kapitel 3.4). Im Matching-Prozess kann bei diesen Merkmalen ein Fähigkeitsengpass auftreten, wodurch nicht alle Mitarbeiter mit Einsatzeinschränkung fähigkeitgerecht eingesetzt werden könnten. Dieses Szenario wird durch die Einbeziehung des restlichen Teils der Belegschaft, der als voll leistungsfähig anzusehen ist, entschärft. Die Mitarbeitergruppe mit Einsatzeinschränkungen umfasst im Durchschnitt circa fünf Prozent der Gesamtbelegschaft der betrachteten Standorte. Demgegenüber ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen, dass es sich stets um den Vergleich eines einzelnen Merkmals, unabhängig von weiteren Parametern, handelt. Diese Betrachtung

bildet jedoch nicht die Realität ab, in der Mitarbeiter nicht selten multiple Einschränkungen besitzen. Des Weiteren erfolgt die Betrachtung in der Arbeit standortübergreifend. Ziel des Job Match ist jedoch eine Vermittlung möglichst nahe am Stammarbeitsplatz. Auch wenn ein positives Matching-Ergebnis in der eigenen Meisterei nicht die Regel darstellt, sollte eine Vermittlung auf Centerebene angestrebt werden. Der fähigkeitsgerechte Mitarbeiterereinsatz bei gegebenen Arbeitsplatzanforderungen wird dadurch zur Herausforderung.

Da die Kombination von verschiedenen Fähigkeiten und deren Einstufung in der Praxis sehr heterogen ausfällt, wird eine Bildung von „typischen“ Profilen erschwert. Es lässt sich somit schwerlich pauschal festlegen, wie ein geeigneter Arbeitsplatz für körperlich eingeschränkte Mitarbeiter aussehen sollte. Empfehlungen für die Produktionsplanung sind nur bedingt möglich. Eine Kombination von alterssensiblen Fähigkeitsmerkmalen sollte jedoch vermieden werden.

Um mögliche Handlungsbedarfe kompakt und strukturiert zu visualisieren, eignet sich eine Übersicht eines kollektiven Abgleichs von Fähigkeits- und Anforderungsprofilen. In Abbildung 43 wird ein Ausschnitt einer solchen Übersicht in Anlehnung an die Gegenüberstellung von Anforderungen und Fähigkeiten aus Kapitel 3.4 generiert. Die farblichen Abstufungen spiegeln das sechsstufige Schema von „nie“ bis „ständig“ aus dem Fähigkeits- bzw. Anforderungsprofil wider. Ein positiver Abgleich, der durch einen Haken angedeutet wird, besteht bis auf zwei der Merkmale. Hier indiziert ein Kreuz notwendige Interventionen.

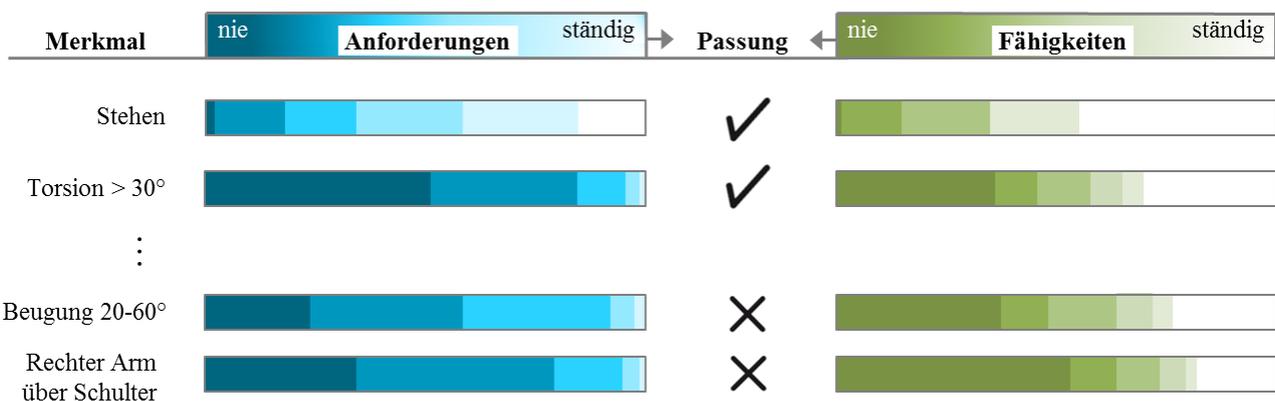


Abbildung 43: Übersicht zum kollektiven Abgleich von Fähigkeiten und Anforderungen

Anhand der Darstellung kann für einen vordefinierten Bereich erörtert werden, welche Merkmale zu einem potentiellen gestalterischen Engpass führen können. Die gewählte Ansicht ist somit ideal, um innerhalb kurzer Zeit die entscheidenden Informationen über eine Vielzahl an Merkmalen zu erfassen. Im Gegensatz zu den Einzelauswertungen von Merkmalen ist es anhand der gewählten Ansicht

---

möglich, wichtige Informationen zu mehreren Merkmalen in einem Schaubild zusammenzufassen. Dem Gewinn an Übersicht steht jedoch ein Verlust an Details gegenüber. Daher sollte die Wahl der Darstellungsart vom jeweiligen Anwenderkreis abhängig gemacht werden. Eine solche Übersicht empfiehlt sich zum Beispiel in einem „Manager-Cockpit“, in dem für das Management relevante Kennzahlen zusammengefasst werden. Führungskräfte erhalten dadurch auf den ersten Blick eine Aussage, bei welchen Merkmalen Steuerungsbedarf besteht. Detaillierte Informationen zu einzelnen Matching-Ergebnissen, wie sie beispielsweise ein Integrationsmanager erhält, werden in der Regel nicht benötigt.

### 5.1.3 Beurteilung der Prognosen von Mitarbeiterfähigkeiten

Interne Prognosen in den Unternehmen der Automobilindustrie gehen davon aus, dass der Anteil an einsatzeingeschränkten Mitarbeitern in den nächsten Jahren deutlich steigen wird. Die in der vorliegenden Arbeit durchgeführte Projektion der Mitarbeiterfähigkeiten anhand der vorliegenden Daten (siehe Kapitel 3.2.3) unterstützt die These und zeigt eine weitere Abnahme des Leistungsniveaus bei alterssensiblen Fähigkeiten wie der Überkopfarbeit an. Bei diesen Merkmalen wurden negative Alterseffekte nachgewiesen; d.h. je älter ein Mitarbeiter ist, desto geringer ist das durchschnittliche Fähigkeitsniveau. Grundlage für diese Erkenntnis ist ein Abzug der Profile aus dem Jahre 2012, sprich eine Querschnittsbildung über die Leistungsfähigkeit von Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen in allen Altersklassen. Die Fähigkeitsentwicklung der einzelnen Kohorten im Zeitverlauf ist nicht dokumentiert. Kohorteneffekte werden ausgeklammert. Ein anderes Vorgehen liegt bei Längsschnittbetrachtungen zugrunde; hier wird die Entwicklung von Einzelpersonen über die Jahre hinweg dokumentiert. Eine Längsschnittstudie ist jedoch mit vergleichsweise hohem Aufwand verbunden. Ein Vorteil ist, dass Längsschnittstudien Kohorteneffekte miteinbeziehen. Bleibt dieser Faktor unberücksichtigt, führt dies zu einem verzerrten Bild von Entwicklungen über die Zeit.

Zwick et al. (2013) machen dies an einem Beispiel deutlich. Sie betrachten den Zusammenhang von Alter und Produktivität über verschiedene Alterskohorten. Es wird eine generelle Erhöhung der Produktivität mit dem Alter angenommen, wobei das Produktivitätslevel in späteren Jahrgängen, begründet durch bessere Bildung und neue Technologien, allgemein höher ist. In Abbildung 44 wird die Produktivität für alle Altersgruppen skizziert:

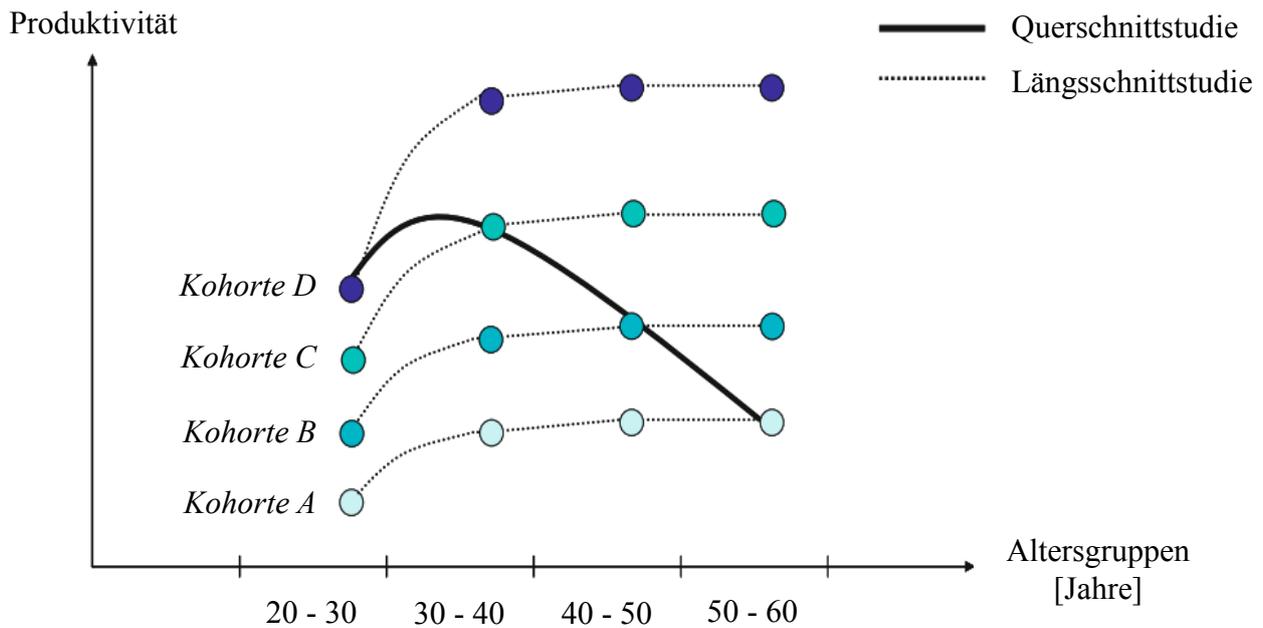


Abbildung 44: Produktivitätsentwicklung in verschiedenen Alterskohorten (eigene Darstellung nach Zwick et al., 2013)

Die unterste der punktierten Linien – Kohorte A – greift die Ergebnisse einer von Schaie and Willis (2002) durchgeführten Längsschnittstudie auf, die eine Kohorte über 40 Jahre begleitet haben. Die weiteren gestrichelten Linien entsprechen den fiktiven Kohorten B bis D, die jeweils zehn Jahre später ins Berufsleben eintreten und die positive Entwicklung der Produktivität auf einem höheren Startniveau nachvollziehen.

Ein anderes Bild ergibt sich, wenn zu einem definierten Zeitpunkt ein Querschnitt über die verschiedenen Kohorten gebildet wird. Die mit der durchgängigen Linie dargestellte, negative Entwicklung der Produktivität im Altersverlauf, die bei circa 35 Jahren beginnt, stützt die Aussagen einer defizitären Sicht auf Fähigkeiten des Menschen (vgl. Kapitel 2.2.1). Diese Sichtweise gilt jedoch in der Wissenschaft als überholt, was durch die Längsschnittbetrachtung untermauert wird.

Zu beachten ist, dass mit der Produktivität ein Faktor betrachtet wird, der neben den Fähigkeiten der Personengruppen vor allem die Arbeitsbedingungen in der jeweiligen Periode miteinbezieht. Ein Erkenntnisübertrag auf die Ergebnisse der durchgeführten Extrapolation von Einsatzeinschränkungen ist daher nicht direkt möglich. Jedoch ist zu bedenken, dass neben den Fähigkeiten auch die Anforderungen einem stetigen Wandel unterliegen (Ilmarinen, 2011). Selbst wenn die körperlichen Fähigkeiten von Mitarbeitern im Zuge des demografischen Wandels zukünftig abnehmen, sind die Voraussetzungen in der zukünftigen Arbeitswelt andere, von denen alle Mitarbeiter profitieren können. Für eine gute Leistung wird auch in Zukunft eine gute Passung von Mitarbeiterfähigkeiten und Arbeitsbedingungen ausschlaggebend sein.

---

## 5.2 Methodik zur Datenerhebung, -pflege und -auswertung

In der empirischen Analyse wurden Fähigkeits- und Arbeitsplatzanforderungsdaten aus dem unternehmensinternen Job Match-System verwendet. Das Job Match-System ist als Bestandteil des BEM für Mitarbeiter nach längerer Arbeitsunfähigkeit und mit teils dauerhaften Einsatzeinschränkungen konzipiert. Die mit der Methode des Profilvergleichs verbundene Datenerhebung, -pflege und -auswertung wird nun diskutiert.

### 5.2.1 Potentiale bei der Datenerhebung

Im untersuchten Unternehmen existieren einheitliche Standards zur Fähigkeitsdatenerhebung und Anforderungsprofilierung über alle Standorte hinweg. Job Match ist eine IT-unterstützte Anwendung, die zentral verwaltet und weiterentwickelt wird. Die hohe Anzahl an vorliegenden Anforderungsprofilen verdeutlicht, mit welchem Aufwand eine vollständige Erst-Profilierung eines Standorts verbunden ist. Grundsätzlich sind alle Arbeitsplätze zu erfassen. Der Schwerpunkt kann zwar auf Schonarbeitsplätze gelegt werden, jedoch werden so die Chancen zur Reintegration vermindert, da körperliche Einschränkungen sehr individuell sind.

Die erfassten Anforderungsmerkmale entsprechen im Vergleich zu bestehenden Screening-Verfahren zur Belastungsbewertung, wie zum Beispiel *AWS light* (siehe Kugler et al., 2010), dem Stand der Technik. Das Anforderungsprofil ermöglicht demnach eine hinreichend detaillierte Erfassung körperlicher Belastungen.

### Einbeziehung psychischer Belastungen

Nicht erfasst sind jedoch psychische Faktoren, die im Jahr 2014 nach MSE die zweithäufigste Ursache für die Fehlzeiten der Arbeitnehmer darstellten (BKK Bundesverband, 2015). In zehn Jahren, von 2004 bis 2014, wurde aufgrund psychischer Erkrankungen ein Zuwachs an AU-Tagen um mehr als das Doppelte (129 %) verzeichnet; MSE stiegen im selben Zeitraum vergleichsweise gering um 34 % (BKK Bundesverband, 2015). Insgesamt wird der Großteil der Langzeit-AU-Fälle, mit einer AU-Dauer von mehr als sechs Wochen, MSE und psychischen Störungen zugerechnet (Badura et al., 2015; BKK Bundesverband, 2015). Prognosen gehen von einem weiteren Anstieg psychischer Erkrankungen aus, weswegen der Prävention dieser Diagnosegruppe eine wachsende Bedeutung zukommt (Badura et al., 2015). Dennoch stellen in Unternehmen Profilvergleichsverfahren oftmals den einzigen Standardprozess zur Wiedereingliederung von Langzeit-erkrankten Mitarbeitern dar. Psy-

---

chisch Erkrankte erhalten in vielen Fällen ebenso ein Fähigkeitsprofil. Relevante Aussagen zum vorliegenden Krankheitsbild können jedoch nicht vermerkt werden, wodurch der nachfolgende Profilvergleich nicht aussagekräftig ist. Somit ist trotz positivem Ergebnis ein fähigkeitsgerechter Mitarbeiterinsatz nicht gegeben. Dies wird oftmals zuerst nach gescheiterten Arbeitsversuchen deutlich. Daher besteht ein Bedarf, bestehende Verfahren um psychische Komponenten zu erweitern oder separate Standardprozesse zur Wiedereingliederung zu etablieren. Ein ganzheitliches Verfahren im Sinne des Konzepts zum fähigkeitsgerechten Mitarbeiterinsatz hat neben den physischen somit auch die psychischen und kognitiven Merkmale auf Passung hin zu überprüfen.

### **Berücksichtigung arbeitsfähiger Mitarbeiter**

Nicht berücksichtigt bei der Fähigkeitsdatenerhebung werden die als gesund geltenden Arbeitspersonen. Durch notwendige Versetzungen im Rahmen des BEM werden sie tendenziell eher an Arbeitsplätze mit höheren Belastungen versetzt. Erhöhte Belastungen werden zwar durch die Belastungsbewertungsverfahren identifiziert und bei Bedarf durch ergonomische Maßnahmen entschärft. Eine individuelle Prüfung eines fähigkeitsgerechten Mitarbeiterinsatzes findet jedoch nicht statt. Die ausschließliche Profilierung von Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen führt zu einer Unschärfe in der Anwendung des Verfahrens. Informationen zu den körperlichen Fähigkeiten liegen somit nur bei einer Minderheit der Belegschaft vor. Der nicht profilierte Teil der Belegschaft gilt als voll leistungsfähig; dies bildet jedoch nicht die betriebliche Realität ab. Gerade im Alter nimmt die Streuung der Leistungsfähigkeit zu; nicht jeder ältere Mitarbeiter besitzt die vollständige Leistungsfähigkeit. Zudem existiert in Unternehmen eine Dunkelziffer an fähigkeitseingeschränkten Mitarbeitern, die mit Hilfe von Kompensationsstrategien oder internen Absprachen im Team weiterhin ihre Tätigkeit zu verrichten imstande sind. Erste Erkenntnisse zur Existenz alterskritischer Belastungssituationen in der Fahrzeugfertigung wurden zwar in Studien gewonnen, jedoch sind diese unzureichend (siehe Kapitel 2.2.2). Aufgrund dessen sollten in Unternehmen mehr Informationen über die Fähigkeiten der Gesamtbelegschaft eingeholt werden. Dies sollte in einem wirtschaftlich vertretbaren Rahmen geschehen; eine vollständige Erhebung ist unrealistisch. Ein Schritt in die richtige Richtung stellen die von manchen Industrieunternehmen angebotenen freiwilligen Vorsorgeuntersuchungen dar. Neben zum Beispiel der G46 Angebotsuntersuchung für „Belastungen des Muskel-Skelett-Systems“ können sich die Mitarbeiter im untersuchten Unternehmen für einen umfassenden Gesundheits-Check im werksärztlichen Dienst anmelden. Im Nachgang erhält der Mitarbeiter eine individuelle Beratung mit Präventionsempfehlungen. Aktuell befindet sich das Projekt in der Pilotphase. Durch die erhobenen

---

Daten erlangt das Unternehmen Kenntnisse über den allgemeinen Gesundheitszustand der Mitarbeiter. Das Ziel ist die kontinuierliche, bedarfsorientierte Weiterentwicklung der strategischen Ausrichtung des BGM zur Förderung der Mitarbeitergesundheit. Es können somit gezielte Präventionsmaßnahmen angeboten werden, deren nachhaltige Zielerreichung sich in Nachfolgeuntersuchungen feststellen lässt. Eine Auswertung der Daten erfolgt stets anonymisiert und unter höchsten Datenschutzstandards. Zu den Untersuchungsinhalten gehört auch der Bewegungsapparat mit den Schwerpunkten Wirbelsäule und Gelenke. Bezogen auf das vorgestellte Konzept könnten die durch den Gesundheits-Check erlangten Informationen als Basis dienen, die Entwicklung von physischen Fähigkeitsmerkmalen ebenso für arbeitsfähige Mitarbeiter abzubilden. Eine solche Datenbasis würde zukünftig eine präzisere Anwendung der Konzeption im Unternehmen ermöglichen, da für den Vergleich auf Passung auf ein deutlich umfassenderes Kollektiv zurückgegriffen werden könnte.

### 5.2.2 Problematik der Datenpflege und -auswertung

#### **Aktualität von Fähigkeits- und Anforderungsdaten**

Das Ergebnis des Vergleichs auf Passung ist umso aussagekräftiger, je valider die Datenbasis ist. Daher sind Fähigkeits- und Arbeitsplatzanforderungsdaten in regelmäßigen Abständen zu aktualisieren. Die vom werksärztlichen Dienst erstellten Fähigkeitsprofile sind bei dauerhaften Einschränkungen in der Regel unbefristet; besteht die Möglichkeit der Genesung, wird das Fähigkeitsprofil befristet und der Werker wird nach Ablauf erneut auf seine Fähigkeiten hin untersucht.

Auf Seiten der Anforderungen sind detaillierte Analysen der Belastungssituation bereits in den frühen Phasen möglich; dies wurde exemplarisch am PEP der Fahrzeugmontage aufgezeigt (siehe Kapitel 4.1.2). Eine Herausforderung besteht nachfolgend in der Pflege der Belastungsanalysen während der Serienphase. Steht eine Modellpflege an, werden die Tätigkeitsinhalte an den Stationen verändert bzw. verschoben. Oftmals sind infolge von Prozessoptimierungen die Analysen nach wenigen Monaten nicht mehr aktuell und müssen nachgezogen werden. Die Unternehmen sollten hierfür ausreichend Personalkapazitäten vorhalten. Vorteilhaft ist, dass den Arbeitsplatzdaten keine Mitarbeiterinformationen zugeordnet werden und deshalb eine Auswertung für die Führungskräfte des zugehörigen Bereiches hinsichtlich des Datenschutzes unproblematisch ist.

---

## Limitationen der Fähigkeitsdatenauswertung

Bezogen auf die Fähigkeitsdaten stellt die Auswertung eine Limitation dar, da es sich um personenbezogene Daten handelt. Beim Job Match-Verfahren greifen hohe Datenschutz-Standards: Neben einem hohen IT-technischen Aufwand zur sicheren Verwahrung bedarf es besonderen Benutzerrechten für den Zugriff. Die Fähigkeitsprofile werden beim werksärztlichen Dienst gespeichert. Mitarbeiter des werksärztlichen Dienstes unterliegen grundsätzlich der Schweigepflicht. Das komplexe Nutzerrollenkonzept von Job Match ordnet den Anwendern die für ihre Funktion notwendigen Rechte zu. Nur wenige Personen, wie z.B. die beteiligte Führungskraft, haben Einsicht in das Profil eines Mitarbeiters. Für kollektive, standortübergreifende Auswertungen existiert keine Rolle mit entsprechenden Benutzerrechten. Job Match bietet ferner keine rechnergestützte Methode für eine solche Auswertung. Diese Funktion ist für zukünftige Weiterentwicklungen der IT-Software angedacht, um die Ideen der Konzeption umzusetzen. Für eine Umsetzung wurden die internen Rahmenbedingungen für eine anonymisierte Datenverarbeitung erstmals geprüft. Im Zuge der Auswertung dürfen keine Rückschlüsse auf einzelne Personen möglich sein. Dies ist vor allem dann von Relevanz, wenn der Anwender selbst keine Zugriffsrechte auf individuelle Fähigkeitsprofile besitzt. Daher wurden für eine kollektive Auswertung von Fähigkeitsprofilen folgende Rahmenbedingungen festgelegt.

- Die Fähigkeitsprofile werden für einen definierten Produktionsbereich anonymisiert aus dem System abgezogen. Anonymisiert bedeutet, dass neben den Fähigkeitseinstufungen nur das Alter der Person vermerkt wird. Weitere personenbezogene Daten, wie Geschlecht oder Geburtsort, werden nicht übermittelt.
- Das Alter einer Person wird zudem nicht auf sein Geburtsdatum bezogen, sondern es wird das Alter bei Erstellung des Fähigkeitsprofils vermerkt. Da das Datum der Profilerstellung nicht einsehbar ist, werden mögliche Rückschlüsse auf eine bestimmte Person erschwert.
- Für die Auswertung eines definierten Bereichs müssen bei der Auswahl eines Fähigkeitsmerkmals immer mehr als fünf Merkmalsträger ausgewiesen werden.

Entsprechend dem letzten Punkt der Reglementierung ist die Auswertungsebene so zu wählen, dass die vorgegebene Anzahl an Fähigkeitsprofilen in einem Bereich vorhanden ist. Bei Auswahl einer Meisterei ist diese Bedingung in der Regel nicht erfüllt; somit ist der Toleranzbereich auf Teamleiterebene und weiterführend auf andere Werksbereiche, sogenannten Centern, zu erweitern. Ein Vergleich der Fähigkeiten mit den Anforderungen zugehöriger Arbeitsplätze wird durch einen größeren Toleranzbereich jedoch erschwert. Die genannten Regeln zur Datenauswertung wurden bei einer Te-

---

stung eines Prototyps der Fähigkeitsdatenbank von Mücklich et al. (2015) im Unternehmen angewendet. Für eine professionalisierte IT-Lösung zur kollektiven Auswertung von Fähigkeitsdaten greifen möglicherweise strengere Datenschutzstandards.

### **5.3 Verfahren zur Ableitung ergonomischer Gestaltungslösungen**

Nachdem die Erkenntnisse aus der Analyse der Fähigkeitsdaten bereits in Bezug zu der in der Arbeit dargestellten Konzeption gesetzt wurden, wird im Folgenden weiter auf die Beurteilung des Konzepts selbst eingegangen, in dessen Mittelpunkt die Gestaltungsmatrix steht.

#### **5.3.1 Übertragbarkeit der Gestaltungsmatrix in die Unternehmenspraxis**

Die exemplarische Anwendung des Konzepts der Gestaltungsmatrix (siehe Kapitel 4.3.5) zeigt den Nutzen für den Arbeitsplatzgestalter auf. Im Gegensatz zu einer ungeordneten Zusammenstellung von ergonomischen Maßnahmen erhält der Anwender bei der Gestaltungsmatrix eine aufbereitete Auswahl an Lösungsansätzen. Die Gestaltungsmaßnahmen sind nach dem TOP-Prinzip geordnet; ihre positive Wirkung verstärkt sich durch die mögliche Kombination von technischen, organisatorischen und personenbezogenen Maßnahmen.

Als kritisch bei technischen Gestaltungsmaßnahmen wurden im Rahmen der Evaluation die oftmals hohen Anschaffungskosten angesehen. Dem entgegenzuhalten ist, dass technische Maßnahmen das größte Potential besitzen, körperliche Belastungen am Arbeitsplatz zu reduzieren und die Mitarbeiter arbeitsfähig im Unternehmen zu halten; vor allem deswegen sind sie vorrangig zu anderen Maßnahmen zu ergreifen. Die teils hohen Installationskosten von Maßnahmen sind stets in Relation zu positiven wirtschaftlichen Aspekten zu setzen: Wie zu Beginn der Arbeit dargestellt, sind die durch MSE verursachten Fehlzeiten für die Unternehmen mit hohen Kosten verbunden. Dies liegt auch darin begründet, dass die verursachten Kosten pro AU-Tag um ein Vielfaches höher sind als das eigentliche Mitarbeitergehalt; neben den Kompensationszahlungen an den abwesenden Arbeiter werden hierbei die Leistungsabweichung der Ersatzkraft und deren begrenzte Einsatzfähigkeit berücksichtigt (Neubert, 2013). Investitionen in die Ergonomie stellen somit gerade längerfristig einen Stellhebel für Kostensenkungen im Unternehmen dar. Diese Effekte wurden in mehreren wissenschaftlichen Studien belegt: Exemplarisch weist Neubert (2013) für die Umsetzung verschiedener technischer Maßnahmen in der Endmontage eines Automobilherstellers eine positive Wirtschaftlichkeit nach.

Im Rahmen der Evaluation konnten ferner das Konzept und die zugehörigen Bestandteile von qualifizierten Ergonomie-Beauftragten umfassend bewertet werden. Durch die Teilnahme eines Großteils

---

der Expertengruppe aus dem gesamten Unternehmen konnten standortspezifische Eigenschaften und individuelle Meinungen berücksichtigt werden. Durch die Expertenaussagen wurden die Anforderungen an eine zentral implementierte Lösung abgeleitet, die Arbeitsplatzgestaltern aus allen Werken einen möglichst großen Nutzen bietet.

Ein wichtiges Befragungsergebnis ist, dass die individuellen Fähigkeiten und Einschränkungen von Mitarbeitern eine zunehmend wichtige Rolle an den meisten Standorten spielen. Neben der ausschließlichen Betrachtung durch Belastungsbewertungsverfahren hat sich Job Match mit der fähigkeitsdifferenzierten Perspektive als Verfahren etabliert. Dieses Ergebnis ist besonders zu würdigen, da ausschließlich Ergonomie-Beauftragte befragt wurden. Diese setzen sich in der Regel mit der Arbeitsgestaltung für den gesunden Mitarbeiter auseinander und richten ihren Fokus auf die Belastungsreduzierung. Mit der Zunahme an Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen findet jedoch ein notwendiges Umdenken an den Standorten statt. Arbeitsgebiete der Ergonomie finden sich ferner als Aspekte des Alternsmanagements wieder und gelten als wichtiger Baustein bestehender Strategien, um die Konsequenzen des demografischen Wandels zu bewältigen.

Aus den Ergebnissen der Evaluation lässt sich schließen, dass die größte Herausforderung darin besteht, das einerseits praxisnahe, andererseits theorielastige Konzept für die Produktionsbereiche umzusetzen. Die vorgenommenen Kategorisierungen von Fähigkeiten, Anforderungen und Gestaltungsmaßnahmen als auch der Praxisnutzen wurden insgesamt zwar von den Experten meist mit „trifft eher zu“ bzw. „gut“ eingestuft; die volle Zustimmung zu den getroffenen Aussagen gab es jedoch selten. Dies ist nach Auswertung der Anmerkungen insbesondere darauf zurückzuführen, dass die Befragten nicht ausreichend Möglichkeit besaßen, sich mit dem Konzept auseinanderzusetzen. Zudem stand die für die Praxis relevante Umsetzung noch am Anfang. Durch die fortschreitende Befüllung der Gestaltungsmatrix mit neuen Inhalten sowie durch die Implementierung weiterer Konzept-Elemente im Unternehmen werden für zukünftige Befragungen bessere Ergebnisse erwartet.

### 5.3.2 Umsetzung des Konzepts im untersuchten Unternehmen

Einige der Ansätze aus dem Konzept wurden vom untersuchten Unternehmen aufgegriffen und befinden sich in laufenden oder abgeschlossenen Testphasen. Zu nennen ist hier die Fähigkeitsdatenbank von Möglich et al. (2015), die in verschiedenen Unternehmensbereichen getestet wurde. Diese ermöglicht die kollektive Auswertung von Fähigkeitsprofilen, mit der zum Beispiel die Fähigkeitsentwicklung von einsatzeingeschränkten Mitarbeitern über das Alter visualisiert werden kann. Insgesamt wurde dies von den Anwendern als hilfreiches Instrument zur Sensibilisierung eingestuft. Für die im Unternehmen geplante Weiterentwicklung des Job Match-Systems wurde daher die kollektive

---

Auswertung von Fähigkeitsprofilen in das Lastenheft aufgenommen. Neben der Sensibilisierung der Planung für die vorhandenen Fähigkeiten in der Belegschaft ist weiterführend ein kollektiver Abgleich mit den Anforderungen eines definierten Bereichs vorgesehen. Ohne diesen Vergleich auf Passung wäre es für den Arbeitsplatzgestalter bedeutend schwieriger, Maßnahmen an den richtigen Stellen zu platzieren.

Als Element des SharePoint Ergonomie besteht weiterhin die Best Practice Datenbank (vgl. Kapitel 4.3.4), die von den Anwendern sehr gut angenommen wird. Der Aufwand für Aufbau und Pflege der Datenbank ist insgesamt als gering einzustufen. Durch die Partizipation der Ergonomie-Beauftragten nimmt die Anzahl an Best Practice Maßnahmen kontinuierlich zu; die Vernetzung der Standorte wird gefördert und Lösungen können für weitere Standorte übernommen werden. Die Liste im SharePoint bietet damit eine gute Datenbasis für das Konzept der Gestaltungsmatrix, ist jedoch als Übergang zur Integration in eine professionalisierte IT-Anwendung gedacht. Eine Anbindung an Job Match und das Belastungsbewertungsverfahren würde ermöglichen, bei auftretenden Fähigkeitsengpässen und Belastungsschwerpunkten Gestaltungsmaßnahmen nach dem TOP-Prinzip aufzuzeigen. Dies würde über bestehende Funktionen von ergonomischen Bewertungsverfahren hinausgehen, die Maßnahmen bei ungünstigen Belastungssituationen lediglich anzeigen. Somit wäre dem Wunsch der Ergonomie-Beauftragten entsprochen, ein Instrument zur Maßnahmenverfolgung zu besitzen.

Um zukünftig eine möglichst große und aktuelle Datenbasis für den Abgleich von Fähigkeiten und Anforderungen zu besitzen, werden im Unternehmen die Arbeitsplatzprofilierung und die Ergonomie-Bewertung methodisch zusammengeführt. Dies ist letztlich ein logischer Schritt, da bei Job Match und beim unternehmensspezifischen Belastungsbewertungsverfahren ähnliche Anforderungsmerkmale abgefragt werden. Bisher wurden beide Verfahren unabhängig an den Standorten durchgeführt, was zu Doppelarbeit und unregelmäßigen Analysezyklen führte. Thematisch besteht weiterhin eine Trennung zwischen den Perspektiven des gesunden und des einsatzeingeschränkten Mitarbeiters, jedoch werden durch eine Arbeitsanalyse beide Systeme, Job Match und das Belastungsbewertungsverfahren, befüllt. In Abbildung 45 wird das Vorgehen verdeutlicht:

Erstbeurteilung  
Ergonomie

bei Anforderungen im grauen Bereich

Detailanalyse  
Ergonomie

**(1) Körperhaltungen**

Bein-System	nie 0%	gelegtl. 1..5	zeitw. 6..25	häufig 26..50	überw. 51..75	ständig 76..100%
Stehen 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sitzen 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Knien 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Hocken 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Körperhaltung	Kopfhaltung	Rumpfdrehung	Rumpfneigung	Reichweite
		< 10° 	~ 25° 	60% RW 
		~ 45° 	< 10° 	körpermah 

Abbildung 45: Zusammenführung von Arbeitsplatzprofilierung und Ergonomie

Das in der Arbeit untersuchte Anforderungsprofil bildet die Basis für die Arbeitsanalyse. Ein ausgefülltes Profil für einen Arbeitsplatz fließt zum einen direkt in die Datenbank von Job Match, zum anderen stellt es eine Erstbeurteilung zur Ergonomie dar. In der Erstbeurteilung Ergonomie wird überprüft, ob anhand der vermerkten Dauer bzw. Häufigkeit bei einem Tätigkeitsmerkmal eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für eine Fehlbelastung des Mitarbeiters besteht. Solche Tätigkeitsinhalte sind im Profil grau hinterlegt und zeigen die Durchführung einer nachgelagerten Detailanalyse an. Abbildung 45 deutet exemplarisch in einem Ausschnitt an, wie eine umfassende Ergonomie-Bewertung aussehen könnte. Eine Detailanalyse zur Überprüfung der Ergonomie am Arbeitsplatz ist nur erforderlich, wenn grau hinterlegte Felder bei der Profilierung angekreuzt wurden; sonst ist die Ergonomie-Beurteilung abgeschlossen, da keine risikobehafteten Tätigkeitsinhalte identifiziert werden. Zukünftig werden somit bestehende Synergien der Systeme bei der Datenerhebung und -pflege genutzt; ebenso wird IT-seitig eine gemeinsame Datenbank als Basis für sämtliche Arbeitsanalysen geführt.

---

## 6 Fazit und Ausblick

---

### 6.1 Fazit

Vor dem Hintergrund des demografischen Wandels erweist sich die menschengerechte Arbeitsgestaltung als ein zunehmend wichtiges Instrument für den Unternehmenserfolg. Nur mit gesundheitsförderlichen Arbeitsplätzen sind die Unternehmen zukünftig in der Lage, ihre Mitarbeiter dauerhaft arbeitsfähig im Unternehmen zu halten und so dem steigenden Durchschnittsalter in den Belegschaften zu begegnen. Besonders deutlich wird dies durch die Zunahme an Mitarbeitern mit dauerhaften körperlichen Einschränkungen, deren vollständige Integration in vielen Betrieben eine schwer zu bewältigende Aufgabe darstellt. Das Ziel einer menschengerechten Arbeitsgestaltung wird gerade bei dieser Mitarbeitergruppe oftmals verfehlt, indem isolierte verhältnisergonomische Maßnahmen zugunsten einer Belastungsreduzierung durchgeführt werden. Vielmehr sind die Anforderungen an den Arbeitsplätzen systematisch und ganzheitlich an die Fähigkeiten der einzusetzenden Arbeitspersonen anzupassen.

Diesbezüglich wurde in dieser Arbeit mit dem Modell zum fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz und dem darin integrierten Ansatz der Gestaltungsmatrix eine neue, praxisnahe Vorgehensweise entwickelt. Diese ermöglicht, Mitarbeiterfähigkeiten und Arbeitsplatzanforderungen auf Passung hin zu überprüfen und zielgerichtete ergonomische Gestaltungsmaßnahmen abzuleiten. Der Arbeitsplatzgestalter wird insbesondere im Hinblick auf alterssensible Fähigkeiten der Belegschaft systematisch unterstützt, so dass ein fähigkeitsgerechter und wertschöpfender Einsatz aller Mitarbeiter auch bei zukünftigen Neuplanungen realisierbar ist.

Im Hinblick auf alterssensible Merkmale lieferte die empirische Analyse von altersdifferenzierten Fähigkeitsdaten aus dem untersuchten Unternehmen neue Forschungserkenntnisse. Die Auswertung der vorliegenden Fähigkeitsprofile ergab ein insgesamt defizitäres Bild der Entwicklungen von körperlichen Fähigkeiten im Altersgang bei einsatzeingeschränkten Mitarbeitern. Diese altersbedingten Einflüsse sind im Zuge von Neuplanungen zukünftiger Arbeitssysteme zu berücksichtigen. Eine wichtige Gestaltungshilfe für eine fähigkeitsgerechte Planung ist die Prognose von Mitarbeiterfähigkeiten. Eine anhand der Belegschaftsstruktur durchgeführte Projektion im untersuchten Unternehmen geht von einer weiteren Abnahme des durchschnittlichen physischen Leistungsniveaus von einsatzeingeschränkten Mitarbeitern in den kommenden Jahren aus. Angesichts dieser Erkenntnisse gewinnt eine altersdifferenzierte Arbeitsgestaltung weiter an Bedeutung.

Wichtig ist jedoch auch hier der Aspekt der Ganzheitlichkeit. Neben altersbedingten Einflüssen auf die körperliche Leistungsfähigkeit spielen weitere Faktoren für den fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz eine Rolle. Anzumerken ist, dass bei der Datenerhebung Möglichkeiten zur Kompensation

---

der im Alter nachlassenden Fähigkeiten nicht berücksichtigt wurden. Positive Effekte wie das Erfahrungswissen kommen somit nicht zum Tragen. Ebenso bietet das standardisierte Fähigkeitsprofil keine Möglichkeit zur Erfassung psychischer Beschwerden, deren Anteil in den AU-Statistiken kontinuierlich wächst. Neben der Belegschaft und deren Entwicklungsprognosen ist jedoch auch die zukünftige Arbeitswelt zu betrachten. Im Zuge von Industrie 4.0 und der Digitalisierung der Produktion ergeben sich Auswirkungen auf die Arbeitsabläufe, die Organisationsgestaltung sowie die Formen der Zusammenarbeit. Neue Technologien ermöglichen – wie in dieser Arbeit am Beispiel der Mensch-Roboter-Kollaboration demonstriert – menschliche Arbeit zu unterstützen und so den Mitarbeiter körperlich zu entlasten. Die Anforderungen an die Arbeitsperson unterliegen demnach einem grundlegenden Wandel. Körperliche Fähigkeiten und Einschränkungen könnten an Bedeutung verlieren, Qualifikationsmerkmale an Bedeutung gewinnen.

Die vielfältigen Einflussfaktoren, die für eine gute Passung von Fähigkeiten und Anforderungen zu berücksichtigen sind, versucht das im Rahmen der Arbeit entwickelte Konzept abzubilden. Der dort konkretisierte Vergleich auf Passung nimmt Bezug auf die in Unternehmen etablierten Profilvergleichsverfahren, geht dabei jedoch über die klassischen Ansätze zur Wiedereingliederung von eingeschränkten Mitarbeitern hinaus. Für den Arbeitsgestalter öffnet sich somit der Blick auf alle Mitarbeiter im Unternehmen, wozu ebenso die vollständig Leistungsfähigen zählen. Das einheitliche Vorgehen, das im Modell zum fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz beschrieben wird, vereint die unterschiedlichen Perspektiven von Anforderungen und Fähigkeiten, um so eine bestmögliche Leistung im Arbeitssystem zu erreichen. Es wird eine kollektive Betrachtung von Fähigkeiten und Anforderungen entlang des PEP von der Entwicklungs- bis zur Serienphase angestrebt. Bei Identifikation von gestalterischen Engpässen werden durch den Ansatz der Gestaltungsmatrix aufeinander abgestimmte Lösungsalternativen technischer, organisatorischer und personenbezogener Art abgeleitet. Die Vernetzung von Einzelmaßnahmen aus der Produktionsplanung, der Personalentwicklung und des BGM ermöglicht die Schaffung einer gesundheitsförderlichen Umgebung für alle Mitarbeiter.

Bei der Entwicklung der Gestaltungsmatrix wurde von Anfang an ein praxisnaher Ansatz gewählt; so entstand bereits die Idee zur Matrix bei der Lösungssuche in einem Produktionswerk des untersuchten Unternehmens. Durch den Grundgedanken der Matrix, Fähigkeiten und Anforderungen gleichwertig zu betrachten, wurde ein neues Verständnis geschaffen, wie Mitarbeiter entsprechend ihrer individuellen Fähigkeiten und Eigenschaften einzusetzen sind. Da Fähigkeitsdaten aus dem Unternehmen vorlagen, wurden insbesondere die Ergonomie-Beauftragten aus verschiedenen Produktionswerken in die Beschreibung der Anforderungen und Gestaltungslösungen eingebunden. Dadurch wurden verschiedene ergonomische Problemfelder und Lösungen erstmals Standort- und Gewerkeübergreifend erfasst, kategorisiert und vernetzt. Die diesbezüglich zentral eingerichtete Datenbank

---

fördert den Austausch im Sinne von Best-Practice und legt den Grundstein für eine weitere Implementierung des Konzepts im Unternehmen. Darin wird ersichtlich, dass das Konzept nicht als Ganzes realisiert werden muss; auch die Umsetzung einzelner Elemente kann einen Mehrwert für das Unternehmen darstellen. Dies geht ebenso aus der Erprobung weiterer Bestandteile des Konzepts hervor. Bezüglich der Implementierung im untersuchten Unternehmen ist ferner zu betonen, dass Ansätze des Konzepts und Erkenntnisse aus der Datenauswertung in methodische und organisatorische Anpassungen der Ergonomie-Bewertung und Arbeitsplatzprofilierung eingeflossen sind. Somit werden die Weichen für eine weiterführende Umsetzung gestellt. Das Konzept als Ganzes dient zudem als Zielbild für den fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz im Unternehmen. Infolgedessen ist es eine Antwort auf die Fragen, denen sich die Unternehmen im Zuge des demografischen Wandels stellen müssen.

## 6.2 Ausblick

Da die Bestandteile des vorgestellten Verfahrens zur Ableitung ergonomischer Maßnahmen im Rahmen dieser Arbeit nur zu Teilen in die Praxis übertragen wurden, besteht weiterer Forschungsbedarf. Allen voran ist der kollektive Vergleich auf Passung von Fähigkeiten und Anforderungen zu präzisieren: Dieser gibt anhand der vorliegenden Daten zwar einen Ausblick darauf, was eine professionalisierte Lösung zu leisten imstande wäre. Jedoch wären anhand einer aktuellen Datenbasis, die Mitarbeiterfähigkeiten und Arbeitsanforderungen den verschiedenen Produktionsbereichen zuordnet, gestalterische Engpässe realitätsgetreu abbildbar. Mittels daraus abgeleiteter Kennzahlen ist den Führungskräften der konkrete Handlungsbedarf zur Arbeitsgestaltung ersichtlich. Wenn die kollektiven Auswertungen ferner auf die zugehörige Meisterei oder den Werksbereich eingegrenzt werden, wird eine fähigkeitsgerechte Zuordnung der Mitarbeiter zu Arbeitsplätzen bestmöglich realisiert. Dieses Prinzip gleicht letztlich der Matching-Kaskade, die bei Profilvergleichsverfahren wirksam angewandt wird.

Durch eine Umsetzung sämtlicher Bestandteile des Konzepts könnte sich der Nutzen erhöhen, da der ganzheitliche Ansatz sein Potential vollumfänglich entfalten könnte. Wenn die Implementierung im Unternehmen weiter fortgeschritten ist, sind daher weitere Evaluationsschritte notwendig, in denen die Anwender das Verfahren auf die Eignung in der Praxis beurteilen und Optimierungsbedarfe aufzeigen.

Insbesondere das Ineinandergreifen der einzelnen Dimensionen der Gestaltungsmatrix könnte die unabhängig voneinander bestehenden Vorteile verstärken. Eine weitere Ausgestaltung der einzelnen Matrix-Dimensionen bietet jedoch ebenso einen gesteigerten Nutzen für den Anwender, was an der

---

Best Practice Datenbank ersichtlich wird. Neben einer fortlaufenden Sammlung von Best Practice Beispielen, die den Informationsgehalt der Datenbank erhöhen, existieren weitere Ansatzpunkte zur Verbesserung der Datenbank. Unabhängig von der Kategorisierung nach dem TOP-Prinzip könnten die Gestaltungslösungen einer Prozessphase im PEP zugeordnet werden. Durch eine Unterteilung in „Entwicklung“, „Planung“ oder „Produktion“ werden Maßnahmen zielgruppenspezifisch aufbereitet. Zudem könnten Akzente auf Maßnahmen in den frühen Phasen gesetzt werden, um die konzeptive Arbeitsgestaltung zu fördern. In diesem Zusammenhang wird ein Defizit am derzeitigen Stand der Datenbank ersichtlich: Dadurch dass vornehmlich Ergonomie-Beauftragte aus der Serienbetreuung Gestaltungsbeispiele beigetragen haben, liegt der Schwerpunkt auf korrektiven Maßnahmen.

Ein weiteres Potential der Datenbank bestünde darin, Lösungsansätze für Anforderungseingpässe zu integrieren, deren Ursachen vor allem aus erhöhten psychischen Belastungen hervorgehen. Bisher vorhanden sind lediglich organisatorische Vorschläge, die den Mitarbeiter von einer starren Taktbindung entkoppeln können. Jedoch existieren vielschichtige psychische Anforderungen, die einen fähigkeitsgerechten Mitarbeitereinsatz erschweren. Eine Untersuchung der Problemstellung ist für eine ganzheitliche Betrachtung unabdingbar. Ebenso sollte eine Ergänzung bestehender Profilvergleichsverfahren auf psychische Merkmale hin geprüft werden.

Eine bereits implementierte Weiterentwicklung der Datenbank ist die Einrichtung eines separaten Bereichs für die Vorstellung neuer Technologien, die im Zuge von Industrie 4.0 und in Kooperation mit Forschungseinrichtungen in der betrieblichen Praxis erprobt werden. In diesem Zusammenhang ist insbesondere zu untersuchen, inwieweit Fähigkeitsdefizite von Mitarbeitern mit Einsatzeinschränkungen zum Beispiel durch leistungsfähige Aktorik-/Sensorik-Systeme ausgeglichen werden können und welche neuen Anforderungen an den Menschen gestellt werden.

Abschließend sind die in der Arbeit diskutierten, unzureichenden Erkenntnisse über die allgemeine Leistungsfähigkeit von Mitarbeitern im industriellen Umfeld zu nennen. Da in Unternehmen bisher die Fähigkeitsdatenerhebung auf einsatzeingeschränkte Mitarbeiter beschränkt ist, sind ergänzende wissenschaftliche Untersuchungen von arbeitsfähigen Mitarbeitern erforderlich. Neben der Initiierung von Feldstudien bieten insbesondere freiwillige Vorsorgeuntersuchungen in Unternehmen die Möglichkeit zur Schaffung einer umfassenden Informationsbasis. Die Daten wären eine passende Ergänzung zu den vorliegenden Fähigkeitsprofilen und würden das Fähigkeitsniveau der Gesamtbelegschaft realistisch abbilden. Die Personal- und Produktionsplanung hätte somit eine stabilere Datenbasis, um zukünftige Arbeitssysteme fähigkeitsgerecht auszulegen.

---

## Literaturverzeichnis

---

- Abele, E. & Reinhart, G. (2011). *Zukunft der Produktion: Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen*. München: Hanser.
- Adenauer, S. (2002). Die Potentiale älterer Mitarbeiter im Betrieb erkennen und nutzen. *Angewandte Arbeitswissenschaft*, 172, 19-34.
- Adenauer, S. (2004). Die (Re-)Integration leistungsgewandelter Mitarbeiter in den Arbeitsprozess. Das Projekt FILM bei Ford Köln. *Angewandte Arbeitswissenschaft*, 181, 1-18.
- Aittomäki, A., Lahelma, E., Ross, E., Leino-Arjas, P. & Martikainen, P. (2005). Gender differences in the association of age with physical workload and functioning. *Occupational and Environmental Medicine*, 62 (2), 95-100.
- Badura, B., Walter, U. & Hehlmann, T. (2010). *Betriebliche Gesundheitspolitik: Der Weg zur gesunden Organisation*. Heidelberg: Springer.
- Badura, B., Ducki, A., Schröder, H., Klose, J. & Meyer, M. (2015). *Fehlzeiten-Report 2015*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Bierwirth, M. (2012). *Entwicklung eines Managementmodells zur Integration einer systematischen Verhältnisprävention in die Arbeitsgestaltung in Industrieunternehmen*. Dissertation, Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt.
- Birk, R. (1990). *Europäisches Arbeitsrecht*. München: Beck.
- BKK Bundesverband (2015). *BKK Gesundheitsreport 2015. Langzeiterkrankungen. Zahlen, Daten, Fakten*. Berlin: Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Böcker, M. & Schneider, M. (2013). *Markterfolg durch benutzergerechte Gestaltung. Erfolgsfaktor "Usability" für Konsum- und Investitionsgüter*. Berlin, Wien, Zürich: Beuth Verlag GmbH.
- Bögel, J. & Frerichs, F. (2011). *Betriebliches Alters- und Alternsmanagement: Handlungsfelder, Maßnahmen und Gestaltungsanforderungen*. Hamburg: BOD-Verlag.
- Bogus, T. & Dorn, R. (2010). Berücksichtigung des Arbeitsplatzbedarfs für einsatzkritische leistungsgewandelte Mitarbeiter im Planungsprozess. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.), *Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten* (S. 265-268). Dortmund: GfA-Press.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (6. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation* (4. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Bös, G. (2007). Strategisches Management alternder Belegschaften bei der Audi AG. In M. Holz & P. Da-Cruz (Hrsg.), *Demografischer Wandel in Unternehmen, Herausforderung für die strategische Personalplanung* (S. 199-212). Wiesbaden: Gabler.
- Bruder, R., Kugler, M., Sinn-Behrendt, A., Schaub, K., Ghezal-Ahmadi, K. & Feith, A. (2008). Introduction of Ergonomics into Production Development Process: An Approach. In W. Karwowski (Hrsg.), *AHFE International Conference. 2nd International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*. July 14-17, 2008, Caesars Palace – Las Vegas, Nevada USA.
- Bruder, R., Rademacher, H., Schaub, K. & Geiss, C. (2009). Modular Concepts for Integrating Ergonomics into Production Processes. In C. M. Schlick (Hrsg.), *Industrial Engineering and Ergonomics* (S. 383-394). Berlin: Springer.
- Bruder, R. (2012). Gastkommentar: Gesundheit als strategisches Unternehmensziel. *RKW Magazin*, 2, 18-19.
- Bruder, R. (2013). Zukunft der Gestaltung menschengerechter Arbeitssysteme. In R. Stock-Homburg (Hrsg.), *Handbuch Strategisches Personalmanagement* (S. 631-649). Wiesbaden: Springer.

- 
- Bubb, H. (2007). Ergonomische Arbeitsbewertung. In E. Schäfer, M. Buch, I. Pahls, & J. Pfitzmann (Hrsg.), *Kasseler Personalschriften: Vol. 6. Arbeitsleben! Arbeitsanalyse - Arbeitsgestaltung - Kompetenzentwicklung* (S. 152-177). Kassel: Kassel University Press.
- Buck, H. (2002). Alternsgerechte und gesundheitsförderliche Arbeitsgestaltung – ausgewählte Handlungsempfehlungen. In M. Morschhäuser (Hrsg.), *Gesund bis zur Rente. Konzepte gesundheits- und alternsgerechter Arbeits- und Personalpolitik* (S. 73-85). Stuttgart: Fraunhofer IRB.
- Buck, H., Kistler, E. & Medius, H. G. (2002). *Demographischer Wandel in der Arbeitswelt. Chancen für eine innovative Arbeitsgestaltung*. Broschürenreihe: Demographie und Erwerbsarbeit. Stuttgart: Fraunhofer IRB.
- Bullinger, H.-J. & Buck, H. (2007). Demografischer Wandel und die Notwendigkeit, Kompetenzsicherung und -entwicklung in der Unternehmung neu zu betrachten. In W. Jochmann, & S. Gechter (Hrsg.), *Strategisches Kompetenzmanagement* (S. 61-77). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Daimler Betriebskrankenkasse (2015). *Gesundheitsbericht 2014. Für die Werke und die Zentrale der Daimler AG sowie der EvoBus GmbH*. Stuttgart: Daimler BKK.
- Deller, J., Kern, S., Hausmann, E. & Diederichs, Y. (2008). *Personalmanagement im demografischen Wandel. Ein Handbuch für den Veränderungsprozess mit Toolbox Demografiemanagement und Altersstrukturanalyse*. Heidelberg: Springer.
- Diaz, J. A. E. & Frieling, E. (2011). Age-related workplace design in the automotive industry. *ATZ produktion*, 4 (4), 46-50.
- Diaz, J. A. E., Weichel, J. & Frieling, E. (2012). Analyse körperlicher Belastung beim Einbau des Kabelbaums in das Fahrzeug und Empfehlung zur Belastungsreduktion – eine Felduntersuchung in einem Werk der deutschen Automobilindustrie. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 66 (1), 13-24.
- Dombrowski, U., Zahn, T. & Schulze, S. (2008). Alternde Belegschaften – Bereits heute für morgen planen. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 103 (5), 290-294.
- Dul, J. & Neumann, W. P. (2009). Ergonomics contribution to company strategies. *Applied Ergonomics*, 40 (4), 745-752.
- Dunckel, H. & Volpert, W. (1997). Aufgaben- und kriterienbezogene Gestaltung von Arbeitsstrukturen. In H. Luczak & W. Volpert (Hrsg.), *Handbuch Arbeitswissenschaft* (S. 791-795). Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Egbers, J., Neuberger, M., Spillner, R., Walch, D. & Willinger, B. (2010). Definition einer alternsgerechten Arbeitsgestaltung. In H. Gerhäuser, W. A. Günther, F. R. Lang, G. Reinhart & K. Schilling (Hrsg.), *Alternsgerechte Arbeitsplatzgestaltung in Produktion und Logistik* (S. 11-14). München: Bayerischer Forschungsverbund.
- Eigner, M. & Stelzer, R. (2009). *Product Lifecycle Management: Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management*. Springer: Heidelberg.
- Ellis, T. (1999). Implementing job rotation. *Occupational Health and Safety*, 68 (1), 82-84.
- Engeln, W. (2006). *Methoden der Produktentwicklung*. München: Oldenbourg Industrieverlag.
- Eversheim, W. (2002). *Organisation in der Produktionstechnik 3. Arbeitsvorbereitung* (4. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Fahrmeir, L., Künstler, R., Pigeot, I. & Tutz, G. (2004). *Statistik: Der Weg zur Datenanalyse* (5. Aufl.). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Falck, A., Örtengren, R. & Högberg, D. (2008). The influence of assembly ergonomics on product quality and productivity in car manufacturing - a cost-benefit approach. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 20 (1), 24-41.

- Fiehler, R. & Thimm, C. (2003). *Das Alter als Gegenstand linguistischer Forschung - eine Einführung in die Thematik*. Radolfzell: Verlag für Gesprächsforschung.
- Fraser, I. (2010). *Leitfaden für die Anwendung der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG* (2. Aufl.). Berlin, Wien, Zürich: Beuth.
- Freiboth, M., Frieling, E., Henniges, D. & Saager, C. (1997). Comparison of different organisations of assembly work in the European automotive industry. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 20 (5), 357-370.
- Friedrich, W. (1986). *Maßnahmen zur altersadäquaten Anpassung der Arbeitsbedingungen – Arbeitsplatzgestaltung für leistungsgewandelte und behinderte ältere Arbeitnehmer*. Dissertation, Universität Oldenburg.
- Frieling, E. (2006). Altersdifferenzierte Arbeitssysteme. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 60 (3), 149-150.
- Frieling, E., Buch, M. & Wieselhuber, J. (2006). Alter(n)sgerechte Arbeitssystemgestaltung in der Automobilindustrie: Die demografische Herausforderung bewältigen. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 60 (4), 213-219.
- Fuchs, J. (2013). Demografie und Fachkräftemangel. Die künftigen arbeitsmarktpolitischen Herausforderungen. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 56 (3), 399-405.
- Fürstenberg, F., Hanau, P., Kreikebaum, H. & Rohmert, W. (1983). *Menschengerechte Gestaltung der Arbeit*. Mannheim, Wien, Zürich: BI Wissenschafts-Verlag.
- Gall, B. & Parkhouse, W. (2004). Changes in physical capacity as a function of age in heavy manual work. *Ergonomics*, 47 (6), 671-687.
- Ghezel-Ahmadi, K., Schaub, K., Sinn-Behrendt, A., Mauerhoff, A. & Feith, A. (2007). *Arbeitsbezogene Belastungen des Muskel-Skelett-Systems – innovative und integrative Präventionsansätze*. Sachverständigenutachten. Institut für Arbeitswissenschaft. Technische Universität Darmstadt.
- Göldner, R., Rudow, B. & Neubauer, W. (2006). Arbeit und Gesundheit für leistungsgewandelte Mitarbeiter. Erfahrungen aus der Automobilindustrie. *Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Umweltmedizin*, 41 (12), 566-573.
- Grap, R. (1992). *Neue Formen der Arbeitsorganisation für die Stahlindustrie*. Aachen: Augustinus.
- Hamberg-van Reenen, H. H., van der Beek, A. J., Blatter, B. M., van Mechelen, W. & Bongers, P. M. (2009). Age-related differences in muscular capacity among workers. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 82 (9), 1115-1121.
- Herzberg, F. (1987). One More Time: How Do You Motivate Employees? *Harvard business review*, 81 (1), 87-96.
- Huber, A. (2002). Betriebliche Gesundheitsförderung im Kontext alternsgerechter Arbeitsgestaltung. In M. Morschhäuser (Hrsg.), *Gesund bis zur Rente. Konzepte gesundheits- und alternsgerechter Arbeits- und Personalpolitik* (S. 63-72). Stuttgart: Fraunhofer IRB.
- Ilmarinen, J. & Tempel, J. (2001). *Arbeitsfähigkeit 2010 – Was können wir tun, dass Sie gesund bleiben*. Hamburg: VSA-Verlag.
- Ilmarinen, J. (2006). *Towards a longer worklife. Ageing and the quality of worklife in the European Union*. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health.
- Ilmarinen, J. (2011). Arbeitsfähig in die Zukunft. In M. Giesert (Hrsg.), *Arbeitsfähig in die Zukunft. Willkommen im Haus der Arbeitsfähigkeit*. Hamburg: VSA Verlag.
- International Ergonomics Association (2000). *Ergonomics International News and Information – August 2000*. London: Marshall Associates.

- Kawamaki, M., Inoue, F., Ohkubo, T. & Ueno, T. (2000). Evaluating elements of the work area in terms of job redesign for older workers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 25 (5), 525-533.
- Kendall, M. G. (1938). A New Measure of Rank Correlation. *Biometrika*, 30 (1/2), 81-93.
- Kendall, M. G. (1942). Partial rank correlation. *Biometrika*, 32 (3/4), 277-283.
- Kenny, G. P., Yardley, J. E., Martineau, L. & Jay, O. (2008). Physical Work Capacity in Older Adults: Implications for the Aging Worker. *American Journal of Industrial Medicine*, 51 (8), 610-625.
- Kirchner, J.-H. (1986). Belastungen und Beanspruchungen. Einige begriffliche Klärungen zum Belastungs-Beanspruchungs-Konzept. In R. Hackstein, F.-J. Heeg & F. von Below (Hrsg.), *Arbeitsorganisation und Neue Technologien* (S. 553-569). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kirchner, J.-H. (1993). Arbeitswissenschaft – Entwicklung eines Grundkonzeptes. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 47 (2), 85-92.
- Klotter, C. (1999). Historische und aktuelle Entwicklungen der Prävention und Gesundheitsförderung - Warum Verhaltensprävention nicht ausreicht. In R. Oesterreich & W. Volpert (Hrsg.), *Psychologie gesundheitsgerechter Arbeitsbedingungen* (S. 23-61). Bern: Huber.
- Knülle, E. (2005). (Dis-)Ability Management. In M. F. Zäh (Hrsg.), *19. Deutscher Montagekongress. Zukunftsperspektive: Montagestandort Deutschland* (S. 173-202). München, Landsberg: moderne industrie.
- Knüppfer, G. (2009). Firmen ignorieren Demographie-Wandel. *Produktion*, 48 (20), 11.
- Koblank, P. (2001). Was ist KVP? „Japanische Philosophie“ – Vorschläge im Team – Abgrenzung zum BVW. *EUREKA impulse*, 3, 1-3.
- Kruskal, W. H. & Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47, 583-621.
- Kugler, M., Sinn-Behrendt, A. & Bruder, R. (2016). Das Fit-Modell als Leitmodell: Den Anspruch der Passung in den Blick rücken. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.), *Arbeit in komplexen Systemen. Digital, vernetzt, human?! Dortmund: GfA-Press.*
- Landau, K., Wimmer, R., Luczak, H., Mainzer, H. P. & Winter, G. (2001). Anforderungen an Montagearbeitsplätze. In K. Landau & H. Luczak (Hrsg.), *Ergonomie und Organisation in der Montage* (S. 1-82). München: Hanser.
- Landau, K. (2002). Ergonomie und Wirtschaftlichkeit – „rechnet“ sich die Arbeitsgestaltung? *Angeordnete Arbeitswissenschaft*, 172, 49-67.
- Landau, K., Luczak, H., Keith, H., Rösler, D., Schaub, K. & Winter, G. (2003). *Innovative Konzepte. Bilanz erfolgreicher Veränderungen in der Arbeitsgestaltung und Unternehmensorganisation*. Stuttgart: Ergonomia.
- Landau, K. (2007). *Lexikon Arbeitsgestaltung – Best Practice im Arbeitsprozess*. Stuttgart: Gentner Verlag.
- Landau, K., Weißert-Horn, M., Rademacher, H., Brauchler, R., Bruder, R. & Sinn-Behrendt, A. (2007). *Altersmanagement als betriebliche Herausforderung*. Stuttgart: Ergonomia.
- Landau, K. & Pressel, G. (2009). *Medizinisches Lexikon der beruflichen Belastungen und Gefährdungen* (2. Aufl.). Stuttgart: Gentner.
- Langhoff, T. (2009). *Den demographischen Wandel im Unternehmen erfolgreich gestalten. Eine Zwischenbilanz aus arbeitswissenschaftlicher Sicht*. Heidelberg: Springer.
- Laurig, W., Wieland, K. & Schulze Icking, G. (1984). *Arbeitsplätze für Behinderte – Handbuch technischer Arbeitshilfen zur Arbeitsplatzgestaltung*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz. Forschungsbericht Nr. 375. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.

- Loebe, H. & Severing, E. (2005). *Wettbewerbsfähigkeit mit alternden Belegschaften. Betriebliche Bildung und Beschäftigung im Zeichen des demografischen Wandels*. Bielefeld: Bertelsmann.
- Lotter, B. & Wiendahl, H. P. (2006). *Montage in der industriellen Produktion*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Luczak, H., & Volpert, W. (1987). *Arbeitswissenschaft. Kerndefinition – Gegenstandskatalog – Forschungsgebiete*. Eschborn: RKW-Verlag.
- Luczak, H. (1989). Wesen menschlicher Leistung. In Institut für angewandte Arbeitswissenschaften (Hrsg.), *Arbeitsgestaltung in Produktion und Verwaltung*. Köln: Wissenschaftsverlag Bachem.
- Luczak, H. (1993). *Arbeitswissenschaft*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Lyska, C. (2015). *InCarRob – Entwicklung und Erprobung eines Mensch-Roboter-Kooperationssystems für den ergonomieoptimierten ganzheitlichen Himmeleinbau am Fließband*. Unveröffentlichte Masterarbeit. Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement, Universität Stuttgart.
- Mann, H. B. & Whitney, D. R. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The annals of mathematical statistics*, 18 (1), 50-60.
- Meyer, M., Stallauke, M. & Weirauch, H. (2011). Krankheitsbedingte Fehlzeiten in der deutschen Wirtschaft im Jahr 2010. In B. Badura, A. Ducki, H. Schröder, J. Klose & K. Macco (Hrsg.), *Fehlzeiten-Report 2011. Führung und Gesundheit*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Mohrlang, M. (2005). Integration gesundheitlich eingeschränkter Mitarbeiter in die wertschöpfenden Arbeitsprozesse. In G. Schuh (Hrsg.), *2. Fachtagung: Kostenfaktor Mensch in der Produktion*. Nürtingen, Landsberg: moderne industrie.
- Morschhäuser, M. & Sochert, R. (2006). *Healthy work in an ageing Europe. Strategies and Instruments for Prolonging Working Life*. Essen: Woeste.
- Müglich, D., Sinn-Behrendt, A., Schaub, K. & Bruder, R. (2015). Development of a database for capability-appropriate workplace design in the manufacturing industry. *Occupational Ergonomics*, 12 (3), 109-118.
- Neubert, N., Bruder, R. & Begona, T. (2012). The charge of ergonomics – A model according to the influence of ergonomic workplace design for economical and efficient indicators of the automotive industry. *Work*, 41 (1), 4389-4395.
- Neubert, N. (2013). *Return-on-Investment in der Arbeitswissenschaft: Qualitäts- und Produktivitätsverbesserungen durch ergonomische Arbeitsplatzgestaltung*. Dissertation. Institut für Arbeitswissenschaft. Technische Universität Darmstadt.
- North, K. & Rohmert, W. (1980). Ermittlung der Arbeitsanforderungen für Leistungsgeminderte. *International archives of occupational and environmental health*, 47 (2), 143-154.
- Nyhuis, P. & Hattesoehl, S. (2012). Gestaltung altersngerechter Arbeitssysteme in der Pkw-Montage im Rahmen des Produktentstehungsprozesses. In E. Müller (Hrsg.), *Demographischer Wandel – Herausforderung für die Arbeits- und Betriebsorganisation der Zukunft* (S. 263-283). Berlin: GITO Verlag.
- Otto, A. & Scholl, A. (2013). Reducing ergonomic risks by job rotation scheduling. *OR Spectrum*, 35 (3), 711-733.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. & Grote, K.-H. (2007). *Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Peter, A. & Conrads, R. (2007). Die vergessene Zukunft – Ideen und Maßnahmen zum altersngerechten Arbeiten. In Deutsche Rentenversicherung Bund (Hrsg.), *Smart Region - Projektergebnisse und Analysen zum altersngerechten Arbeiten in innovativen Regionen* (S. 172-186). Bad Homburg: wdv.

- 
- Pieper, R. & Vorath, B. J. (2005). *Handbuch Arbeitsschutz – Sicherheit und Gesundheitsschutz im Betrieb* (2. Aufl.). Frankfurt: Bund Verlag.
- Porst, R. (2011). *Fragebogen*. Wiesbaden: Springer.
- Prasch, M. G. (2010). *Integration leistungsgewandelter Mitarbeiter in die variantenreiche Serienmontage*. Dissertation. Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik. Technische Universität München.
- Prümper, J. & Richenhagen, G. (2011). Von der Arbeitsunfähigkeit zum Haus der Arbeitsfähigkeit. Der Workability Index und seine Anwendung. In B. Seyfried (Hrsg.), *Ältere Beschäftigte. Zu jung, um alt zu sein. Konzept – Forschungsergebnisse – Instrumente* (S. 135-146). Bielefeld: Bertelsmann.
- Punnett, L., Gold, J., Katz, J. N., Gore, R. & Wegman, D. H. (2004). Ergonomic stressors and upper extremity musculoskeletal disorders in automobile manufacturing: a one year follow up study. *Occupational and environmental medicine*, 61 (8), 668-674.
- Rademacher, H., Sinn-Behrendt, A., Landau, K. & Bruder, R. (2008). Ergonomic analysis and design of industrial workplaces with special reference to age. In *Proceedings of the Applied Human Factors and Ergonomics. 2nd International Conference*. Las Vegas.
- Rademacher, H., Sinn-Behrendt, A., Bruder, R. & Landau, K. (2010). Tätigkeitsbezogene Analyse körperlicher Fähigkeiten von jüngeren und älteren Beschäftigten in der Produktion. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 64 (3), 187-203.
- Rademacher, H., Bruder, R., Sinn-Behrendt, A. & Landau, K. (2011). Identifying demographic bottlenecks for musculoskeletal risks in production areas – Implications for the design of industrial workplaces and assignment of workers. In *10. International Symposium on Human Factors in Organisational Design and Management*. Grahamstown, South Africa.
- Rademacher, H., Bruder, R., Bierwirth, M., Möglich, D., Sinn-Behrendt, A. & Landau, K. (2013). Capability Related Stress Analysis to Support Design of Work Systems. In C. M. Schlick, E. Frieling & J. Wegge (Hrsg.), *Age-Differentiated Work Systems* (S. 227-252). Heidelberg: Springer.
- Rading, J. (2010). *Lebenszyklusorientierte Personalentwicklung in Zeiten des demografischen Wandels*. Hamburg: Diplomica Verlag.
- Rally, P. (1996). Planung der Arbeitsorganisation in flexiblen Montagesystemen. In H. J. Warnecke (Hrsg.), *Die Montage im flexiblen Produktionsbetrieb. Technik, Organisation, Betriebswirtschaft* (S. 345-366). Berlin: Springer.
- REFA (1987). *Planung und Gestaltung komplexer Produktionssysteme. Methodenlehre der Betriebsorganisation*. Band 4. München: Hanser.
- Richenhagen, G. (2007). Beschäftigungsfähigkeit, altersflexibles Führen und gesundheitliche Potentiale. *Personalführung*, 40 (8), 44-51.
- Richenhagen, G. (2015). Altersorientiertes Personalmanagement – Was muss der Praktiker wissen. In A. Orthey, S. Laske & M. Schmid (Hrsg.), *Personal Entwickeln – Das aktuelle Nachschlagewerk für Praktiker*. Köln: Deutscher Wirtschaftsdienst.
- Richter, M. & Flückiger, M. (2013). Usability Engineering kompakt: Benutzbare Software gezielt entwickeln (3. Aufl.). Berlin: Springer Vieweg.
- Rohmert, W., Rutenfranz, J. & Ulich, E. (1971). *Das Anlernen sensumotorischer Fertigkeiten*. Band 7 von Wirtschaftliche und soziale Aspekte des technischen Wandels in der Bundesrepublik Deutschland. Frankfurt: Europäische Verlagsanstalt.
- Rohmert, W. (1980). *Taschenbuch der Arbeitsgestaltung. Grundlagen und Anwendung arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse* (3. Aufl.). Köln: Bachem.

- Rohmert, W. (1983). Formen menschlicher Arbeit. In W. Rohmert, & J. Rutenfranz (Hrsg.), *Praktische Arbeitsphysiologie*. Stuttgart, New York: Thieme Verlag.
- Rohmert, W. (1984). Das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 38 (4), 193-200.
- Sarodnick, F. & Brau, H. (2011). *Methoden der Usability Evaluation. Wissenschaftliche Grundlagen und praktische Anwendung* (2. Aufl.). Bern: Huber.
- Savinainen, M. (2004). *Physical Capacity and Workload among Ageing Workers*. Dissertation. Finnish Institute of Occupational Health, University of Tampere. Tampere: Juvenes Print.
- Schaie, W. & Willis, S. (2002). *Adult development and aging* (5. Aufl.). New York: Prentice-Hall.
- Schaub, K. & Winter, G. (2002). Design Check. A screening method to assess physical stress. *Der Orthopäde*, 31 (10), 987–996.
- Schaub, K. & Landau, K. (2004). Ergonomie und Prävention in der betrieblichen Praxis. *Angewandte Arbeitswissenschaft, Zeitschrift für die Unternehmenspraxis*, 180, 52-70.
- Schaub, K., Sinn-Behrendt, A., Mnich, H.-P. & Gaber, W. (2006). Instrumente zum fähigkeitsgerechten Mitarbeiterereinsatz. Methoden und Ansätze aus der Praxis. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.), *Innovationen für Arbeit und Organisation* (S. 747-750). Dortmund: GfA-Press.
- Schaub, K., Caragnano, G., Britzke, B. & Bruder, R. (2013). The European Assembly Worksheet. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 14 (6), 616-639.
- Scheller, K., Wittemann, P., Müglich, D., Sinn-Behrendt, A., Pirger, A. & Bruder, R. (2015). Auswertung altersdifferenzierter Fähigkeitsdaten zur Entwicklung von ergonomischen Gestaltungsansätzen in der Produktion. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 69 (3), 137-145.
- Schlick, C. M., Bruder, R. & Luczak, H. (2010). *Arbeitswissenschaft*. Heidelberg: Springer.
- Schmal, A., Niehaus, M. & Heinrich, T. (2001). Betrieblicher Umgang mit der Gruppe leistungsgewandelter und behinderter Mitarbeiter/innen: Befragungsergebnisse aus der Sicht unterschiedlicher Funktionsträger. *Die Rehabilitation*, 40 (4), 241-246.
- Schmidtke, H. (1993). *Ergonomie*. München: Hanser.
- Schultetus, W. (1987). *Montagesystemgestaltung. Daten, Hinweise und Beispiele zur ergonomischen Arbeitsgestaltung* (2. Aufl.). Köln: Verlag TÜV Rheinland.
- Semmer, N. K., & Zapf, D. (2004). Gesundheitsbezogene Interventionen in Organisationen. In H. Schuler (Hrsg.), *Organisationspsychologie – Gruppe und Organisation* (S. 773-843). Göttingen: Hogrefe.
- Sinn-Behrendt, A., Schaub, K., Winter, G. & Landau, K. (2004). Ergonomisches Frühwarnsystem Ergo-FWS. In K. Landau (Hrsg.), *Montageprozesse gestalten – Fallbeispiele aus Ergonomie und Organisation* (S. 233-248). Stuttgart: Ergonomia.
- Sinn-Behrendt, A., Rademacher, H., Bruder, R. & Landau, K. (2011). Identifikation demographischer Engpässe für muskuloskelettale Risiken in der Produktion – Auswirkungen auf die Gestaltung industrieller Arbeitsplätze und den Einsatz von Werkern. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.), *Mensch, Technik, Organisation – Vernetzung im Produktentstehungs- und -herstellungsprozess* (S. 57-60). Dortmund: GfA-Press.
- Spanner-Ulmer, B., Frieling, E., Landau, K., & Bruder, R. (2009). Produktivität und Alter. In K. Landau (Hrsg.), *Produktivität im Betrieb. Tagungsband der GfA-Herbstkonferenz* (S. 81-117). Stuttgart: Ergonomia.
- Spelten, C. (2007). *Beitrag zur Berücksichtigung monetärer Kriterien bei der ergonomischen Arbeitsgestaltung am Beispiel physischer Belastungen*. Stuttgart: Ergonomia.
- Stanic, S. (2010). *Fahrzeugendmontage – Herausforderung für den demografischen Wandel*. Dissertation. Universität Kassel. Kassel: university press.

- Ulich, E. (2011). *Arbeitspsychologie*. Zürich: vdf Hochschulverlag.
- Wagner, T., Allmendinger, S., Römer, T., Sinn-Behrendt, A. & Keil, M. (2015). Entwicklung einer Systematik zur körperregionenbezogenen Visualisierung der Belastungen, basierend auf einem bestehenden Belastungsbewertungsverfahren. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.), *Bericht zum 61. arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 25.-27. Februar 2015 am KIT Karlsruhe* (Beitrag B. 1.11). Dortmund: GfA-Press.
- Walch, D. & Günthner, W. A. (2010). Belastungsorientierte Job Rotation für eine alternsgerechte Arbeitsorganisation am Beispiel der Logistik. In H. Gerhäuser, W. A. Günther, F. R. Lang, G. Reinhart & K. Schilling (Hrsg.), *Alternsgerechte Arbeitsplatzgestaltung in Produktion und Logistik* (S. 65-78). München: Bayerischer Forschungsverbund.
- Weisner, K. & Deuse, J. (2014). Assessment methodology to design an ergonomic and sustainable order picking system using motion capturing systems. *Procedia CIRP*, 17, 422-427.
- Wen, C. P., Tsai, S. P. & Gibson, R. L. (1983). Anatomy of the healthy worker effect: a critical review. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 25 (4), 283-289.
- Westkämper, E. (2006). *Einführung in die Organisation der Produktion*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Wieland, K. (1995). *Arbeitsgestaltung für behinderte und leistungsgewandelte Mitarbeiter: Grundlagen, Vorgehensweisen, Beispiele*. Freiburg: Haufe.
- Wiendahl, H.-P., Reichardt, J. & Nyhuis, P. (2010). *Handbuch Fabrikplanung: Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten*. München: Hanser.
- Xu, X., Qin, J., Zhang, T. & Lin J.-H. (2014). The effect of age on the hand movement time during machine paced assembly tasks for female workers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44 (1), 148-152.
- Zäh, M. F., Wagner, W. & Prash, M. G. (2005). Montagestrukturen für alternde Belegschaften. Systematische Integration leistungsgewandelter Mitarbeiter in Wertschöpfungsprozesse. *wt Werkstattstechnik online*, 95 (9), 637-642.
- Zäh, M. F. & Prash, M. G. (2006). Efficient and Ergonomic Workplace Design and Assembly Reorganization for Aging Workforces. In G. Butala & G. Hlebanja (Hrsg.), *Proceedings of the 39th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems. The Morphology of Innovative Manufacturing Systems* (S. 73-78). Ljubljana, Slowenien.
- Zglinicki, T. von (2010). Alter und Altern. In R. F. Schmidt, F. Lang & M. Heckmann (Hrsg.), *Physiologie des Menschen – mit Pathophysiologie* (S. 877-891). Heidelberg: Springer.
- Zöfel, P. (2003). *Statistik für Psychologen im Klartext*. München: Pearson Studium.
- Zwick, T., Göbel, C. & Fries, J. (2013). Age-Differentiated Work Systems Enhance Productivity and Retention of Old Employees. In C. M. Schlick, E. Frieling & J. Wegge (Hrsg.), *Age-Differentiated Work Systems* (S. 25-44). Heidelberg: Springer.

## Normen

- DIN EN 1005-1:2009 Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 1: Begriffe. Berlin: Beuth.
- DIN EN 1005-2:2009 Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 2: Manuelle Handhabung von Gegenständen in Verbindung mit Maschinen und Maschinenteilen. Berlin: Beuth.
- DIN EN 1005-3:2009 Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 3: Empfohlene Kraftgrenzen bei Maschinenbetätigung. Berlin: Beuth.

- 
- DIN EN 1005-4:2009 Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 4: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen. Berlin: Beuth.
- DIN EN 1005-5:2007 Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 5: Risikobeurteilung für kurzzyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen. Berlin: Beuth.
- DIN EN 614-1:2009 Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Gestaltungsgrundsätze – Teil 1: Begriffe und allgemeine Leitsätze. Berlin: Beuth.
- DIN EN ISO 10075-1:2015 Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung. Berlin: Beuth.
- DIN EN ISO 6385:2004 Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen. Berlin: Beuth.

## Internetquellen

- Bellmann, L., Kistler, E. & Wahse, J. (2007). *Demographischer Wandel: Betriebe müssen sich auf alternde Belegschaften einstellen*. Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: <http://doku.iab.de/kurzber/2007/kb2107.pdf>
- Berufsgenossenschaft Holz und Metall (2015). *BGHM Information 102. Beurteilen von Gefährdungen und Belastung*. Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: [https://www.bghm.de/fileadmin/user\\_upload/Arbeitsschuetzer/Gesetze\\_Vorschriften/Informationen/BGHM-I\\_102.pdf](https://www.bghm.de/fileadmin/user_upload/Arbeitsschuetzer/Gesetze_Vorschriften/Informationen/BGHM-I_102.pdf)
- Bundesagentur für Arbeit (2011). *Entgeltsicherung für ältere Arbeitnehmer*. Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: [http://www.kofa.de/fileadmin/Dateiliste/Publikationen/Sonstige\\_Dateien/Merkblatt\\_Entgeltsicherung\\_f%C3%BCr\\_ältere\\_Arbeitnehmer.pdf](http://www.kofa.de/fileadmin/Dateiliste/Publikationen/Sonstige_Dateien/Merkblatt_Entgeltsicherung_f%C3%BCr_ältere_Arbeitnehmer.pdf)
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2001). *Leitmerkmalmethode zur Beurteilung von Heben, Halten, Tragen*. Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/Gefaehrdungsbeurteilung.html>
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2011). *Leitmerkmalmethode - Manuelle Arbeitsprozesse*. Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/Gefaehrdungsbeurteilung.html>
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2014). *REACH: Expositionsabschätzung für den Arbeitsschutz*. Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: [https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis/REACH-Info/REACH-Info-11.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis/REACH-Info/REACH-Info-11.pdf?__blob=publicationFile&v=1)
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2016). *Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2014: Unfallverhütungsbericht Arbeit*. Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: [https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/Suga-2014.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/Suga-2014.pdf?__blob=publicationFile&v=6)
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2013). *Betriebliches Eingliederungsmanagement. Von der Arbeitsunfähigkeit zur Beschäftigungsfähigkeit*. Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: <http://www.bmas.de/DE/Themen/Arbeitsschutz/Gesundheit-am-Arbeitsplatz/betriebliches-eingliederungsmanagement.html>
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2015). *Fortschrittsbericht 2014 zum Fachkräftekonzept der Bundesregierung*. Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: [http://www.bmas.de/Shared-Docs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/fortschrittsbericht-fachkraefte-fuer-2014.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmas.de/Shared-Docs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/fortschrittsbericht-fachkraefte-fuer-2014.pdf?__blob=publicationFile)

- 
- Daimler AG (2016). *Industrie 4.0 – Digitalisierung bei Mercedes-Benz: Die nächste Stufe der industriellen Revolution*. Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: <http://media.daimler.com/mars-MediaSite/pic/de/7561952>
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (2013). *Belastungen für Rücken und Gelenke – was geht mich das an?* Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: [http://www.arbeitssicherheit.de/media/pdfs/CCC\\_1648\\_160201.pdf](http://www.arbeitssicherheit.de/media/pdfs/CCC_1648_160201.pdf)
- Initiative Neue Qualität der Arbeit (2005). *Demographischer Wandel und Beschäftigung. Plädoyer für neue Unternehmensstrategien*. Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: <http://www.inqa.de/SharedDocs/PDFs/DE/Publikationen/memorandum-demographie>
- Kugler, M., Bierwirth, M., Schaub, K., Sinn-Behrendt, A., Feith, A., Ghezel-Ahmadi, K. & Bruder, R. (2010). *Ergonomie in der Industrie - aber wie? Handlungshilfe für den schrittweisen Aufbau eines einfachen Ergonomiemanagements*. Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: <http://www.kobra-projekt.de/page/handlungshilfe>
- Kugler, M., Baumann, G., Bruder, R., Hodek, L., Niehaus, M. & Sinn-Behrendt, A. (2015). *Bausteine für ein vernetztes Alternsmanagement. Ergebnisse des Projekts „Gesund und qualifiziert älter werden in der Automobilindustrie – Partizipation und Inklusion von Anfang an (PINA)“*. Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt und Lehrstuhl Arbeit und Berufliche Rehabilitation der Universität Köln. Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: <http://www.pina-projekt.de/downloads>
- Nöllenheidt, C. & Brenscheidt, S. (2016). *Arbeitswelt im Wandel: Zahlen - Daten - Fakten. Ausgabe 2016*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund. Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: [https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis/A95.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis/A95.pdf?__blob=publicationFile&v=2)
- Richenhagen, G. (2009). Leistungsfähigkeit, Arbeitsfähigkeit, Beschäftigungsfähigkeit und ihre Bedeutung für das Age Management. In G. Freude, J. Falkenstein & J. Zülch (Hrsg.), *Förderung und Erhalt intellektueller Fähigkeiten für ältere Arbeitnehmer* (S. 73-86). Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: <http://www.inqa.de/DE/Angebote/Publikationen/pfiff-abschlussbericht-foerderung-und-erhalt.html>
- Statistisches Bundesamt (2015). *Bevölkerung Deutschlands bis 2060 - 13. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung*. Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bevoelkerung/VorausberechnungBevoelkerung/BevoelkerungDeutschland2060Presse5124204159004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bevoelkerung/VorausberechnungBevoelkerung/BevoelkerungDeutschland2060Presse5124204159004.pdf?__blob=publicationFile)
- Tilling, W. (2013). Das Betriebliche Eingliederungsmanagement in der betrieblichen Praxis – das Profilvergleichsverfahren PVV. In Initiative Gesundheit und Arbeit (Hrsg.), *Betriebliches Eingliederungsmanagement in Deutschland – eine Bestandsaufnahme* (S. 48-52). Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: <https://www.iga-info.de/veroeffentlichungen/igareporte/igareport-24/>
- United Nations (2015). *World Populations Prospects. The 2015 Revision*. Zugriff am 25.03.2017. Verfügbar unter: [https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key\\_findings\\_wpp\\_2015.pdf](https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf)

A Profile aus dem Job Match-Verfahren

### Fähigkeitsprofil

Name, Vorname:	Bemerkung Arzt:
Untersuchungsdatum:	Sitzgelegenheit erforderlich <input type="checkbox"/> Sitzarbeitsplatz erforderlich <input type="checkbox"/>
Befristung Profil (Prognose)      unbefristet <input type="checkbox"/>	Arbeitsplatz mit Sichtkontakt zu Kollegen erforderlich <input type="checkbox"/>

**(1) Körperhaltungen**

**Bein-System**

	nie 0%	gelegtl. 1..5	zeitw. 6..25	häufig 26..50	überw. 51..75	ständig 76..100%		
Stehen	<input type="checkbox"/>							
Sitzen	<input type="checkbox"/>							
Knien	<input type="checkbox"/>							
Hocken	<input type="checkbox"/>							
Gehen	<input type="checkbox"/>							
Steigen	<input type="checkbox"/>							

**Wirbelsäule**

	nie 0%	gelegtl. 1..5	zeitweise 6..25	häufig 26..50	überw. 51..75	ständig 76..100%	d	s
a) Beugung								
gebeugt 20° - 60°	<input type="checkbox"/>							
gebückt >60°	<input type="checkbox"/>							
b) Torsion >30°	<input type="checkbox"/>							
c) seitliche Rumpfeigung >20°	<input type="checkbox"/>							

**Schulter-Arm-System (Überkopf)**

	nie 0%	gelegtl. 1..5	zeitw. 6..25	häufig 26..50	überw. 51..75	ständig 76..100%	d	s
Re. Arm über Schulterhöhe >90°	<input type="checkbox"/>							
Li. Arm über Schulterhöhe >90°	<input type="checkbox"/>							
Re. Arm Überkopf > 110° (Streckung der Halswirbelsäule)	<input type="checkbox"/>							
Li. Arm Überkopf > 110° (Streckung der Halswirbelsäule)	<input type="checkbox"/>							

d = dynamisch (≤ 5sec.)  
s = statisch (> 5sec.)

**(2) Aktionskräfte/Körperteilbewegungen**

	nie 0%	gelegtl. 1..5	zeitw. 6..25	häufig 26..50	überw. 51..75	ständig 76..100%
<b>Hand-Arm-Finger-System (Teil 1)</b>						
Re. leichter Druck durch Finger/Hand (bis 40N)	<input type="checkbox"/>					
Li. leichter Druck durch Finger/Hand (bis 40N)	<input type="checkbox"/>					
Re. erhöhter Druck durch Finger/Hand (> 40N) bzw. Kraftbetontes Greifen	<input type="checkbox"/>					
Li. erhöhter Druck durch Finger/Hand (> 40N) bzw. Kraftbetontes Greifen	<input type="checkbox"/>					

L
1

## Fähigkeitsprofil

### Hand-Arm-Finger-System (Teil 2)

	nie 0%	gelegtl. 1..5	zeitw. 6..25	häufig 26..50	überw. 51..75	ständig 76..100%
Re. Ein-/Auswärtsdrehen des Unterarmes	<input type="checkbox"/>					
Li. Ein-/Auswärtsdrehen des Unterarmes	<input type="checkbox"/>					
Hantieren mit kleineren Handwerkzeugen, z.B. Akku-Schrauber, kleiner Drehmomentschlüssel	<input type="checkbox"/>					

### Aktionskräfte im Schulter-Arm-Ganzkörper-System

	nie 0%	gelegtl. 1..5	zeitw. 6..25	häufig 26..50	überw. 51..75	ständig 76..100%
kraftbetontes Arbeiten an großen Handwerkzeugen, z. B. Punkt-/ Nietzange, großer Drehmomentschlüssel	<input type="checkbox"/>					

### (3) Manuelles Handhaben von Lasten (Teile/Werkzeuge)

#### Heben & Umsetzen, Tragen, Halten

	nie 0%	gelegtl. 1..5	zeitw. 6..25	häufig 26..50	überw. 51..75	ständig 76..100%
0...5kg	<input type="checkbox"/>					
5...10kg	<input type="checkbox"/>					
10...15kg 	<input type="checkbox"/>					
15...25kg	<input type="checkbox"/>					
≥ 25kg	<input type="checkbox"/>					

#### Ziehen u. Schieben

(zu bewegende, rollende Massen)

	nie 0%	gelegtl. 1..5	zeitw. 6..25	häufig 26..50	überw. 51..75	ständig 76..100%
0...50N	<input type="checkbox"/>					
50...100N	<input type="checkbox"/>					
100...150N 	<input type="checkbox"/>					
150...250N	<input type="checkbox"/>					
≥ 250N	<input type="checkbox"/>					

### (4) Wahrnehmung von Informationen

#### Sehen

	N	J
Sehschärfe nah	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sehschärfe fern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Räumliches Sehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Farbsehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### Hören

	N	J
Geräusch-/Spracherkennung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### (5) Sonstige Einflüsse

#### Gefährdungen

	N	J
Einsatz an rotierenden Maschinen, Pressen, in Fahrbahnnähe etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Absturzgefahr	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### Lärm

	N	J
80...<85 dB(A)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
≥ 85 dB(A)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### Ganzkörpervibration

	N	J
Re. Hand-Arm-Vibration	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Li. Hand-Arm-Vibration	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### Gefahr- und Betriebsstoffen

	N	J
Lösemittel, Lacke	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gase, Dämpfe, Aerosole, Stäube, Rauch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Öle, Fette, Emulsionen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Feuchtarbeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elektromagnetische Felder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hitze	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### (6) Arbeitsorganisation

#### Schicht

	N	J
Normalschicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wechselschichtsysteme ohne Nachtschicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wechselschichtsysteme mit Nachtschicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3-Schicht mit Nachtschicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dauernachtschicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### Starre Taktbindung

	N	J
(geringe zeitliche Flexibilität am Fließband)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fahr- und Steuertätigkeit (G25)* mit Stapeltätigkeit*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

\* Vorbehaltlich der Ergebnisse der G25 Untersuchung)

2

## Anforderungsprofil

Werk, Werkteil, Standort (Halle):	Datum (Änderungsstand):
Tätigkeitsbezeichnung:	Qualifikation:
Beschreibung:	Besonderheiten:

### (1) Körperhaltungen

#### Bein-System

		nie 0%	gelegtl. 1..5	zeitw. 6..25	häufig 26..50	überw. 51..75	ständig 76..100%
Stehen	<input type="checkbox"/>						
Sitzen	<input type="checkbox"/>						
Knien	<input type="checkbox"/>						
Hocken	<input type="checkbox"/>						
Gehen	<input type="checkbox"/>						
Steigen	<input type="checkbox"/>						

#### Wirbelsäule

		nie 0%	gelegtl. 1..5	zeitweise 6..25	häufig 26..50	überw. 51..75	ständig 76..100%		
a) Beugung		<input type="checkbox"/>	d	s					
gebeugt 20° - 60°		<input type="checkbox"/>							
gebückt >60°		<input type="checkbox"/>							
b) Torsion >30°		<input type="checkbox"/>							
c) seitliche Rumpfeigung >20°		<input type="checkbox"/>							

#### Schulter-Arm-System (Überkopf)

		nie 0%	gelegtl. 1..5	zeitw. 6..25	häufig 26..50	überw. 51..75	ständig 76..100%		
Re. Arm über Schulterhöhe >90°		<input type="checkbox"/>	d	s					
Li. Arm über Schulterhöhe >90°		<input type="checkbox"/>							
Re Arm Überkopf > 110° (Streckung der Halswirbelsäule)		<input type="checkbox"/>							
Li Arm Überkopf > 110° (Streckung der Halswirbelsäule)		<input type="checkbox"/>							

d = dynamisch (≤ 5sec.)  
s = statisch (> 5sec.)

### (2) Aktionskräfte/Körperteilbewegungen

		nie 0%	gelegtl. 1..5	zeitw. 6..25	häufig 26..50	überw. 51..75	ständig 76..100%
Hand-Arm-Finger-System (Teil 1)							
Re. leichter Druck durch Finger/Hand (bis 40N)	<input type="checkbox"/>						
Li. leichter Druck durch Finger/Hand (bis 40N)	<input type="checkbox"/>						
Re. erhöhter Druck durch Finger/Hand (> 40N) bzw. Kraftbetontes Greifen	<input type="checkbox"/>						
Li. erhöhter Druck durch Finger/Hand (> 40N) bzw. Kraftbetontes Greifen	<input type="checkbox"/>						



## Anforderungsprofil

### Hand-Arm-Finger-System (Teil 2)

	nie 0%	gelegtl. 1..5	zeitw. 6..25	häufig 26..50	überw. 51..75	ständig 76..100%
Re. Ein-/Auswärtsdrehen des Unterarmes	<input type="checkbox"/>					
Li. Ein-/Auswärtsdrehen des Unterarmes	<input type="checkbox"/>					
Hantieren mit kleineren Handwerkzeugen, z.B. Akku-Schrauber, kleiner Drehmomentschlüssel	<input type="checkbox"/>					

### Aktionskräfte im Schulter-Arm-Ganzkörper-System

	nie 0%	gelegtl. 1..5	zeitw. 6..25	häufig 26..50	überw. 51..75	ständig 76..100%
kraftbetontes Arbeiten an großen Handwerkzeugen, z. B. Punkt-/ Nietzange, großer Drehmomentschlüssel	<input type="checkbox"/>					

### (3) Manuelles Handhaben von Lasten (Teile/Werkzeuge)

#### Heben & Umsetzen, Tragen, Halten

	nie 0%	gelegtl. 1..5	zeitw. 6..25	häufig 26..50	überw. 51..75	ständig 76..100%
0...5kg	<input type="checkbox"/>					
5...10kg	<input type="checkbox"/>					
10...15kg 	<input type="checkbox"/>					
15...25kg	<input type="checkbox"/>					
≥ 25kg	<input type="checkbox"/>					

#### Ziehen u. Schieben

(zu bewegende, rollende Massen)

	nie 0%	gelegtl. 1..5	zeitw. 6..25	häufig 26..50	überw. 51..75	ständig 76..100%
0...50N	<input type="checkbox"/>					
50...100N	<input type="checkbox"/>					
100...150N 	<input type="checkbox"/>					
150...250N	<input type="checkbox"/>					
≥ 250N	<input type="checkbox"/>					

### (4) Wahrnehmung von Informationen

#### Sehen

	N	J
Sehschärfe nah	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sehschärfe fern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Räumliches Sehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Farbsehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### Hören

	N	J
Geräusch-/Spracherkennung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### (5) Sonstige Einflüsse

#### Gefährdungen

	N	J
Einsatz an rotierenden Maschinen, Pressen, in Fahrbahnnähe etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Absturzgefahr	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### Lärm

	N	J
80...<85 dB(A)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
≥ 85 dB(A)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### Ganzkörpervibration

	N	J
Re. Hand-Arm-Vibration	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Li. Hand-Arm-Vibration	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### Gefahr- und Betriebsstoffen

	N	J
Lösemittel, Lacke	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gase, Dämpfe, Aerosole, Stäube, Rauch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Öle, Fette, Emulsionen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Feuchtarbeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elektromagnetische Felder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hitze	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### (6) Arbeitsorganisation

#### Schicht

	N	J
Normalschicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wechselschichtsysteme ohne Nachtschicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wechselschichtsysteme mit Nachtschicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3-Schicht mit Nachtschicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dauernachtschicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	N	J
Starre Taktbindung (geringe zeitliche Flexibilität am Fließband)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fahr- und Steuertätigkeit (G25)* mit Stapeltätigkeit*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

\* Vorbehaltlich der Ergebnisse der G25 Untersuchung)

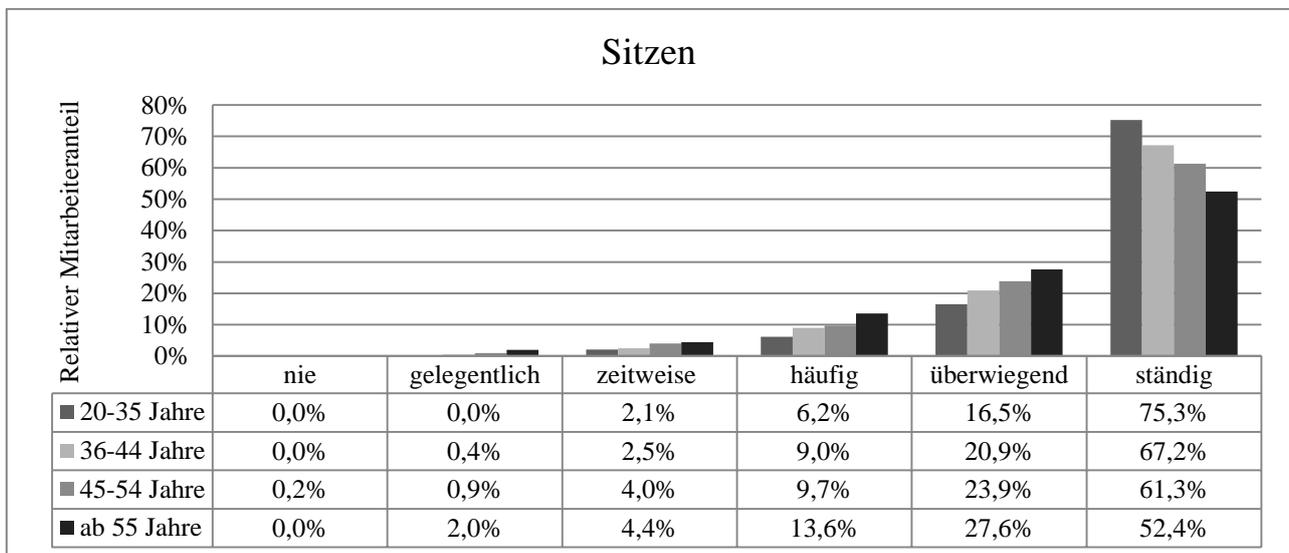
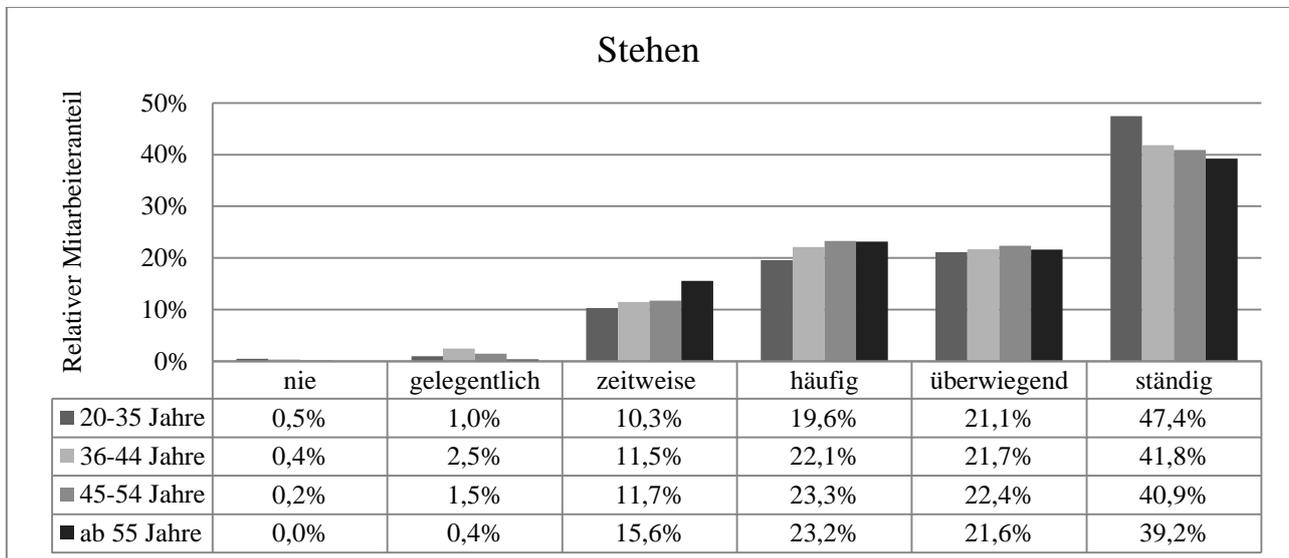
## B Deskriptive Auswertung der Fähigkeitsprofile nach Altersgruppen

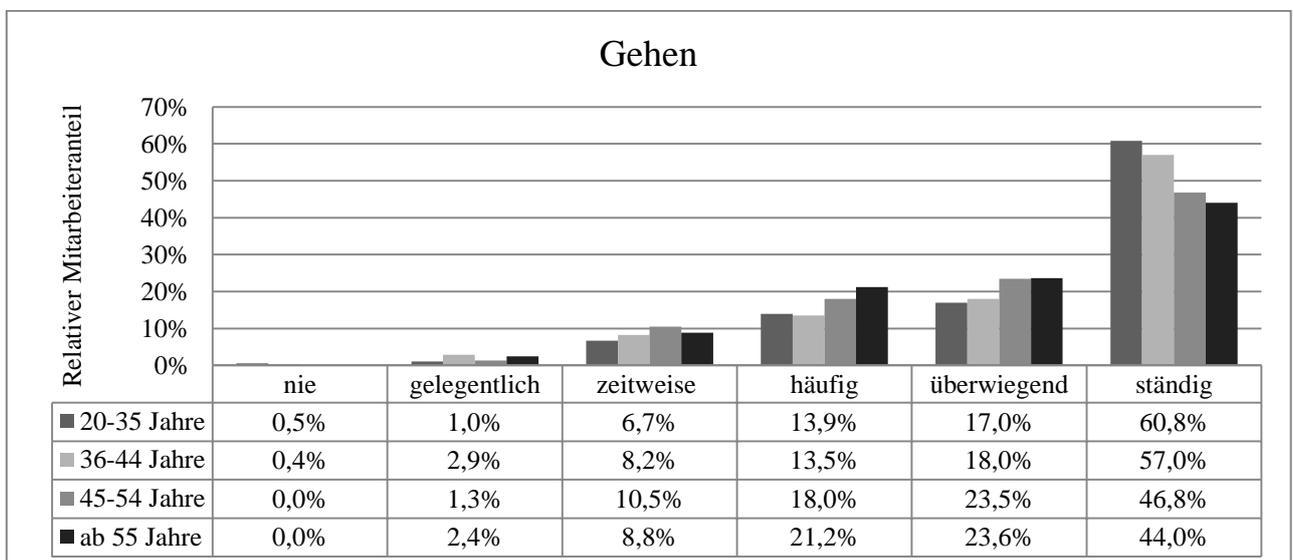
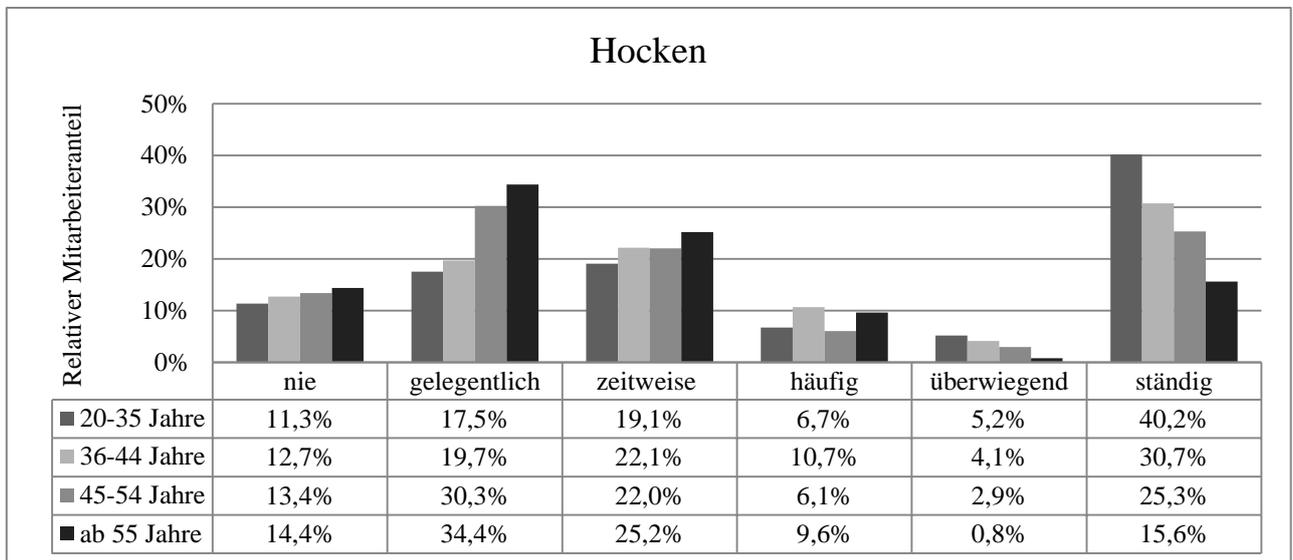
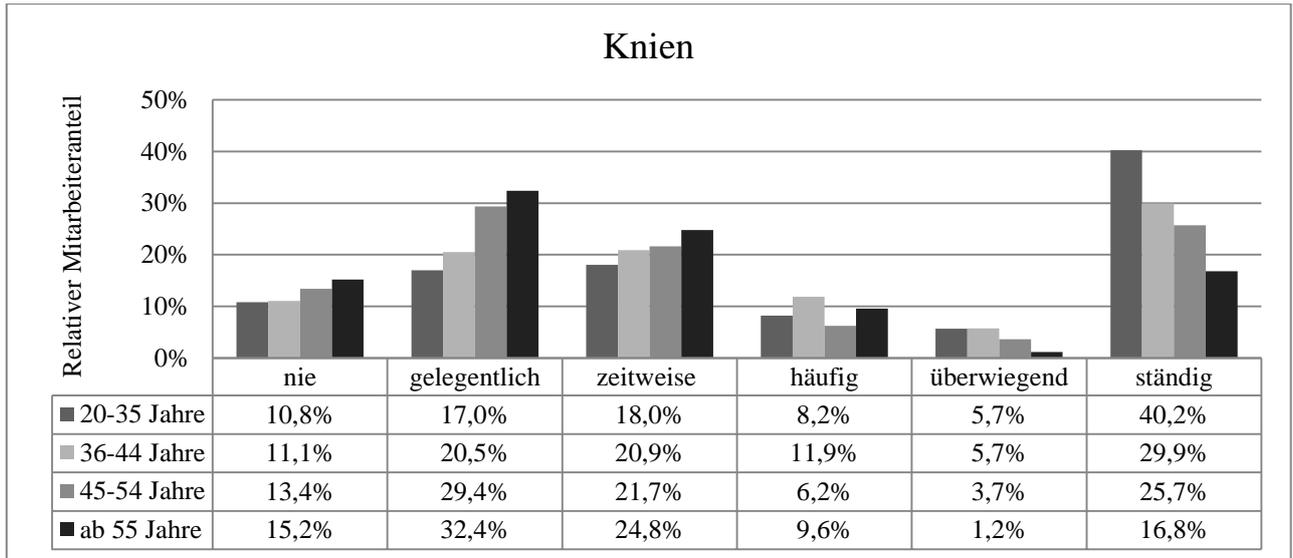
Zur Darstellung des Medians wird das sechsstufige Schema der Fähigkeits- und Anforderungsprofile auf eine Skala von 0,0 bis 5,0 übersetzt:

0,0 = nie; 1,0 = gelegentlich; 2,0 = zeitweise; 3,0 = häufig; 4,0 = überwiegend; 5,0 = ständig

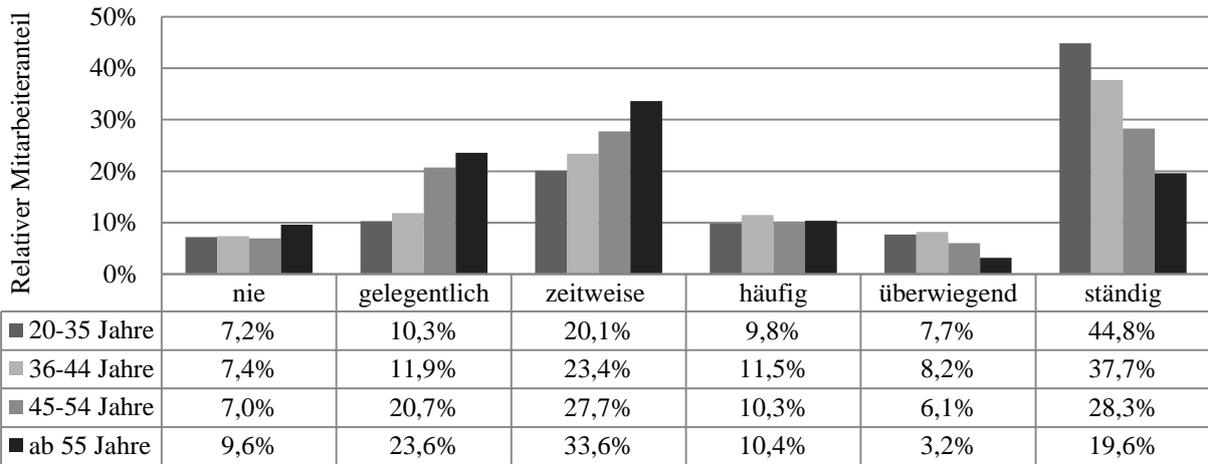
Median zu Fähigkeitsmerkmal	20 - 35 Jahre	36 - 44 Jahre	45 - 54 Jahre	ab 55 Jahre	Gesamt
Bein-System (Stehen)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Bein-System (Sitzen)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Bein-System (Knien)	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Bein-System (Hocken)	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Bein-System (Gehen)	5,0	5,0	4,0	4,0	5,0
Bein-System (Steigen)	4,0	3,0	2,0	2,0	2,0
Wirbelsäule (gebeugt 20° - 60°) statisch	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Wirbelsäule (gebückt > 60°) statisch	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Wirbelsäule (Torsion > 30°) statisch	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
Wirbelsäule (seitliche Rumpfneigung > 20°) statisch	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0
Schulter-Arm-System (Rechter Arm über Schulterhöhe) stat.	2,0	2,0	1,0	0,0	1,0
Schulter-Arm-System (Linker Arm über Schulterhöhe) stat.	4,0	2,5	2,0	1,0	2,0
Schulter-Arm-System (Rechter Arm über Kopf) statisch	2,0	1,0	1,0	0,0	1,0
Schulter-Arm-System (Linker Arm über Kopf) statisch	2,0	1,0	1,0	0,0	1,0
Rechts leichter Druck durch Finger / Hand (bis 40 N)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Links leichter Druck durch Finger / Hand (bis 40 N)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Rechts erhöhter Druck durch Finger / Hand (> 40 N)	5,0	5,0	4,0	3,0	4,0
Links erhöhter Druck durch Finger / Hand (> 40 N)	5,0	5,0	4,0	3,0	5,0
Rechts Ein-/Auswärtsdrehen des Unterarmes	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Links Ein-/Auswärtsdrehen des Unterarmes	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Hantieren mit kleineren Handwerkzeugen	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Kraftbetontes Arbeiten an großen Handwerkzeugen	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Heben, Tragen, Halten (0 - 5 kg)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Heben, Tragen, Halten (5 - 10 kg)	4,0	3,0	3,0	2,5	3,0
Heben, Tragen, Halten (10 - 15 kg)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Heben, Tragen, Halten (15 - 25 kg)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Heben, Tragen, Halten (> 25 kg)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ziehen & Schieben (0 - 50 N)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Ziehen & Schieben (50 - 100 N)	5,0	4,0	4,0	3,0	4,0
Ziehen & Schieben (100 - 150 N)	2,0	2,0	2,0	1,0	2,0
Ziehen & Schieben (150 - 250 N)	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Ziehen & Schieben (> 250 N)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Im Weiteren erfolgt die deskriptive Auswertung der Fähigkeitsmerkmale auf Altersabhängigkeiten zwischen den Altersgruppen. Die Analyse erfolgt anhand von Kreuztabellen und Säulendiagrammen. Die Ergebnisse, die in Kapitel 3.2.1 gezeigt worden sind, werden nicht dargestellt.

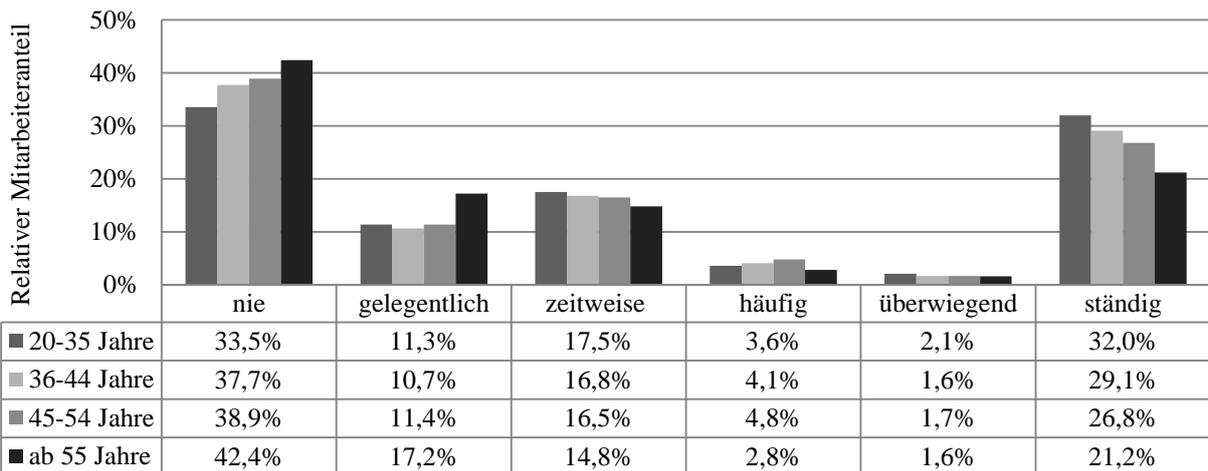




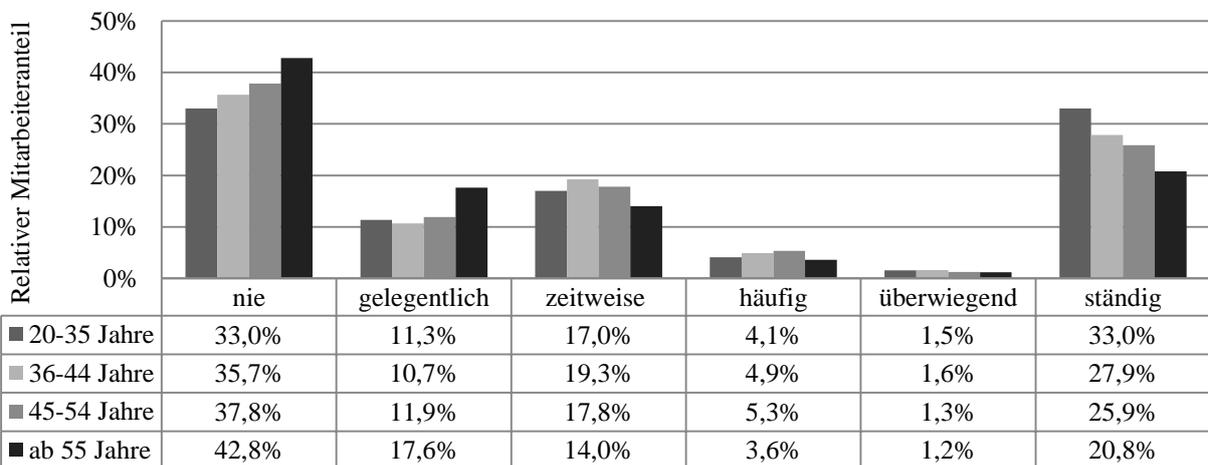
### Steigen



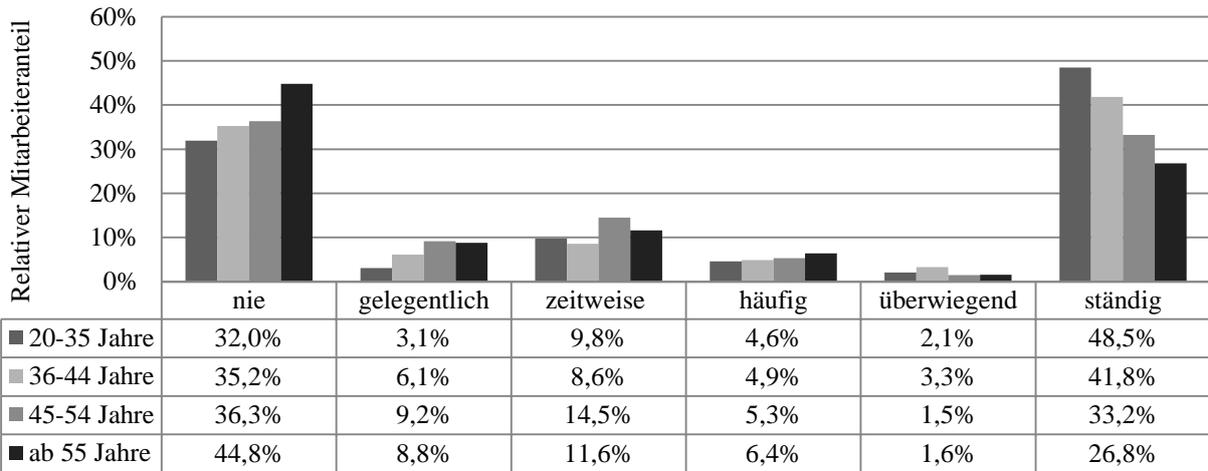
### Torsion > 30°



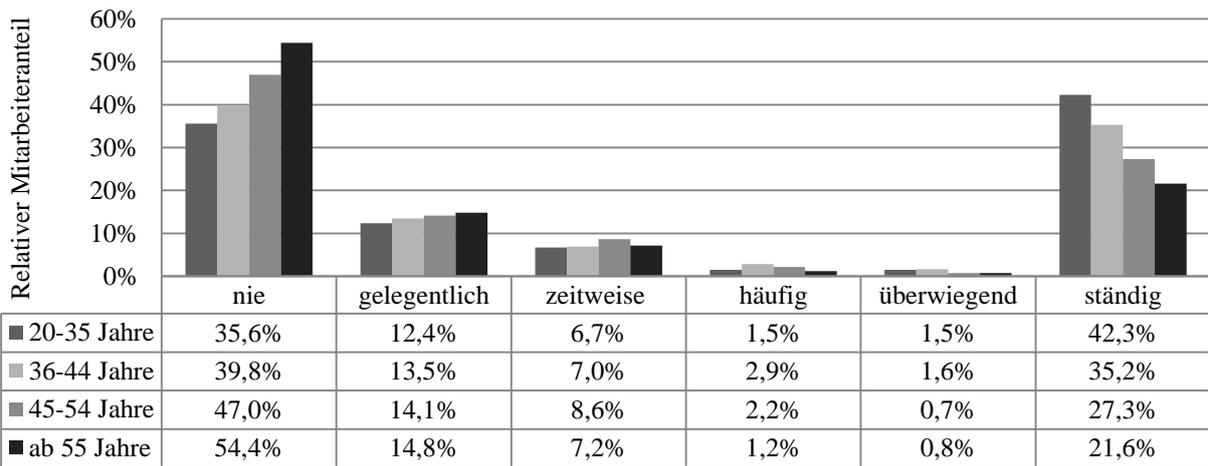
### Seitliche Rumpffneigung > 20°



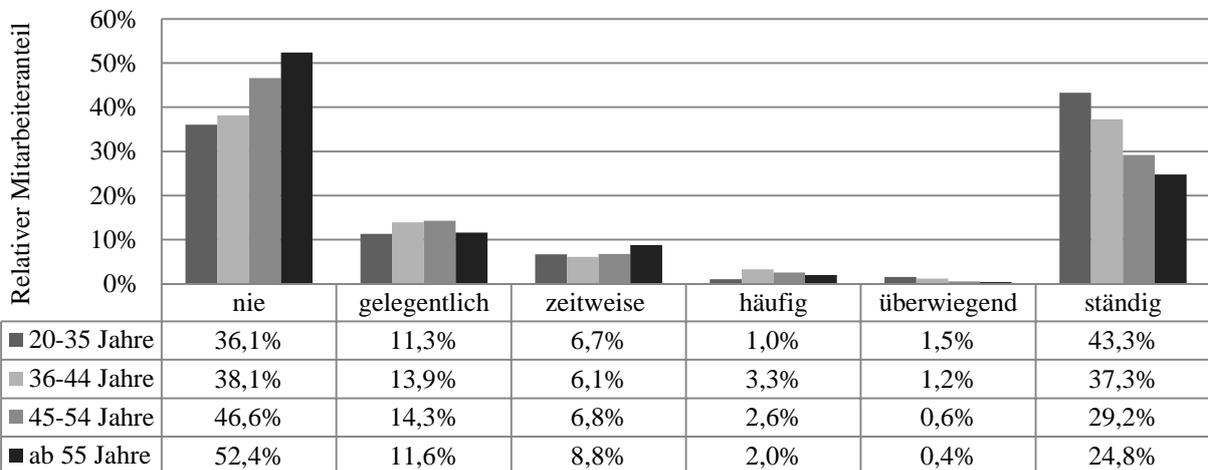
### Linker Arm über Schulterhöhe



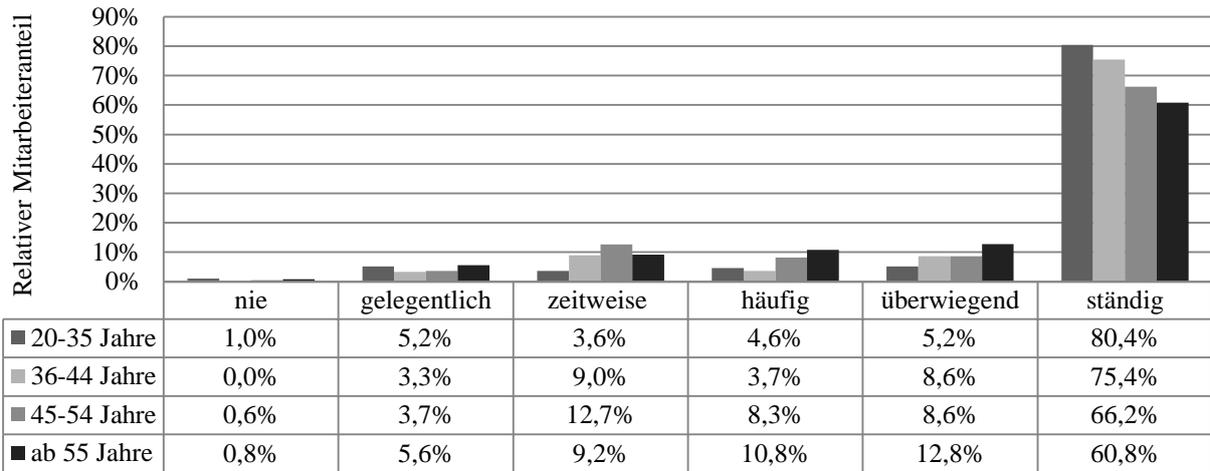
### Rechter Arm über Kopf



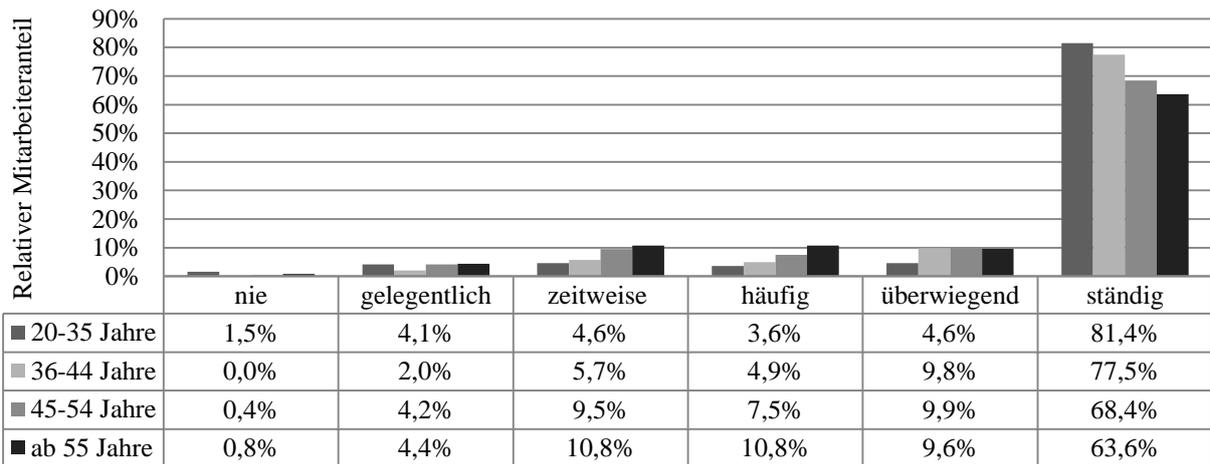
### Linker Arm über Kopf



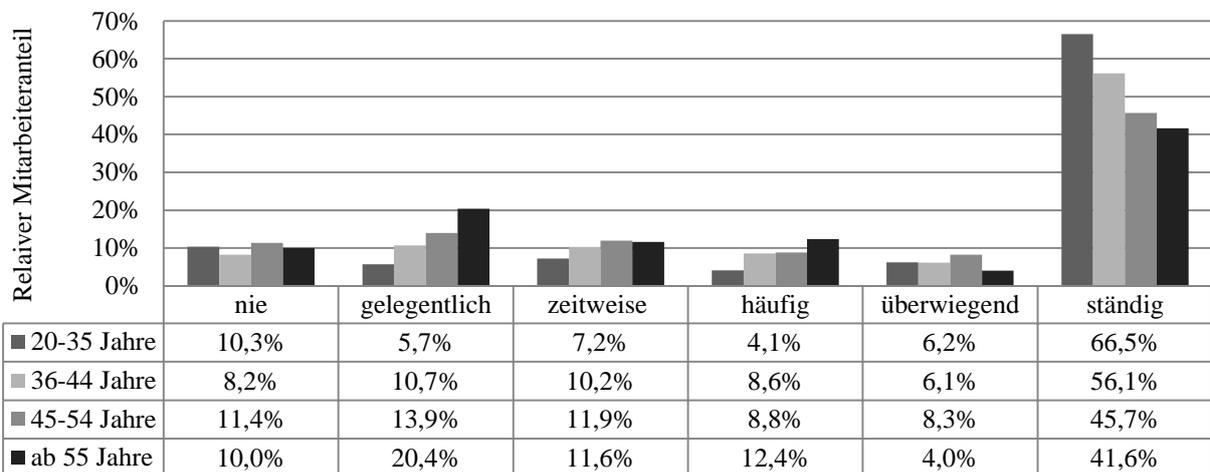
### Rechts leichter Druck durch Finger / Hand bis 40 N



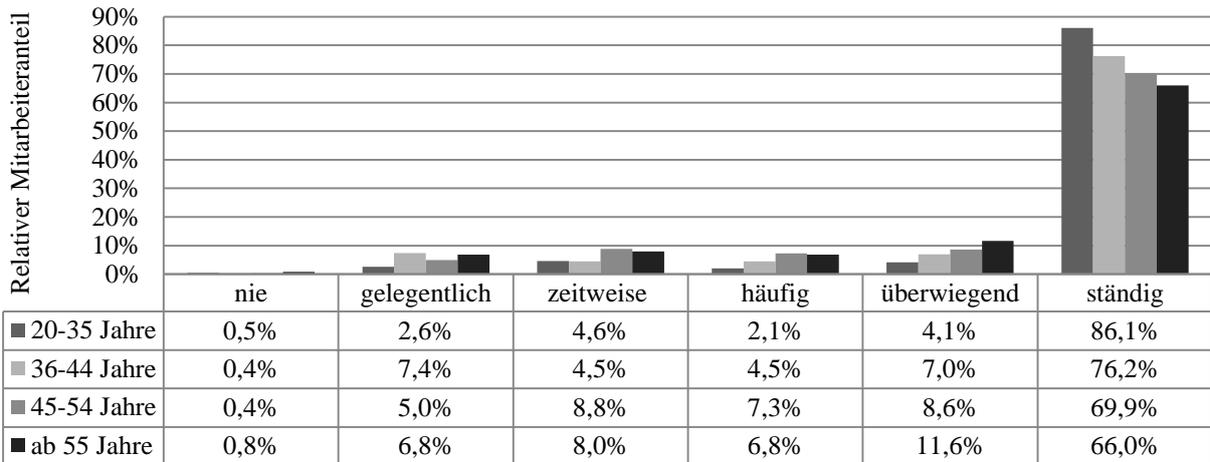
### Links leichter Druck durch Finger / Hand bis 40 N



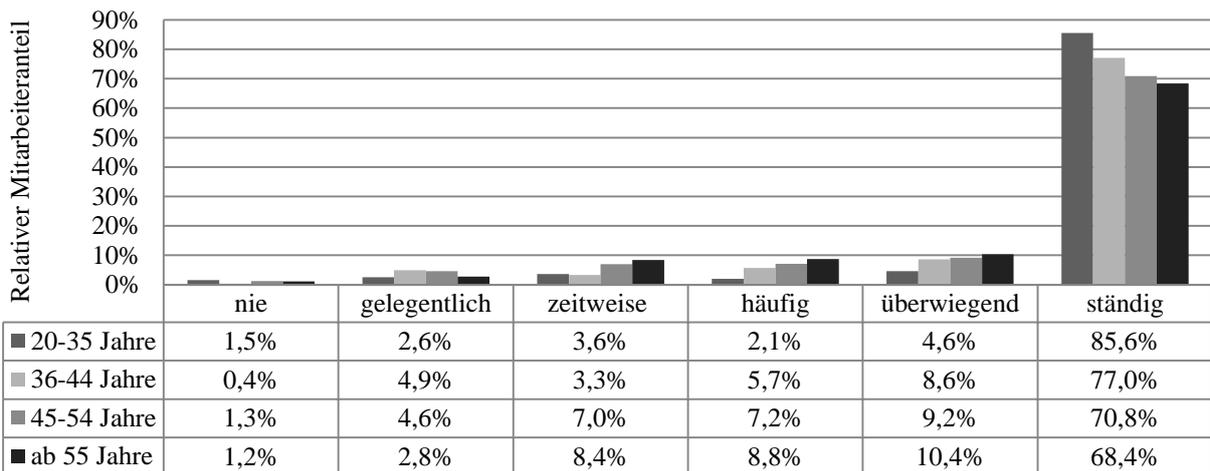
### Links erhöhter Druck durch Finger / Hand > 40 N



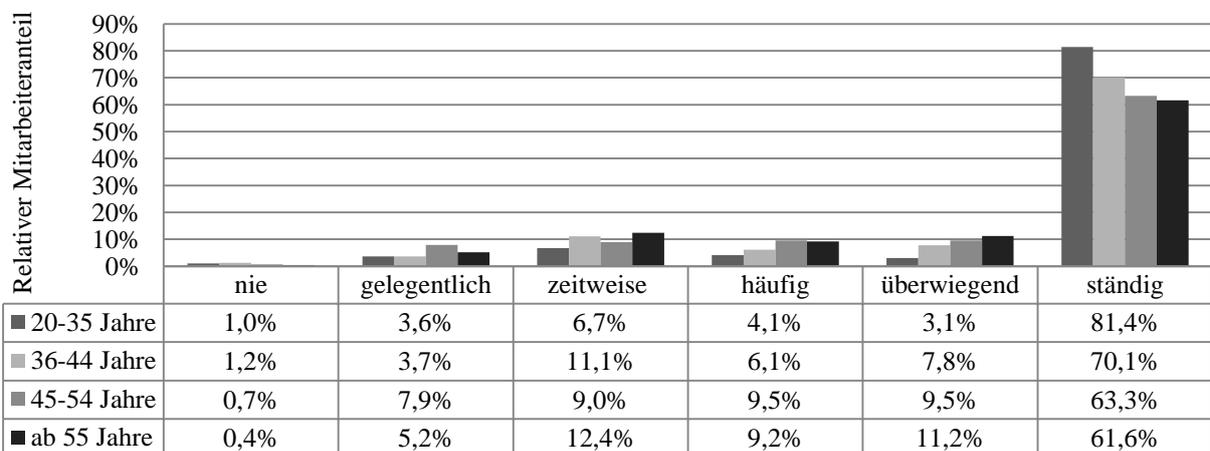
### Rechts Ein- / Auswärtsdrehen des Unterarmes



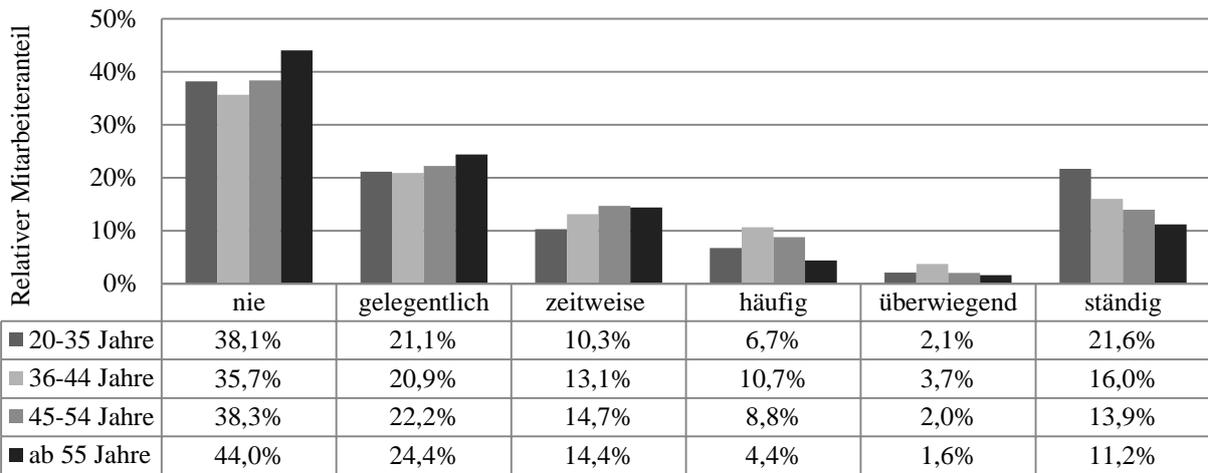
### Links Ein- / Auswärtsdrehen des Unterarmes



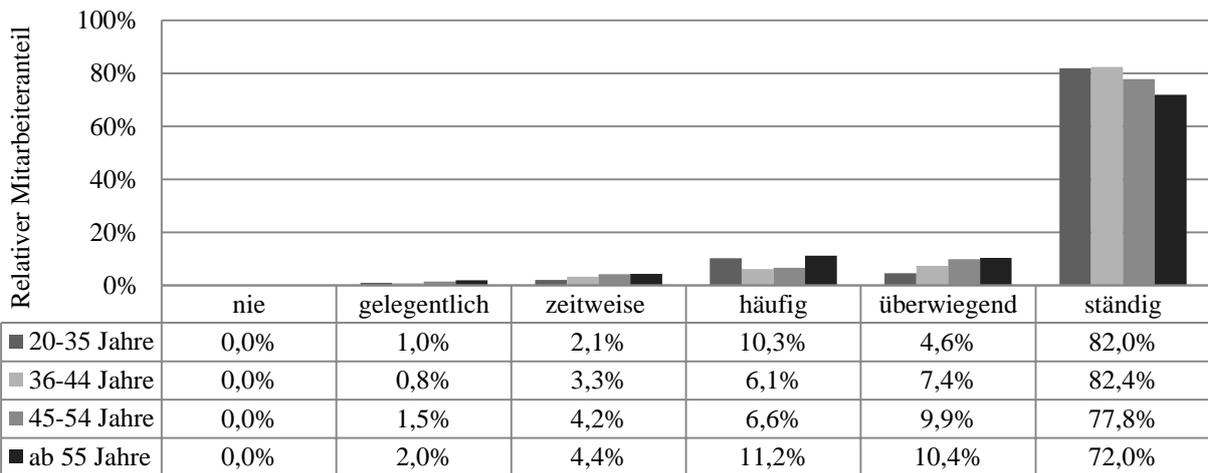
### Hantieren mit kleineren Handwerkzeugen



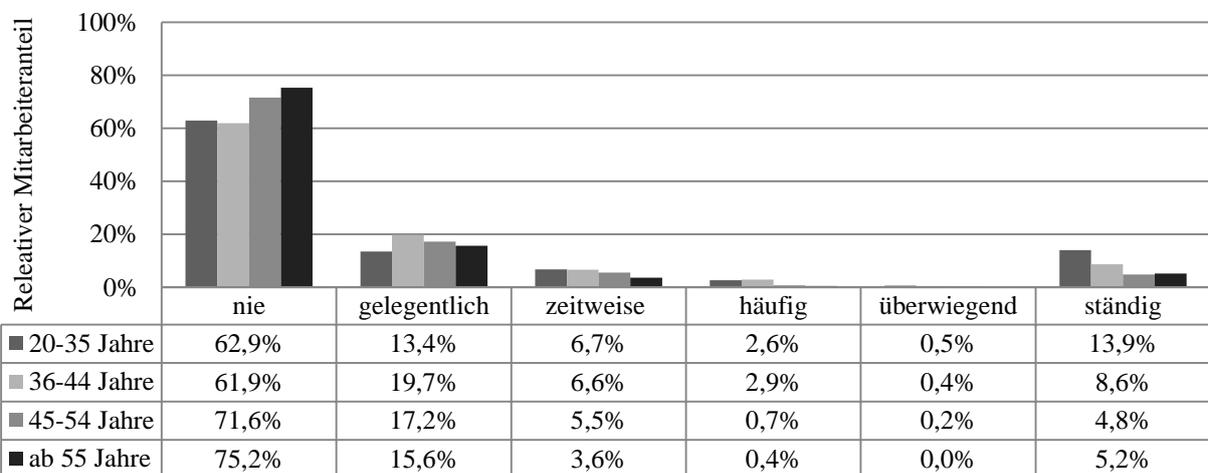
### Kraftbetontes Arbeiten an großen Handwerkzeugen



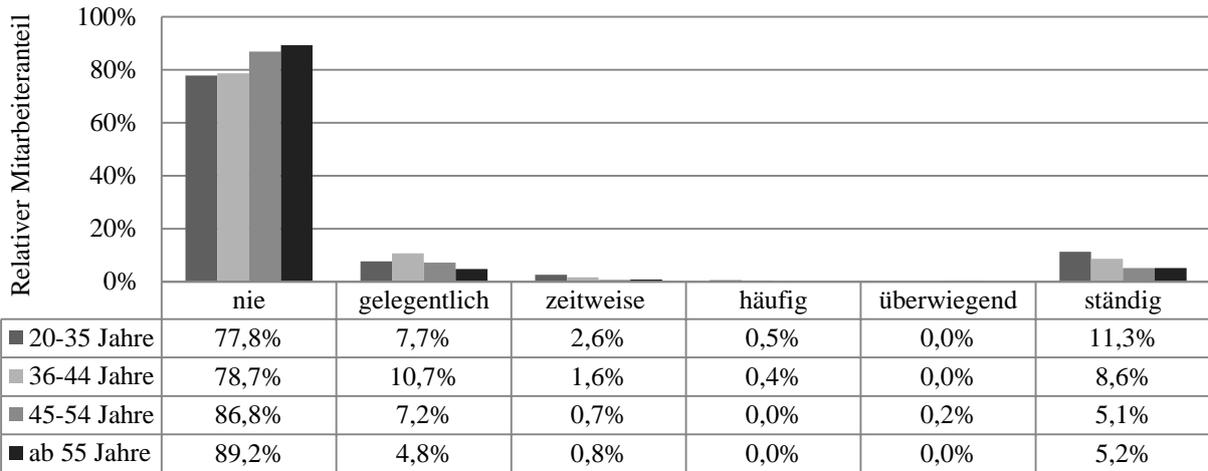
### Heben, Tragen, Halten 0 - 5 kg



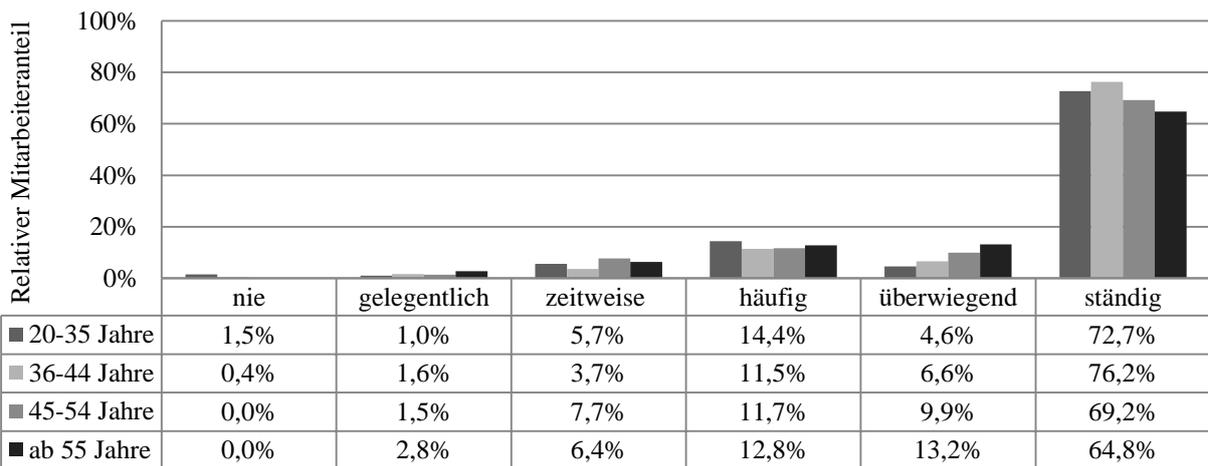
### Heben, Tragen, Halten 15 - 25 kg



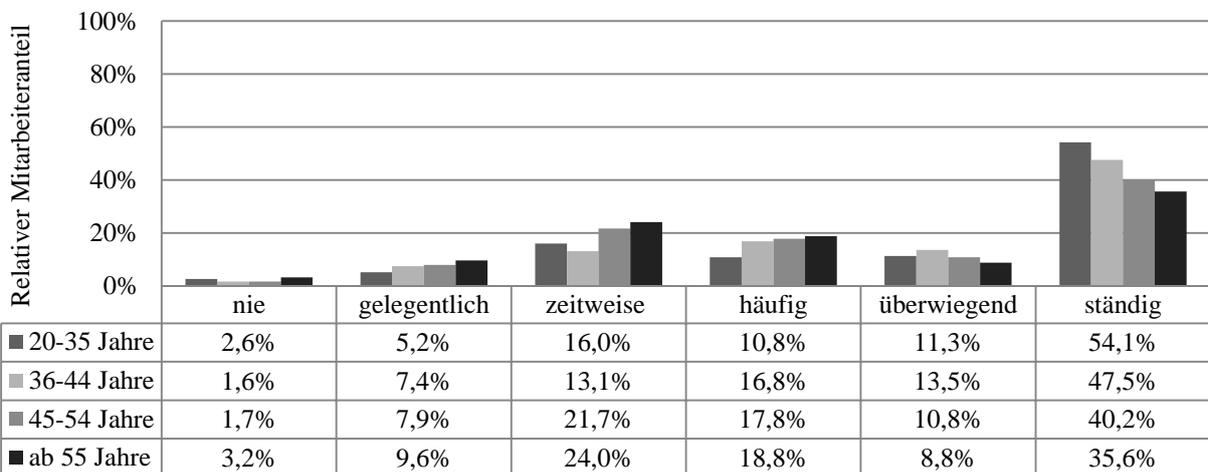
### Heben, Tragen, Halten > 25 kg



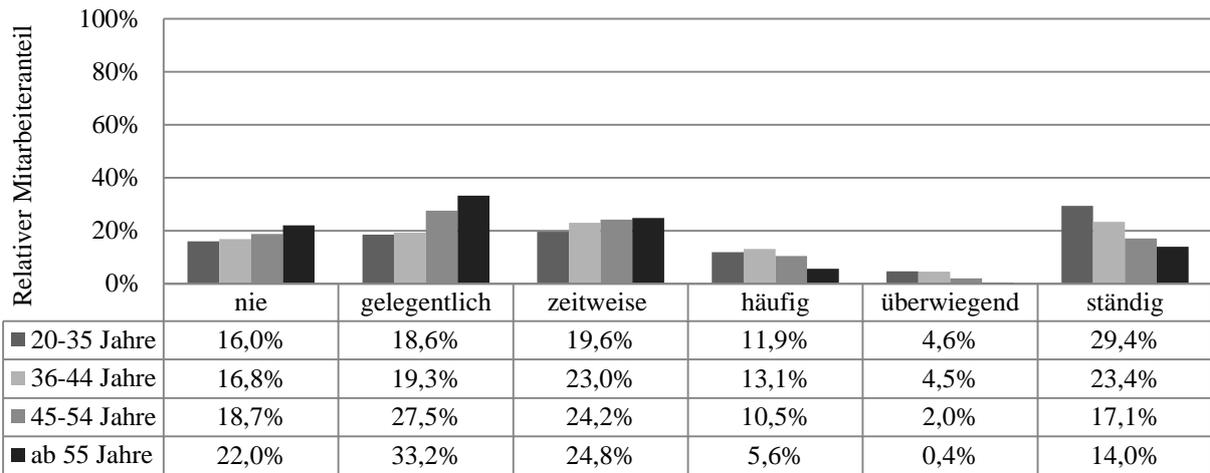
### Ziehen & Schieben 0 - 50 N



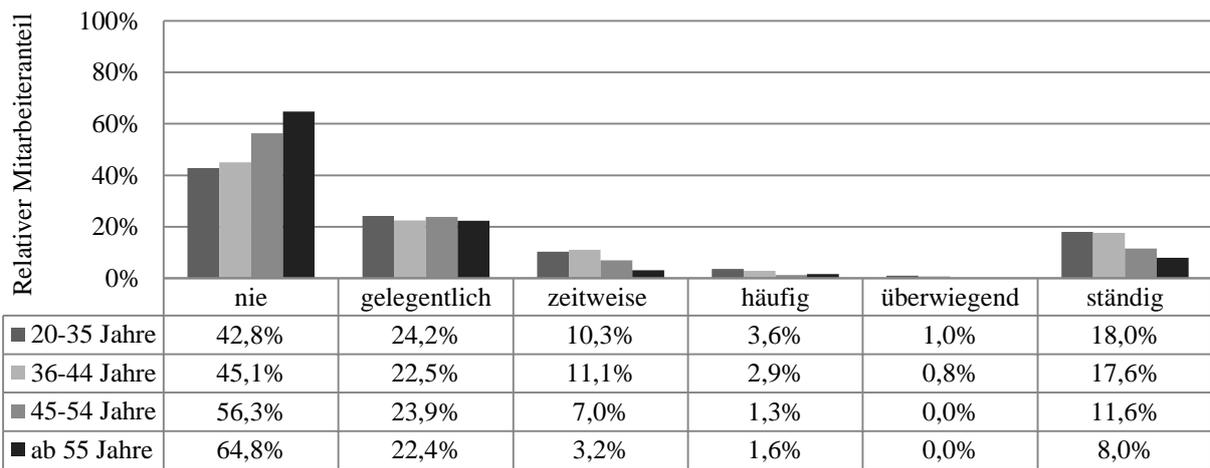
### Ziehen & Schieben 50 - 100 N



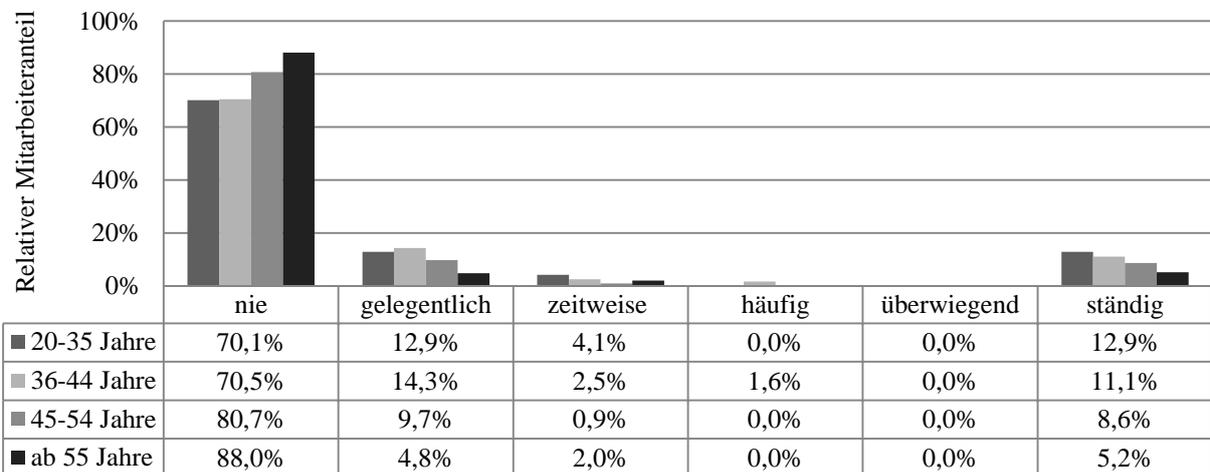
### Ziehen & Schieben 100 - 150 N



### Ziehen & Schieben 150 - 250 N



### Ziehen & Schieben > 250 N



## C Korrelationskoeffizienten

Korrelation der Fähigkeitsmerkmale mit dem Alter:

<b>Körperstellungen und -haltungen</b>		Korrelation mit Alter nach Kendall's Tau
Bein-System	Stehen	0,051*
	Sitzen	0,124**
	Knien	0,139**
	Hocken	0,140**
	Gehen	0,090**
	Steigen	0,158**
Wirbelsäule	gebeugt 20°- 60° (statisch)	0,033
	gebückt > 60° (statisch)	0,087**
	Torsion > 30° (statisch)	0,077**
	seitliche Rumpfneigung > 20° (statisch)	0,086**
Schulter-Arm-System	Rechter Arm über Schulterhöhe (statisch)	0,103**
	Linker Arm über Schulterhöhe (statisch)	0,112**
	Rechter Arm über Kopf (statisch)	0,125**
	Linker Arm über Kopf (statisch)	0,116**
<b>Aktionskräfte / Körperteilbewegungen</b>		
Hand-Arm-Finger-System	Rechts leichter Druck durch Finger / Hand (bis 40 N)	0,108**
	Links leichter Druck durch Finger / Hand (bis 40 N)	0,111**
	Rechts erhöhter Druck durch Finger / Hand (> 40 N)	0,113**
	Links erhöhter Druck durch Finger / Hand (> 40 N)	0,118**
	Rechts Ein- / Auswärtsdrehen des Unterarmes	0,107**
	Links Ein- / Auswärtsdrehen des Unterarmes	0,093**
	Hantieren mit kleineren Handwerkzeugen	0,093**
Schulter-Arm-Ganzkörper-System	Kraftbetontes Arbeiten an großen Handwerkzeugen	0,066**
<b>Manuelles Handhaben von Lasten</b>		
Heben & Umsetzen, Tragen, Halten	0 - 5 kg	0,062**
	5 - 10 kg	0,090**
	10 - 15 kg	0,091**
	15 - 25 kg	0,101**
	> 25 kg	0,105**
Ziehen und Schieben	0 - 50 N	0,051*
	50 - 100 N	0,112**
	100 - 150 N	0,134**
	150 - 250 N	0,151**
	> 250 N	0,134**

Hinweis zum Signifikanzniveau: (\*) = signifikant; (\*\*) = hochsignifikant

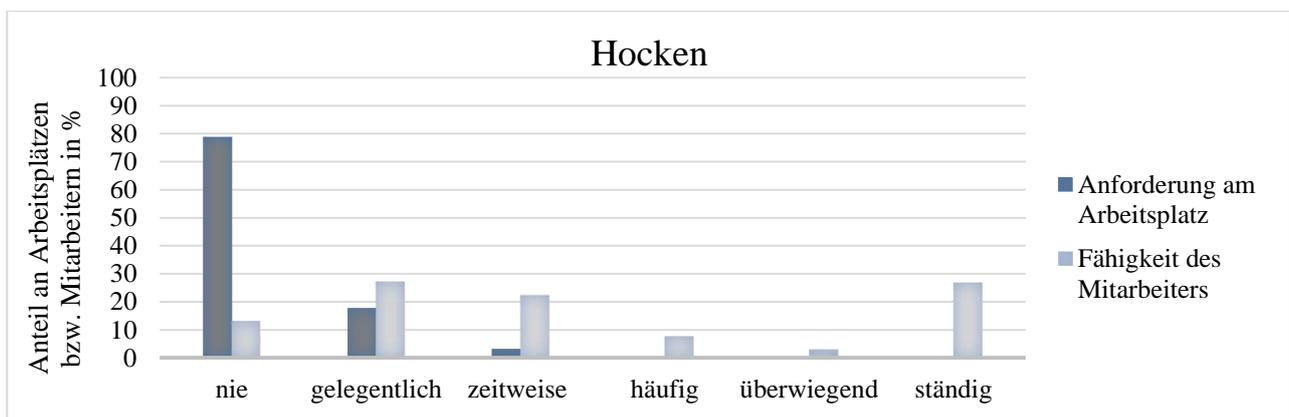
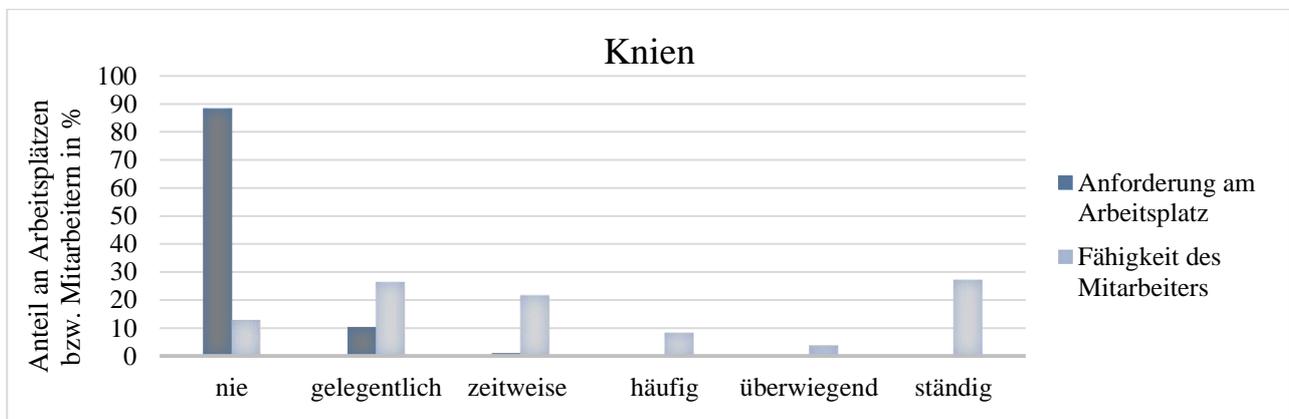
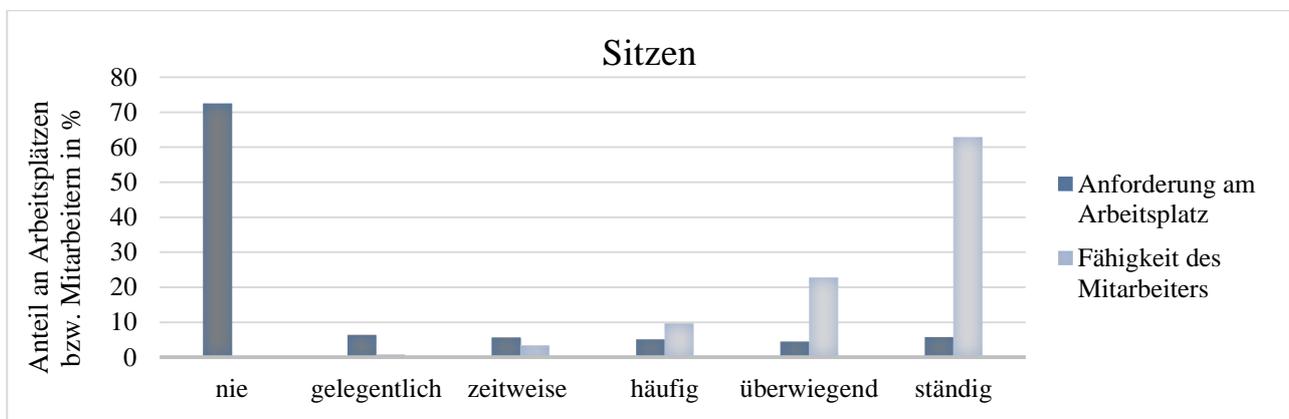
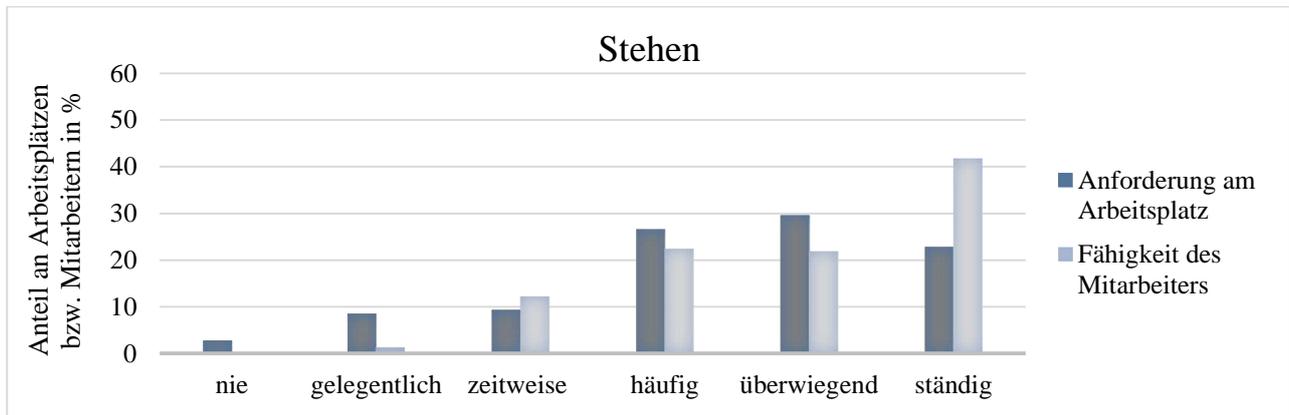
## D Ergebnisse des Paarvergleichs von jüngeren und älteren Mitarbeitern

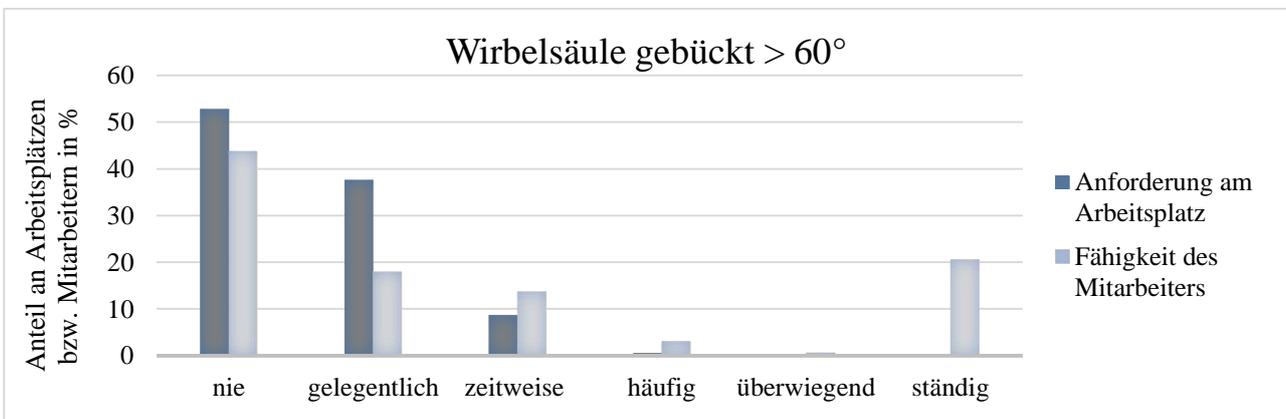
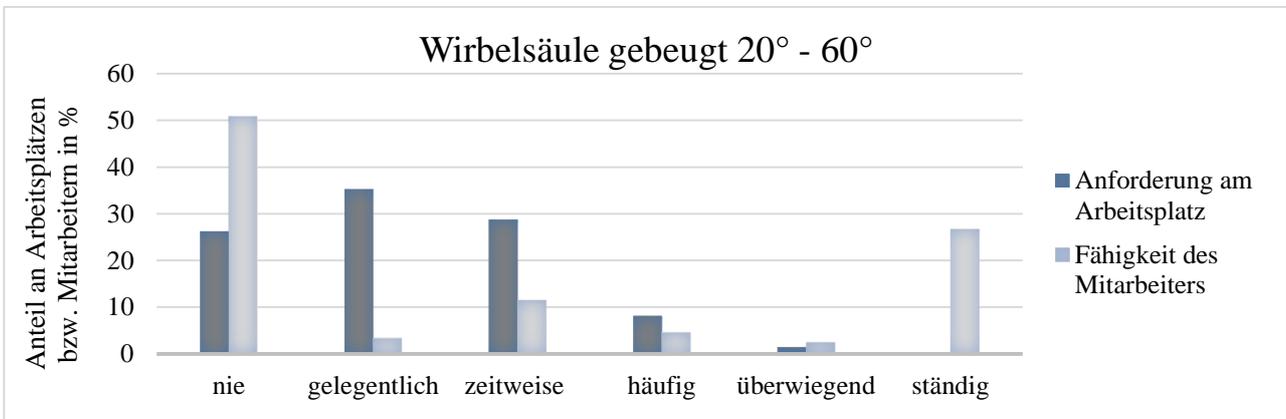
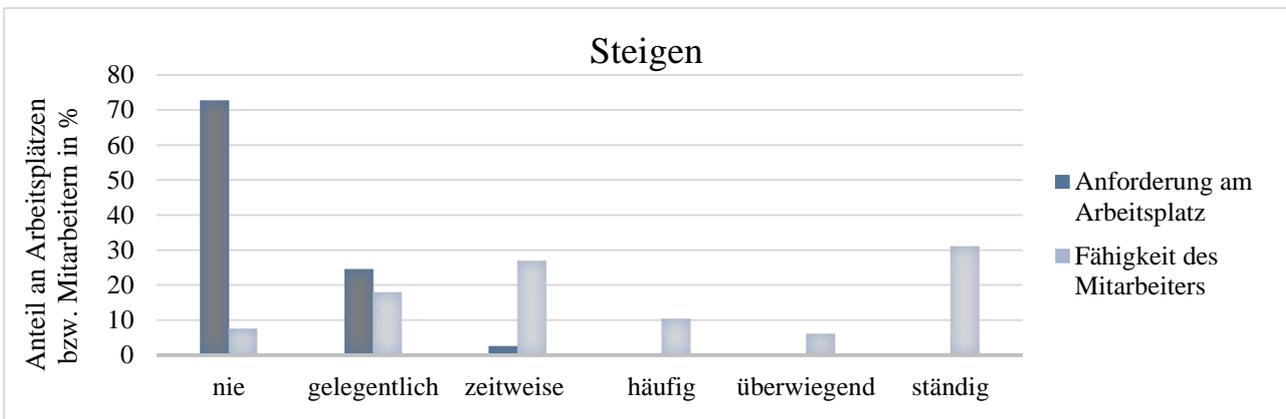
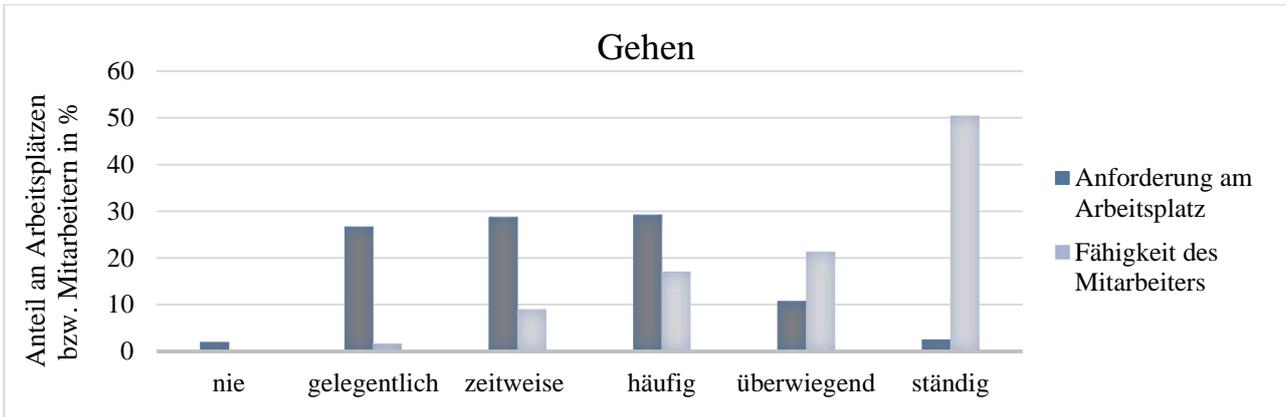
Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test auf Mittelwertsunterschiede von 32 Fähigkeitsmerkmalen

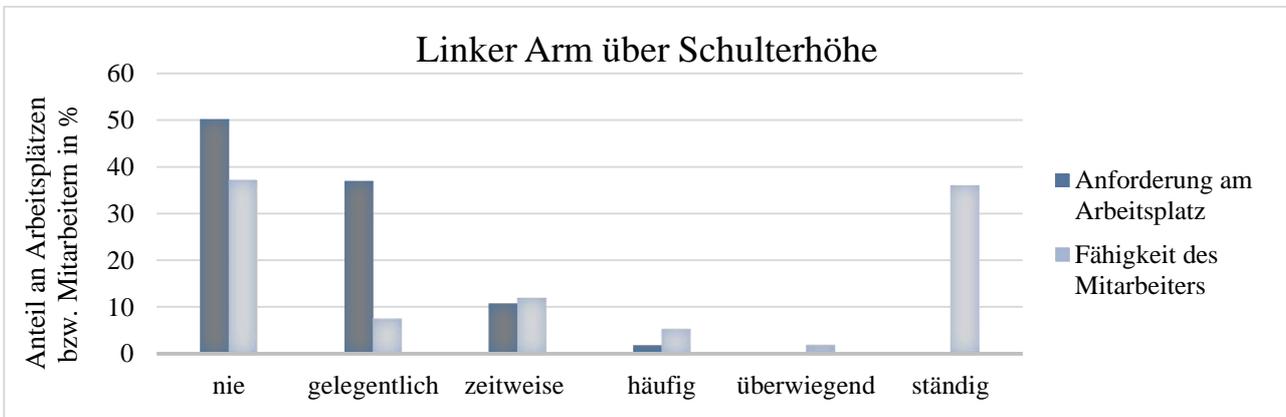
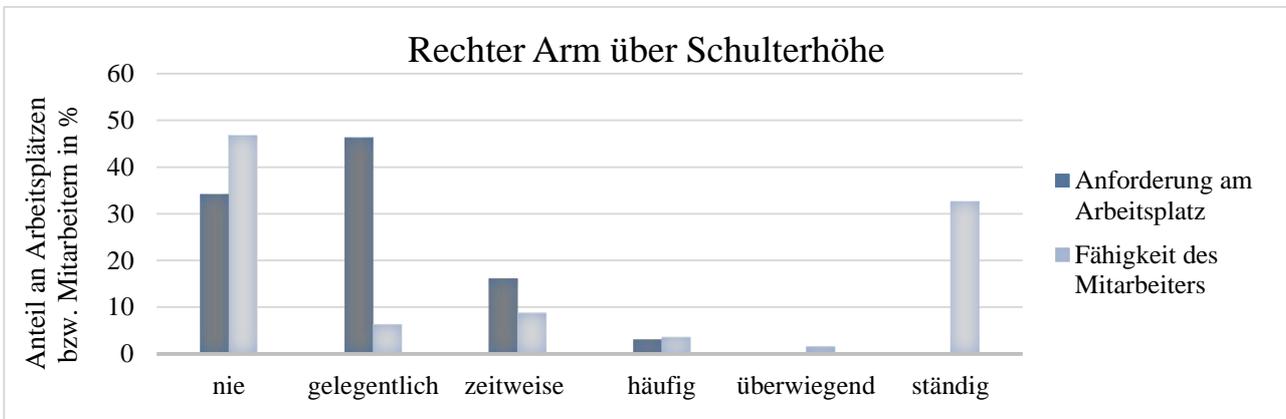
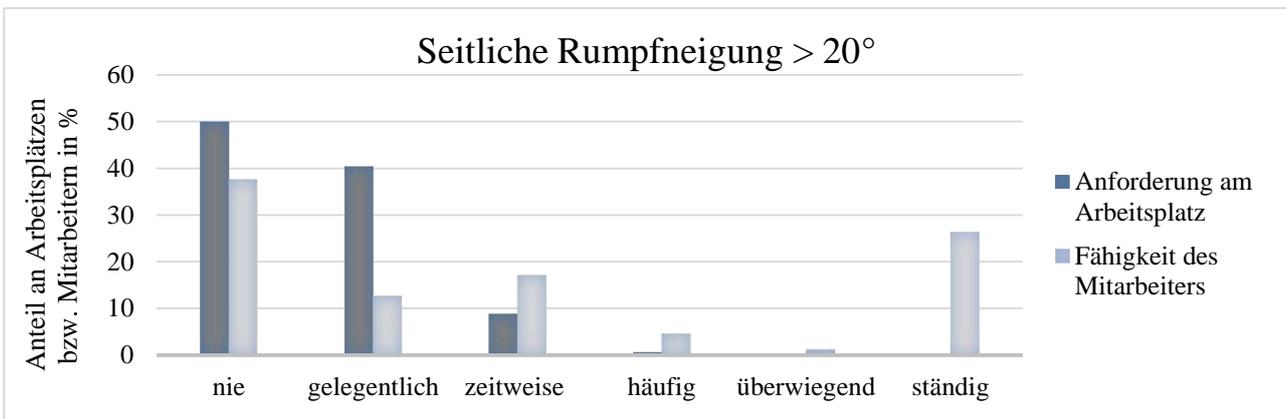
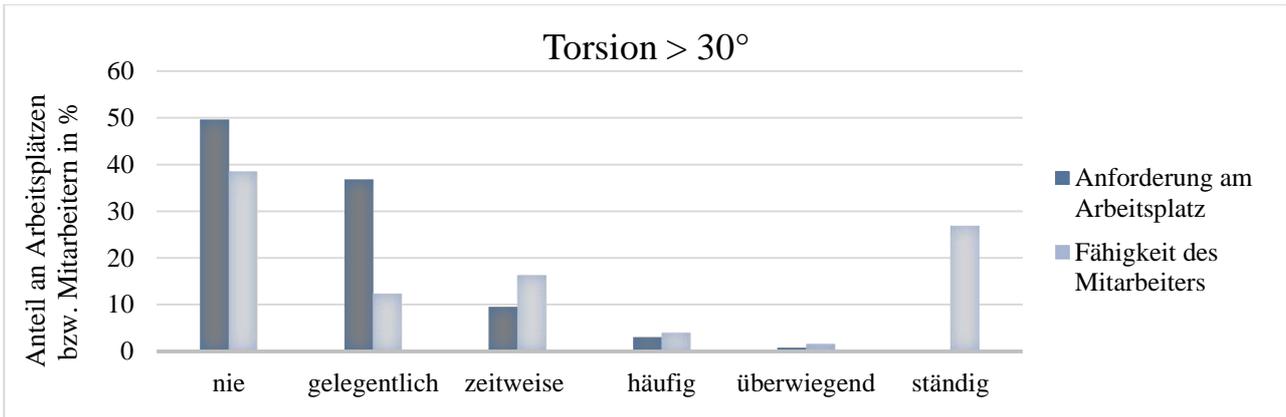
Zwei Altersgruppen: Jüngere Mitarbeiter (20 bis 35 Jahre) und ältere Mitarbeiter (ab 45 Jahren)

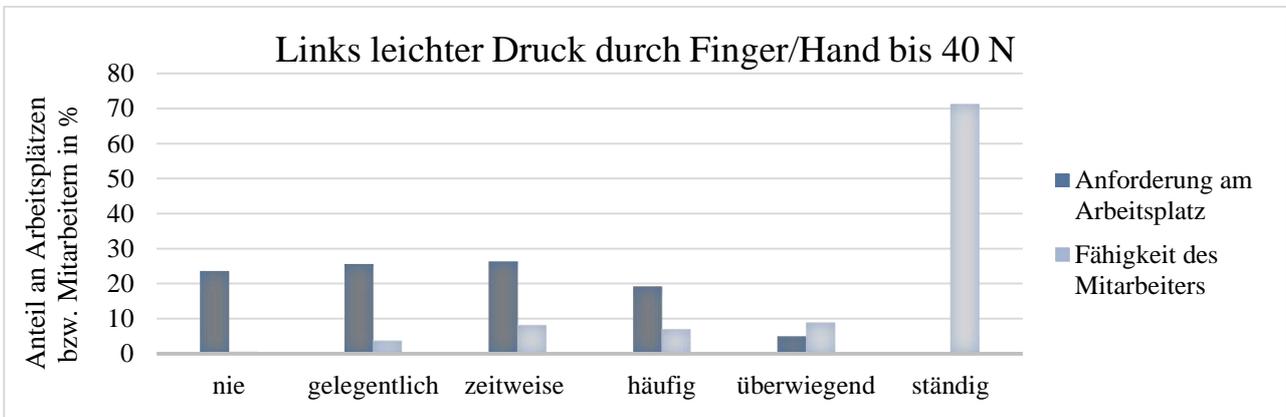
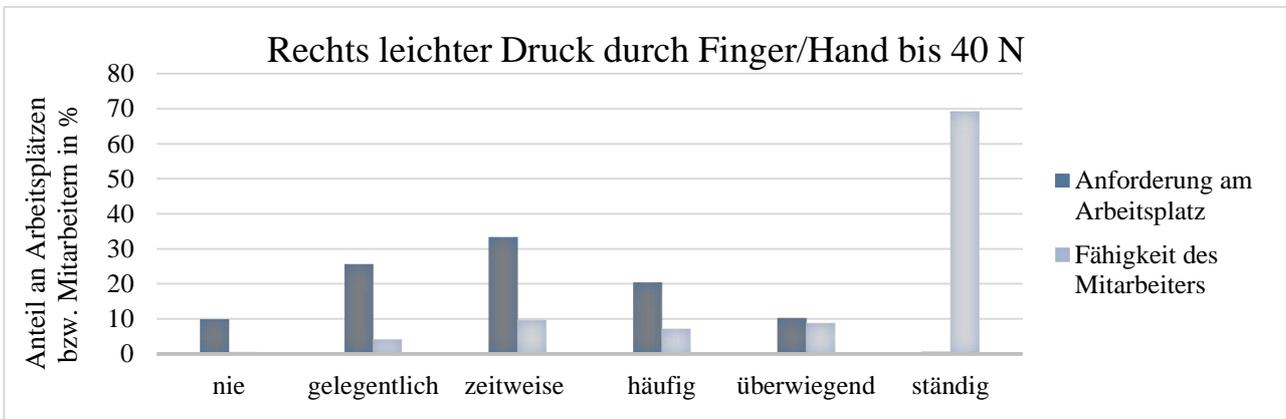
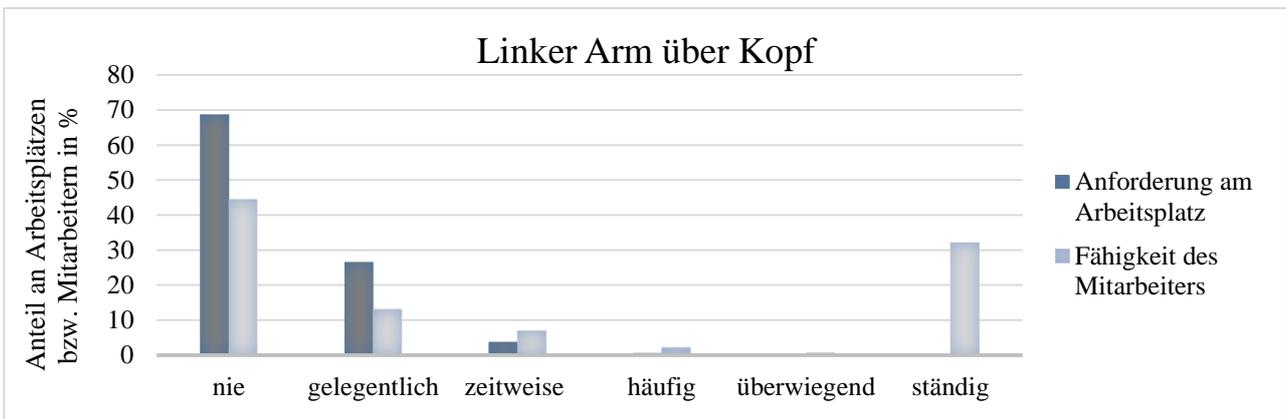
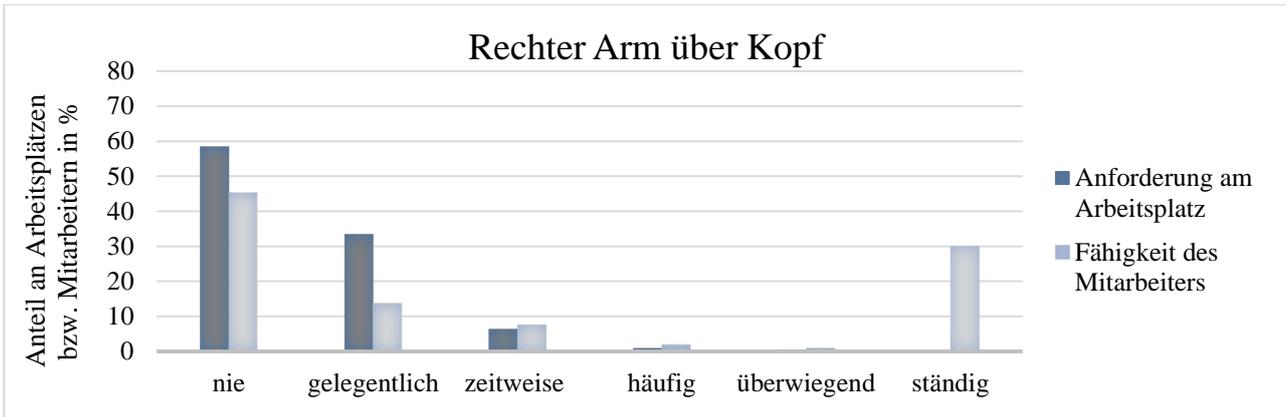
Eingestufte physische Fähigkeit	Signifikanzniveau
Bein-System (Sitzen)	$\alpha = 0,01^{**}$ (hochsignifikant)
Bein-System (Hocken)	
Bein-System (Knien)	
Bein-System (Gehen)	
Bein-System (Steigen)	
Wirbelsäule (gebückt > 60°) statisch	
Schulter-Arm-System (Rechter Arm über Schulterhöhe) statisch	
Schulter-Arm-System (Linker Arm über Schulterhöhe) statisch	
Schulter-Arm-System (Rechter Arm über Kopf) statisch	
Schulter-Arm-System (Linker Arm über Kopf) statisch	
Hand-Arm-Finger-System (rechts bis 40 N)	
Hand-Arm-Finger-System (links bis 40 N)	
Hand-Arm-Finger-System (rechts kraftbetontes Greifen > 40 N)	
Hand-Arm-Finger-System (links Kraftbetontes Greifen > 40 N)	
Hand-Arm-Finger-System (rechts ein-/auswärtsdrehen Unterarm)	
Hand-Arm-Finger-System (links ein-/auswärtsdrehen Unterarm)	
Hand-Arm-Finger-System (Arbeiten mit kleinen Werkzeugen)	
Heben, Tragen, Halten (5 - 10 kg)	
Heben, Tragen, Halten (10 - 15 kg)	
Heben, Tragen, Halten (15 - 25 kg)	
Heben, Tragen, Halten (> 25 kg)	
Ziehen u. Schieben (50 - 100 N)	
Ziehen u. Schieben (100 - 150 N)	
Ziehen u. Schieben (150 - 250 N)	
Ziehen u. Schieben (> 250 N)	
Wirbelsäule (Torsion > 30°) statisch	$\alpha = 0,05^{*}$ (signifikant)
Wirbelsäule (seitliche Rumpfneigung > 20°) statisch	
Bein-System (Stehen)	$\alpha = 0,1^{\circ}$ (schwach signifikant)
Heben, Tragen, Halten (0 - 5 kg)	
Wirbelsäule (gebeugt 20° - 60°) statisch	Keine signifikanten Paarvergleiche
Hand-Arm-Finger-System (Kraftbetontes Arbeiten an großen Werkzeugen)	
Ziehen u. Schieben (0 - 50 N)	

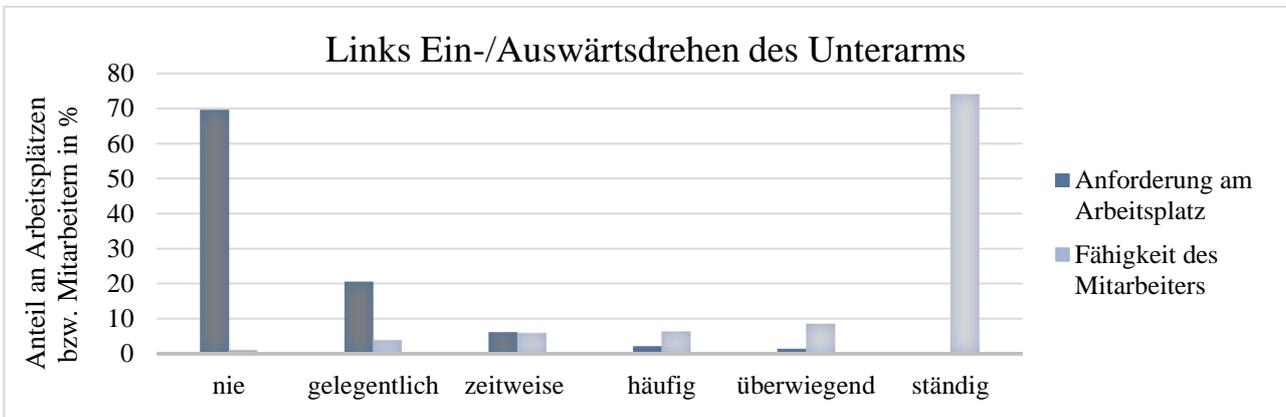
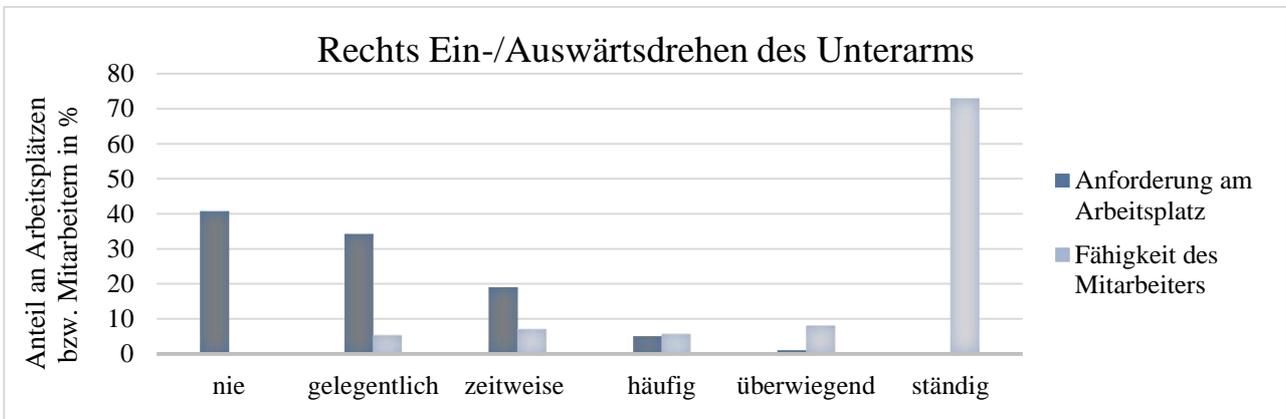
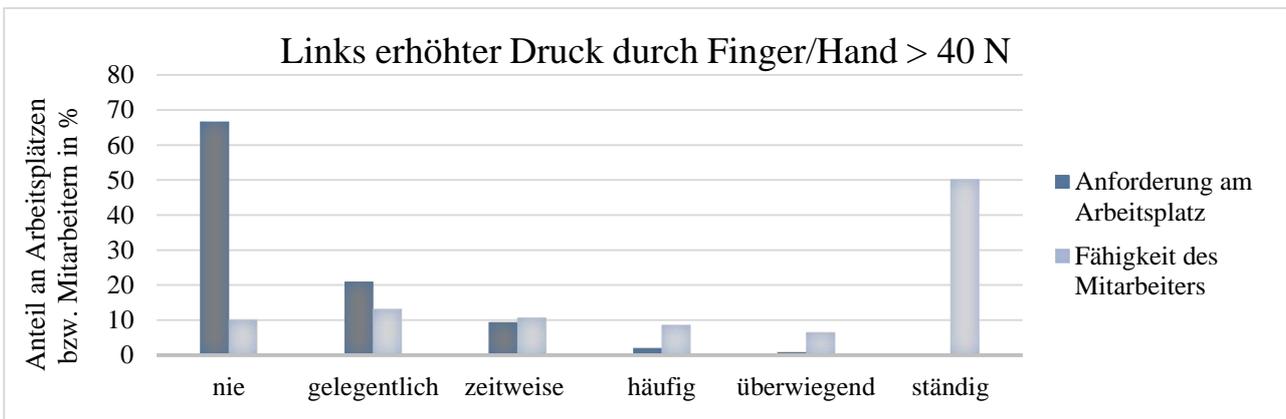
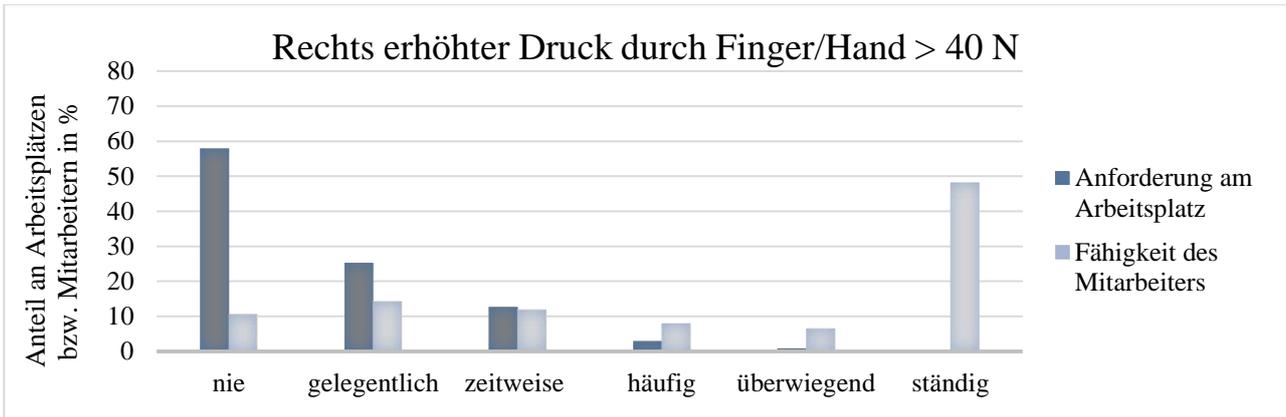
## E Gegenüberstellung von Anforderungen und Fähigkeiten

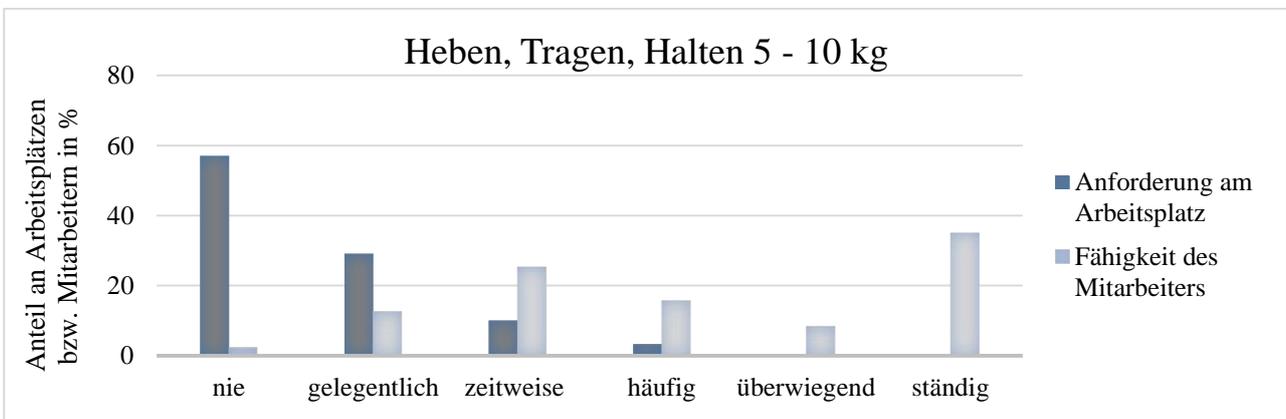
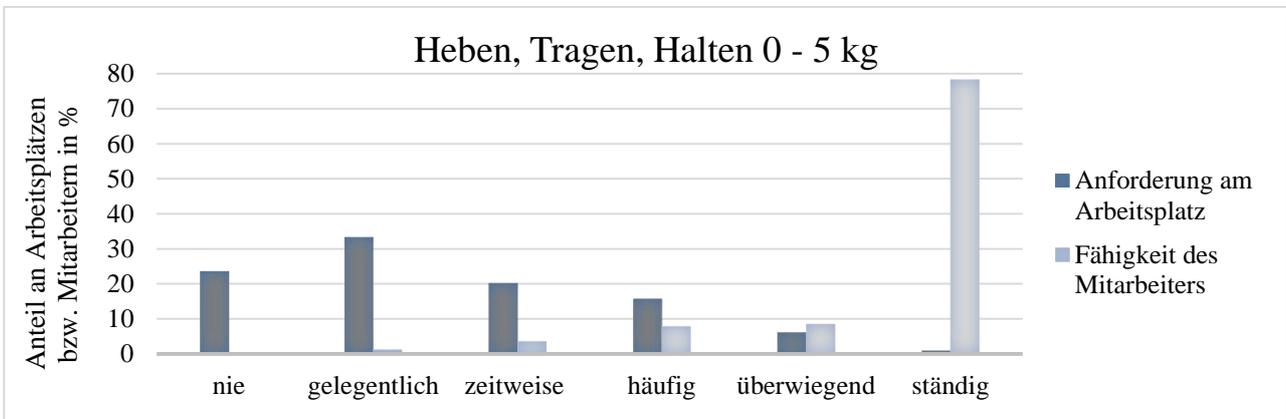
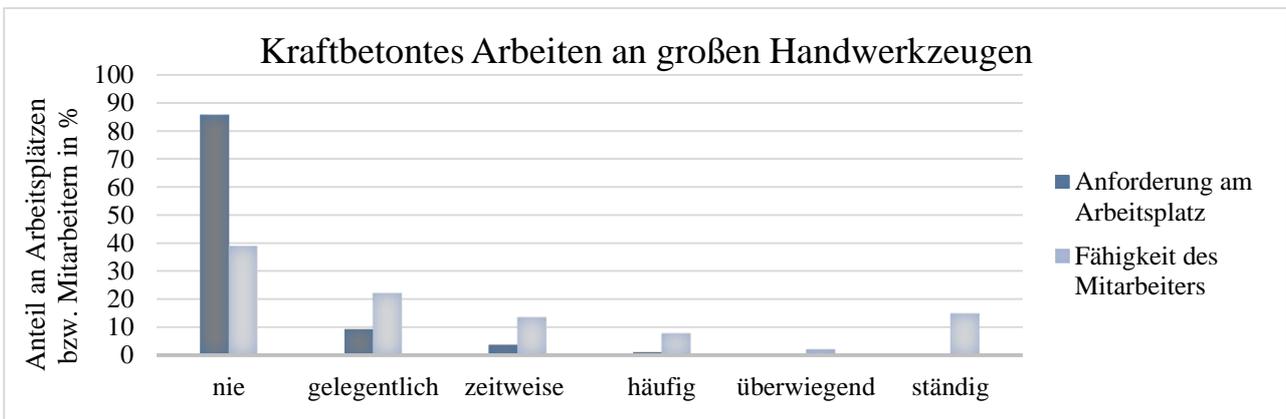
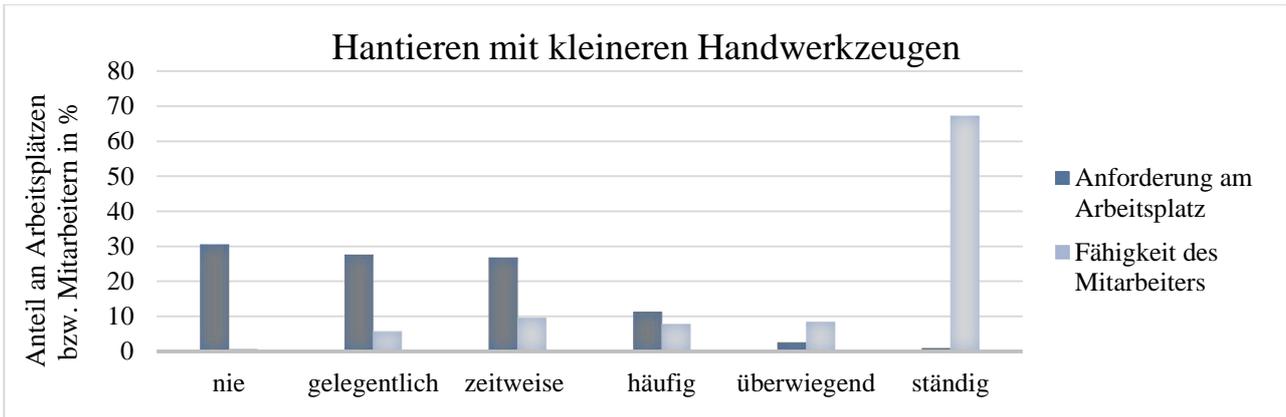


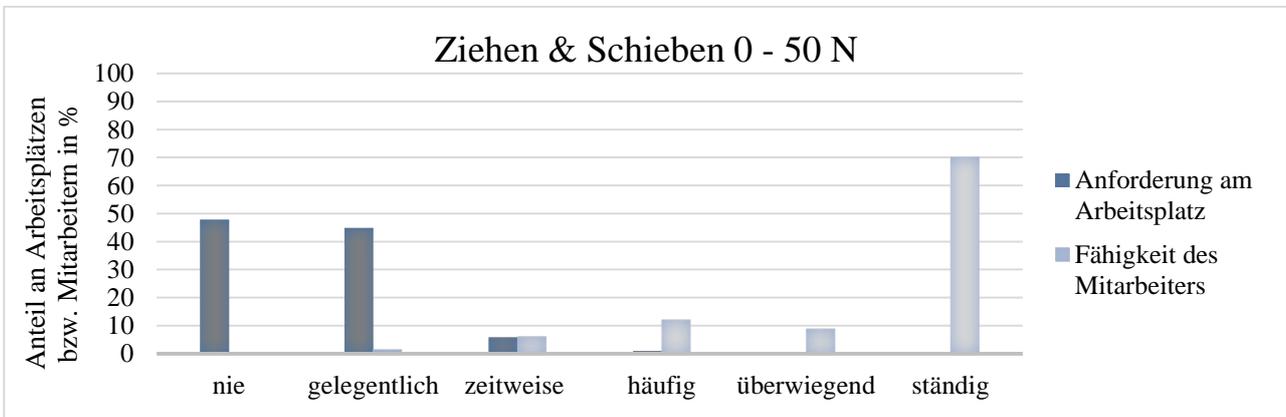
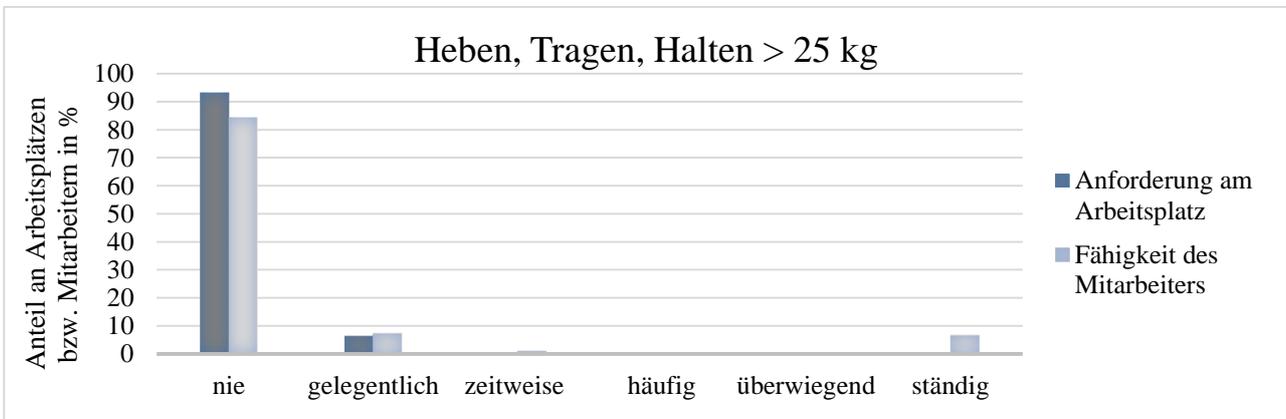
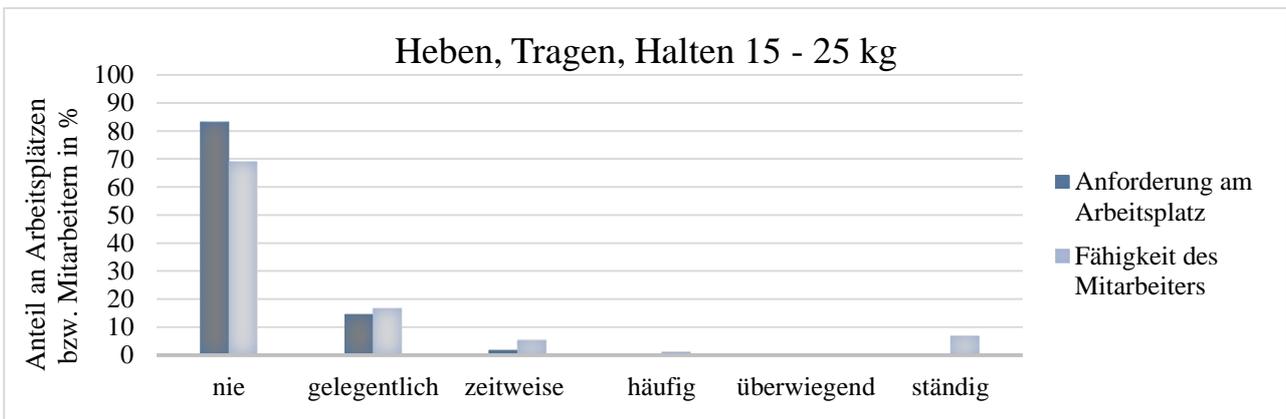
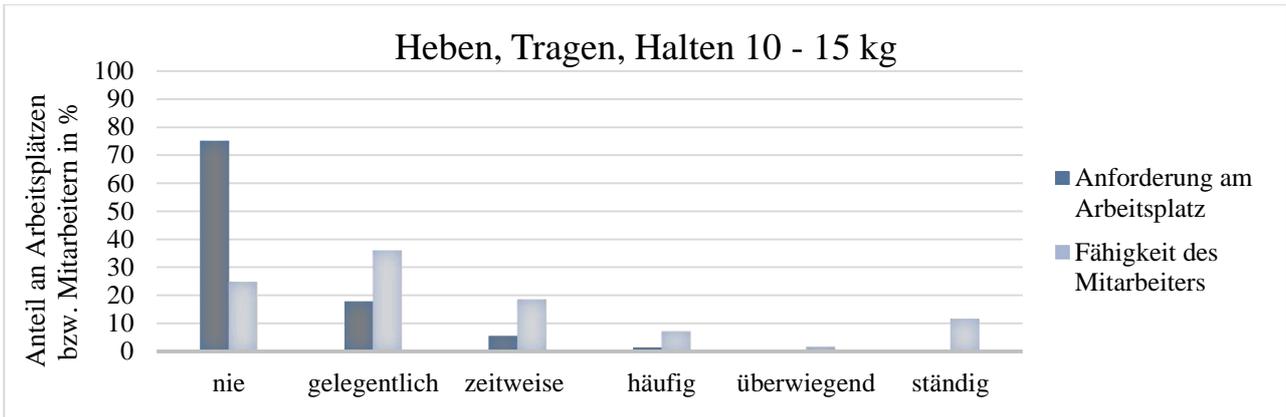


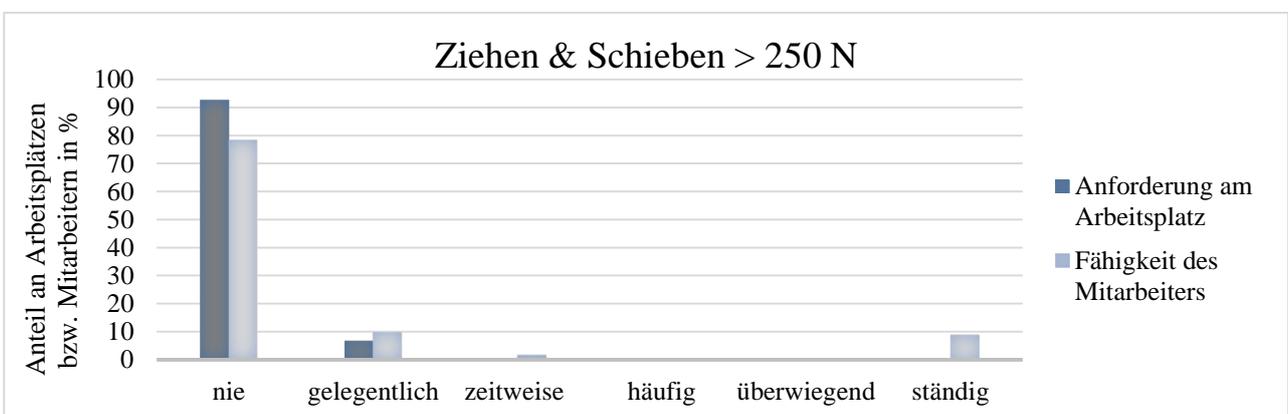
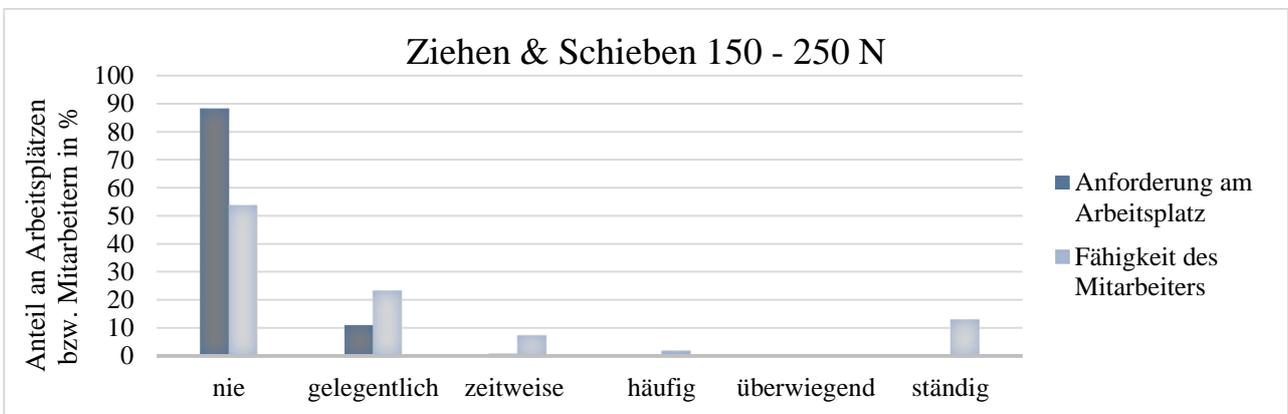
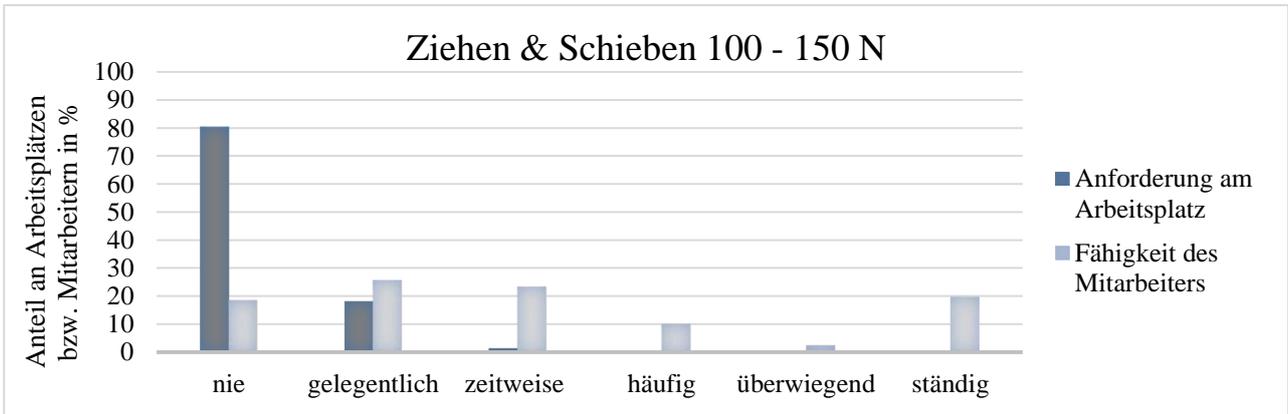
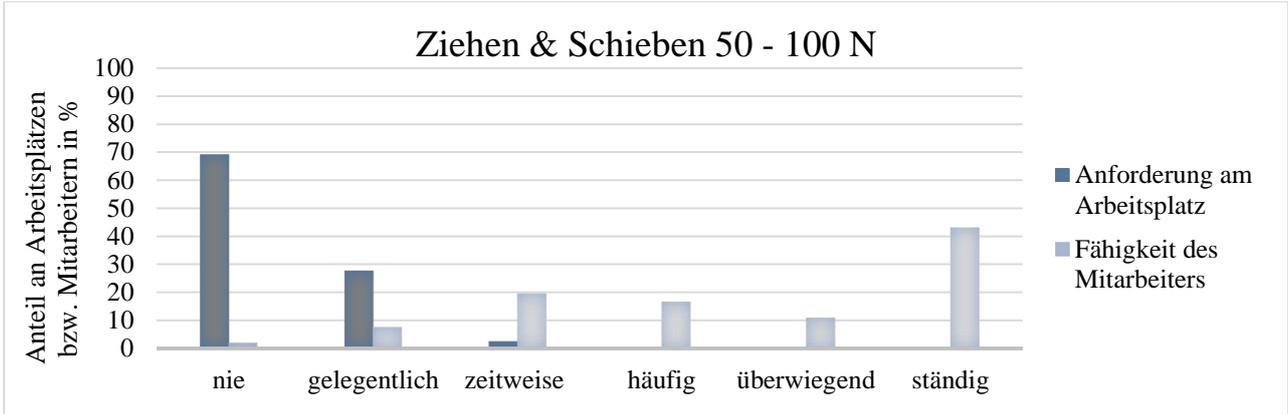












## F Evaluationsbogen

### Feedbackbogen

#### Gestaltungsmatrix

Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen spontan.  
Selbstverständlich werden Ihre Angaben anonym behandelt.



		Trifft völlig zu	Trifft eher zu	Trifft teilweise zu	Trifft eher nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
1	Die Berücksichtigung der individuellen Fähigkeiten von Mitarbeitern spielt eine zunehmend wichtige Rolle in meiner Funktion als Ergonomie-Beauftragter.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Die gleichzeitige Betrachtung von Mitarbeiterfähigkeiten neben den physischen Belastungen am Arbeitsplatz – wie in der Gestaltungsmatrix – ist zunehmend wichtig für meine Tätigkeit als Ergonomie-Beauftragter.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Der Ansatz der Gestaltungsmatrix ist für mich klar verständlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Die Unterteilung der Fähigkeiten nach kritischen Fähigkeitsmerkmalen von Mitarbeitern ist übersichtlich und praxisnah.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Die Unterteilung der Anforderungen nach Belastungsengpässen in einem Produktionsbereich ist übersichtlich und praxisnah.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Die Unterteilung der Maßnahmen nach dem TOP-Prinzip der Arbeitssicherheit ist übersichtlich und stellt mir ausreichend Beispiele zur Arbeitsplatzgestaltung zur Verfügung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bewerten Sie bitte nach dem Schulnotensystem auf einer Skala von 1 bis 5.		sehr gut	gut	befriedigend	ausreichend	mangelhaft
7	Wie gut eignen sich die angezeigten Informationen in der Gestaltungsmatrix zur Unterstützung bei der Arbeitsplatzgestaltung?	<input type="checkbox"/>				

---

Anmerkung zu (1) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anmerkung zu (2) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anmerkung zu (3) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anmerkung zu (4) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anmerkung zu (5) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anmerkung zu (6) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anmerkung zu (7) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Haben Sie noch weitere Ideen zur Hinterlegung von Best Practice Maßnahmen und zur Integration von einsatzeingeschränkten Mitarbeitern?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## G Evaluationsergebnisse der abgefragten Items

An dieser Stelle werden die Ergebnisse des Evaluationsbogens (siehe Anhang F) vorgestellt, die nicht in Kapitel 4.4 dargestellt worden sind:

