

Technik trifft Rücken: Erfahrungen mit **Exoskelette** in der Logistik



Motivation & Relevanz

Herausforderung



Repetitives und schweres Heben führt zu Muskel-Skelett-Erkrankungen



Niedrige Arbeitsplatzaattraktivität führt zu hoher Mitarbeitendenfluktuation



EU: 3 von 5 Arbeitern melden Beschwerden über Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSD)

43 %

Rücken

37 %

Schultern
und Arme

20 %

Beine und
Füße

Ungünstige
Körperhaltungen

Wiederholungen

Schwere Lasten



Motivation & Relevanz

Herausforderung: Welches System passt?



German Bionic
Apogee



Bioservo
Ironhand



Auxivo
LiftSuite



hTRIUS
BionicBack



Hunic
SoftExo Lift

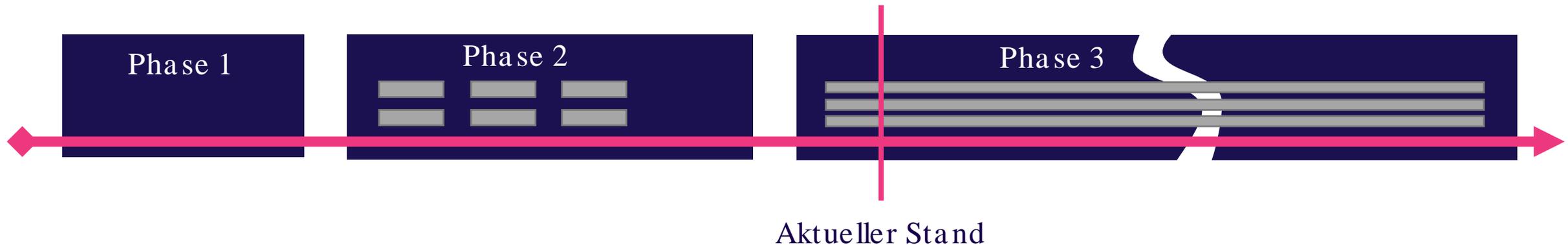


Ottobock
Suit X IX BackAir

Methode

Vorgehen & Studiendesign

- Phase 1: Ist-Analyse und Vorauswahl
 - Ergonomische Aufnahme des Arbeitsplatzes (Video und LMM)
- Phase 2: Pilotphase
 - Dauer: 4-6 Wochen
 - Anwendung und Erprobung mehrerer Maßnahmen pro Aufgabe
- Phase 3: Implementierung
 - Langzeittest: 2 Jahre



Phase 1: Ist-Analyse und Vorauswahl

Prozessaufnahme

BLG

- Kleinteilekommissionierung aus Stahlgitterboxen
- Umpackprozesse
- Bestückung Sprühkonservierung
- Verpackung Ventildeckel
- Containerbeladung

Vollers

- Entleerung Seecontainer (20 Fuß) mit Kaffee Sackware
- Umlagerung Kaffee Sackware in Silos
- Entleerung Seecontainer (20 Fuß) mit Stückgut
- Einstufige Kommissionierung von Stückgut



Phase 1: Ist-Analyse und Vorauswahl

Ergonomieanalysen

- Aufnahme der Prozessart, Bewegungen und Zeiten
- Anwendung der Leitmerkmalhmethode zur Beurteilung des Risikobereichs

3. Schritt: Bewertung und Beurteilung

	M	W	
Wirksames Lastgewicht	6	9	
Lastaufnahmebedingungen +	0		
Summe Körperhaltung +	5.5		
Ungünstige Ausführungsbedingungen (Σ ZW) +	4		
Arbeitsorganisation / Zeitliche Verteilung +	2		
	17.5	20.5	=
3.3 Zeitwichtung	x		Ergebnisse
	Summe Merkmalswichtungen:		M W
			57 67

Anhand des errechneten Punktwertes und der folgenden Tabelle kann eine grobe Beurteilung vorgenommen werden:

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

Phase 1: Ist-Analyse und Vorauswahl am Beispiel: Mischpaletten

Übersicht

- Kommissionieren von Kartons auf Paletten
- Bilden von Mischpaletten oder Umladen von Kartons (Einweg- auf Mehrwegpaletten)
- Umreifungsbänder vereinfachen zum Teil das Greifen, werden aber ohne Handschuhe gegriffen
- Zum Bewegen der Palette wird eine Elektroameise verwendet, Kollegen verwenden Stapler
- Gewicht und Anzahl variiert stark



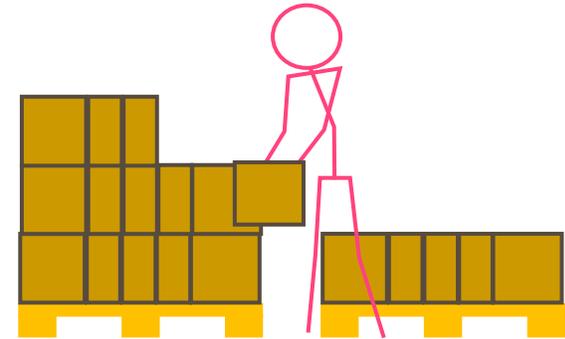
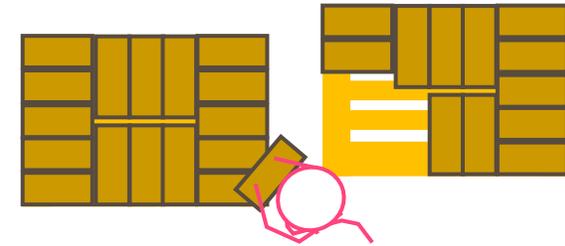
Phase 1: Ist-Analyse und Vorauswahl am Beispiel: Mischpaletten

Details

- Gewicht
 - Variiert zwischen 6 und 46 kg pro Karton

- Häufigkeit
 - 10 Paletten Pro Tag
 - 20 bis 50 Kartons pro Palette
 - ~ 500 Hebevorgänge pro Tag

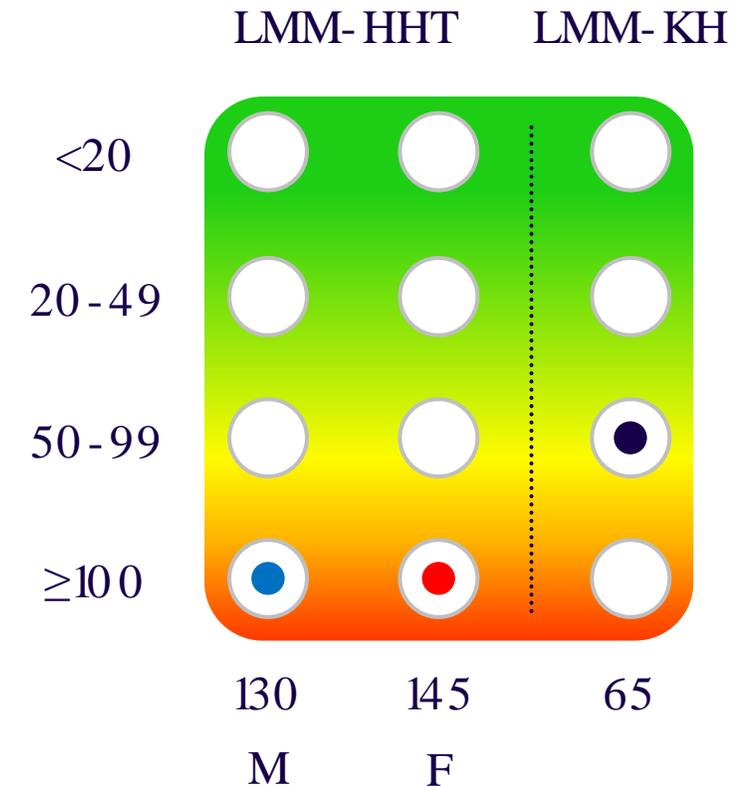
- Dauer
 - 15 min pro Palette beim Kommissionieren



Phase 1: Ist-Analyse und Vorauswahl am Beispiel: Mischpaletten

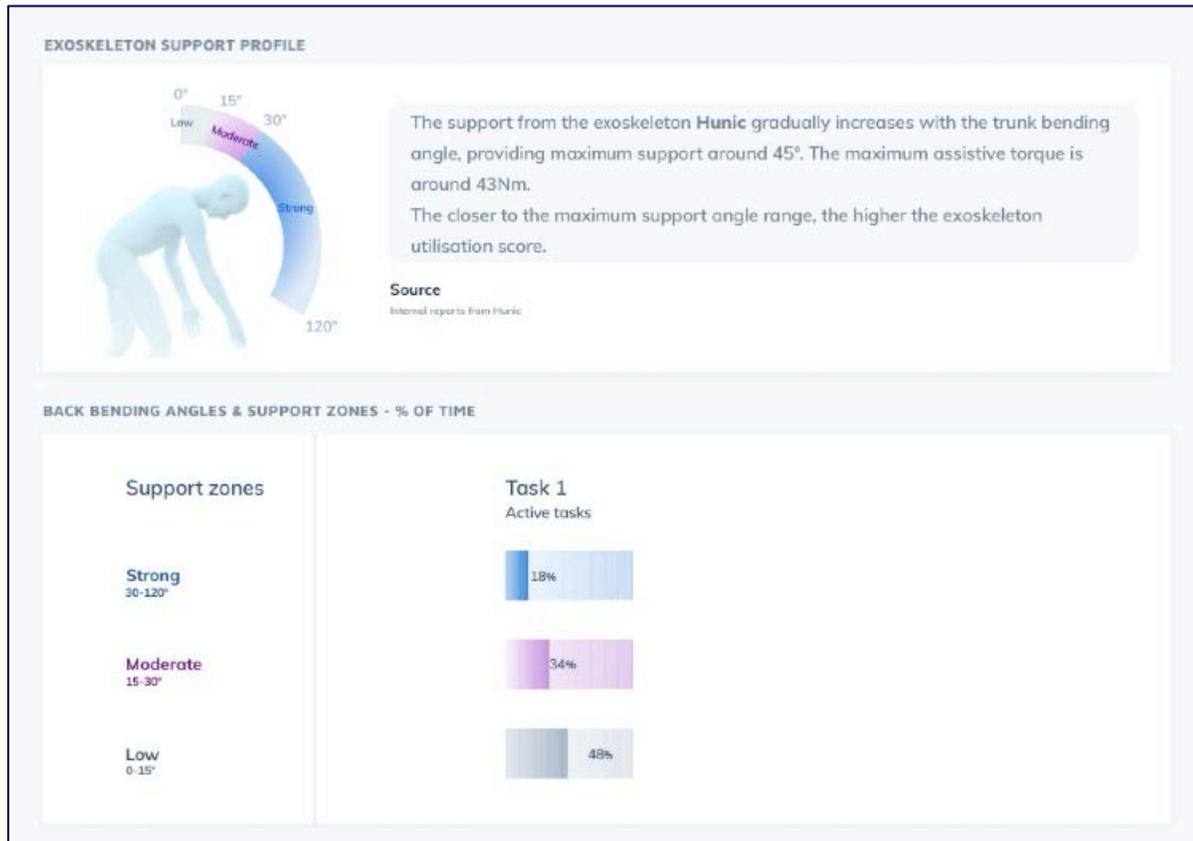
Ergonomie: Aufnahme mit LMM

- Welche LMM wurden durchgeführt?
 - Manuelles Heben, Halten und Tragen von Lasten (HHT)
 - Körperzwangshaltung (KH)
(einmalig > 1 min; wiederholt > 10 s)
 - Übergebeugtes Arbeiten
- Auffälligkeiten
 - Eindrehen des Körpers zwischen Start und Zielpalette
 - Gelegentliches Tragen von zwei Kartons (einer pro Hand) am Umreifungsband
- Beschwerden
 - Schulterschmerzen



Phase 1: Ist-Analyse und Vorauswahl am Beispiel: Mischpaletten

Ergonomie: Aufnahme mit Sensorik



	AUFGABE 1 Entladung Container (Kartons)	AUFGABE 2 Sortieren Mischpaletten (Kartons)	AUFGABE 3 Entladung Container (Kaffeesäcke)	AUFGABE 4 Entleerung Kaffeesäcke
ERGONOMISCHE RISIKOZONE*	GEFAHR	GEFAHR	GEFAHR	GEFAHR
German Bionic - Apogee Rücken = Aktiv = Hart	OPTIMAL ●●●+	---	OPTIMAL ●●●+	---
Laevo FLEX / X Back Rücken = Passiv = Hart	OPTIMAL ●●●	OPTIMAL ●●●	---	OPTIMAL ●●●
hTRIUS' BionicBack Rücken = Passiv = Soft	GUT ●●○	OPTIMAL ●●○	---	GUT ●●○
Hunic SoftExo Lift Rücken = Passiv = Soft	GUT ●●○	OPTIMAL ●●○	---	FAIR ●●○
Auxivo LiftSuit Rücken = Passiv = Soft	GUT ●●○	GUT ●●○	---	FAIR ●●○
WH Smart Training Rücken und Schultern = Sensor	✓	✓	✓	

Quelle: WearHealth

Phase 1: Ist-Analyse und Vorauswahl am Beispiel: Mischpaletten

Exoskelett Empfehlungen



- Passiv (Mitarbeiterwahl aus 4 Systemen)
 - Auxivo LiftSuit
 - Hunic SoftExo Lift
 - hTrius BionicBack
 - Ottobock SuitX IX BackAir



- Aktiv: German Bionic Apogee

Phase 2: Pilotphase

Ergebnisse

Das Exoskelett ist einfach zu nutzen.

Das Exoskelett verbessert meine Körperhaltung am Arbeitsplatz.

Ich finde das Exoskelett bei meiner Arbeit nützlich.

Ich nutze das Exoskelett gerne.

Das Exoskelett lässt sich leicht einstellen.

Das Exoskelett hilft mir dabei, auf eine ergonomische Arbeitsweise zu achten.

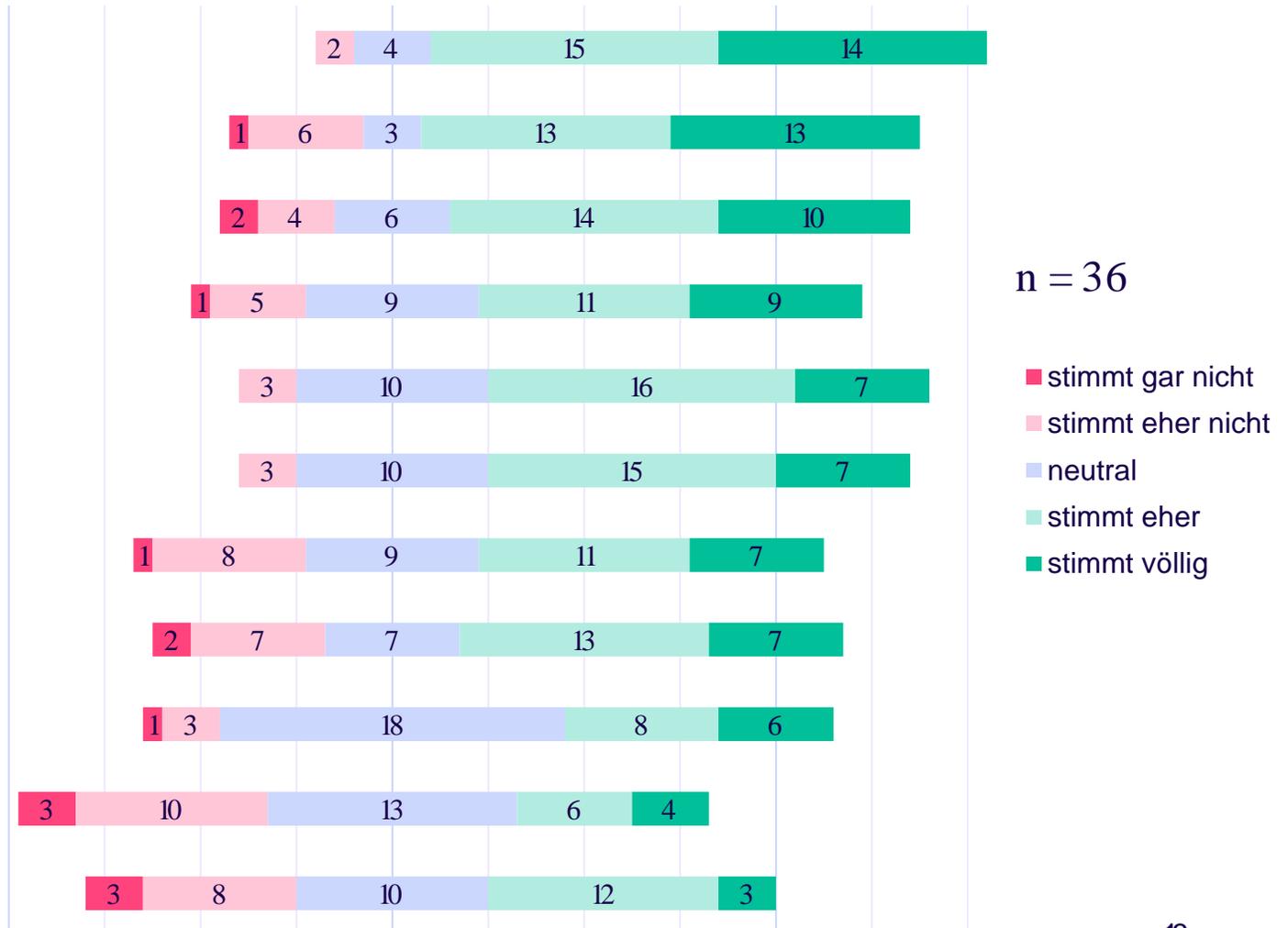
Durch das Exoskelett konnte ich meine Arbeit einfacher erledigen.

Durch das Exoskelett habe ich weniger Schmerzen während/nach der Arbeit.

Das Exoskelett ist mit meinen Arbeitsmitteln/Werkzeugen und meiner Schutzausrüstung kompatibel.

Durch das Exoskelett musste ich weniger Kraft aufbringen.

Durch das Exoskelett fühle ich mich weniger erschöpft während/nach der Arbeit.

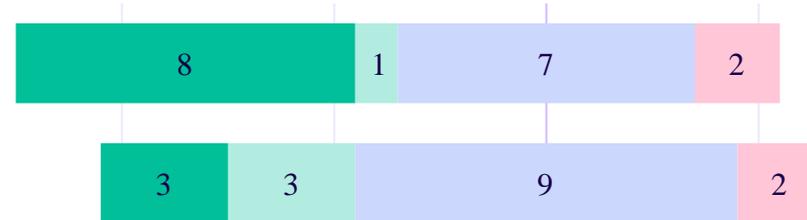


Phase 2: Pilotphase

Ergebnisse

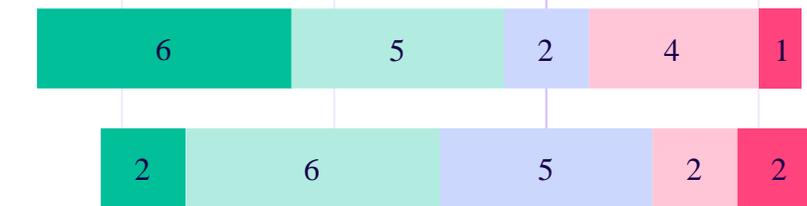
Das Exoskelett beeinträchtigt mich bei meiner Arbeitsausführung.

Auxivo
BionicBack



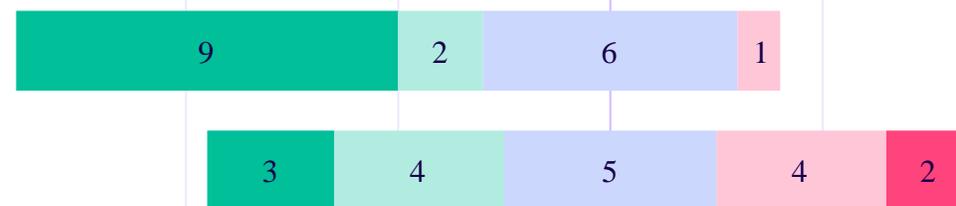
Durch das Exoskelett schwitze ich mehr.

Auxivo
BionicBack



Das Nutzen des Exoskeletts würde mir mehr Nachteile als Vorteile bringen.

Auxivo
BionicBack



n = 18

- stimmt gar nicht
- stimmt eher nicht
- neutral
- stimmt eher
- stimmt völlig

Phase 2: Pilotphase

Ergebnisse

„Seitdem ich das Exoskelett trage habe ich keine Schmerzen mehr.“

„Ich fühle mich endlich so, wie ich glaube, dass man sich nach der Schicht fühlen sollte.“

„Das An- und Ausziehen geht sehr schnell.“

„Bei nur wenigen Mischpaletten lohnt es sich für mich nicht, das Exoskelett anzuziehen, der der Anteil an anderen Aufgaben überwiegt.“

„Das Exoskelett ist einfach nur unbequem und lässt sich schlecht einstellen.“

„[...] die Bewegungen sind überwiegend eingeschränkt.“

Phase 2: Pilotphase

Ergebnisse & Erkenntnisse

- Die Akzeptanz der Exoskelette ist von vielen Punkten abhängig:
 - Prozesseignung
 - Passform
 - Persönliche Einstellung und Vorlieben
 - Schmerzen und Vorbelastung
- Personen lassen sich eher selten „überzeugen“, wenn schon vorher eine negative Meinung gebildet wurde
- Ohne die Mitarbeiter einzubeziehen, ist ein Einführung von Exoskeletten nicht möglich



Phase 3: Implementierung

Langzeitstudien



Personen für Langzeitstudie werden mit einem Aushang und über Schichtleiterrunden gesucht



Es wird per Logbuch die Tragedauer aufgenommen, um zu sehen, wie sich das Trageverhalten ändert



Zusätzlich wird Feedback über Gespräche und Fragebögen über 2 Jahre gesammelt

2025 Juni			Empfohlene Tragedauer	2025 Juli			Empfohlene Tragedauer
1	So	h []		1	Di	7,5 h []	
2	Mo	h []		2	Mi	7,5 h []	3 h
3	Di	h []		3	Do	7 h []	tätlich
4	Mi	h []	ca. 2 h	4	Fr	7 h []	
5	Do	h []	tätlich	5	Sa	h []	
6	Fr	h []		6	So	h []	
7	Sa	h []		7	Mo	7 h []	
8	So	h []		8	Di	6,5 h []	4 h
9	Mo	h []		9	Mi	7 h []	tätlich
10	Di	h []		10	Do	6,5 h []	
11	Mi	h []	ca. 3 h	11	Fr	5,5 h []	
12	Do	h []	tätlich	12	Sa	h []	
13	Fr	h []		13	So	h []	
14	Sa	h []		14	Mo	7 h []	
15	So	h []		15	Di	7 h []	4-6 h
16	Mo	h []		16	Mi	6,5 h []	tätlich
17	Di	h []		17	Do	7,5 h []	
18	Mi	h []	ca. 4 h	18	Fr	7,5 h []	
			tätlich				

Personenanzahl	8	Okt 25
Exoskelett getragen	162	Tage
	994,7	h
Exoskelett nicht getragen	6	Tage
Schmerzen	3	Tage
Ø Tragedauer	6,1	Stunden

Exoskelette in der Logistik

Zusammenfassung & Fazit



Exoskelette können Mitarbeitende zukünftig bei schweren Tätigkeiten entlasten.



Dabei ist die Auswahl abhängig von der Tätigkeit und Person.



Die Mitarbeitenden müssen von Anfang an mit einbezogen werden.



Vielen Dank für Ihre **Aufmerksamkeit!**



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird durch das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ (FKZ: 0 2L22C150 – 163) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.