

# 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



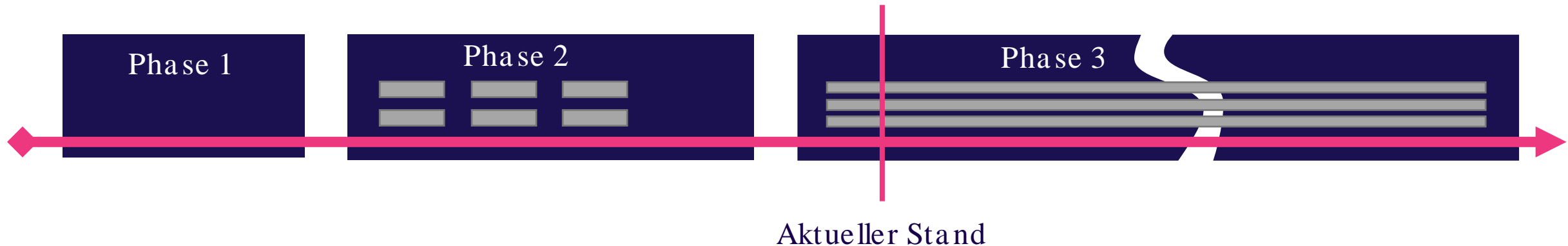
Ottobock  
Suit X IX BackAir



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 Leitmerkmalmethode zur Beurteilung des Risikobereichs

### 3. Schritt: Bewertung und Beurteilung

|  |                           |      |            |
|--|---------------------------|------|------------|
|  |                           | M    | W          |
| Wirksames Lastgewicht                            |                           | 6    | 9          |
| Lastaufnahmebedingungen                          | +                         | 0    |            |
| Summe Körperhaltung                              | +                         | 5.5  |            |
| Ungünstige Ausführungsbedingungen ( $\Sigma$ ZW) | +                         | 4    |            |
| Arbeitsorganisation / Zeitliche Verteilung       | +                         | 2    |            |
|  |                           |      | Ergebnisse |
|  |                           | M    | W          |
| 3.3<br>Zeitwichtung                              | x                         | 17.5 | 20.5       |
|  | Summe Merkmalswichtungen: |      | = 57 67    |

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

| Risiko  | Risikobereich | Belastungshöhe <sup>1)</sup> | a) Wahrscheinlichkeit körperlicher Überbeanspruchung<br>b) Mögliche gesundheitliche Folgen | Maßnahmen  |  |
|---|---------------|------------------------------|--|--|--|
|    | 1             | <20 Punkte                   | gering   | a) Körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich<br>b) Gesundheitsgefährdung nicht zu erwarten  | Keine  |
|   | 2             | 20 – <50 Punkte              | mäßig erhöht   | a) Körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich.<br>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<br>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.<br>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

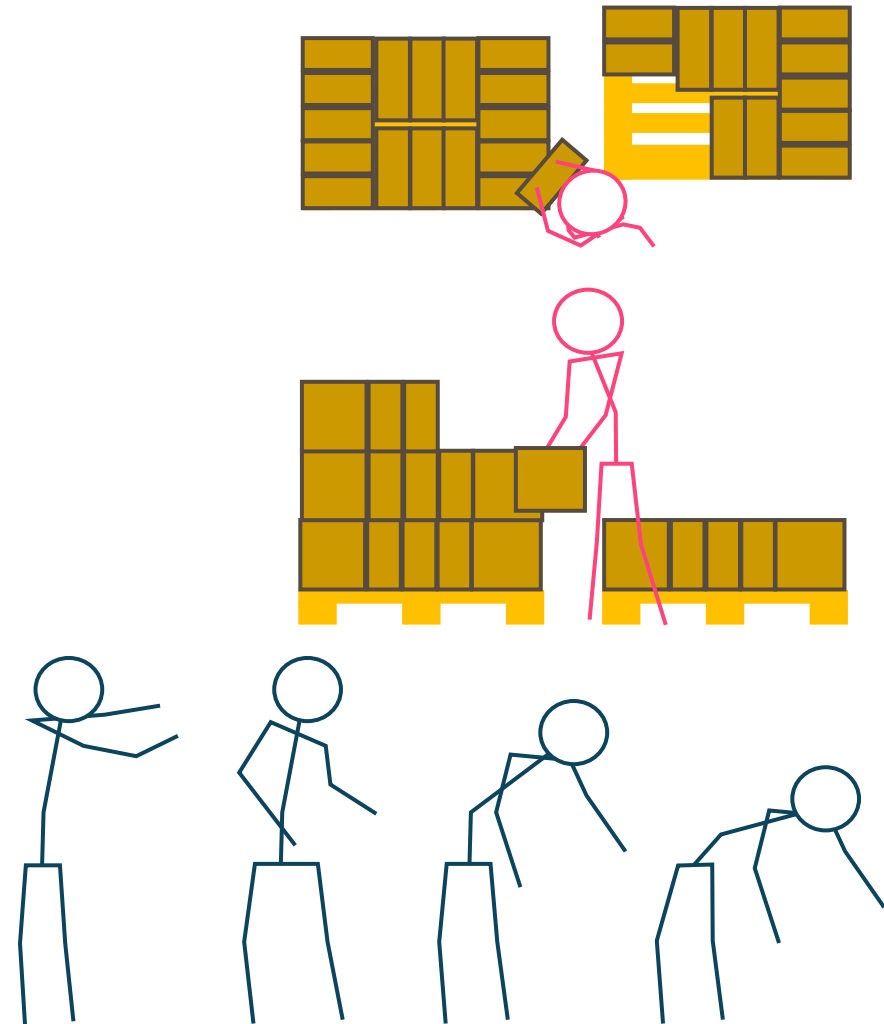
- Kommissionieren von Kartons auf Paletten
- Bilden von Mischpaletten oder Umladen von Kartons (Einweg- auf Mehrwegpaletten)
- Umreifungsbänder vereinfachen zum Teil das Greifen, werden aber ohne Handschuhe gegriffen
- Zum Bewegen der Palette wird eine Elektroameise verwendet, Kollegen verwenden Stapler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

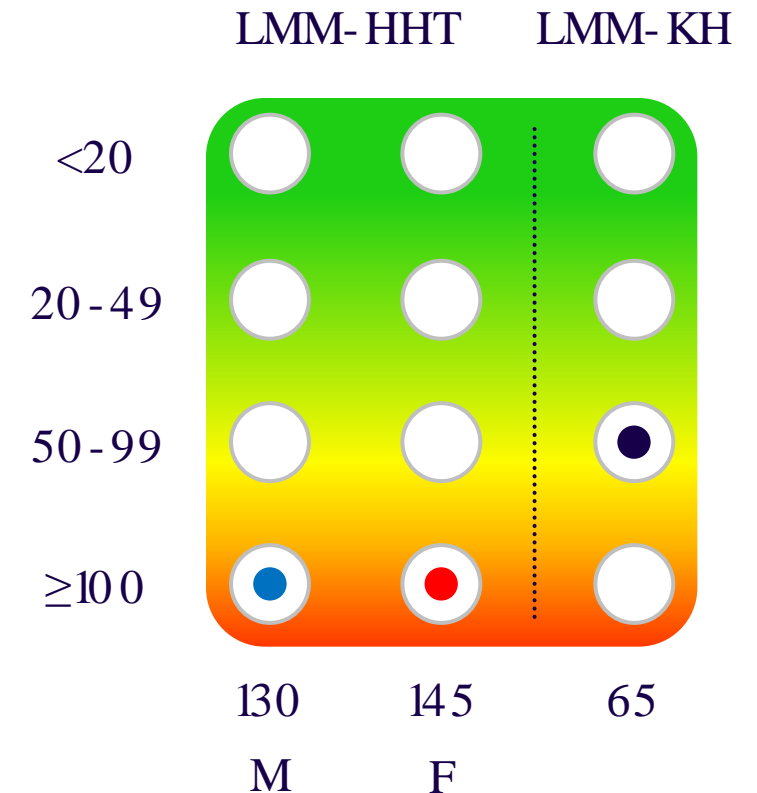




Phase 1: Ist-Analyse und Vorauswahl am Beispiel: Mischpaletten

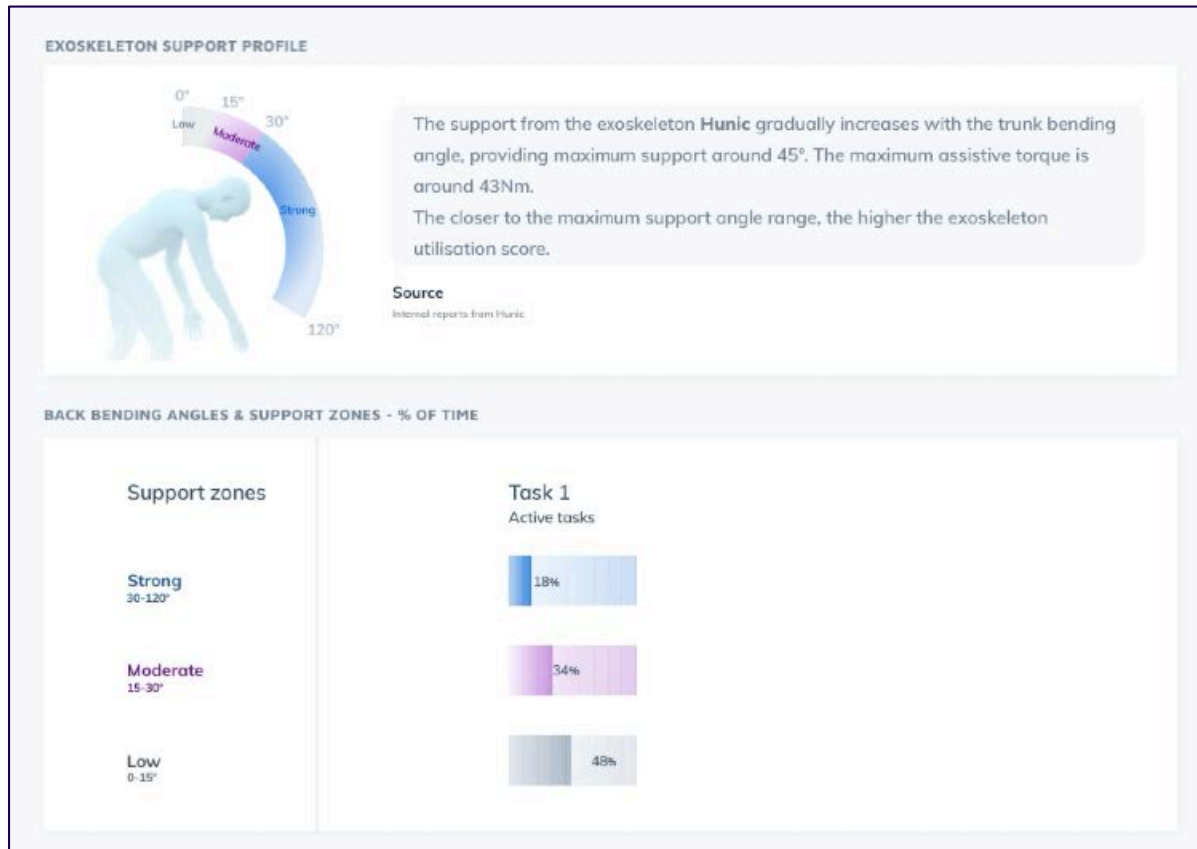
# Ergonomie: Aufnahme mit LMM

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

# Ablauf & Fragebögen

- 2 ausgewählte Exoskelette
- Dauer: pro Exoskelett 2 Wochen
- Initialer Fragebogen zu Beginn
- Zweiter Fragebogen am Ende
- 33 Personen

14. Bitte gibt an inwiefern du den Aussagen zum Exoskelett zustimmst.

|   | Stimmt<br>gar nicht      | Stimmt<br>eher nicht     | Neutral                  | Stimmt<br>eher           | Stimmt<br>völlig         |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Das Exoskelett lässt sich leicht einstellen.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Das Exoskelett beeinträchtigt mich bei der Arbeitsausführung.                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Durch das Exoskelett schwitze ich mehr.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Das Exoskelett ist mit meinen Arbeitsmitteln/Werkzeugen und meiner Schutzausrüstung kompatibel. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ich nutze das Exoskelett gerne.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Das Nutzen des Exoskeletts würde mir mehr Nachteile als Vorteile bringen.                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Das Exoskelett ist einfach zu nutzen.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

15. Bei welchen Tätigkeiten verursacht das Exoskelett Probleme?

- ☐ Sitzen
- ☐ Fahren von Fahrzeugen
- ☐ Enge Platzbedingungen
- ☐ Treppen steigen
- ☐ Sonstiges:

16. Wie leicht lässt sich das Exoskelett an- und ablegen?

☐ 1  
Sehr leicht

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5  
Sehr schwierig



## 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.

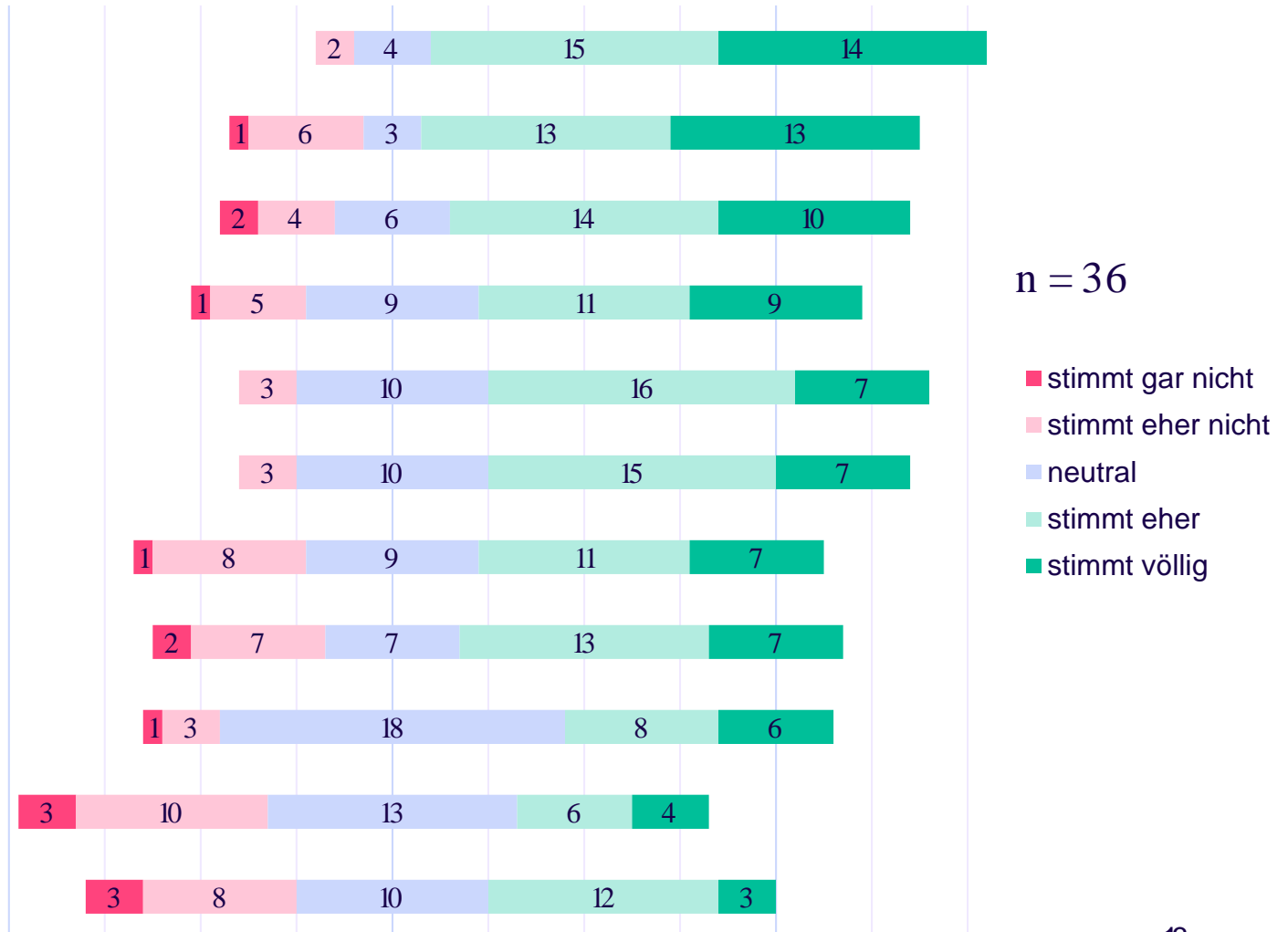
Durch das Exoskelett konnte ich meine Arbeit einfacher erledigen.

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

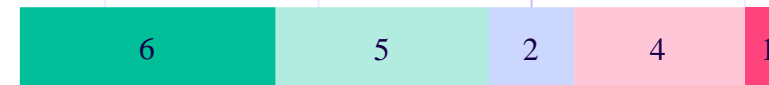


BionicBack

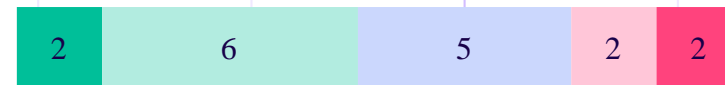


Durch das Exoskelett schwitze ich mehr.

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 eine 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 | Juli |    |            |   |     | Empfohlene Tragedauer |
| 1    | So |  | h | [ ] | ca. 2 h täglich       | 1    | Di | <u>7,5</u> | h | [ ] | 3 h täglich           |
| 2    | Mo |  | h | [ ] |                       | 2    | Mi | <u>7,5</u> | h | [ ] |                       |
| 3    | Di |  | h | [ ] |                       | 3    | Do | <u>7</u>   | h | [ ] |                       |
| 4    | Mi |  | h | [ ] |                       | 4    | Fr | <u>7</u>   | h | [ ] |                       |
| 5    | Do |  | h | [ ] |                       | 5    | Sa |            | h | [ ] |                       |
| 6    | Fr |  | h | [ ] |                       | 6    | So |            | h | [ ] |                       |
| 7    | Sa |  | h | [ ] | ca. 3 h täglich       | 7    | Mo | <u>7</u>   | h | [ ] | 4 h täglich           |
| 8    | So |  | h | [ ] |                       | 8    | Di | <u>6,5</u> | h | [ ] |                       |
| 9    | Mo |  | h | [ ] |                       | 9    | Mi | <u>7</u>   | h | [ ] |                       |
| 10   | Di |  | h | [ ] |                       | 10   | Do | <u>6,5</u> | h | [ ] |                       |
| 11   | Mi |  | h | [ ] |                       | 11   | Fr | <u>5,5</u> | h | [ ] |                       |
| 12   | Do |  | h | [ ] |                       | 12   | Sa |            | h | [ ] |                       |
| 13   | Fr |  | h | [ ] | ca. 4 h täglich       | 13   | So |            | h | [ ] | 4 – 6 h täglich       |
| 14   | Sa |  | h | [ ] |                       | 14   | Mo | <u>7</u>   | h | [ ] |                       |
| 15   | So |  | h | [ ] |                       | 15   | Di | <u>7</u>   | h | [ ] |                       |
| 16   | Mo |  | h | [ ] |                       | 16   | Mi | <u>6,5</u> | h | [ ] |                       |
| 17   | Di |  | h | [ ] |                       | 17   | Do | <u>7,5</u> | h | [ ] |                       |
| 18   | Mi |  | h | [ ] |                       | 18   | Fr | <u>7,5</u> | h | [ ] |                       |

| 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.



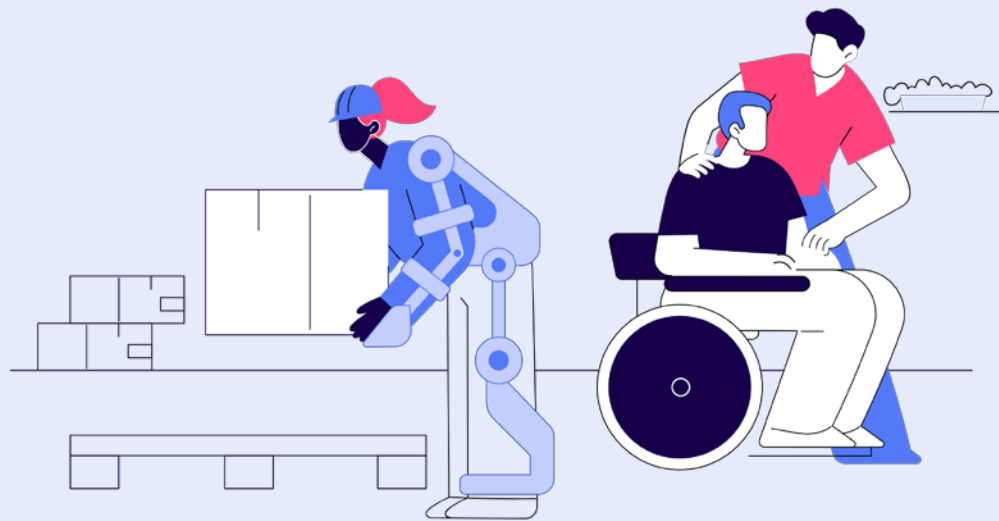
Dabei ist die Auswahl abhängig von der Tätigkeit und Person.



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 – I63) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.