

# Exoskelette in Produktion und Logistik

# Die Fraunhofer-Gesellschaft

Führende Organisation für angewandte Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen in Europa

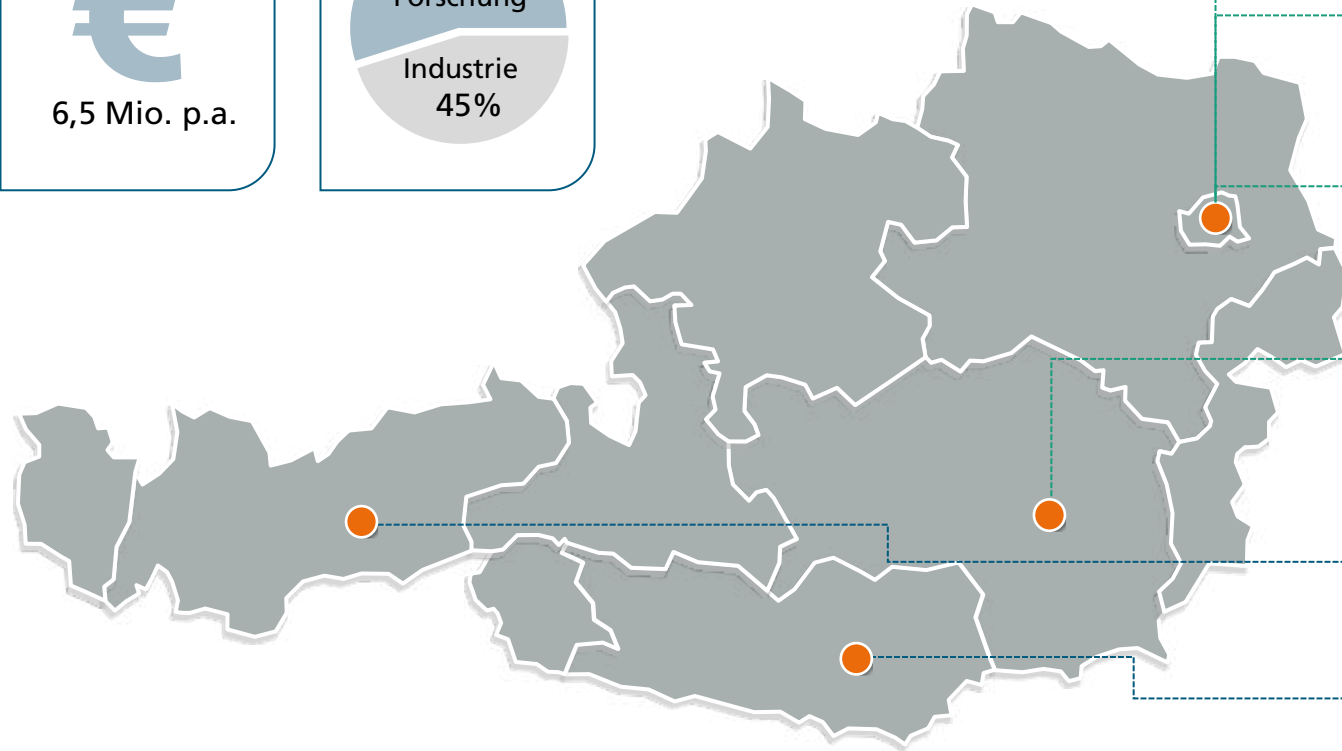
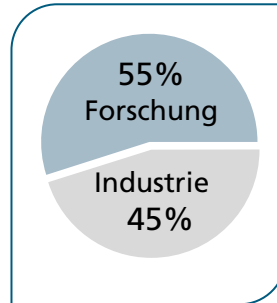
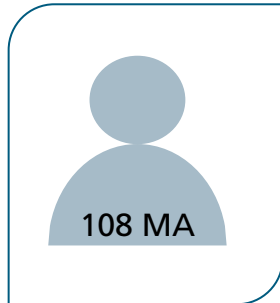
- 75 Institute und Forschungseinrichtungen
- > 29 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
- Forschungsvolumen: 2,8 Milliarden Euro, davon 2,4 Milliarden Euro im Leistungsbereich Vertragsforschung



# Fraunhofer Austria Research GmbH

100% Tochter der Fraunhofer Gesellschaft, Gründung 2008

## Zahlen, Daten, Fakten (GJ-2021)



Geschäftsbereich  
**Fabrikplanung und  
Produktionsmanagement**

Geschäftsbereich  
**Logistik und  
Supply Chain Management**

Geschäftsbereich  
**Advanced Industrial  
Management**

Geschäftsbereich  
**Visual Computing**

Innovationszentrum  
**Digitale Transformation  
der Industrie**

Innovationszentrum  
**Digitalisierung und künstliche  
Intelligenz KI4LIFE**

# Leistungsangebot

## Gruppe MAS | Montageplanung und Assistenzsysteme



# Agenda

## Exoskelette in Produktion und Logistik

1	Problemstellungen in der Industrie	3
2	Exoskelette in Produktion und Logistik	9
	Ursprung und Zielsetzung	10
	Unterscheidungen zwischen Exoskeletten	11
	Vor- und Nachteile von Exoskeletten	13
	Trends und zukünftige Entwicklungen	14
	Praxisbeispiele	15
	Next steps für eine erfolgreiche Implementierung in Ihrem Unternehmen	16



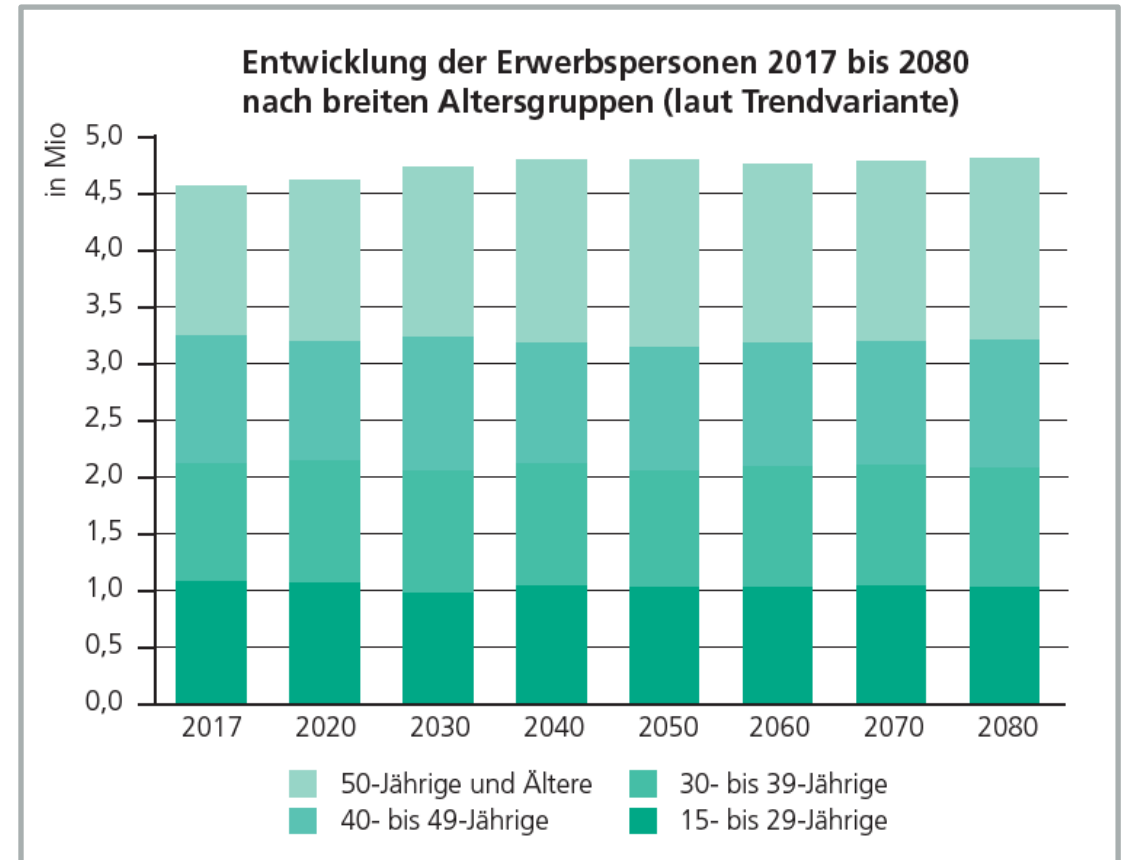
**Problemstellungen  
in der Industrie**

# Die Arbeitnehmerstruktur ändert sich in den kommenden Jahren drastisch

## Problemstellungen in der Industrie

### Demografischer Wandel & Fachkräftemangel

- **2060: 41,8%** aller Arbeitnehmer > **45** Jahre
- Pensionsantrittsalter 65 Jahre
- **Weniger junge Fachkräfte**
- Ältere Fachkräfte sollen längst möglich Ihrer (körperlich anstrengenden) Tätigkeit nachgehen können



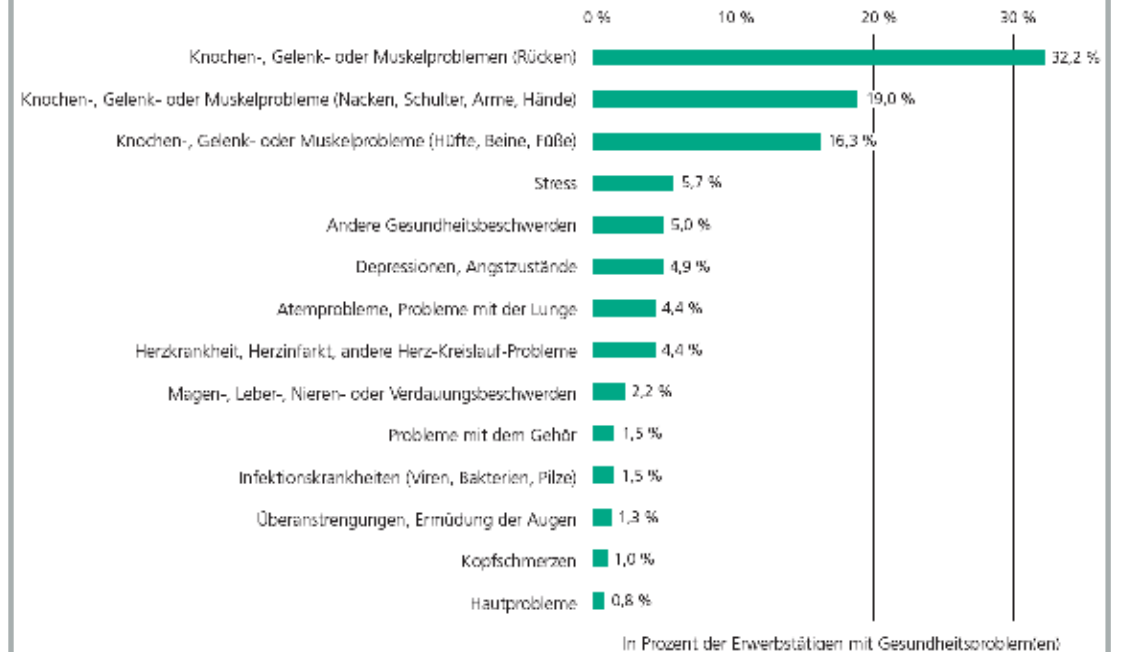
# Arbeitnehmer klagen über diverse arbeitsbedingte Krankheiten

## Problemstellungen in der Industrie

### Gesundheitsprobleme & Krankenstand

- Ein **Drittel** klagt über **Rückenprobleme** (Global-Burden-of-Disease-Faktor Nr.1)
- **19%** klagen über **Probleme mit Nacken, Schultern und Armen**
- Besonders im **Baugewerbe** und in der Landwirtschaft, aber auch in der **Warenherstellung**

### Arbeitsbedingte Gesundheitsprobleme





# Ein hoher Prozentsatz aller Fehltage ist auf MSE zurückzuführen

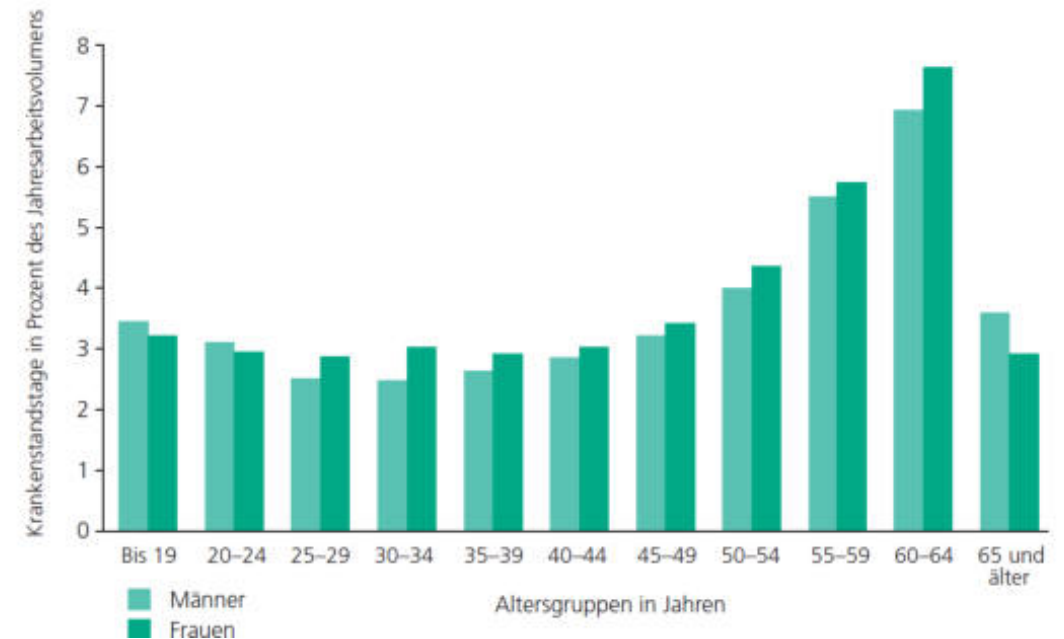
## Problemstellungen in der Industrie

### Gesundheitsprobleme & Krankenstand

- **21%** aller Krankheitstage sind auf **Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE)** zurückzuführen
- Besonders ist die Gruppe der **>50 Jährigen** Arbeitnehmer betroffen

Kostenfaktor für Unternehmen & Gesellschaft

Krankenstandsquote nach Alter und Geschlecht



# Nachhaltige Arbeitsplatzgestaltung schafft Abhilfe für genannte Probleme

## Problemstellungen in der Industrie

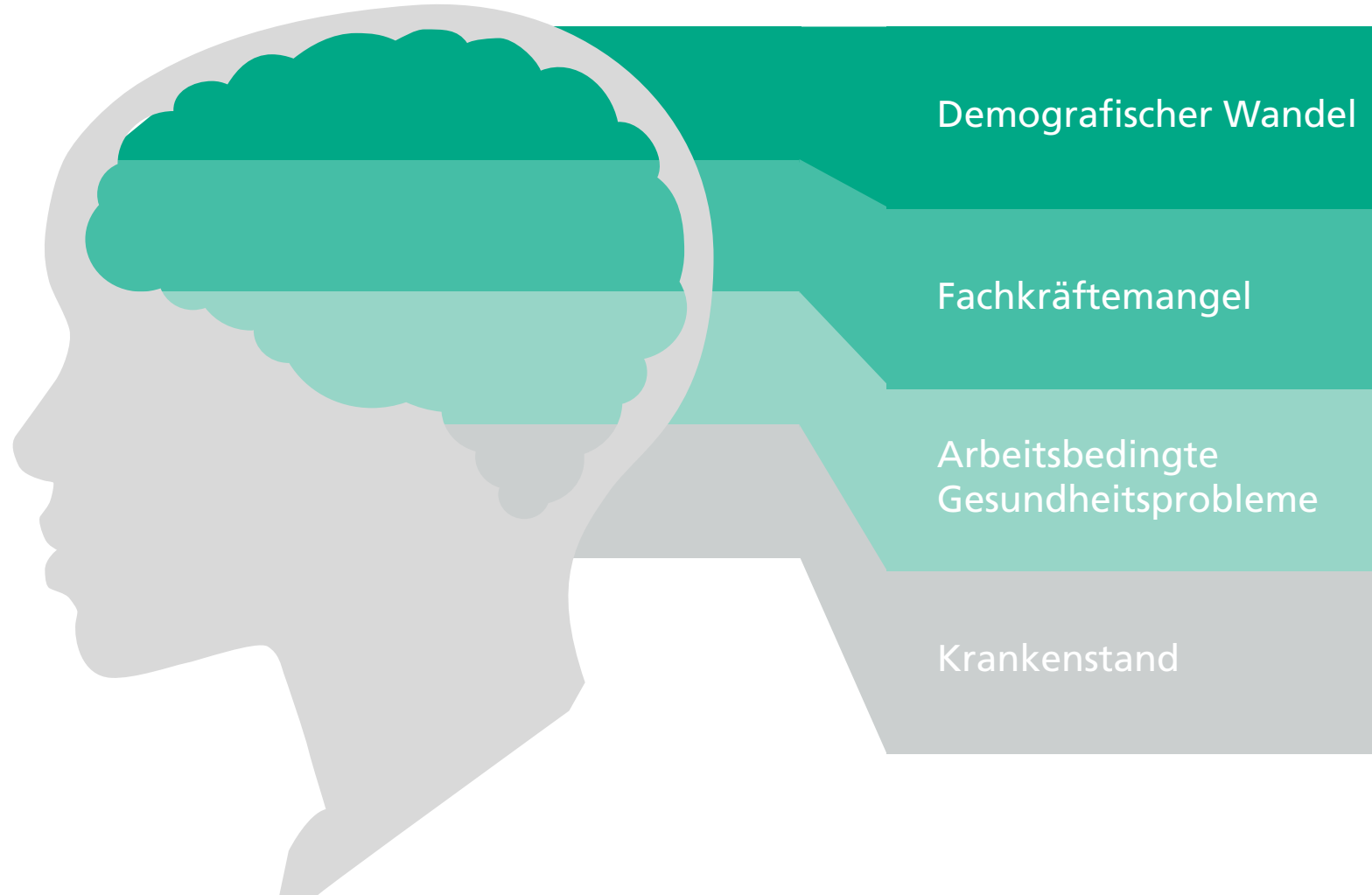
### Lösungsansatz

*Nachhaltige Arbeitsplatzgestaltung*

Mensch ist wichtigste Ressource im Unternehmen

Verbesserung durch

- Assistenzsysteme
  - Exoskelette
  - Augmented-Reality-Brillen
- Psychische Unterstützung
- Körperlichen Ausgleich





**Exoskelette im industriellen Einsatz**

# Exoskelette dienen zur Vorbeugung von Verletzungen und Krankheiten

## Exoskelette in Produktion und Logistik

### Ursprung und Zielsetzung

- Ursprünglich in der Medizin und Wehrtechnik verwendet
- Nun vermehrt im industriellen Einsatz
- **äußere Stützstruktur** zur **Unterstützung** des Menschen
  - Unterstützung bei körperlich schweren oder repetitiven Arbeiten (Industrie)
- Gefertigt aus Kunststoffen und leichten Metallen
- Zielsetzung im industriellen Einsatz:  
**Vorbeugung von Verletzungen und arbeitsspezifischen Krankheiten**



# Es gibt die grobe Unterscheidung zw. aktiven und passiven Exoskeletten

## Exoskelette in Produktion und Logistik



Aktives Exoskelett

- | aktive mechatronische Kraftunterstützung bei einzelnen oder kombinierten physischen Belastungsfaktoren
- | pneumatisch oder **mit Motor betrieben**



Passives Exoskelett





























- | durch Feder oder Seilzusysteme wird potenzielle Energie in der Gegenbewegung gespeichert
- | **kein Motor** und somit geringere Komplexität

# Exoskelette unterstützen Belastungen diverser Körperregionen

## Exoskelette in Produktion und Logistik



### Morphologie aktiver und passiver industrieller Exoskelette

DIMENSION	AUSPRÄGUNG				
Grundprinzip					
	Aktiv		Passiv		
Antrieb					
	Elektrisch	Pneumatisch	Mechanisch		
Energieversorgung/speicherung					
	Akku	Druckluft	Stromnetz	Feder	
Unterstützte Körperregion					
	Arme	Hände	Beine	Schultern	Rumpf
Unterstützungsart					
	Kraft	Ausdauer	Geschwindigkeit		
Eigengewicht					
	< 2,5 kg	2,5-5 kg	> 5 kg		
Einsatzbereich					
	Fertigung	Montage	Logistik	Versand	Schulung
Anwendungsgrund					
	Haltungskorrektur	Überkopfarbeit		Hebeunterstützung	

# Exoskelette – ein SWOT- Überblick

## Exoskelette in Produktion und Logistik

### Verbesserung ergonomischer Bedingungen

- Reduktion der Belastung auf den Körper
- **Vorbeugung** von Muskel-Skeletterkrankungen
- Bewegungen unterstützen/stärken
- Schnell und leicht anwendbar
- Hoher Produktreifegrad
- **Gut integrierbar** in Tätigkeiten
- Gutes **Sicherheitsgefühl**
- Anpassbarkeit

### Muskuläre Dysbalancen

- Verlust der Selbstwirksamkeitserwartung
- Veränderung des **Bewegungsverhaltens**
- **Druckstellen**
- Gefahren von Quetschen, Scheren, Schneiden (bei aktiven Exoskeletten)



- Arbeitssicherheitstechnische Anforderungen
- Dokumentations- und **Unterweisungspflicht**
- Noch keine standardisierte Risiko- bzw. Gefährdungsbeurteilung
- **Schlechte Nutzerakzeptanz bei Diskomfort**
- Gewichtsbelastung der Tragenden

- **Reduktion von Fehlzeiten**
- **Mitarbeitermotivation** steigt
- Erhöhung des Arbeitskomforts
- **Steigerung von Produktivität und Qualität**
- Unterstützung in der beruflichen Wiedereingliederung oder Inklusion

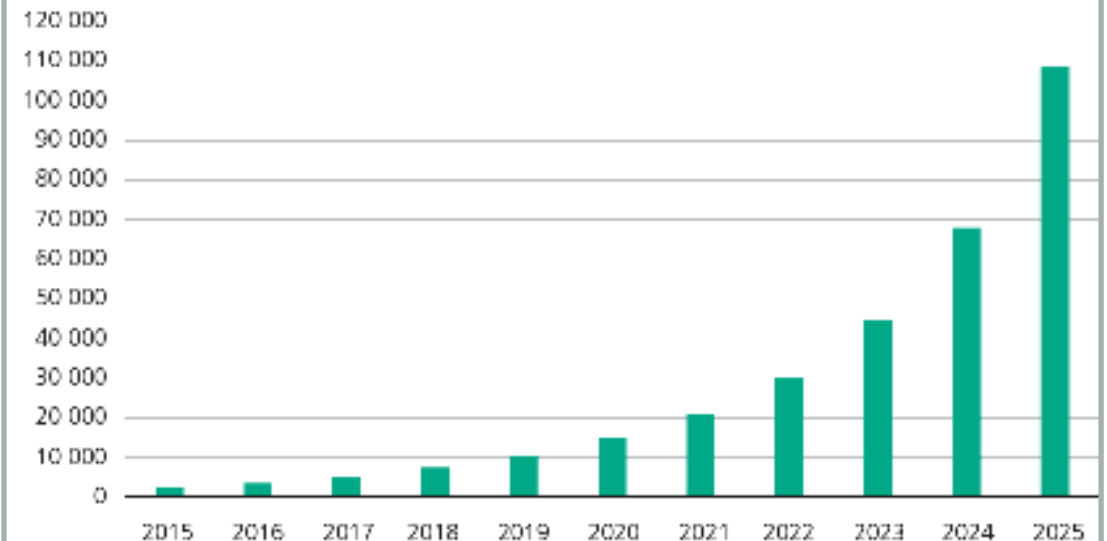
# Der Einsatz von Exoskeletten wird in den nächsten Jahren zunehmen

## Exoskelette in Produktion und Logistik

### Trends und zukünftige Szenarien

- Exoskelette vermehrt nicht nur in Studien sondern auch im Arbeitsalltag eingesetzt
- **Bis 2025: 1,1 Mio. verkaufte Exoskelette**
- Einsatz in ausgewählten Bereichen mit guter Vorbereitung und Planung sehr erfolgreich
- Langfristige Investition von circa >600 € pro Exoskelett, welche sich in **höherer Mitarbeiterzufriedenheit, -gesundheit und -produktivität bezahlt macht**

Absatz von Exoskeletten bis 2025





# Beispiele zum Einsatz von Exoskeletten

## Einsatz in der Praxis - begleitet durch Fraunhofer Austria

### Beschreibung der Tätigkeit:

Zur baustellengerechten Vorbereitung von Hauswänden gehört das Auftragen des Außenputzes der Wände. Die entsprechenden Tätigkeiten des Verputzens erfolgt bei HARTL HAUS innerhalb einer getakteten Fließmontage, wobei die vorbereiteten Wände auf Kranführungen bewegt werden. Zum Verputzen geben die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter manuell einen entsprechend vorbereiteten Putz auf eine Kelle und tragen diesen anschließend auf der Wandfläche auf. In der eigentlichen Verputzungstätigkeit arbeiten die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durchschnittlich zu 50 % über Herzhöhe und zu 50 % unter Herzhöhe, wobei von diesen Tätigen wiederum die Hälfte im gebückten Zustand erfolgt.



### Ausgangssituations-Analyse:

Hohe Belastungen als Ergebnis der Leitmerkmalmethode: Durch die auszuführende Tätigkeit wirken auf die Monteure, vor allem auf den Schulter-Nacken-Bereich hohe Belastungen. Eine körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich, was durch Anwendung der Leitmerkmale verdeutlicht wird. Aus wirtschaftlicher Sicht ist ein Einsatz technologischer Sondersysteme, zur Unterstützung der Monteure, nur begrenzt sinnvoll. Die Abbildung unten verdeutlicht das Ergebnis.

### Soll-Situation-Gestaltung:

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gaben an, dass das Tragen des Exoskeletts mit einem hohen Sicherheitsgefühl verbunden ist sowie das Anwenden des Exoskeletts schnell zu lernen und die Nutzung einfach ist. Die Bereitschaft, das Exoskelett regelmäßig zu nutzen, ist vorhanden und die Integration (Anwendung) der Funktionen des Exoskeletts in den Tätigkeitsprozess ist einfach. Alle restlichen Fragen wurden mit der Ausprägung 0 bewertet. Die Motivation bei der Ausführung steigt.



Risikobereich	Punktwert	Beschreibung
1	< 10	Geringe Belastung; Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.
2	10 bis < 25	Erhöhte Belastung; eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.
3	25 bis < 50	Wesentlich erhöhte Belastung; körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind angezeigt.
4	≥ 50	Hohe Belastung; körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.

# Beispiele zum Einsatz von Exoskeletten

## Einsatz in der Praxis - begleitet durch Fraunhofer Austria

### Beschreibung der Tätigkeit:

Im Arbeitsbereich der Maskierung bei WACKER NEUSON bereiten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zunächst sämtliche Stellen an dem zu lackierenden Bauteil vor, indem die Stellen, welche nicht zu lackieren sind, abgeklebt (maskiert) werden. Die Bauteile hängen dabei an einem Führungssystem und werden automatisch nach einer bestimmten Geschwindigkeit durch den Maskierbereich geführt. Die Bereitstellung der Materialien erfolgt am Rande des Arbeitsbereichs. Dabei bewegen sich die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter um das Bauteil herum, arbeiten zum einen in einer Überkopffosition und zum anderen in einer gebückten Haltung.



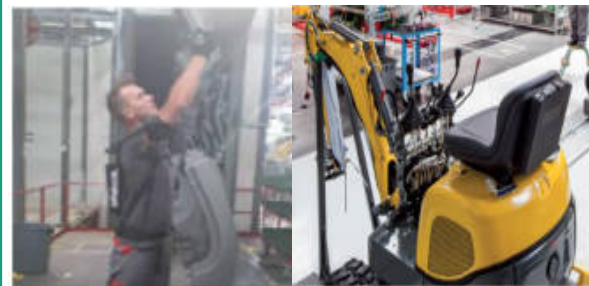
### Ausgangssituations-Analyse:

Durch die auszuführende Tätigkeit resultieren hohe Belastungen, vor allem im Bereich des Schulter-Nacken-Bereichs auf die Monteure. Eine körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich, welche durch Anwendung der Leitmerkmalmethode verdeutlicht wird. Der Einsatz technologischer Sondersysteme, zur Unterstützung der Monteure, ist wirtschaftlich gesehen nur begrenzt sinnvoll. Die Abbildung unten verdeutlicht das Ergebnis.

Risikobereich	Punktwert	Beschreibung
1	< 10	Geringe Belastung; Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.
2	10 bis < 25	Erhöhte Belastung; eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.
3	25 bis < 50	Wesentlich erhöhte Belastung; körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind angezeigt.
4	≥ 50	Hohe Belastung; körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.

### Soll-Situation-Gestaltung:

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gaben an, dass das Tragen des Exoskeletts mit einem hohen Sicherheitsgefühl verbunden ist. Dass das richtige Anwenden des Exoskeletts schnell zu erlernen ist, wurde als gut empfunden. Sehr hoch ausgeprägt zeigte sich der Aspekt, dass das Exoskelett gut in die bestehenden Tätigkeiten integrierbar ist. Ebenso als gut ausgeprägt zeigten sich die Aspekte, dass die Nutzung des Exoskeletts einfach ist, sowie die Vorstellung, das Exoskelett regelmäßig zu nutzen.



# Beispiele zum Einsatz von Exoskeletten

## Einsatz in der Praxis - begleitet durch Fraunhofer Austria

**Beschreibung der Tätigkeit:** Im Kommissionierprozess bei der Firma ENGEL werden aus einem hochmodernen automatisierten Hochregallager die entsprechend zu kommissionierenden Materialien zunächst ausgelagert und über Rollbänder an die Mitarbeiterin oder den Mitarbeiter herangeführt. Darauf wird zunächst die Kiste und anschließend das zu kommissionierende Material gescannt. Nach diesem Vorgang wird das zu kommissionierende Material aufgenommen und in eine parallel zu der Entnahmestelle stehenden Kiste hineingelegt. Hierzu dreht sich die Mitarbeiterin oder der Mitarbeiter um 180 Grad und legt durchschnittlich 1,5 Meter bis 2,0 Meter Wegstrecke zurück. Die Gewichte der Materialien variieren zwischen 15 und 25 Kilogramm. Durchschnittlich erfolgen pro Tag und Logister ca. 1 000 solcher Kommissionierprozesse.



### Ausgangssituations-Analyse:

Durch die auszuführende Tätigkeit resultieren hohe Belastungen, vor allem im Bereich des Rückens, auf die Monteure. Eine körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich, was durch Anwendung der Leitmerkmale verdeutlicht wird. Der Einsatz technologischer Sondersysteme zur Unterstützung der Monteure ist wirtschaftlich gesehen nur begrenzt sinnvoll. Die Abbildung unten verdeutlicht das Ergebnis.

Risikobereich	Punktwert	Beschreibung
1	< 10	Geringe Belastung; Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.
2	10 bis < 25	Erhöhte Belastung; eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.
3	25 bis < 50	Wesentlich erhöhte Belastung; körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind angezeigt.
4	≥ 50	Hohe Belastung; körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.

### Soll-Situation-Gestaltung:

Die MitarbeiterInnen gaben an, dass das Tragen des Exoskeletts mit einem hohen Sicherheitsgefühl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter verbunden ist, das richtige Anwenden des Exoskeletts schnell zu lernen und die richtige Nutzung einfach ist. Nach ihren Angaben ist die Bereitschaft, das Exoskelett regelmäßig zu nutzen, mit Integration der Funktionen in den Tätigkeitsprozess stark ausgeprägt. Wenige gaben mit einer geringen Ausprägung an, dass das Exoskelett mit Inkonsistenzen verbunden bzw. unnötig komplex ist und dass es eines Supports zu Anwendung bedarf.



# Beispiele zum Einsatz von Exoskeletten

## Einsatz in der Praxis - begleitet durch Fraunhofer Austria

### Beschreibung der Tätigkeit: Im Bereich eines manuell geführten

Kleinteilelagers kommissionieren Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter täglich mehrere hundert Teile. Geführt durch eine Kommissionierliste entnehmen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter hierzu entsprechende Kleinladungsträger (KLT) mit einem variierenden Gewicht von 10 bis 20 Kilogramm aus dem Lagerregal, stellen diesen KLT auf einem Tisch ab und kommissionieren die festgelegte Anzahl an Teilen in einen für die Montage spezifischen KLT. Zur Aufnahme und Abstellung der KLT arbeiten die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu 50 % über Herzhöhe. Die restlichen 50 % der Entnahme- und Abstellarbeiten erfolgen in gebückter oder hockender Position.



### Ausgangssituations-Analyse:

Durch die auszuführende Tätigkeit resultieren hohe Belastungen, vor allem Schulter-Nacken-Bereich auf die Monteure. Eine körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich, welche durch Anwendung der Leitmerkalmethode verdeutlicht wird. Der Einsatz technologischer Sondersysteme zur Unterstützung der Monteure ist wirtschaftlich gesehen nur begrenzt sinnvoll. Die Abbildung unten verdeutlicht das Ergebnis.

### Soll-Situation-Gestaltung:

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gaben an, dass das Tragen des Exoskeletts mit einem hohen Sicherheitsgefühl verbunden, das richtige Anwenden des Exoskeletts schnell zu erlernen und die richtige Nutzung einfach ist. Das Exoskelett regelmäßig zu nutzen, ist gut vorstellbar, ebenso wie die Integration (Anwendung) der Funktionen des Exoskeletts in dem Tätigkeitsprozess. Alle restlichen Fragen wurden mit sehr geringer Ausprägung oder mit der Ausprägung 0 bewertet.

Risikobereich	Punktwert	Beschreibung
1	< 10	Geringe Belastung; Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.
2	10 bis < 25	Erhöhte Belastung; eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.
3	25 bis < 50	Wesentlich erhöhte Belastung; körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind angezeigt.
4	≥ 50	Hohe Belastung; körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.



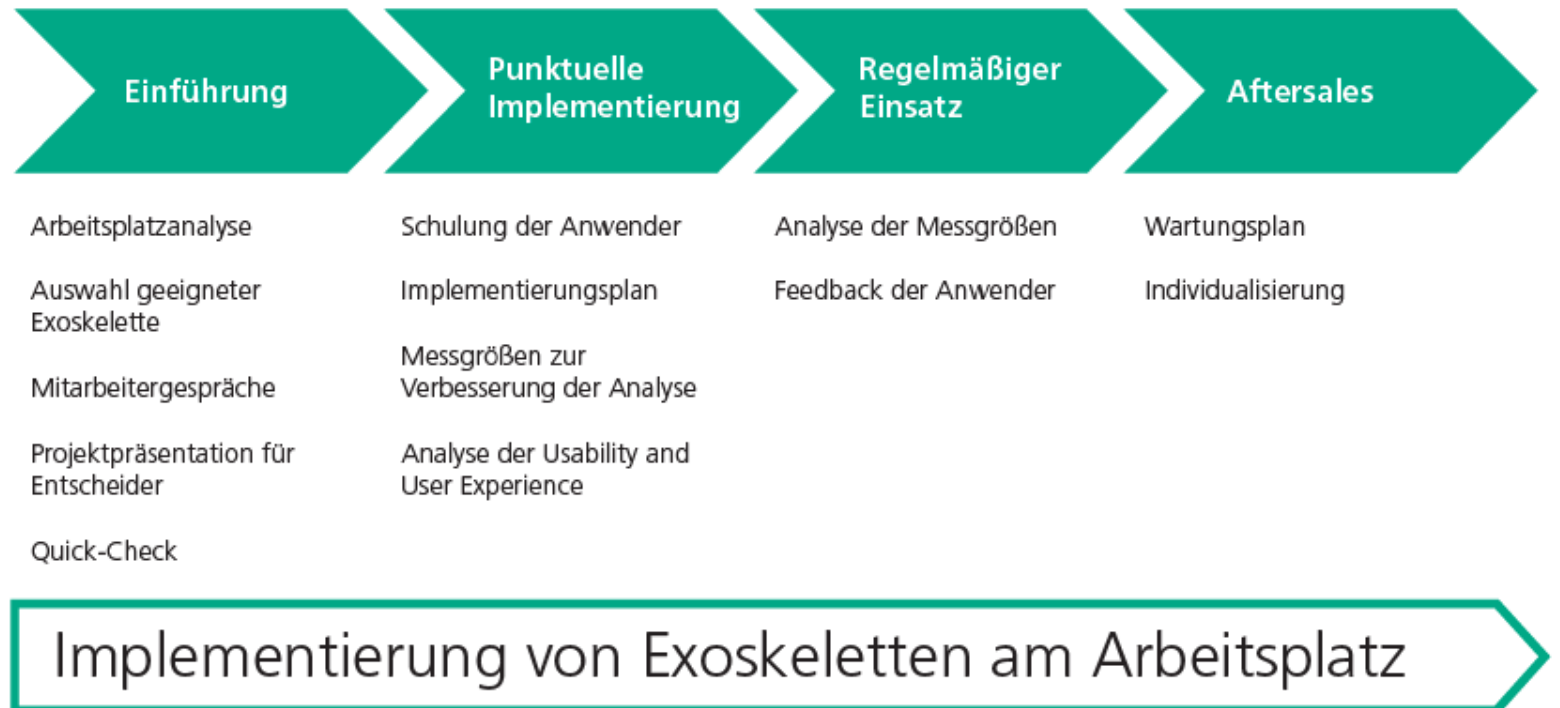
# Erfolgreiche Implementierung ist planbar und erfolgt in vier Stadien

## Exoskelette in Produktion und Logistik

Exoskelette kommen besonders dort **infrage**, wo **andere Assistenzsysteme** wie Stapler, Kräne etc. **nicht verwendet werden können**, etwa bei **nicht stationären Arbeitsplätzen** oder **Platzmangel**

Die Sinnhaftigkeit der Implementierung lässt sich nach **Analyse des Arbeitsumfelds** inklusive erster Praxistests **beurteilen**

### Roadmap einer erfolgreichen Implementierung



# Quick-Check für den ersten Schritt zu einer erfolgreichen Implementierung Exoskelette in Produktion und Logistik



- **Quick Check** ob eine Implementierung weiterverfolgt werden könnte
  - <https://app.umfrageonline.com/s/exo>
- Fraunhofer Austria steht gerne als erfahrener Ansprechpartner und Projektpartner zur Verfügung



**Univ.-Ass. Dipl.-Ing. Fabian Holly B.Sc.**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter | Leiter der Lehrkoordination

+43 676 888 616 50

fabian.holly@fraunhofer.at

Fraunhofer Austria Research GmbH

Theresianumgasse 7 | 1040 Wien  
Tel.: +43 1 504 69 06  
Fax: +43 1 504 69 10 90

office@fraunhofer.at  
www.fraunhofer.at

Follow us on:

