

---

# Belastungsreduzierung durch Industrie 4.0 – Erfahrungen aus dem Future Work Lab und der betrieblichen Praxis

---



Oliver Scholtz

Reutlingen, 23. Oktober 2019

# Inhalt

- Fraunhofer IAO
- Handlungsleitfaden zur präventiven Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Intralogistik
  - Beanspruchungsmonitor
    - Einfache und ganzheitliche Aufnahme der Beanspruchungen mit den Beschäftigten (Ergebnis aus dem Forschungsprojekt PREVILOG, Firmenbeispiel)
  - Gestaltungsprinzipien
    - (körperlich, psychisch, Umgebung (z.B. Licht))
- Lichtgestaltung am Produktionsarbeitsplatz bei Schichtarbeit
  - Ergebnisse einer Studie bei der Firma Festo
- Assistenzsysteme
  - Physische Assistenzsysteme - Exoskelette und Leichtbauroboter (FWL – Future Work Lab, Forschungsprojekt ROKOKO mit Firmen Metabo, Schunk, ZF Friedrichshafen)
  - Digitale Assistenzsysteme (FWL – Future Work Lab, Forschungsprojekt Previlog – Firma Fa. PR-Tronik, Wareneingang)



# Inhalt

## ▪ Fraunhofer IAO

### ▪ Handlungsleitfaden zur präventiven Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Intralogistik

- Beanspruchungsmonitor
  - Einfache und ganzheitliche Aufnahme der Beanspruchungen mit den Beschäftigten (Ergebnis aus dem Forschungsprojekt PREVILOG, Firmenbeispiel)
- Gestaltungsprinzipien
  - (körperlich, psychisch, Umgebung (z.B. Licht))



### ▪ Lichtgestaltung am Produktionsarbeitsplatz bei Schichtarbeit

- Ergebnisse einer Studie bei der Firma Festo



### ▪ Assistenzsysteme

- Physische Assistenzsysteme - Exoskelette und Leichtbauroboter (FWL – Future Work Lab, Forschungsprojekt ROKOKO mit Firmen Metabo, Schunk, ZF Friedrichshafen)
- Digitale Assistenzsysteme (FWL – Future Work Lab, Forschungsprojekt Previlog – Firma Fa. PR-Tronik, Wareneingang)







# Profil Fraunhofer-IAO und IAT der Universität Stuttgart

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft  
und Organisation IAO, Stuttgart



Kooperation

Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement IAT, Universität Stuttgart



**Universität Stuttgart**

Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement IAT



## Gründungsjahr:

IAO 1981

IAT 1991



## Institutsleitung:

Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Wilhelm Bauer (since 2013)

Prof. Dr.-Ing. Oliver Riedel (since 2018)

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Dieter Spath (2002 – 2013)

Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. e.h. mult. Dr.-Ing. h.c. mult.

Hans-Jörg Bullinger (1981 – 2002)

## Finanzvolumen und Personal (2018):

42,6 Mio. €, Davon 33% im Auftrag der Wirtschaft ; 630 Mitarbeiter

# LEISTUNGSANGEBOTE COGNITIVE ENGINEERING AND PRODUCTION

Maßgeschneiderte Beratung, aktive Innovationsnetzwerke, geförderte Forschungsprojekte

## Herausforderungen

- Digitalisierung
- Industrie 4.0
- Neue Technologien
- Volatilität
- Variantenreichtum
- Losgröße 1
- Geschwindigkeit
- Fachkräftemangel
- Generationenmix
- Attraktivität
- Globalisierung
- Nachhaltigkeit
- Komplexität

## Key Facts

- 5 Teams | 36 Mitarbeitende | 31 HiWis
- 6,4 Mio.€ Umsatz (2018) | >50 aktive Projekte



# Produktionsmanagement am Fraunhofer-IAO

## Industrie 4.0

### Lean Management Produktionssysteme

- Kollaborative Leichtbauroboter
- Wertstromdesign und Prozessorganisation
- Montage- und Intralogistikplanung



### Flexibler Personaleinsatz in der Produktion

- Gestaltung flexibler Arbeitszeiten
- KapaFit-Tool: Flexibilitätsdimensionierung
- Selbstorganisation



### Industrie 4.0 – Produktionsarbeit der Zukunft

- Produktionsassessment 4.0
- Innovationsnetzwerk »Produktionsarbeit 4.0«
- Future Work Lab
- MyCPS

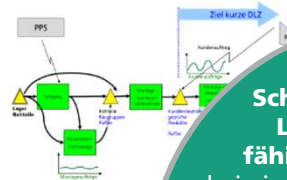


# Manuelle Montagen **systematisch** optimieren und planen

Unsere Leistungen für Ihre Montageproduktivität

## Wertstrom und Kapazitätspuffer dimensionieren

- Festlegung Vormontagen (wo erforderlich)
- Planung und Dimensionierung von Puffern
- Wellenbrecher zum Ausgleich von großen Auftragsspitzen



**Schnelle Lieferfähigkeit** bei niedrigen Beständen

## Montagesystem: Passgenau auswählen und dimensionieren

- Montagesystem-Struktur auswählen (U-Linie, Fließmontage, One-set-flow-System, ...)
- Dimensionierung: Anzahl Montagesysteme und Anzahl Mitarbeiter



**Produktivität: beste Montagesystem**

**Mehrwert**

## Materialbereitstellung gestalten

- Festlegung Rüstkonzept (fest eingerüstet, Behälter wechseln, Kommissionierung, ...)
- Dimensionierung von Behältergrößen und Anzahl
- Anbindung an Intralogistik



**Minimales Rüsten** bei niedrigen Beständen

## Cardboard Engineering: neue Arbeitsplätze mit Mitarbeitern aufbauen

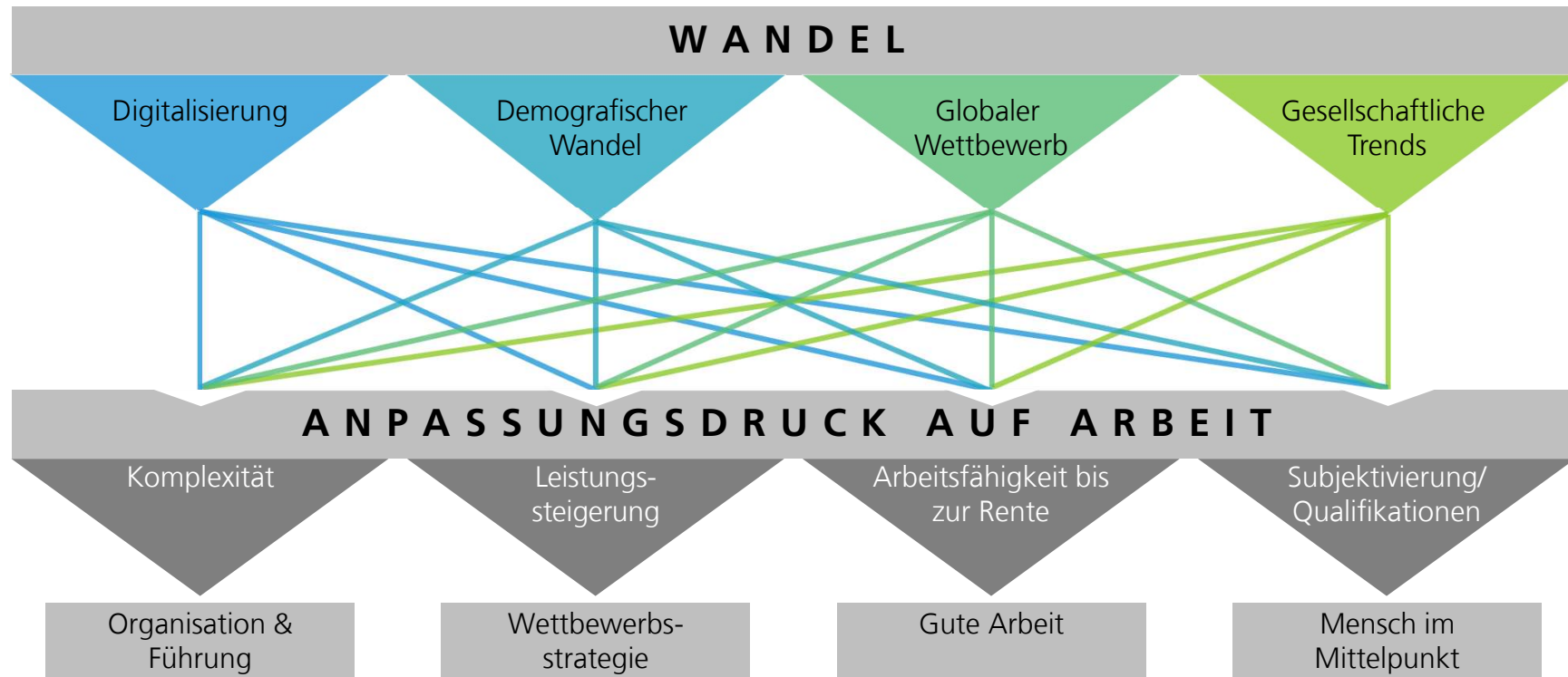
- Kurz-Check: Richtiges Montagesystem und richtige Materialbereitstellung
- Vorbereitung Cardboard (Hilfsmittel, Organisation, Schulung)
- Durchführung → kürzeste Greifwege, Ergonomie, Akzeptanz bei MA



**Produktivität: Kürzeste Greifwege, Ergonomie**

# Weiterhin nimmt der Wandlungsdruck auf Unternehmen zu

## Unternehmen müssen geeignete Antworten finden





# Future Work Lab in Stuttgart



»FUTURE WORK LAB«

**Fraunhofer**  
IAO

**Universität Stuttgart**  
Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement IAT

**Fraunhofer**  
IPA

**Universität Stuttgart**  
Institut für Industrielle Fertigung  
und Fabrikbetrieb IFF

**Demozentrum mit »Arbeitswelt der Zukunft-Parcours«**

Parcours 1 »Heute+«

Parcours 2 »2025 Technik+«

Parcours 3 »2025 Mensch+«

**Kompetenzentwicklungs- und Beratungszentrum**  
**»Fit für die Arbeit der Zukunft«**

Modul 1	Modul 2	Modul 3	Modul 4	Modul 5	Modul X
---------	---------	---------	---------	---------	---------

**Ideenzentrum für Arbeitsforschung »Work in Progress«**

Think Tank und geschützter Raum für Forschung und Innovation  
rund um Arbeit und Mensch-Technik-Interaktion

**Anschubfinanzierung:**

**Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung**

**Mögliche Value-Partner:**

- Unternehmen als Ausrüster und Nutzer
- Sozialpartner
- Verbände
- Kammern



Kooperationspartner



**SÜDWESTMETALL**



# Inhalt

- Fraunhofer IAO
- Handlungsleitfaden zur präventiven Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Intralogistik
  - Beanspruchungsmonitor
    - Einfache und ganzheitliche Aufnahme der Beanspruchungen mit den Beschäftigten (Ergebnis aus dem Forschungsprojekt PREVILOG, Firmenbeispiel)
  - Gestaltungsprinzipien
    - (körperlich, psychisch, Umgebung (z.B. Licht))
- Lichtgestaltung am Produktionsarbeitsplatz bei Schichtarbeit
  - Ergebnisse einer Studie bei der Firma Festo
- Assistenzsysteme
  - Physische Assistenzsysteme - Exoskelette und Leichtbauroboter (FWL – Future Work Lab, Forschungsprojekt ROKOKO mit Firmen Metabo, Schunk, ZF Friedrichshafen)
  - Digitale Assistenzsysteme (FWL – Future Work Lab, Forschungsprojekt Previlog – Firma Fa. PR-Tronik, Wareneingang)



**FESTO**

Future **Work Lab**

Future **Work Lab** PREVILOG

# Inhalt

- Handlungsleitfaden zur präventiven Gestaltung von Arbeitssystemen und –plätzen in der Intralogistik
  - Beanspruchungsmonitor
  - Beanspruchung-Gestaltungsprinzip-Matrix
  - 23 Gestaltungsprinzipien

<https://www.produktionsmanagement.iao.fraunhofer.de/content/dam/produktionsmanagement/de/documents/Previlog/Handlungsleitfaden%20Entwurf%202019-06-14.pdf>

Oder

<http://s.fhg.de/Handlungsleitfaden-praeventive-Arbeit-Intralogistik>

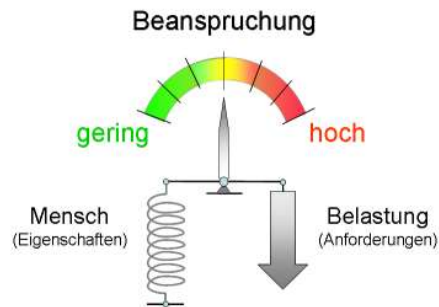




# Belastungs-Beanspruchungs-Konzept

(Rohmert/Rutenfranz 1975)

Grundmodell:



- Unter **Belastung** ist jede Einflussgröße zu verstehen, die am menschlichen Organismus eine Wirkung hervorrufen kann.
- Als **Beanspruchung** bezeichnet man Veränderungen des Organismus, die durch Belastung hervorgerufen werden.

Die Beanspruchung wird durch individuelle Ressourcen geprägt:



© Laurig, ergonomassist

- Beanspruchungsfolgen können einerseits zu Fähigkeitserwerb, andererseits zu Stress oder Ermüdung beitragen.
- Andauernde Über- und Unterforderung (d. h. Fehlbeanspruchung) ist zu vermeiden.

# Beanspruchungsmonitor Schnell-Analyse-Tool

## Bewertungskriterien je Arbeitsplatz-Gruppe



Tätigkeit	XX Mitarbeiter
Körperliche Beanspruchung	 Heben (Gewichte) Laufen / Tragen (Wege) Greifen und Ablegen (auch Picken) Ungünstige Körperhaltung (langes Stehen, Beugen)
	Temperatur (Kälte, Hitze, Luftzug), Feuchtigkeit Lärm Lichtverhältnisse Verschmutzung von Gegenständen (Öl, Fett, Schmutz) Verschmutzung der Luft (Rauch, Staub, Gase, Dämpfe)
	Informationen (zu viele, unvollständige) Termindruck Arbeitsmenge (zuviel in der verfügbaren Zeit, ohne ausreichend Hilfe) Arbeitsstörungen, -unterbrechungen (häufige) Überstunden (ohne Planungshorizont, kurzfristig oder umfangreich) Keine Ordnung möglich für geordneten Arbeitsablauf Oft wiederkehrende Arbeitsvorgänge (Monotonie) Eng vorgeschriebene Arbeitsdurchführung Über- oder Unterforderung Konfrontation mit neuen Aufgaben, ohne Lernphase Feedback (fehlend oder schlecht, fehlende Anerkennung) Arbeitszeiten und Pausenzeiten

- In Anlehnung an:
- Veronika Kretschmer, Belastungsschwerpunkte von Erwerbstätigen in der Intralogistik, Sicher ist sicher 12.17, Seite 536 bis 540
  - David Beck et al. Empfehlungen zur Umsetzung der Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastung Arbeitsschutz in der Praxis 22. November 2017 (3., überarbeitete Auflage)

### 3er-Skala zur Einstufung von Kriterien

**Bewertungsmaßstab**

**rot**

- Häufig ein Problem
- Nur mit großer Anstrengung zu schaffen

**gelb**

- gelegentlich ein Problem
- Nur mit deutlicher Anstrengung zu schaffen

**grün**

- Selten oder nie ein Problem
- gut zu erledigen

# Beanspruchungsmonitor

## Beanspruchungskriterien je Arbeitsplatz-Gruppe

### Körperliche Beanspruchung

- **Heben (Gewichte)**
  - Hohe Gewichte oder häufiges Heben
  - Bei schlechter Körperhaltung (Vorbeugen, tiefes Heben, Rücken krümmen, Drehbewegung und Bücken)
  - Nicht ausreichend Platz zur Verfügung
- **Laufen / Tragen (Wege)**
  - Weite Wege
  - Treppen
  - Langes Tragen von schweren Gewichten (statische Belastung)
- **Greifen und Ablegen**
  - Häufiges Greifen, Picken
  - Viel Hand- und Armbewegungen (auch mit Gewichten)
  - Ungünstige Körperhaltung, Standbedingung
  - Lange Greifwege
  - Scharfkantig
  - Ungünstige Greifbedingungen (hohe Kräfteanstrengung beim Greifen, ...)
- **Ungünstige Körperhaltung (langes Stehen, Beugen)**
  - Langes Stehen
  - Schlechte Körperhaltung (Vorbeugen, tiefes Heben, Beugen, Drehbewegung und Bücken, Über-Kopf-Arbeiten)
  - Eingeschränkte Bewegungsfreiheit
    - Man muss ständig auf seine Bewegungen achten, weil zu wenig freie Fläche vorhanden ist → keine positive Routine möglich

### Umgebung

- Temperatur (Kälte, Hitze, Luftzug), Feuchtigkeit
- Lärm
- Lichtverhältnisse
- Verschmutzung von Gegenständen
  - Öl
  - Fett
  - Schmutz
- Verschmutzung der Luft
  - Rauch
  - Staub
  - Gase
  - Dämpfe

### Geistige Beanspruchung

- **Informationen (zu viele, unvollständige)**
  - Die Menge an zu verarbeitenden Informationen übersteigt Konzentrationsvermögen (Aufmerksamkeit)
  - Schlechte EDV-Unterstützung (z.B. händische Dateneingabe, viele Quellen)
  - Schlechte Datenqualität (schlecht lesbar)
- **Termindruck**
  - Fixe Termine in Kombination mit Auftragsspitzen können nicht umgeplant werden
  - zu wenig Hilfe (Unterstützung von Kollegen)
  - Termindruck erzeugt Leistungsdruck
  - Schlechte Planbarkeit, Vorhersehbarkeit
- **Arbeitsmenge (zu viel in der verfügbaren Zeit, ohne ausreichende Hilfe)**
  - Normalarbeitszeit deutlich überschritten
- **Arbeitsstörungen, -unterbrechungen**
  - häufige kurzfristige Änderungen,
  - Eilaufträge,
  - Widersprüche
  - Stornierungen
  - Störungen
  - Kleine Fehler – große Auswirkungen
- **Überstunden (ohne Planungshorizont, kurzfristig oder umfangreich)**
  - Schlechte Planbarkeit, Vorhersehbarkeit
  - Familiäre Verpflichtungen
- **Keine Ordnung möglich für geordneten Arbeitsablauf**
  - Mangelnde Ordnung am Arbeitsplatz wegen Platzmangel
  - Suchen erforderlich
- **Oft wiederkehrende Arbeitsvorgänge**
  - Immer wieder das Gleiche tun → Monotonie
- **Eng vorgeschriebene Arbeitsdurchführung**
  - Keine Freiheit bei der Ausführung der Arbeit
- **Über- oder Unterforderung**
  - Tätigkeiten entsprechen nicht meiner Qualifikation
- **Konfrontation mit neuen Aufgaben, ohne Lernphase**
  - Häufige ungeplante Wechsel von Arbeitsplätzen bzw. Aufgaben
  - Schlechte Einarbeitung in neue Aufgaben
- **Feedback (fehlend oder schlecht, fehlende Anerkennung)**
  - Fehlendes Feedback oder Anerkennung für erbrachte Leistungen durch Vorgesetzte
  - Bei Fehlern wird Schuldiger gesucht und nicht Ursache gesucht und beseitigt
- **Arbeitszeiten und Pausenzeiten**
  - Schichtarbeit, Nachtarbeit
  - wechselnde oder lange Arbeitszeit
  - unzureichende Pausenzeiten

# Beanspruchungsmonitor im Wareneingang reales Firmenbeispiel

vorher und nachher

**vorher**

		Wareneingang			
		MA 1	MA 2	MA 3	MA 4
<b>Körperliche Beanspruchung</b>	Heben (Gewichte)	Yellow	Yellow	Yellow	Green
	Laufen / Tragen (Wege)	Green	Green	Green	Green
	Greifen und Ablegen (auch Picken)	Green	Yellow	Yellow	Green
	Körperhaltung (Stehen, Beugen) / Bewegungsfreiheit	Red	Yellow	Yellow	Yellow
<b>Umgebung</b>	Temperatur (Kälte, Hitze, Luftzug, Feuchtigkeit)	Green	Yellow	Yellow	Yellow
	Lärm	Green	Green	Green	Yellow
	Lichtverhältnisse	Yellow	Green	Yellow	Yellow
	Verschmutzung von Gegenständen	Yellow	Green	Green	Green
	Verschmutzung der Luft (Rauch, Staub, Gase, Dämpfe)	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
<b>Geistige Beanspruchung</b>	Informationen - unvollständige	Yellow	Red	Red	Yellow
	Informationsmenge - zu viele	Yellow	Red	Red	Yellow
	Termindruck	Yellow	Red	Yellow	Yellow
	Arbeitsmenge - (zu viel Arbeit in der verfügbaren Zeit, ohne ausreichend Hilfe)	Yellow	Yellow	Green	Green
	Arbeitsstörungen, - unterbrechungen	Green	Yellow	Yellow	Yellow
	Kurzfristige Überstunden	Green	Green	Yellow	Green
	keine Ordnung für geordneten Arbeitsablauf möglich	Yellow	Yellow	Yellow	Red
	oft wiederkehrende Arbeitsvorgänge	Green	Yellow	Green	Green
	eng vorgeschriebene Arbeitsdurchführung	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	Über- oder Unterforderung	Green	Green	Green	Green
	Konfrontation mit neuen Aufgaben, ohne Lernphase	Green	Green	Green	Yellow
	Feedback (fehlend, schlecht, fehlende Anerkennung)	Green	Green	Yellow	Green
	Arbeitszeiten und Pausenzeiten	Green	Green	Green	Green



## Veränderungen:

- Fabrikerweiterung
- Neue Arbeitsplätze
- „schlauer Klaus“
- geringere Auslastung

**nachher**

		Wareneingang			
		MA 1	MA 2	MA 3	MA 4
<b>Körperliche Beanspruchung</b>	Heben (Gewichte)	Green	Yellow	Green	Green
	Laufen / Tragen (Wege)	Green	Green	Green	Green
	Greifen und Ablegen (auch Picken)	Green	Green	Yellow	Green
	Körperhaltung (Stehen, Beugen) / Bewegungsfreiheit	Green	Yellow	Yellow	Green
<b>Umgebung</b>	Temperatur (Kälte, Hitze, Luftzug, Feuchtigkeit)	Green	Green	Green	Green
	Lärm	Green	Yellow	Green	Green
	Lichtverhältnisse	Green	Green	Green	Green
	Verschmutzung von Gegenständen	Green	Yellow	Green	Green
	Verschmutzung der Luft (Rauch, Staub, Gase, Dämpfe)	Green	Yellow	Green	Green
<b>Geistige Beanspruchung</b>	Informationen - unvollständige	Yellow	Red	Red	Yellow
	Informationsmenge - zu viele	Green	Green	Green	Green
	Termindruck	Green	Yellow	Green	Green
	Arbeitsmenge - (zu viel Arbeit in der verfügbaren Zeit, ohne ausreichend Hilfe)	Green	Green	Green	Green
	Arbeitsstörungen, - unterbrechungen	Green	Yellow	Green	Yellow
	Kurzfristige Überstunden	Green	Green	Yellow	Green
	keine Ordnung für geordneten Arbeitsablauf möglich	Green	Green	Green	Green
	oft wiederkehrende Arbeitsvorgänge	Green	Green	Green	Green
	eng vorgeschriebene Arbeitsdurchführung	Green	Green	Yellow	Green
	Über- oder Unterforderung	Green	Green	Green	Green
	Konfrontation mit neuen Aufgaben, ohne Lernphase	Green	Green	Green	Green
	Feedback (fehlend, schlecht, fehlende Anerkennung)	Green	Green	Green	Green
	Arbeitszeiten und Pausenzeiten	Green	Green	Green	Green



# Handlungsleitfaden

Inhaltsangabe zu Prinzipien

## **Körperliche Ergonomie**

Prinzip 1: schwere Lasten auf einer durchgehend gleichhohen Ebene handhaben

Prinzip 2: Lasten möglichst nur einmal handhaben

Prinzip 3: Hilfsmittel für Lastenhandhabung einsetzen

Prinzip 4: Belastende Tätigkeiten auf mehrere Arbeitsplätze gleichmäßig verteilen

Prinzip 5: Kurzzyklische Arbeitsplatzwechsel der Mitarbeiter

Prinzip 6: Lagerung in gut erreichbaren Regalebene

Prinzip 7: Große Behälter höhenverstellbar und geneigt anordnen

Prinzip 8: Waren und Behälter auf gut erreichbare Höhe anordnen

Prinzip 9: Lagergut mit häufigem Zugriff vorne im Lager anordnen

## **Psychische Ergonomie**

Prinzip 10: Informationstechnisch unterstützte Dateneingabe

Prinzip 11: Ordnungssysteme schaffen(am Beispiel Kommissionieren und Verpacken)

Prinzip 12: Identifikation und Kennzeichnung der Ware erfolgt im One-Piece-Flow

Prinzip 13: Mitarbeiter helfen sich gegenseitig

Prinzip 14: Mitarbeiter wechseln selbständig in überlasteten Bereiche

Prinzip 15: Arbeitsvorgänge persönlichkeits-fördernd und ganzheitlich gestalten

Prinzip 16: Mitarbeiter erhalten ein positives oder negatives Feedback

Prinzip 17: Konstruktives Fehlermanagement

## **Umgebungsprinzipien**

Prinzip 18: Lärm verringern

Prinzip 19: angenehmes Umgebungsklima schaffen

Prinzip 20: Arbeitsbereiche gut ausleuchten

Prinzip 21: Motivierende und eindeutige Farbgebung verwenden

Prinzip 22: Soziale Interaktionsmöglichkeiten ermöglichen

Prinzip 23: 5A

# Prinzip 1: schwere Lasten auf einer Ebene handhaben

Prinzipbild

Problemsituation

Kurzbeschreibung

Beschreibung

Handlungsebenen – Entwurfstand 14.06.2019

Praxisbeispiel für Arbeitsschutz und Ergonomie 18

5.1.1 Prinzip 1: schwere Lasten auf einer durchgehend gleichhohen Ebene handhaben

Abbildung 11: Lasten auf einer Ebene handhaben

**Problemsituation**  
Schwere Lasten sind zwischen zwei Ebenen, auf unterschiedlichen Höhen, zu handhaben. Dabei muss die Last vom Mitarbeiter angehoben und von der Ausgangshöhe auf die Zielhöhe getragen werden.

**Kurzbeschreibung**  
Lasten auf gleichhohen Ebenen schieben statt Heben und Tragen.

**Beschreibung**  
Bei schweren Lasten sind die Ebenen, auf denen die Waren transportiert und bearbeitet werden, gleich hoch zu gestalten. Dabei können schwere Gegenstände z. B. von Tisch zu Tisch auf einer ebenen geschichteten Ebene geschoben werden. Dabei der Trichter-mechanismus entfernt, sodass die Waren von einem Wagen zum anderen werden. Die Wagen sind dabei auf Gleitrollen oder auf Räder. Die Waren werden dabei von Tisch zu Tisch zuerst auf den Wagen aufgeschoben, transportiert und am Ziel-Tisch wieder abgeschoben. Damit werden Hebe- und Tragelastigkeiten durch Schieben ersetzt.  
Dafür können zusätzliche Hilfsmittel, wie z. B. glatte Oberflächen oder Rollbahnen eingesetzt werden.

Vorteile

Nachteile

Handlungsebenen – Entwurfstand 14.06.2019

Praxisbeispiel für Arbeitsschutz und Ergonomie 19

**Beispiel**  
Im Warenengang werden schwere Pakete direkt aus dem Transportfahrzeug auf einen Wagen geladen. Der Wagen wird an den Warenempfangsbereich geschoben und die schwere Palette wird vom Wagen auf den Arbeitsplatz abgeschoben.

**Vorteile**

- Entfall von Hebe- und Tragelastigkeiten

**Nachteile**

- Eventuell sind zusätzliche Transpore erforderlich.
- Hohe Rollwägen können ein Schieben bzw. Ziehen von Waren auf der Ebene erschweren.

**Sonstiges**  
Der Einsatz von höhenverstellbaren Hilfsmitteln ermöglicht eine individuelle bzw. aufgabenspezifische Anpassung der Arbeitshöhe.

Firmenbeispiel

Handlungsebenen – Entwurfstand 14.06.2019

Praxisbeispiel für Arbeitsschutz und Ergonomie 20

5.1.1.1 Firmenbeispiel PB-Tronic  
(Oberflächentechnik für Elektroautomatik, KMU)

Am Warenempfang Pakete auf höherverstellbaren Wagen ablegen, zum Arbeitsplatz fahren und dort vom Wagen auf Arbeitstisch schieben – ohne Heben oder Tragen

Abbildung 12: Schwerkraft an Höhenverstellung auf Wagen abbauen und an Arbeitstisch hoch schieben

Schwere Palette mit bis zu 250 kg werden unmittelbar beim Abladen über die Anlieferung am Warenempfang auf einen Wagen platziert. Das schwere Palett wird auf dem Wagen an den Arbeitstisch gefahren und das Palett wird vom Wagen auf den Arbeitstisch geschoben.

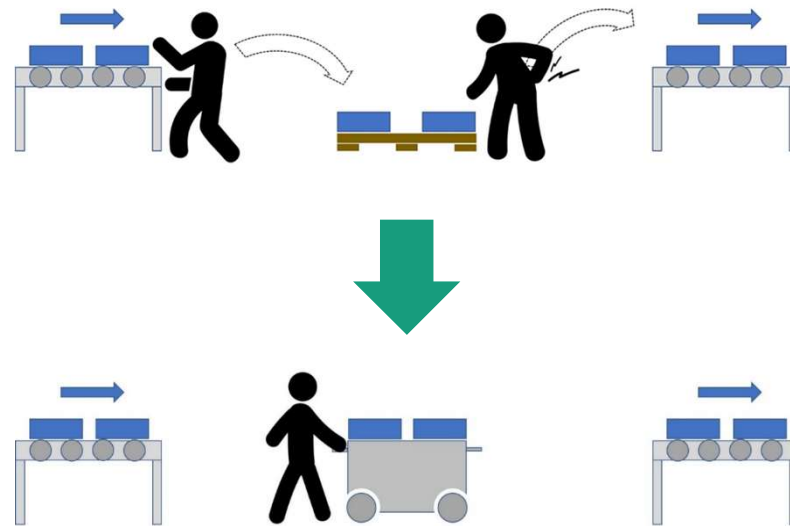
Mitarbeiter: „Meinem Rücken geht es deutlich besser seit ich den Wagen einsetze.“

Handlungsleitfaden

# Körperliche Ergonomie



**Prinzip1 :**  
**schwere Lasten auf einer durchgehend gleichhohen Ebene handhaben**



**Beispiel: PR-Tronic:**  
**Am Wareneingang Pakete auf Wagen ablegen und von dort auf Arbeitstisch rüberschieben**

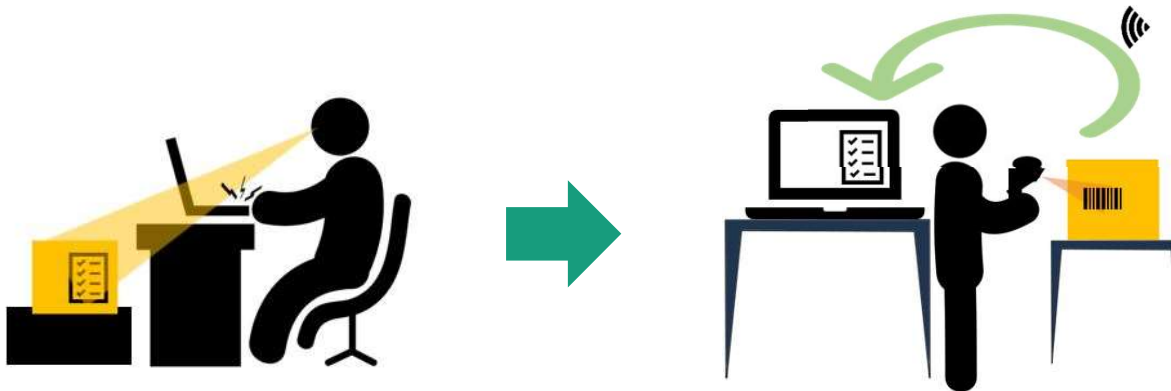
Handlungsanleitung

# Psychische Ergonomie

## Fehlervermeidung

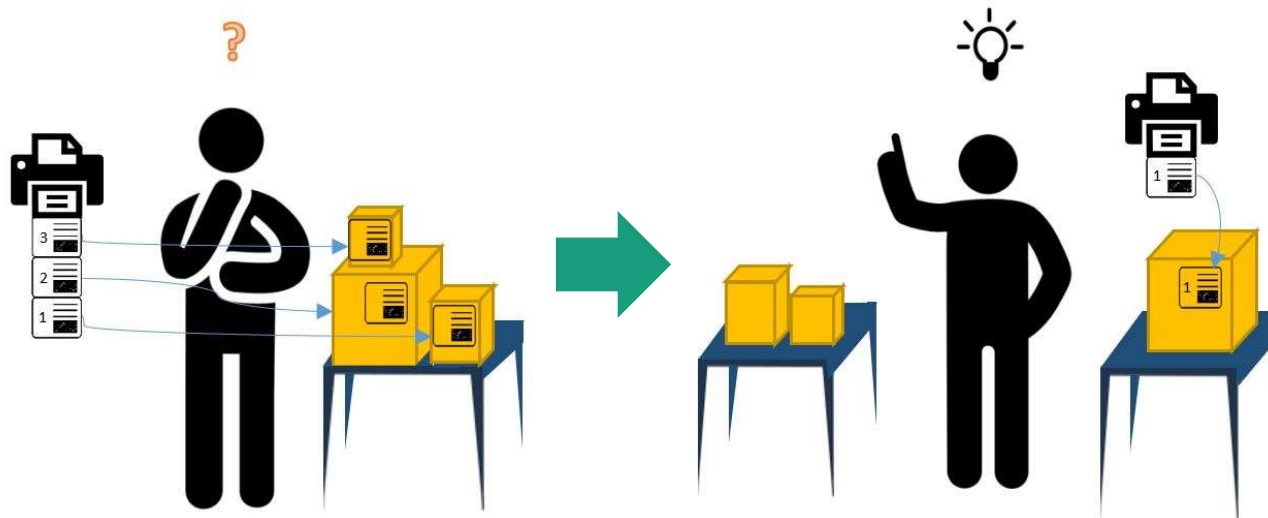
### Prinzip10: Informationstechnisch unterstützte Dateneingabe

Prinzipiell fehleranfällige manuelle Dateneingaben sind zu vermeiden und mit EDV-Unterstützung zu automatisieren. Scanner erlauben eine nahezu fehler-freie Dateneingabe.



Beispiel PR-Tronic: Dateneingabe am Wareneingang mit schlauem Klaus

## Prinzip 12: Identifikation und Kennzeichnung der Ware nach One-Piece-Flow-Prinzip mit IT-Unterstützung



Beispiel PR-Tronic: Dateneingabe am Wareneingang mit schlauem Klaus

# Inhalt

- Fraunhofer IAO
- Handlungsleitfaden zur präventiven Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Intralogistik
  - Beanspruchungsmonitor
    - Einfache und ganzheitliche Aufnahme der Beanspruchungen mit den Beschäftigten (Ergebnis aus dem Forschungsprojekt PREVILOG, Firmenbeispiel)
  - Gestaltungsprinzipien
    - (körperlich, psychisch, Umgebung (z.B. Licht))



## ▪ Lichtgestaltung am Produktionsarbeitsplatz bei Schichtarbeit

**FESTO**

- Ergebnisse einer Studie bei der Firma Festo

## ▪ Assistenzsysteme

- Physische Assistenzsysteme - Exoskelette und Leichtbauroboter (FWL – Future Work Lab, Forschungsprojekt ROKOKO mit Firmen Metabo, Schunk, ZF Friedrichshafen)
- Digitale Assistenzsysteme (FWL – Future Work Lab, Forschungsprojekt Previlog – Firma Fa. PR-Tronik, Wareneingang)



# Beispiel: Lichtsteuerung

## Aktivitätsbasierte Beleuchtungssteuerung in Abhängigkeit von Arbeitsaufgabe, Arbeitsort und individuellen Präferenzen



- Lichtintensität, -farbe und -richtung abhängig vom jeweiligen Kontext (Mensch, Produkt, Arbeitsaufgabe)
  - RFID-Tags identifizieren Montagewagen und aktivieren Beleuchtung
  - Sensor erkennt Arbeitsschritt und aktiviert arbeitsplanabhängige Beleuchtungssituation bspw. für Sichtprüfung



---

# EVALUATION EINES ALTERNIERENDEN BELEUCHTUNGS-KONZEPTS IN EINEM PRODUKTIONSBETRIEB

---

Frühjahrskonferenz der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft | Dresden, 28. Februar 2019



Isabel Schöllhorn, Achim Pross, Martin Braun, Kilian Seiler, Oliver Stefani

---

# Künstliche Beleuchtung und Produktivität bei Schichtarbeit

Befunde seit 1997

- **Deutliche Leistungssteigerung** und Fehlerrückgang **bei Erhöhung der Beleuchtungsstärke** (von 100 lx auf 600 lx)

Licht 49 (1997), Nr. 11/12; Licht: 50 (1998), Nr.1/2; Licht 50 (1998), Nr.3; Völker S, Dissertation TU Ilmenau, 1999.

- Licht mit **reduziertem Blauanteil** kann bei Nachtschichtarbeit positive Effekte hervorrufen (bei 1.700 K Melatoninausschüttung signifikant weniger gestört als bei 6.300 K). Es fanden **keine negative Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit** statt, sowie keine negative Veränderung der Befindlichkeit.

Hoffman G. et al.: Effects of Light With Reduced Short Wavelength Components on Parameters of Circadian Rhythm and Performance in an Experimental Night Shift Model / The Open Physiology Journal. - 2008. - Bd. 1. - S. 34-43. - DOI: 10.2174/1874360900901010034

- Eine quantitative Zusammenfassung zeigt: **Höhere Produktivität** bei Beleuchtungsstärke  $E > 750$  lx als bei  $E < 300$  lx.

Steidle, Zill, Werth & Sedlbauer, 2013.



## Problematik der Nachtschichtarbeit



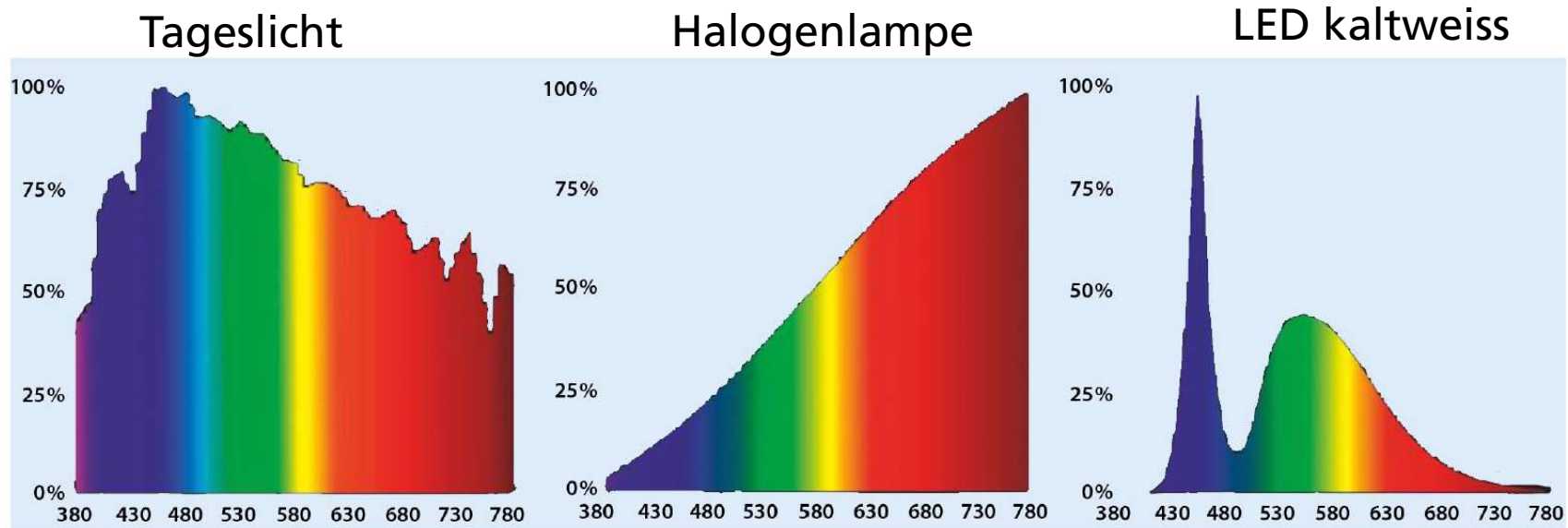
Im Dezember 2007 stuften die Internationale Agentur für Krebsforschung und die Weltgesundheitsorganisation (WHO) Schichtarbeit in die Klassifikation 2A »wahrscheinlich karzinogen für den Menschen« ein.



© Fraunhofer IAO

- Schichtarbeit erfordert **ausreichende Beleuchtungsstärken** in der Nacht.
- Nachtschichtarbeit verursacht aber **Melatoninsuppression**, v. a. wenn der Mensch tagsüber zu wenig Licht ausgesetzt ist  
(Hébert M. et al. 2002)
- Melatoninsuppression soll wegen erhöhtem **Krebsrisiko** vermieden werden.  
(Stevens R. 2006, Blask D. 2009, Blask D. et al. 1997)
- Melatonin **hemmt** das Tumorwachstum.  
(Cos S. et al. 2006)

# Spektren unterschiedlicher Lichtquellen



**Abb. 1** ▲ Lampenspektren (v.l.n.r.: Tageslicht, Halogenlampe, LED kaltweiss). Abszisse: Wellenlänge (nm), Ordinate: normierte Strahlungsleistung. Mit freundlicher Genehmigung der Fördergemeinschaft Gutes Licht (Licht.de)

Quelle: Empfehlungen der Kommission Umweltmedizin am Robert-Koch-Institut zu Moderne Lichtquellen  
Bundesgesundheitsblatt 15. August 2015, Seite 1171, Springer-Verlag Berlin Heidelberg

# Abweichende visuelle und biologische Anforderungen an künstl. Beleuchtung

- Das **visuelle System** des Menschen ist ideal an das **Tageslicht angepasst**; zentrale chronobiologische Rhythmen bzw. Funktionen werden vom natürlichen Tageslicht kontrolliert.
- Eine Beleuchtung in der Nacht mit **erhöhtem Blauanteil** ist wegen der **Melatoninsuppression** und damit einhergehenden möglichen **Befindensstörungen** (z. B. chronische Erschöpfung, Schlafstörungen) zu vermeiden. Eine Studie zu dynam. Beleuchtung zeigt, dass sich das **Müdigkeitsempfinden** trotz reduzierter Farbtemperatur in der Nacht nicht verändert (Veitz et al. 2018).
- Gestaltungshinweise unter Berücksichtigung der **biologischen Wirkung von Licht** auf den Menschen geben u. a. folgende Regelwerke und Normen:
  - DIN SPEC 5031-100:2015-08 »Nichtvisuelle Wirkung des Lichts auf den Menschen«,
  - DIN SPEC 67600: »Biologisch wirksame Beleuchtung – Planungsempfehlungen«.
- »Der Einsatz der biologischen Wirkung von künstlichem Licht ist nur gestattet, wenn **Sicherheit** und **Gesundheitsschutz** bei der Arbeit ausreichend berücksichtigt sind.« KAN-Positionspapier 4/2017. Die entsprechende Forschung nimmt derzeit Fahrt auf (KANBrief 4/2018).
- **Biologische (bzw. melanopische)** und **visuelle Anforderungen** an die künstliche Beleuchtung u. a. bei Schichtarbeit weichen voneinander ab.

→ Eine Gestaltungslösung stellen **alternierende Beleuchtungskonzepte** bei Tag und Nacht dar.

# Praxisanwendung: Alternierende Lichtbedingungen bei industrieller Arbeit

## Forschungsanwendungsprojekt:

Erstellung eines Beleuchtungskonzeptes für die

### »FESTO Technologiefabrik Scharnhausen«:

- Realisierung eines alternierenden Beleuchtungskonzeptes für feine Montagearbeiten, differenziert nach Tag und Nacht, unter Berücksichtigung des Gefährdungsrisikos von **biologisch wirksamem Blaulicht**.
- Aufgaben: Lichtplanung, Begleitung der Installation, Erprobung, Akzeptanz- und Wirkungsermittlung in Rahmen einer Feldstudie.
- Bewertung der eingesetzten Beleuchtung hinsichtlich technischer, gesundheitlicher und produktiver Kriterien.



- FESTO-Leitwerk für die Produktion von Ventilen, Ventilinseln und Elektronik
- Digitalisierte Referenzfabrik für Kunden
- 66.000 m<sup>2</sup> Gesamtfläche
- 1.200 Mitarbeiter

# Alternierendes Beleuchtungskonzept für die Festo Technologiefabrik

## Differenzierte Lichtbedingungen für Tag und Nacht

### Projektziele:

- Akzeptanzförderung für Nachtschichtarbeit, möglichst geringe Beeinträchtigung der circadianen Rhythmen (→ Alterseffekte).
- Beitrag zu Gesundheitsförderung und -schutz (→ Wohlbefinden).
- Erreichung von Produktivitätszielen, gesichertes Qualitätsniveau bei präzisen Montageaufgaben (→ Aktivierung auch bei Nacht).
- Ansatz: Alternierende Beleuchtung soll von Beschäftigten nicht nachteiliger empfunden werden als etabl., statische Beleuchtung.

Lichtbedingung bei Tag	Lichtbedingung bei Nacht
Höhere Helligkeiten ( $\bar{x} = 850 \text{ lx}$ ) über der Norm (ASR 3.4) und hohe Farbtemperaturen ( $\bar{x} = 5.300 \text{ K}$ ) zur Aktivierung	Geringere Helligkeit ( $\bar{x} = 580 \text{ lx}$ ) als am Tag, jedoch mindestens nach ASR 3.4
Erhöhter Blauanteil (KW) mit biologischer Wirksamkeit, der dem natürlichen Tageslicht entspricht	Warme Farbtemperatur (WW) mit reduziertem Blauanteil ( $\bar{x} = 3.400 \text{ K}$ ) zur Wahrung des natürlichen Circadian-Rhythmus

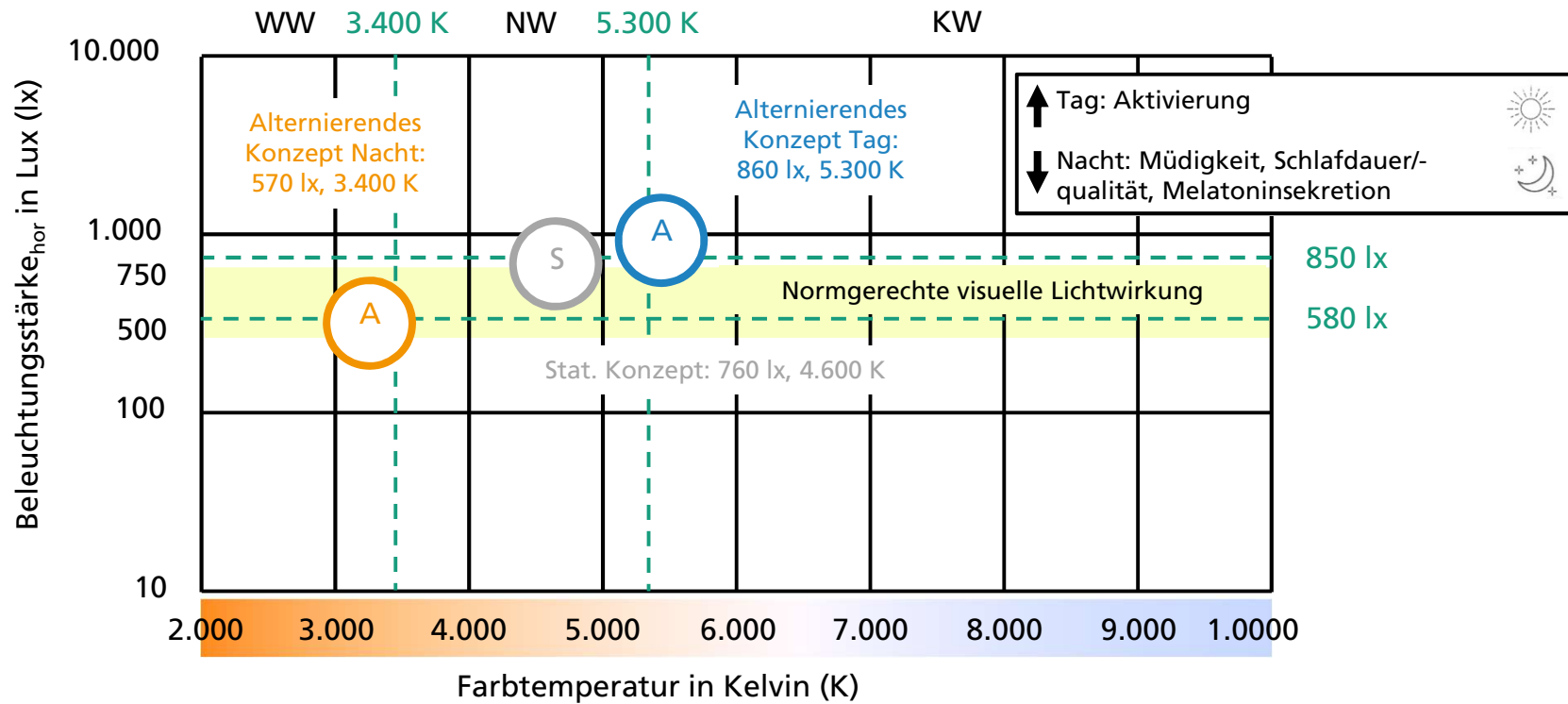
Beleuchtung am Tag (Simulation)



Beleuchtung in der Nacht



# Lichtbedingungen für die alternativen Beleuchtungskonzepte (Schema)



# Forschungsfragen

## 1. »Gefallen«:

Empfinden die Befragten ein alternierendes Beleuchtungskonzept über alle Schichten behaglicher als ein etabliertes, statisches Konzept? Subjektives Empfinden (→ Gefallen) unter Berücksichtigung von Helligkeit und Farbe.

## 2. Wachheit und Müdigkeit (als Maß der Aktivierung):

Bewerten die Mitarbeiter die alternierende und statische Lichtkondition sowohl bei Tag als auch bei Nacht gleich aktivierend? (Bewertung mittels MDBF).

## 3. Ergänzende Forschungsfrage »Ausführungsbedingung«:

Reicht eine verringerte Beleuchtungsstärke in der Nacht (welche die Melatoninsekretion nicht übermäßig beeinträchtigt) zur Ausführung präziser Montagearbeiten aus (→ Wahrnehmung, Fehlerquote)? Empfehlung ASR 3.4: 750 lx, realisiert: 580 lx.

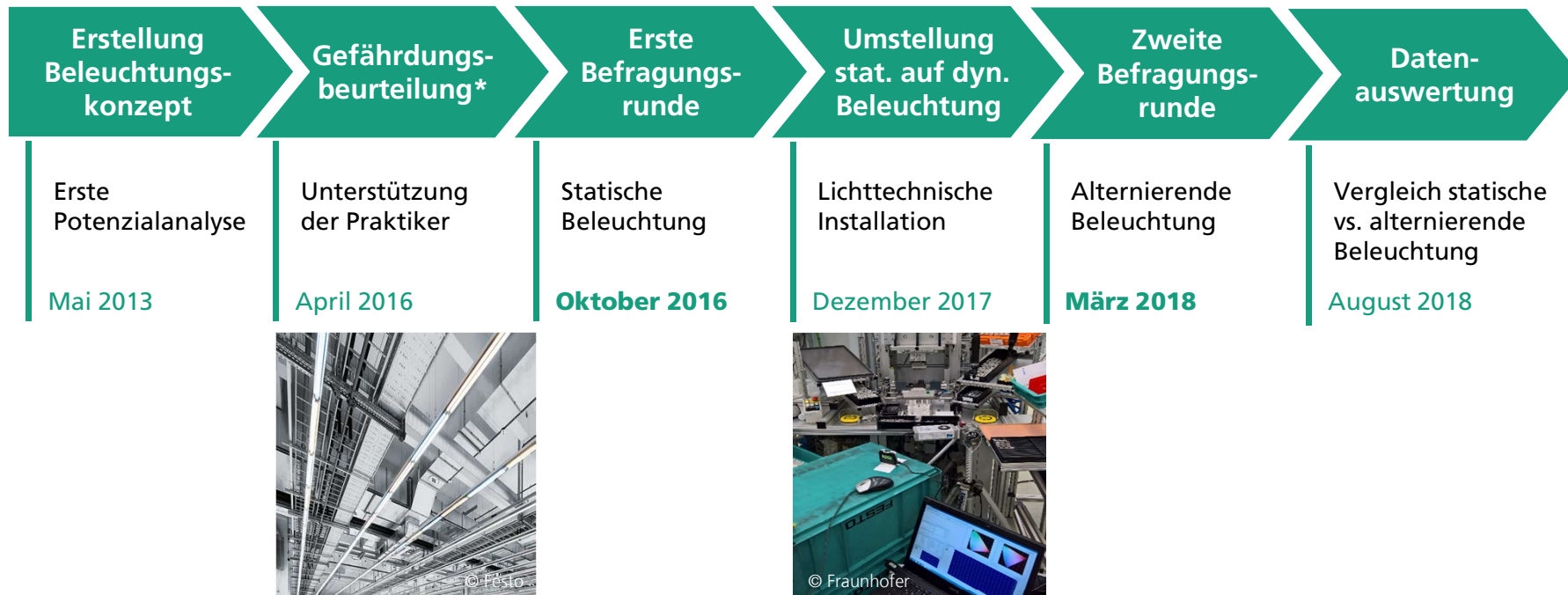


© Festo



# Inhaltlicher und zeitlicher Projektverlauf (Projektlaufzeit 2013-2018)

Eröffnung der Technologiefabrik  
September 2015



\*Vorgehen unter Beteiligung von Lichtplanern, Fachkraft für Arbeitssicherheit, Betriebsarzt und Betriebsrat



## Ergebnisse der Mitarbeiterbefragung: Gefallen der Lichtsituation (2/2)

### Vertiefende, schriftliche Befragung:

- Wie empfinden Sie die **Helligkeit** in der Frühschicht / Spätschicht / Nachtschicht?
- Wie empfinden Sie die **Lichtfarbe** in der Frühschicht / Spätschicht / Nachtschicht?
- Wie empfinden Sie die **Farbe von Gegenständen** in der Frühschicht / Spätschicht / Nachtschicht?

### Ergebnis:

Kein signifikanter Unterschied in allen beleuchtungsrelevanten Fragen.

## Diskussion der Studienergebnisse

- Die alternierende Beleuchtung wird generell neutral bis positiv bewertet.
- Alternierende Beleuchtung wird nahezu identisch bewertet wie statische Beleuchtung.
- Helles, warmweißes Licht in der Nacht wird nicht als störend wahrgenommen.
- Übergänge von Tag zu Nacht und umgekehrt werden nicht als störend empfunden.

**Schlussfolgerung:** Das alternierende Beleuchtungskonzept wird von den Befragten akzeptiert.

**Erfahrungen im Forschungsprojekt:** Anwendungsorientierte Lichtforschung ist langfristig anzugehen und mit entsprechenden Ressourcen auszustatten. Unser Dank gilt der Fa. FESTO für die großzügige Unterstützung der Forschungsarbeiten im laufenden Produktionsbetrieb!

# Inhalt

- Fraunhofer IAO
- Handlungsleitfaden zur präventiven Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Intralogistik
  - Beanspruchungsmonitor
    - Einfache und ganzheitliche Aufnahme der Beanspruchungen mit den Beschäftigten (Ergebnis aus dem Forschungsprojekt PREVILOG, Firmenbeispiel)
  - Gestaltungsprinzipien
    - (körperlich, psychisch, Umgebung (z.B. Licht))
- Lichtgestaltung am Produktionsarbeitsplatz bei Schichtarbeit
  - Ergebnisse einer Studie bei der Firma Festo



**FESTO**

## ▪ Assistenzsysteme

- **Physische Assistenzsysteme - Exoskelette und Leichtbauroboter**  
(FWL – Future Work Lab,  
Forschungsprojekt ROKOKO mit Firmen Metabo, Schunk, ZF Friedrichshafen)
- **Digitale Assistenzsysteme**  
(FWL – Future Work Lab,  
Forschungsprojekt Previlog – Firma Fa. PR-Tronik, Wareneingang)

  
Future **Work Lab**

  
Future **Work Lab**



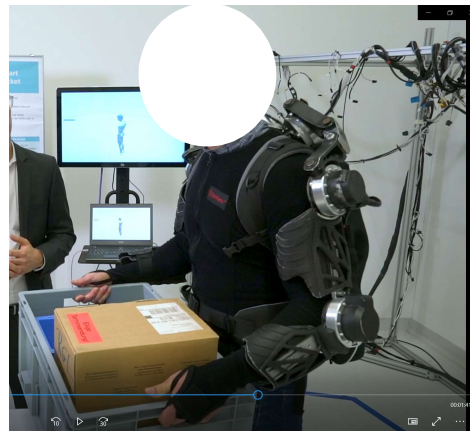
# Was ist ein Assistenzsystem?

## Digitale Assistenzsysteme



## Physische Assistenzsysteme

### Exoskelette



### Leichtbauroboter



Man unterscheidet allgemein digitale (kognitive) und physische Assistenzsysteme.

# Livevisualisierung von Belastung

## Beispiel aus dem Future Work Lab



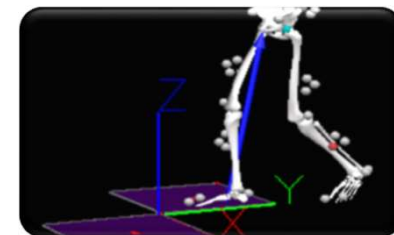
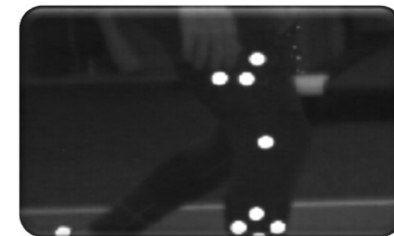
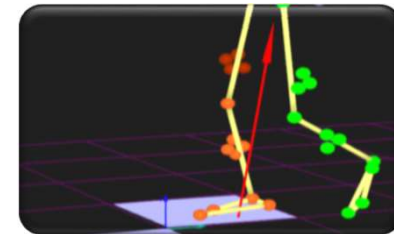
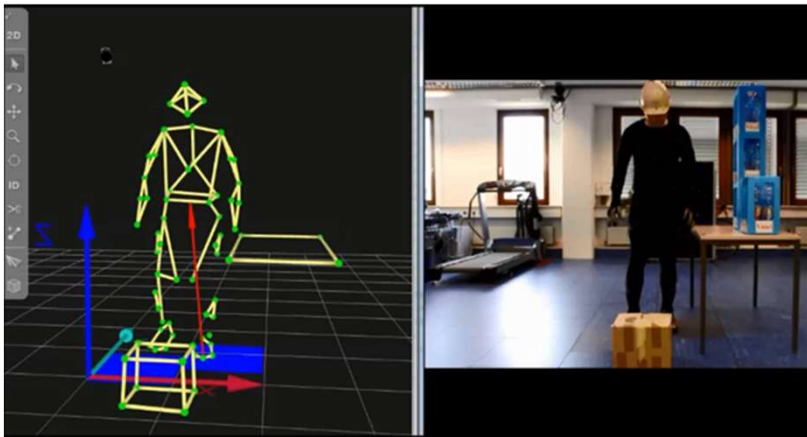
### Beschreibung

- Intuitive Visualisierung von ergonomischen Bewegungsabläufen
- Zu Trainingszwecken kann ein auf Inertialsensoren basierender Anzug getragen werden, mit dem die Bewegungen des gewohnten Arbeitsprozesses erfasst werden.
- Spezielle Software stellt ungünstige Gelenkbewegungen optisch dar.

### Nutzen

- Werker erhalten Unterstützung, um ihre Bewegungsabläufe ergonomisch zu optimieren.
- Ergonomisch günstigere Bewegungsabläufe können erarbeitet und als Trainingsvorlage gespeichert werden.
- Externe Ergonomie-Experten können anonym zurate gezogen werden.

# Video: Identifikation von Assistenzbedarf



Quelle: Universal Robots

# Inhalt

- Fraunhofer IAO
- Handlungsleitfaden zur präventiven Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Intralogistik
  - Beanspruchungsmonitor
    - Einfache und ganzheitliche Aufnahme der Beanspruchungen mit den Beschäftigten (Ergebnis aus dem Forschungsprojekt PREVILOG, Firmenbeispiel)
  - Gestaltungsprinzipien
    - (körperlich, psychisch, Umgebung (z.B. Licht))
- Lichtgestaltung am Produktionsarbeitsplatz bei Schichtarbeit
  - Ergebnisse einer Studie bei der Firma Festo
- Assistenzsysteme
  - **Physische Assistenzsysteme - Exoskelette und Leichtbauroboter**  
(FWL – Future Work Lab, Forschungsprojekt ROKOKO mit Firmen Metabo, Schunk, ZF Friedrichshafen)
  - **Digitale Assistenzsysteme**  
(FWL – Future Work Lab, Forschungsprojekt Previlog – Firma Fa. PR-Tronik, Wareneingang)



# Exoskelette

## Einschätzung zum Reifegrad, Praxistauglichkeit

- Funktion
  - Entlastung der Mitarbeiter bei Hebetätigkeiten und Überkopfarbeiten
  - Exoskelett folgt der Bewegung der Arme und bietet Kraftunterstützung
  - Die zusätzliche Last wird in die Hüfte oder den Boden eingeleitet
- Aktuelle Praxistauglichkeit eher gering
- Häufige Defizite (noch)
  - Zeitaufwendig zum An- und Ausziehen → Pause sehr schwierig !
  - Eigengewicht
  - Zu unbequem für 8h Arbeiten (Krafteinleitung in Körper verbesserungsfähig)
  - Eingeschränkte Bewegungsfähigkeit
  - Haftung unklar ! (neue Technologie)
  - Sammelt Daten – wie mit umgehen?



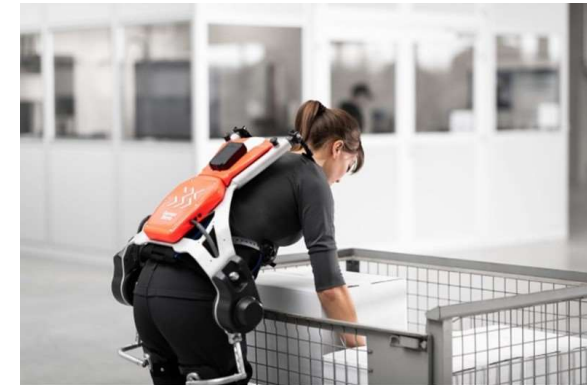
© Fraunhofer IPA/Foto: Ludmilla Parsyak



# Exoskelette

## Einschätzung zum Reifegrad, Praxistauglichkeit

- Test bei DB Schenker
  - Im Fokus des **Pilotprojekts bei DB Schenker** stand die Kommissionierung und Sequenzierung von bis zu 15 Kilogramm schweren Packstücken.
  - Dabei wurden die Packstücke von Mitarbeitern, die mit einem Exoskelett ausgestattet waren, aus Lagerregalen herausgenommen und anschließend auf Paletten platziert. Dabei unterstützte das Exoskelett die Bewegungsabläufe.
  - Im Rahmen der Graduate Summer School der Universität Dortmund hat DB Schenker **rund 20 Doktoranden für den Praxistext der Exoskelette** in den Lieferantenpark eines namenhaften Automobilherstellers nach Köln eingeladen.
- Fazit
  - Gerald Mueller, Head of Process and Efficiency Management, Schenker Deutschland AG:
  - "Das Feedback der Doktoranden und DB Schenker Mitarbeiter nach dem Test war sehr positiv ..."
  - **In den kommenden Monaten werden wir nun die Ergebnisse genau analysieren** und prüfen, ob die Exoskelette dann im Bereich der Prozessoptimierung bei DB Schenker aufgenommen werden."



© DB Schenker

CRAY-X von German Bionics

**„Exoskelette sind eine spannende Innovation, die aber noch Entwicklungsarbeit braucht“**  
urteilt Ralf Schick  
(Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik),  
VDI nachrichten Nr. 9, 1. März 2019

<https://www.materialfluss.de/logistik-dienstleister/db-schenker-prueft-flaechendeckenden-einsatz-von-exoskeletten.htm>

## Leichtbauroboter für MRK (Verständnis IAO)

- Traggewicht bis ca. 15 kg
- Transport ist von einer Person möglich z.B. durch geringes Eigengewicht (bis ca. 30 kg).
- stationäre oder mobile Ausführung
- Reichweite ca. 750 – 1.000 mm, Kinematik ähnlich menschlicher Arm
- Typische Anwendungsgebiete in Logistik, Montage und Teilehandling
- Zertifikat für kollaborativen Betrieb nach DIN EN ISO 10218-1



## Vielfalt an schutzzaunlosen Robotern nimmt zu ....



## ... und die Preise fallen

Beispiel  
Franka Emika (HMI 2016)  
EUR 9.900 .-



## Klassifizierung von 38 Universal-Robot-Anwendungsfällen

(Mehrfachnennungen möglich)

Nr.	Aufgabe	Anzahl Nennungen	%-Anteil	Anzahl Fälle
1	Maschinenbedienung incl. Pick & Place, Spritzguss & CNC	40	67%	25
2	Montage incl. Schrauben	4	7%	3
3	Kleben & Schweißen	2	3%	1
4	Qualitätskontrolle	6	10%	4
5	Verpackung & Palettieren	6	10%	4
6	Laboranalyse & Tests	2	3%	1
	<b>Summen</b>	<b>60</b>	<b>100%</b>	<b>38</b>

Quelle: <http://www.universal-robots.com/de/cases/>

→ Masse der Anwendungen sind Maschinenbedienung (Einlegen und Entnehmen)

# Maschinenbedienung

fertige Teile entnehmen, Rohteile einlegen



<https://mav.industrie.de/automation/leichtbauroboter-optimiert-hartdrehprozess/> 18.08.2019



# Hindernisse bei der LBR-Anwendung

## Vergleich „Maschinenbedienung“ und „Montage“

### Maschinenbedienung + Palettieren



#### Einfache Randbedingungen

- Ähnliche bis gleiche Tätigkeiten
- Gleiche oder ähnliche Teile-Geometrien
- Geordnete Teilebereitstellung
- Kein Mitarbeiter im Standard-Arbeitsablauf

Vergleich

### Montage



#### Schwierige Randbedingungen

- Viele unterschiedliche Montagetätigkeiten
- Viele Teile-Geometrien, auch biegeschlaff
- Keine geordnete Teilebereitstellung
- Mitarbeiter direkt neben Roboter → Sicherheit

Quelle: <https://mav.industrie.de/automation/leichtbauroboter-optimiert-hartdrehprozess/> 18.08.2019

# Leichtbauroboter, Systemintegrator, CE-Zeichen, .....



Montagetisch

+



Roboter

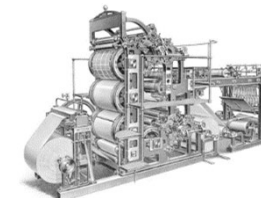
+



Applikation

Teil + Greifer + Sicherheitsausstattung + Programmierung

= Maschine



d.h. Systemintegrator muss zur CE-Kennzeichnung:

- Maschinenrichtlinie beachten
- Roboter zertifizieren (ISO 10218-1)
- Applikation zertifizieren (ISO 10218-2, TS/ISO 15066)
- Risiko- & Gefährdungsanalysen durchführen
- etc.
- steht eigentlich bereits mit mind. 1 Fuß im Gefängnis



# Forschungsprojekt Rokoko

2016 bis 2019

## Anwender



## Systemintegratoren



## Forschung





# Planung LBR-Einsatz in Montage

was ist zu beachten?

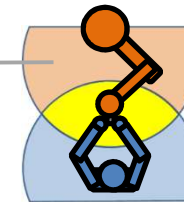
- **Materialbereitstellung**

Wie kann der Roboter das bereitgestellte Material greifen?



- **Einsatz des Roboters**

- Aufteilung der Montagetätigkeiten zwischen Roboter und Mitarbeiter
- Abtaktung



- **Greifergestaltung**

Wie sieht der Greifer aus, mit dem der Roboter mehrere verschiedene Teile greifen kann?



- **Sicherheit**

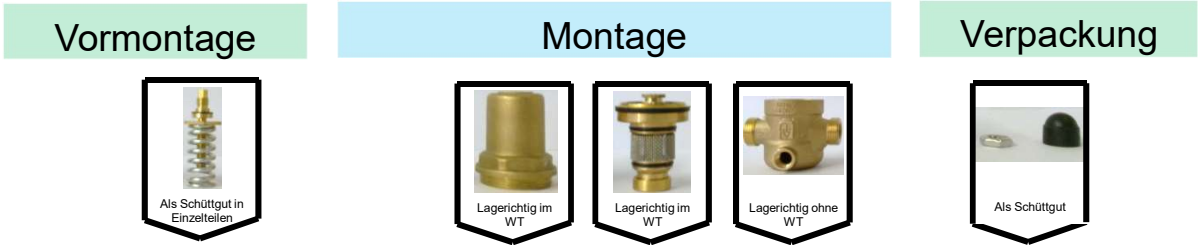
Wie verhindert man Verletzungen der Mitarbeiter durch den Roboter?



Quelle: [https://de.schunk.com/de\\_de/neues/produktneuheiten/greifsysteme/#/svh](https://de.schunk.com/de_de/neues/produktneuheiten/greifsysteme/#/svh) 31.05.2016

# Demonstrator in Modellfabrik IAO

● = manuell   ● = Roboter



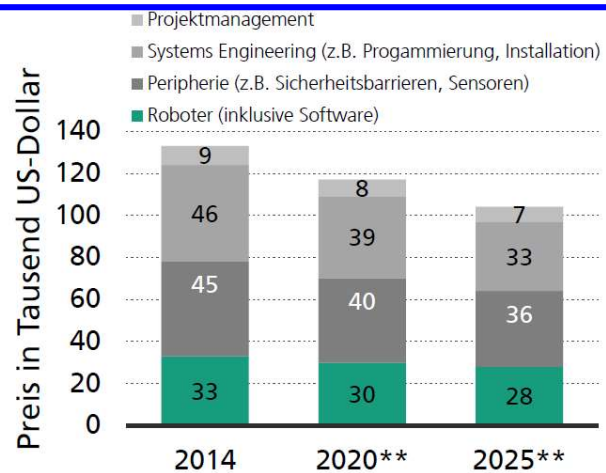
Geordnete Teile-  
Bereitstellung  
für Roboter  
erforderlich



# Kostenentwicklung Robotersysteme und Kleinroboter

Beispiel Punktschweißen:  $\frac{\text{Roboterpreis}}{\text{Systempreis}} \sim \frac{1}{4-5}$

Kleinroboter ~ 10-30T€/Unit (Bsp.)  
Trend: „system out of the box“/DIY



Kosten beziehen sich auf typischen Punktschweiß-Roboter („spot welding robot“ in aktuell größter Ausführung) in US-Autoindustrie

Quelle: IFR, BCG, ABB Group



Universal Robot UR5, ABB IRB 1200, KUKA Agilus, Fanuc LR Mate, Rethink Sawyer, Franka Emika

Gezeigte Auswahl beliebig, unvollständig, ohne Wertung, Stückpreis ohne Gewähr.

→ Daumenregel: Gesamtinvest = Roboterkosten mal 3 bis 5

Quelle: 1. Stuttgarter MRK-Anwendertag: MRK als Werkzeug in einer Industrie-4.0-Welt, Martin Hägele (Fraunhofer IPA)

# Inhalt

- Fraunhofer IAO
- Handlungsleitfaden zur präventiven Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Intralogistik
  - Beanspruchungsmonitor
    - Einfache und ganzheitliche Aufnahme der Beanspruchungen mit den Beschäftigten (Ergebnis aus dem Forschungsprojekt PREVILOG, Firmenbeispiel)
  - Gestaltungsprinzipien
    - (körperlich, psychisch, Umgebung (z.B. Licht))
- Lichtgestaltung am Produktionsarbeitsplatz bei Schichtarbeit
  - Ergebnisse einer Studie bei der Firma Festo
- **Assistenzsysteme**
  - Physische Assistenzsysteme - Exoskelette und Leichtbauroboter (FWL – Future Work Lab, Forschungsprojekt ROKOKO mit Firmen Metabo, Schunk, ZF Friedrichshafen)
  - **Digitale Assistenzsysteme** (FWL – Future Work Lab, Forschungsprojekt Previlog – Firma Fa. PR-Tronik, Wareneingang)



## Ungeklärte Fragen im Kontext digitaler Assistenzsysteme

- In welchen Bereichen ergibt der Einsatz Sinn?
- Welche Technologien haben hohes Potenzial?
- Was beschäftigt produzierende Unternehmen bei der Einführung?





## Umfrage innerhalb des Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum gestartet

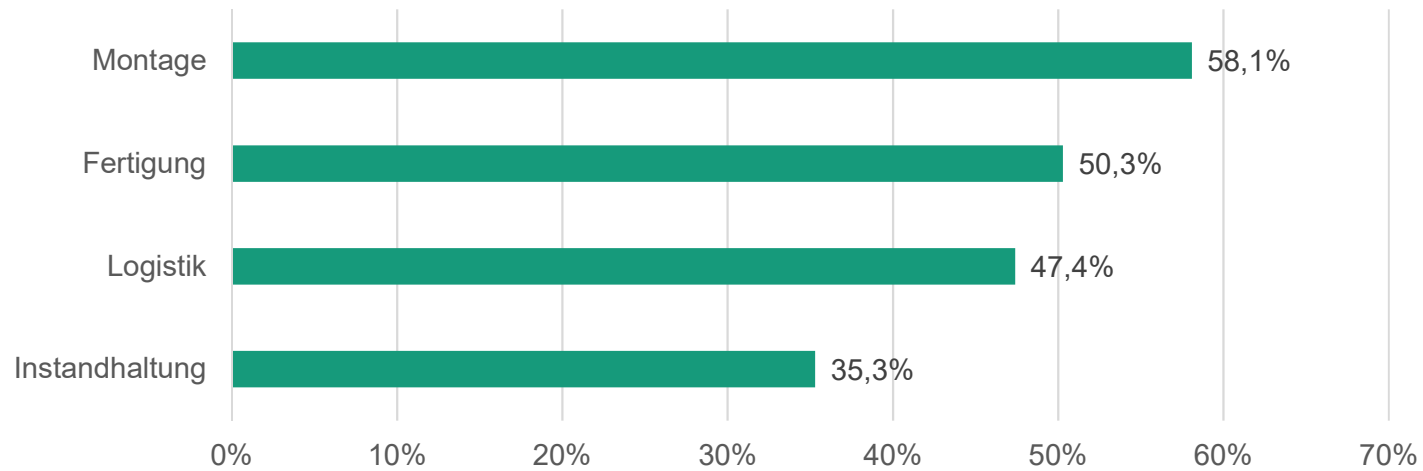
- In Zusammenarbeit mit der memex GmbH
- memex entwickelt Assistenz- und Qualifizierungssysteme für den Shopfloor.
- das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Stuttgart bietet kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) sowie Handwerksbetrieben Unterstützung bei Themen rund um die Digitalisierung an.
- Die Umfrage hatte 144 Teilnehmer



#digitalinBW



## Potenziale: In welchem dieser Unternehmensbereiche wird der Einsatz in den nächsten fünf Jahren zunehmen?



n = 102

- **Montage Platz 1 mit fast 60%**
- **Fertigung und Logistik mit gleichen Potenzialen**
- **Nur jeder Dritte sieht eine Zunahme des Einsatzes in der Instandhaltung**

# Digitale Assistenzsysteme

## - unterschiedliche Unterstützung



# Arten von Assistenzsystemen

## Gängige Beispiele aus der Montage – Active Assist / Bosch Rexroth



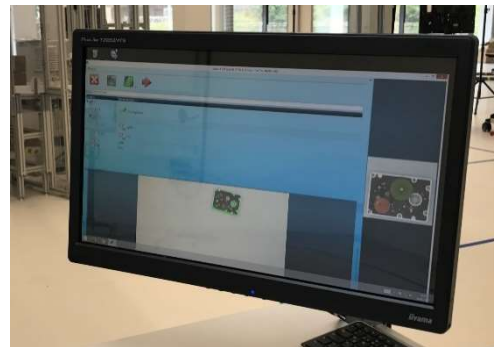
- Werkerassistenzsystem besteht aus Beleuchtung, Ultraschall-Sensorik, Projektion, Tiefensensor-Kamera
- Mitarbeiter wählt jeweiligen Auftrag aus und erhält zu Auftrag kontextbasiert Video-, Bild- und Textanleitungen
- Zwangsgeführte Montagereihenfolge
- Projektion auf Tisch zeigt Mitarbeiter die richtige Entnahme der Teile an
- Kamerasystem überwacht die richtige Entnahme von Teilen und Montage
- Ultraschall-System überwacht den dazugehörigen Akkuschauber inkl. Schrauber-Rückmeldung
- System kann nicht überstimmt werden

# Arten von Assistenzsystemen

## Gängige Beispiele aus der Montage – Schlauer Klaus / Optimum GmbH



- Werkerassistenzsystem besteht aus Beleuchtung, Kamerasystem und Monitor
- Mitarbeiter erhält die relevanten Montageinformationen inkl. Fotos für die jeweilige Auftragsbearbeitung
- Kamerasystem kontrolliert korrekte Montage mittels Bildabgleich und festgelegter Parameter
- Mitarbeiter kann System im Zweifel überstimmen



# Arten von Assistenzsystemen

## Gängige Beispiele aus der Montage – Plant@Hand / Fraunhofer IGD



- System bestehend aus Display zur Informationsausgabe und Sensorik an Bauteilen und Werkzeugen
- Montageanleitung für Mitarbeiter auf Basis seines Montagefortschritts
- Erkennt selbständig die Arbeitsaktivitäten des Montagearbeiters
- Keine zwangsgeführte Montagereihenfolge
- Kontextinformationen zu den Bauteilen und Montageschritten
- Übermittlung aktueller Prozessdaten aus dem Montageprozess an übergeordnete Systeme (MES, ERP). **Dadurch kann der Arbeitsfortschritt umfangreicher und komplexer Montagearbeiten minutengenau verfolgt werden**

<https://www.igd.fraunhofer.de/projekte/planthand-intelligente-assistenzanwendungen-fuer-die-produktion>

# Arten von Assistenzsystemen

## Gängige Beispiele aus der Montage – Fraunhofer IAO Qualifizierung mit Lernvideos



- Einlernsystematik
- System besteht aus Display als Aus- und Eingabemedium sowie einer digitalen Kompetenzmatrix
- Nach Anmelden durch den Mitarbeiter und Auswahl des Auftrags erhält der Mitarbeiter in Kurz-Videos alle notwendigen Informationen zur Montage
- Videodarstellung zur intuitiven Vermittlung von Wissen, welches textuell nicht erfassbar ist
- Mitarbeiter erhält zusätzlich Kontextinformationen zu Bauteilen und Hintergründen von Montageschritten
- Mitarbeiter kann Videos sowohl bewerten als auch einen Verbesserungsvorschlag machen



# Schlauer Klaus

# Der Schlaue Klaus



Beleuchtung

Kamera und Objektiv

RGB-Unterleuchte  
ggf. mit Waage

Bildverarbeitungsrechner

Touchmonitor

## Zusätzliche Werkzeuge



- Schraubendreher

- Aufnahmen



- Digitaler Messschieber

- Sonstige Werkzeuge

[https://www.youtube.com/watch?v=FzQeVIV\\_R0E](https://www.youtube.com/watch?v=FzQeVIV_R0E)

---





# Assistenzsystem – Firmenbeispiel im Wareneingang

## Dateneingabe und Datenvergleich

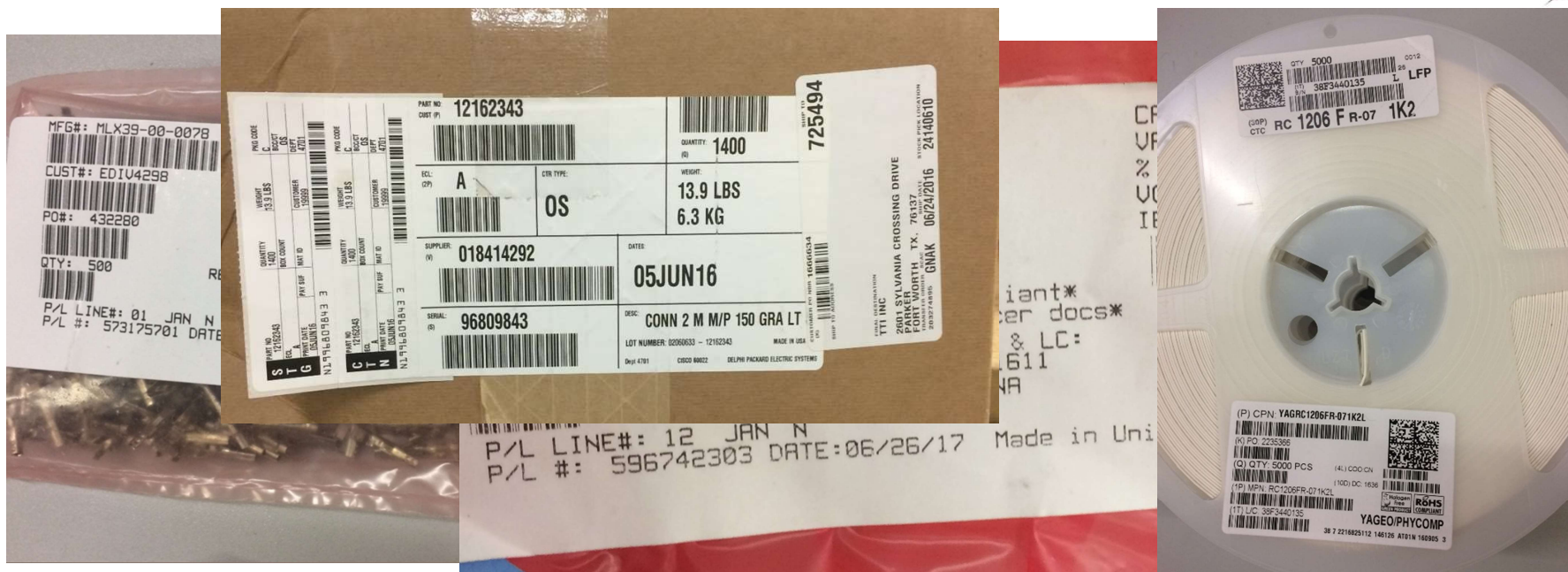
0 Ware auspacken und sortieren nach Material und Datecode								
1 Kontrolle - Daten auf Ware und Daten auf Lieferschein identisch								
	Nr.	Daten	Quelle 1	Quelle 2	vergleichen	eingeben	Tätigkeit	Bemerkung
	1	Herstellerbezeichnung (der Ware)	Ware	Lieferschein	X		auf Ware und auf Lieferschein vergleichen	
	2	Stückzahl	Ware	Lieferschein	X		auf Ware und auf Lieferschein vergleichen	
	3	Datecode	Ware	Lieferschein	X		auf Ware und auf Lieferschein vergleichen	nicht immer vorhanden
	4	Ursprungsland	Ware	Lieferschein	X		auf Ware und auf Lieferschein vergleichen	
2 auf Lieferschein notieren: Datecodes, Ursprungslander+ Stückzahlen in mehreren Behältern, Tüten - jeweils die Behältermengen bzw. Menge je Rolle								
3 Lieferschein stempeln mit Name von Mitarbeiter								
								zur Kennzeichnung werden WE durchgeführt hat
4 Buchen								
	Nr.	Daten	Quelle 1	Quelle 2	vergleichen	eingeben	Tätigkeit	Bemerkung
	1	Einkaufsnummer	Lieferschein			X	Eingeben "Bestell-Nr. PR-Tronic"	
	2	Artikelnummer	Ware	Lieferschein, WE-System			Position mit Artikelnummer auswählen	
pro	3	Hersteller-Bezeichnung - Material-Nr.	Lieferschein	WE-System	X		auf Lieferschein und WE-System vergleichen	in Maske "ARTTAB_INFO Artikelstamm-Info"
Position	4	Hersteller	Lieferschein	WE-System	X		auf Lieferschein und WE-System vergleichen, ggf. korrigieren	in Maske "ARTTAB_INFO Artikelstamm-Info"
	5	Datecode	Lieferschein	Etikett auf Verpackung		X	in Datefeld "Charge" eingeben	falls nicht vorhanden "0" eingeben
	6	Ursprungsland	Lieferschein	Etikett auf Verpackung		X	in Datefeld "Charge" eingeben	falls nicht vorhanden "0" eingeben
	7	Stückzahl	Lieferschein	WE-System	X		auf Lieferschein und WE-System vergleichen	
	8						(Anzeige Lageplatz - ALA (-> Auftragsnummer)	
	9	Lieferschein-Nummer	Lieferschein			X	in Datefeld "Beleg-Nr" eingeben	
	10	Anzahl Etiketten				X	in Datefeld "Anzahl Etikette" eingeben	
	11	Menge eingeben (je Etikett)				X	in Datefeld "Menge" eingeben	falls mehrere Etiketten, in Maske "Druck-Maske: ARTMASKE"
	12						Barcode-Etikett ausdrucken und auf LS kleben, LS einscannen	
	13						"Buchen"-Schaltfläche klicken	
	14						2 Etiketten werden ausgedruckt, 1. Etikett auf Ware, 2. Etikett auf ALA-Behälter	

- Vielzahl an Daten aus verschiedenen Quellen sind zu vergleichen und ins EDV-System einzugeben
  - Spezielle Codes (Datecode und Ursprungsland) sind zu entschlüsseln und dann einzugeben
- Risiko Fehlbuchungen → „eigener Anspruch keine Fehler zu machen“ → psychische Beanspruchung



# Assistenzsystem – Firmenbeispiel im Wareneingang

## Dateneingabe und Datenvergleich



- Vielzahl an Daten aus verschiedenen Quellen sind zu vergleichen und ins EDV-System einzugeben
- Spezielle Codes (Datecode und Ursprungsland) sind zu entschlüsseln und dann einzugeben



# Assistenzsystem – Firmenbeispiel im Wareneingang

## Dateneingabe und Datenvergleich

### Vorher – manuell



- Vielzahl an Daten aus verschiedenen Quellen sind **manuell** zu vergleichen und **manuell** ins EDV-System einzugeben
- Spezielle Codes (Datecode und Ursprungsland) sind **manuell** zu entschlüsseln und dann einzugeben

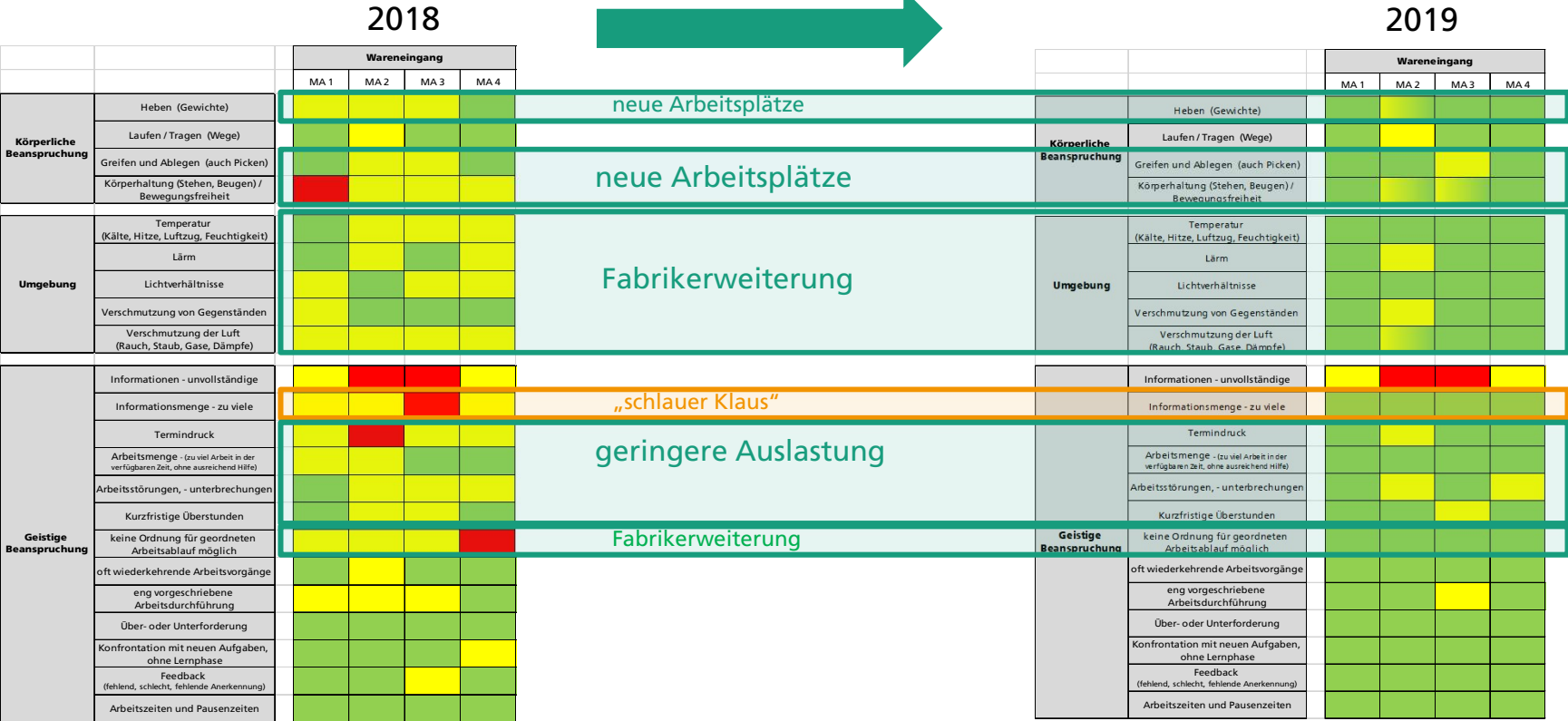
### Nachher – Assistenzsystem „Schlauer Klaus“



- Fast alle Daten werden vom „Schlauen Klaus“ **automatisch** erfasst und **automatisch** ins EDV-System eingegeben
- Codes (Datecode und Ursprungsland) werden **automatisch** entschlüsselt und eingegeben

# Assistenzsystem – Firmenbeispiel im Wareneingang

## Vergleich vor und nach Einführung des „Schlauen Klaus“



# Assistenzsystem – Firmenbeispiel im Wareneingang

## Vorteile



### Nachher – Assistenzsystem „Schlauer Klaus“



#### Effekte

- Entlastung der Mitarbeiter
- Zeitersparnis: 60% je WE-Position

- Nach anfänglicher Skepsis vom Geschäftsführer und den Mitarbeitern sind **alle von dem „schlauem Klaus“ restlos begeistert.**
- Die Anschaffung eines weiteren Systems ist sehr wahrscheinlich.

- Fast alle Daten werden vom „Schlauem Klaus“ **automatisch** erfasst und **automatisch** ins EDV-System eingegeben
- Codes (Datecode und Ursprungsland) werden **automatisch** entschlüsselt und eingegeben

# Ergebnisse einer explorativen Studie „Nutzerbedürfnisse an ein digitales Assistenzsystem“

## digitale Assistenzsysteme

### Studiendesign

- Digitales Montage-Assistenzsystem „schlauer Klaus“
- Befragung von 8 Probanden
- Thema: Nutzerakzeptanz
  - Welcher Nutzen hat das System?
  - Welche Bedenken haben die Mitarbeiter?

### Wesentlichen Ergebnisse

- Mitarbeiter stehen einer kognitiven Systemunterstützung grundsätzlich positiv gegenüber (bei unbekanntem Aufgaben)
- System vermittelt Sicherheit gegenüber Fehlern (z.B. bei Variantenvielfalt)
- Mitarbeiter sehen Risiko eines Kompetenzverlustes (Wissen geht verloren, geringere Qualifikation erforderlich)
- Mitarbeiter sehen Risiko Autonomieverlustes (man wird zum Roboter, Ansehen im Unternehmen sinkt)
- Überwachung des Mitarbeiters möglich (zusätzlich zur Überwachung vom Ergebnis)
- Effektiveres Arbeiten

Nutzerbedürfnisse an ein digitales Assistenzsystem im Kontext der Industrie 4.0, Aringer-Walch, C.; Besserer, S.; Pokorni, B., TU München, Fraunhofer IAO, 2018  
Beitrag bei Konferenz „Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen“



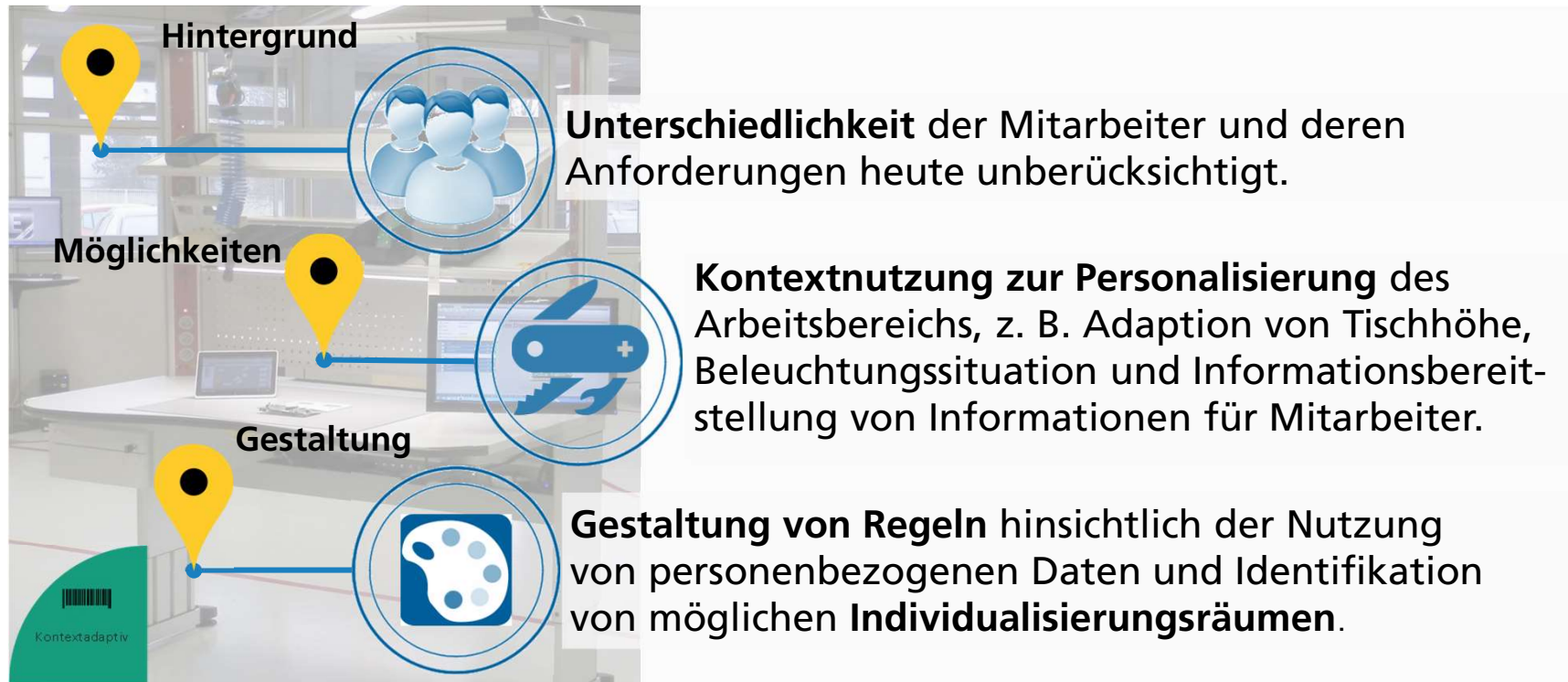
# Future Work Trends: Assistierende Arbeitsplätze

## Arbeitsplätze unterstützen zukünftig den Werker – auch zur Qualifizierung



# Future Work Trends: Kontextsensitive Arbeitsplätze

## Arbeitsplätze reagieren zukünftig auf ihr Umfeld





# Zusammenfassung

## digitale Assistenzsysteme

- **Wachsende Komplexitäten** stellen Mitarbeiter in der Montage vor große Herausforderungen
- **Assistenzsysteme** können den Mitarbeiter **entlasten** und ihn in der jeweiligen Arbeitssituation optimal unterstützen
- Somit schaffen **Assistenzsysteme Vorteile für Unternehmen und Mitarbeiter**
- Die **Assistenzsysteme müssen für die Aufgabe geeignet sein** und nutzerzentriert ausgelegt werden -> kein Technologiedeterminismus
- Die **Unterscheidung von Assistenzsystemen** liegt in ihrer technischen Auslegung und der Automatisierungstiefe bzw. Assistenz-/**Kontrollverhaltens**
- Assistenzsysteme sollten die **Autonomien** des Mitarbeiters nicht zu stark beschränken, um eine nachhaltige Technologieakzeptanz zu gewährleisten
- Assistenzsysteme sollten mit den Mitarbeitern **partizipativ** geplant und eingeführt werden -> Gestaltungsgrundsätze festlegen und Dysfunktionen vermeiden
- **Produktivitätspotenzial** der Zukunft liegt auch in der **Zufriedenheit der Mitarbeiter** begründet
- Zu überlegen:  
Sollen die Fähigkeiten der Mitarbeiter noch erhalten bleiben oder ist die Leistung nur noch mit System möglich?

# Inhalt

- Fraunhofer IAO
- Handlungsleitfaden zur präventiven Gestaltung von Arbeitsplätzen in der Intralogistik
  - Beanspruchungsmonitor
    - Einfache und ganzheitliche Aufnahme der Beanspruchungen mit den Beschäftigten (Ergebnis aus dem Forschungsprojekt PREVILOG, Firmenbeispiel)
  - Gestaltungsprinzipien
    - (körperlich, psychisch, Umgebung (z.B. Licht))
- Lichtgestaltung am Produktionsarbeitsplatz bei Schichtarbeit
  - Ergebnisse einer Studie bei der Firma Festo
- Assistenzsysteme
  - Physische Assistenzsysteme - Exoskelette und Leichtbauroboter (FWL – Future Work Lab, Forschungsprojekt ROKOKO mit Firmen Metabo, Schunk, ZF Friedrichshafen)
  - Digitale Assistenzsysteme (FWL – Future Work Lab, Forschungsprojekt Previlog – Firma Fa. PR-Tronik, Wareneingang)



# EINLADUNG

Experience Day und Lab Tour

## **OPEN LAB DAYS**

im Future Work Lab  
Stuttgart:

27. November 2019

14. Februar 2020

<https://futureworklab.de/>

 **Universität Stuttgart**  
Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement IAT

 **Fraunhofer**  
IAO



# Vielen Dank ! Fragen ?



Dipl.-Ing. Oliver Scholtz

Produktionsmanagement  
Fraunhofer IAO  
Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Tel: +49 711 970-2050  
oliver.scholtz@iao.fraunhofer.de

<https://www.engineering-produktion.iao.fraunhofer.de>