

■ WHITEPAPER

Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management

# KOGNITIVE ERGONOMIE IN DER INTRALOGISTIK



■ WHITEPAPER

# KOGNITIVE ERGONOMIE IN DER INTRALOGISTIK

Die zunehmende Digitalisierung in der Intralogistik geht mit Veränderungen der Arbeitsplätze in der Kommissionierung einher. Hierdurch ausgelöste Belastungen sollen analysiert werden, um diese im Sinne einer humanzentrierten, ergonomischen Gestaltung für den Beschäftigten zu optimieren.

## **FUTURE CHALLENGES IN LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT**

Die Schriftenreihe »Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management« greift aktuelle Herausforderungen auf, beleuchtet Trends und fokussiert neuartige Technologien sowie Geschäftsmodelle.

Die verschiedenen Ausgaben der Schriftenreihe zeichnen das Zukunftsbild einer innovativen Branche, das von Forschung und Praxis gestaltet und gelebt wird.

### **AUTOREN**

PD Dr. Gerhard Rinkenauer,  
Leibniz-Institut für Arbeitsforschung  
an der TU Dortmund

Dr. Veronika Kretschmer,  
Fraunhofer IML

Dr. Magali Kreutzfeldt,  
Leibniz-Institut für Arbeitsforschung  
an der TU Dortmund

### **DOI**

10.24406/IML-N-462113

### **HERAUSGEBER**

Prof. Dr. Dr. h. c. Michael ten Hompel  
Prof. Dr. Michael Henke  
Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen

### **KONTAKT**

Fraunhofer-Institut für Materialfluss  
und Logistik IML

Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2–4  
44227 Dortmund

schriftenreihe@iml.fraunhofer.de  
+49 231 9743-285

WHITEPAPER

KOGNITIVE ERGONOMIE IN DER INTRALOGISTIK

■ WHITEPAPER

# KOGNITIVE ERGONOMIE IN DER INTRALOGISTIK

Relevanz der Kognitiven Ergonomie für die Logistik .....	1
Methoden und wissenschaftliche Akteure der Kognitiven Ergonomie .....	5
Konkrete Forschungsgegenstände .....	9
Stand der Wissenschaft .....	9
Erster Ausblick auf zukünftige Themen .....	10
Gesellschaftliche Relevanz .....	11
Literaturverzeichnis .....	12

## Logistik als zentrale Wissenschaft der industriellen Zukunft etablieren

Der Wissenschaftsstandort Dortmund erfährt durch die Aktivitäten des **Leistungszentrums Logistik und IT** eine nachhaltige Weiterentwicklung, indem die Zukunftsfragen der Logistik und der Informationslogistik adressiert und deren Forschungsstand am Standort reflektiert werden. Dabei werden aktuelle Forschungsfelder und -fragen aufgezeigt und auf neue verwiesen.

Dazu tauchen die Akteure des Leistungszentrums Logistik und IT in unterschiedliche Rollen, indem sie die aktuellen sowie zukünftigen Herausforderungen des Themenfeldes aus vier verschiedenen Perspektiven betrachten. Der folgende Beitrag aus dem Bereich der kognitiven Ergonomie ist ein Beispiel für die Untersuchung der Logistik und Informationslogistik aus der Perspektive Mensch.

Das Leistungszentrum Logistik und IT ist eine Initiative der Fraunhofer-Gesellschaft und wird mit Mitteln der Fraunhofer-Gesellschaft und des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert. Das strategisch aufgehängte Forschungsprojekt ist ein Verbundvorhaben von EffizienzCluster LogistikRuhr, TU Dortmund, Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund, Fraunhofer IML, Fraunhofer ISST und Boehringer Ingelheim.

### Die Perspektiven



#### PERSPEKTIVE MENSCH

Die Interaktion von Mensch und Maschine ist in der Logistik ein wichtiger Bestandteil heutiger Systeme. Jetzt gilt es, die Stärke von Mensch und Technik zu kombinieren.



#### PERSPEKTIVE PROZESSE UND SYSTEME

Die Digitalisierung stellt Herausforderungen an die Ausführung und das Management von Prozessen – auf Ebene der Geschäftsprozesse wie auf Ebene des Shop-Floors.



#### PERSPEKTIVE PLANUNG, SIMULATION & STEUERUNG

Um eine effiziente Planung und Steuerung der logistischen Systeme entlang der Liefernetze zu gewährleisten, ist eine stringente Verknüpfung von Logistik und IT unabdingbar.



#### PERSPEKTIVE DATEN

Daten sind das neue Öl: Im Zeitalter der Digitalisierung besitzen sie einen immer größeren Anteil am Wertschöpfungsprozess von Produkten und Dienstleistungen.

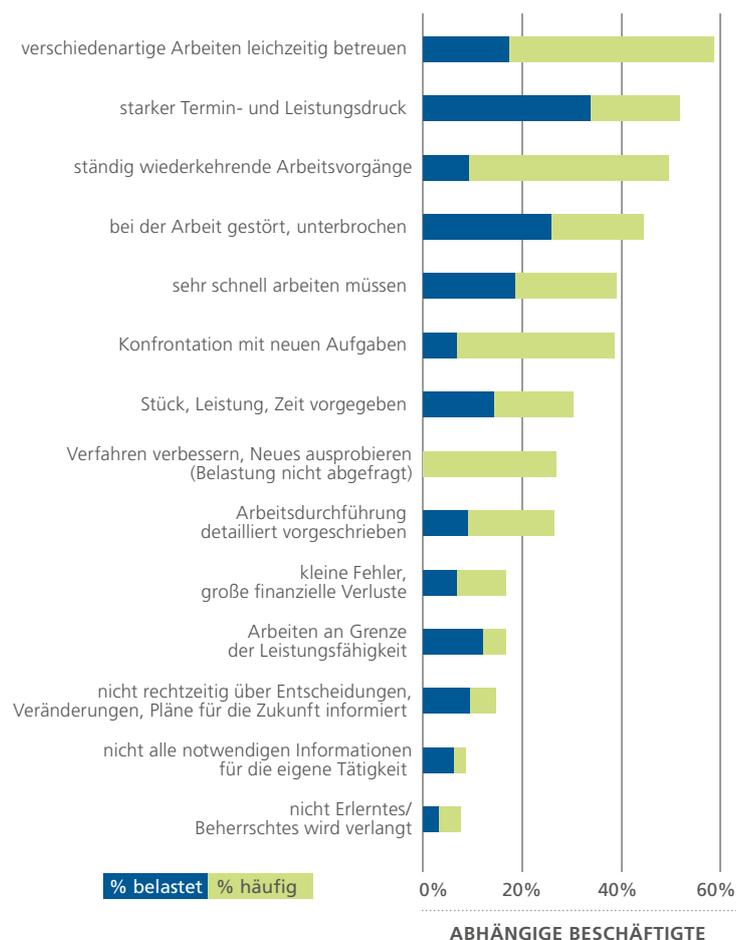
# KOGNITIVE ERGONOMIE IN DER INTRALOGISTIK

## Relevanz der Kognitiven Ergonomie für die Logistik

Logistische Systeme - und insbesondere Intralogistiksysteme - gehören zu den Vorreitern bei der Einführung von Industrie 4.0. Dies resultiert aus der Konfrontation der Logistik mit permanenten Wandlungsanforderungen. Produkte weisen eine immer kürzere Lebensdauer auf und ihre Vertriebsstrukturen unterliegen in der Regel schon während ihres Lebenszyklus starken Veränderungen. Auf diese Veränderungen muss die Logistik reagieren können, was eine immer stärkere Informationsdurchdringung und Digitalisierung der Prozesse erfordert. Mit der Digitalisierung geht ein Paradigmenwechsel in der Interaktion zwischen Mensch, Technik und Arbeitsumgebung einher. Die Vernetzung der virtuellen und physischen Welt ermöglicht neue Formen der Kooperation zwischen Menschen und Systemen, sowie die Integration intelligenter Assistenzsysteme in die Arbeitsprozesse. Dieser technische Fortschritt kann dafür sorgen, dass Beschäftigte neuen oder veränderten Belastungen ausgesetzt sind, da die Arbeitsabläufe durch zunehmende Informations- und Kommunikationsanforderungen tendenziell komplexer werden und einen größeren Zeitdruck erzeugen. Generell vermehren sich Hinweise darauf, dass eine Zunahme an Informationen, Veränderungen der Informationsstrukturen sowie die Menge und Geschwindigkeit der Entscheidungen auf Basis dieser Informationen zu psychischen Fehlbelastungen des Menschen führen [1]. Arbeitnehmern, die in informationsintensiven Disziplinen tätig sind, bereiten die Informationsflut, die Redundanz und die Vielzahl der irrelevanten Informationen zunehmend Probleme [2, 3]. Hohe Verantwortung, Zeitdruck sowie erhöhte kognitive Kontrolle zur fehlerfreien und genauen Bewältigung komplexer informationsintensiver Tätigkeiten gelten als weitere Auslöser für psychische Fehlbeanspruchungen. Daraus folgen wiederum verminderte Konzentration, Unwohlsein und vermehrte Fehler [4]. Im Stressreport Deutschland 2012 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin [5] wird hierzu berichtet, dass vor allem Kriterien wie die gleichzeitige Bearbeitung mehrere Aufgaben (58 %), starker Termin- und Leistungsdruck (52 %), Störungen und Unterbrechungen (44 %) sehr häufig auftreten. Zusätzlich sind ständig wiederkehrende Arbeitsvorgänge (50 %) noch stark verbreitet und liegen auf Platz 3 der psychischen Anforderungen (Abbildung 1). Darüber hinaus kann allerdings ein zu niedriges Belastungsniveau wie z. B. monotone Tätigkeiten genauso unangemessen

wahrgenommen werden [5]. So birgt beispielsweise die mit zunehmender Digitalisierung einhergehende Automatisierung von Planungs- und Koordinationsaktivitäten die Gefahr, dass der Beschäftigte (als Resttätigkeit) lediglich eine passive ausführende Funktion mit wenig Handlungsspielraum hat. Es ist bekannt, dass Tätigkeiten, die beispielsweise aufgrund von Automatisierung nur noch einen sehr eingegengten Spielraum bieten den mentalen Aktivierungszustand herabsetzen [6, 7]. Die mittelbaren Folgen sind eine ungenügende Wachsamkeit, eine erhöhte Ermüdung sowie psychische Sättigung [8, 9]. Ziel einer humanzentrierten Gestaltung von Arbeitsumgebungen und -prozessen muss es daher sein, die durch Belastung entstehende Beanspruchung nicht einfach zu minimieren, sondern vielmehr zu optimieren.

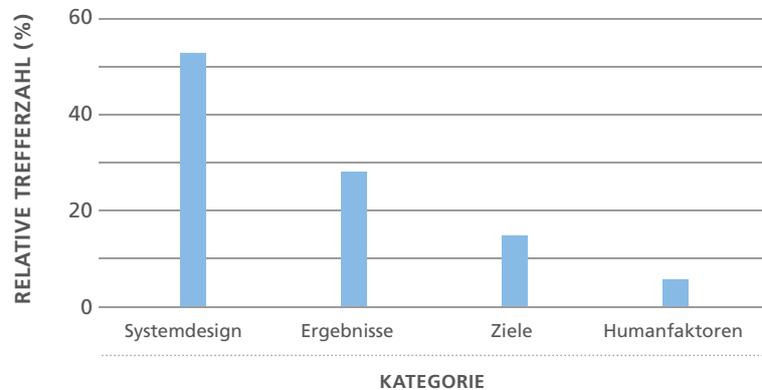
Abbildung 1  
Anforderungen die durch Arbeitsinhalt und -organisation entstehen und die daraus resultierende Belastung [5].



Einer der arbeits- und zeitintensivsten Arbeitsbereiche der Intralogistik ist die Kommissionierung. Obwohl die Automatisierung von Lagersystemen immer weiter fortschreitet, vertrauen die meisten Firmen weiterhin auf manuelle Systeme, da sie flexibler als automatisierte Lösungen sind [10, 11]. Diese Flexibilität ist vor allem im Kontext von heterogenen und schnell wechselnden Produktportfolios sowie immer kürzeren Lieferzeiten von großer Bedeutung. Aktuelle Schätzungen gehen davon aus, dass nach wie vor 80 % der Kommissionier-Prozesse manuell ausgeführt werden [12]. Der Beschäftigtenzuwachs in der Lagerwirtschaft und im Güterumschlag trägt maßgeblich zum Wachstum der Logistikbranche bei [13]. Die zunehmende Bedeutung des Lagerarbeiters in den letzten Jahren wird auch in einer Analyse von Stellenangeboten des DEKRA Arbeitsmarkt-Reports [14] deutlich. Während dieser Beruf 2009 noch auf Platz 70 der am häufigsten gesuchten Berufe rangierte, lag er im Ranking von 2016 auf Platz 10. Kommissionierung ist aber nicht nur personal- und kostenintensiv, sondern stellt auch das letzte Glied in der innerbetrieblichen logistischen Kette dar. Somit nimmt der Kunde sowohl ein gut funktionierendes als auch ein fehlerhaftes System umgehend wahr mit direkten Konsequenzen für die Reputation des Unternehmens.

Trotz der zentralen Bedeutung der Kommissionierung standen Fragestellungen wie die humanzentrierte und ergonomische Gestaltung von Arbeitsumgebungen und Arbeitsprozessen bisher kaum im Fokus der Forschung. In einer aktuellen Literaturstudie von Grosse und Kollegen [12] wurde eine Inhaltsanalyse zu Kommissionierungssystemen auf der Basis von wissenschaftlicher Literatur aus dem Bereich der Unternehmensführung durchgeführt. Hierbei wurden Worthäufigkeiten nach den Kategorien Unternehmensziele (z. B. Effizienzsteigerung, Kostenminimierung), Systemdesign, Ergebnisse (z. B. Leistungsfähigkeit, Qualität), und Humanfaktoren analysiert (Abbildung 2). Die Ergebnisse legen nahe, dass die bisherige Forschung überwiegend einen einseitigen Fokus auf Ziele der Kosteneffizienz und deren direkten Bestimmungsgrößen hat und nur wenig Aufmerksamkeit den Humanfaktoren geschenkt wurde.

Abbildung 2  
Relative Trefferzahlen von Wörtern zu vier relevanten Kategorien in relevanter Literatur zur Unternehmensführung im Kontext der Kommissionierung [12].



Aufgrund zentraler Bedeutung der Kommissionierung wird im Teilprojekt »Kognitive Ergonomie« des Leistungszentrums Logistik und IT dieser Bereich als zentraler Untersuchungsgegenstand der Intralogistik gewählt. Zum einen ist der Mensch wie oben erwähnt ein unverzichtbarer Bestandteil in der Kommissionierung. Zum anderen unterliegt dieser Bereich ständig technologischen Veränderungen, die sich direkt und indirekt auf die Art und Qualität der Arbeit auswirken. Die Informationsdurchdringung im Kommissionierungsbereich hat in den letzten Jahren durch die Substitution von papiergebundenen Prozessen - bedingt durch den Einsatz von elektronischen Hilfsmitteln wie z.B. Handscannern, Pick-by-Light, Pick-by-Voice oder Pick-by-Vision - stark zugenommen. Zudem hat aufgrund der Effizienzsteigerung und der daraus resultierenden Reduzierung von Sicherheitsbeständen und Reserven in den Lagersystemen die Wichtigkeit und Dringlichkeit der fehlerfreien Verarbeitung der Information an Bedeutung gewonnen. Durch den zunehmenden Einfluss von Industrie 4.0 ist außerdem zu erwarten, dass sich Informationsstrukturen weiter verändern werden. Einerseits verschieben sich Verantwortlichkeiten aufgrund der engeren Vernetzung von Kunden und Dienstleistern nach unten. Andererseits werden verstärkt Systeme mit künstlicher Intelligenz die Informations- und Kommunikationsstrukturen weiter verändern. Aufgrund der starken Zunahme von informativer Arbeit steigt auch der Bedarf nach Evaluation der resultierenden psychischen Fehlbelastung. Gleiches gilt für die Analyse und Optimierung physischer Belastung im Bereich der Kommissionierung. Eine repräsentative Erwerbstätigenbefragung in Deutschland aus dem Jahr 2012 zeigt, dass Beschäftigte in der Intralogistik immer noch mit häufigen körperlichen Arbeitsanforderungen konfrontiert werden wie beispielsweise Arbeiten im Stehen, manuelle Tätigkeiten oder schweres Heben und Tragen [15]. Daneben treten im intralogistischen Bereich häufige Belastungen durch die Arbeitsumgebung auf. Dies bezieht sich unter anderem auf das

Tragen von Schutzkleidung, ungünstige klimatische Bedingungen oder Lärm [15]. Auf Seiten der psychischen Anforderungen sind monotone Tätigkeiten, ein hohes Arbeitstempo und starker Termin- und Leistungsdruck am häufigsten vertreten [15]. Um die Gesamtbelastung beurteilen zu können ist es daher erforderlich das Zusammenspiel von physischen und psychischen Fehlbelastungen im Zusammenspiel zu analysieren.

## Methoden und wissenschaftliche Akteure der Kognitiven Ergonomie

Die eingesetzten Methoden stammen im Wesentlichen aus der Kognitiven Ergonomie, einer Teildisziplin der Ergonomie, die sich vor allem mit der Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit menschlicher Informationsverarbeitungsprozesse, wie Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Entscheidung sowie motorischer Vorbereitung und Ausführung bei der Interaktion oder Kooperation mit technischen Systemen beschäftigt. Die theoretischen Grundlagen basieren auf Erkenntnissen der Kognitiven Psychologie und der Arbeitspsychologie. Kognitive Ergonomie befasst sich generell mit dem Verständnis der Wechselwirkungen zwischen menschlichen Informationsverarbeitungsprozessen und anderen Elementen eines Systems (Abbildung 3). Ziel der Ergonomie ist es die menschliche Unversehrtheit sicherzustellen sowie die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems Mensch-Technik zu optimieren [16]. Optimieren bedeutet in diesem Zusammenhang, dass beeinträchtigende Auswirkungen vermieden und erleichternde Auswirkungen gefördert werden. Eine optimale menschliche Leistung führt dazu, dass die Effektivität und Effizienz des Mensch-Technik-Systems verbessert wird. Bei der Gestaltung von Arbeitssystemen wird daher der Mensch als Hauptfaktor und integraler Bestandteil des zu gestaltenden Systems und der Arbeitsabläufe gesehen.

KOGNITIVE ERGONOMIE

Kriterien für humanzentrierten Ansatz

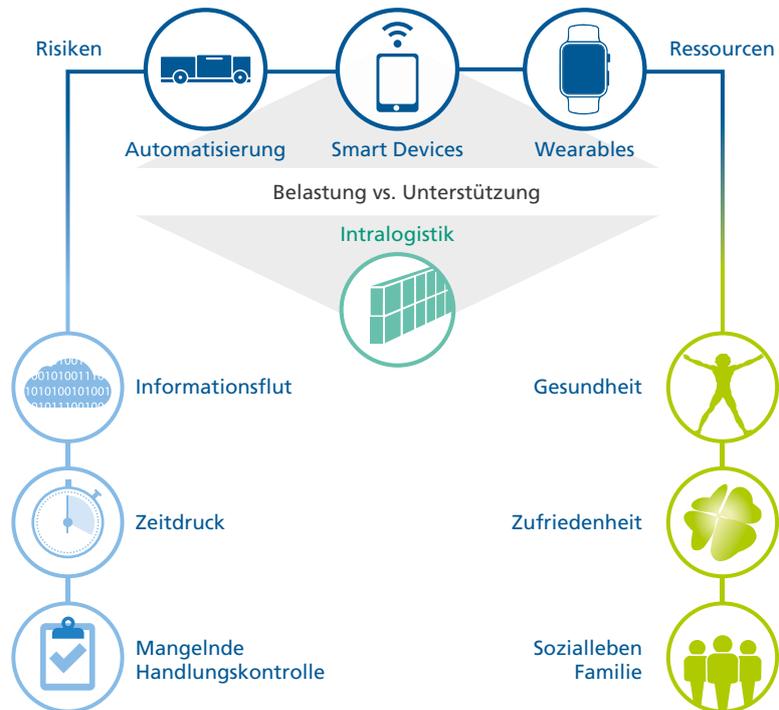


Abbildung 3  
Ansatzpunkte der „Kognitiven Ergonomie“ im Hinblick auf eine humanzentrierte Gestaltung technischer Systeme. Risiken sollen kontrolliert und Ressourcen genutzt werden, sodass technische Systeme den Menschen bei der Arbeit optimal unterstützen.

Spezifische Methoden, die im Projekt »Kognitive Ergonomie« zum Tragen kommen sind Befragungen, Erfassen von Arbeitsumgebungsfaktoren und körperlichen Belastungen, Usability- und User-Experience-Untersuchungen sowie experimentelle Methoden, die im Folgenden näher erläutert werden.

**Befragungen** (z. B. Interviews, Fragebogeninventare) werden eingesetzt, um generelle Zusammenhänge zwischen Belastungsfaktoren und dem Ausmaß psychischer Belastung im Feld und Labor zu ermitteln. Hierzu werden validierte Fragebogeninventare wie beispielsweise der Copenhagen Psychosocial Questionnaire (COPSOQ) verwendet [17]. Es handelt sich dabei um branchen- und berufsübergreifende Fragebögen zu psychosozialen Tätigkeitsmerkmalen. Dabei werden Aspekte wie Arbeitsfähigkeit, quantitative/qualitative Arbeitsanforderungen, Entscheidungsspielraum, Führungsqualität oder Arbeitsklima erfasst. Diese Inventare basieren auf theoretischen Konzepten zur Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen den äußeren

Einflüssen der Arbeitssituation (Belastungen) und den individuellen Wirkungen auf den arbeitenden Menschen (Belastungsfolgen bzw. Beanspruchungen) unter Berücksichtigung der persönlichen Ressourcen [17]. Allgemeine Inventare werden um Fragen (Items) zur psychischen Belastung im Umgang mit Kommissioniertechnologien [18] sowie zur Einstellung gegenüber neuer Technologien und der bisherigen Technikbiografie ergänzt [z. B. 19].

Die **Erfassung von Arbeitsumgebungsbedingungen** wie Beleuchtung, Lärm oder klimatische Bedingungen am Arbeitsplatz dienen dazu, die Belastung der Beschäftigten durch physikalische Einwirkungen abschätzen zu können. Es ist bekannt, dass Beleuchtungsintensität oder Lärm am Arbeitsplatz die kognitive Leistung und somit Arbeitsergebnisse beeinflussen können [u. a. 20, 21]. Darüber hinaus werden die körperlichen Arbeitsanforderungen der Beschäftigten mit den bestehenden konservativen, validierten Methoden erfasst. Gerade im intralogistischen Bereich werden trotz der ansteigenden Technisierung nach wie vor Güter transportiert, gelagert, sortiert oder auch verteilt [22].

**Usability- und User Experience-Methoden** bilden den Übergang zwischen Befragungsmethoden und Experimentalmethoden. Usability (Gebrauchstauglichkeit, Nutzerfreundlichkeit) bezeichnet das Ausmaß, in dem beispielsweise digitale Hilfsmittel oder Assistenzsysteme im Kontext der Intralogistik durch Logistikmitarbeiter genutzt werden können, um ihre Arbeitsziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen (z. B. ISO 9241). Um die Usability von Arbeitsmitteln und Arbeitsumgebungen in der Logistik zu analysieren, werden Aufgabenanalysen, Kontextanalysen, expertenbasierte Evaluationen oder multivariate Tests eingesetzt.

User Experience erweitert den Fokus der Usability um emotionale und ästhetische Faktoren. Mit User-Experience-Methoden kommen Untersuchungsmethoden zum Einsatz, die erlauben Aspekte wie Einstellungen, Erwartungen, Vertrauen oder Wohlbefinden bei der Interaktion mit digitalen Hilfsmitteln oder Assistenzsystemen zu evaluieren. Hierzu werden beispielsweise Befragungsmethoden verwendet, die auf analytischen Komponentenmodellen basieren [z. B. 23], um zwischen der Wahrnehmung aufgabenbezogener und nicht-aufgabenbezogener Qualitäten digitaler Unterstützungssysteme unterscheiden zu können. Darüber hinaus erlauben solche Ansätze auf der Basis von Nutzeremotionen die Akzeptanz für die zukünftige Verwendung von Unterstützungssystemen vorherzusagen.

Bisherige User-Experience-Methoden wurden im Wesentlichen für die Nutzung von Produkten entwickelt und müssen für die Bewertung von digitalen Unterstützungssystemen entsprechend angepasst werden.

**Experimentelle Methoden**, die in Laborumgebungen eingesetzt werden, beziehen sich im Wesentlichen auf Experimentalparadigmen aus der Kognitiven Psychologie, die mit intralogistischen Aufgabenstellungen kombiniert werden. Hierzu werden entsprechende Aufgabenbatterien entwickelt, in denen unterschiedliche Aspekte der Intralogistik (z. B. Kommissionieren, Verpacken, Palettieren, etc.) im Kontext digitaler Unterstützungssysteme simuliert werden können. Zusätzlich zu den Kommissionierungsaufgaben sollen kognitive Aufgaben instruiert werden, um die Restkapazität, die neben der Hauptaufgabe noch verbleibt, abschätzen zu können [z. B. 24]. Weitere experimentelle Möglichkeiten, um die Belastung der Arbeitsaufgabe experimentell zu manipulieren [25], bestehen beispielsweise darin, Unterbrechungen oder Aufgabenwechsel [26, 27] einzuführen oder die Aufgaben unter unterschiedlichen Zeitdruckbedingungen [28, 29] ausführen zu lassen.

Neben den Leistungsmessungen (z. B. Bearbeitungsdauer, Fehler) für Haupt- und Nebenaufgaben kommen Ratingverfahren zur subjektiven Bewertung der Belastung zum Einsatz [siehe auch 30]. Begleitend werden Bewegungsmaße (z.B. Bewegungsaktivität, Bewegungs-, Greif- und Ganganalysen) und physiologische Maße (z. B. Haut-, Muskel-, Herz-, Augen-, Gehirnaktivität) erhoben, um über geeignete Kenngrößen die physische und psychische Belastung kontinuierlich erfassen zu können [31, 32, 33, 34]. Diese Kenngrößen müssen größtenteils noch für die speziellen Aspekte der Kommissionierung angepasst oder abgeleitet werden. Ziel der experimentellen Methoden ist es zum einen auf die Ursache- und Wirkungszusammenhänge von Arbeitsfaktoren und Belastungsgrößen rückschließen zu können. Zum anderen soll bei den verwendeten Messverfahren auch die Sensitivität und Diagnostizität bezüglich physischer und psychischer Belastung und die Eignung dieser Verfahren für die Feldforschung überprüft werden.

## Konkrete Forschungsgegenstände

Zentraler Forschungsgegenstand ist die Erarbeitung von Grundlagen, um eine beanspruchungsoptimale Gestaltung von Industrie 4.0-(Logistik-)Systemen für den arbeitenden Menschen zu erreichen. Hierzu werden im Rahmen von Labor- und Feldstudien unterschiedliche Belastungsarten untersucht, die für die Kommissionierung relevant sind. Auf der Basis wissenschaftlicher Mess- und Bewertungsverfahren werden Gestaltungskriterien von digitalen Unterstützungssystemen und Arbeitsumgebungen im Bereich der Kommissionierung erarbeitet und Möglichkeiten und Maßnahmen zur Reduktion physischer und psychischer Fehlbelastung im Betrieb aufgezeigt. Darüber hinaus wird untersucht, inwieweit generelle Erkenntnisse über Fehlbelastung in steuerungsrelevante Informationen umgesetzt werden und dadurch Assistenz- und Leitsysteme, wie beispielsweise Warehouse-Management-Systeme (WMS), zur Verfügung gestellt werden können. Dadurch wäre es möglich den Schutz der Mitarbeiter vor Fehlbelastung zu erhöhen, indem zum Beispiel das Ausmaß an Belastung für bestimmte Personen oder Prozesse anhand von Material- und Informationsflüssen ermittelt und gegebenenfalls angepasst wird. Es soll darüber hinaus untersucht werden, inwiefern im Kontext von Industrie 4.0 Smart Devices einsetzbar sind, um die aktuelle individuelle Belastung von Mitarbeitern erfassen und deren individuelle Beanspruchung kontinuierlich beurteilen zu können. Solche Möglichkeiten würden erlauben die Beanspruchung individuell zu optimieren und somit auch das gesamte soziotechnische System der Kommissionierung.

## Stand der Wissenschaft

Wie oben erwähnt wurden im Bereich der Kommissionierung ergonomische Aspekte zum Schutz des Mitarbeiters vor Fehlbelastung bisher nur unzureichend beachtet. Ergonomische Gestaltungsaspekte zur Vermeidung oder Reduktion von physischer Belastung sind schon seit längerer Zeit ein Thema im Bereich der Kommissionierung, um beispielsweise Wege zu reduzieren oder ungünstige Körperhaltungen- und Körperkräfte zu vermeiden [15]. Neuere Untersuchungen [z. B. 35] zielen auch darauf ab Assistenz- und Leitsysteme für die Reduktion von Fehlbelastungen einzusetzen. Es scheint aber in Bezug auf die physische Belastung noch keine einheitlichen Bewertungskonzepte zu geben, die sich für ein automatisches Belastungsmonitoring eignen.

Psychische Fehlbelastungen sind im Bereich der Kommissionierung bisher kaum beachtet und entsprechend wenig systematisch untersucht. Themen wie beispielsweise Lernen und Belohnung, die prinzipiell in den Bereich psychischer Belastung fallen, werden zwar immer wieder aufgegriffen, aber dann eher im Kontext von Effizienzsteigerung diskutiert [z. B. 36] und weniger als mögliche Ressource zur Reduktion von psychischer Belastung in Betracht gezogen. Generell lässt sich sagen, dass für die Erforschung von psychischer Belastung in der Kommissionierung im Vergleich zu anderen Arbeitsbereichen wie dem bereits vielseitig analysierten Produktionsbereich [37] oder im Bereich der Flugverkehrskontrolle [38] ein erheblicher Nachholbedarf besteht. Die Erarbeitung dieses Bereiches ist darüber hinaus von hoher Bedeutung, um die Gesamtbelastung (physisch und psychisch) der Kommissionierungsarbeit abschätzen zu können.

## Erster Ausblick auf zukünftige Themen

Zukünftig sollen die Möglichkeiten, die durch die Digitalisierung der Logistik entstehen, dazu genutzt werden, Belastungssituationen in der Kommissionierung frühzeitig zu erkennen und die individuelle Beanspruchung zu beurteilen. Als Reaktion auf die Analyse sollen präventive oder gar prospektive Maßnahme ergriffen werden, um die Belastung am entsprechenden Kommissionier-arbeitsplatz von vornherein optimal zu gestalten und bei Bedarf intervenierende Maßnahmen ergriffen werden, falls sich die Belastung an einem Arbeitsplatz nicht optimal verhält [39]. Bei diesen Maßnahmen kann es sich um klassische Praktiken der Arbeits- und Organisationspsychologie handeln wie zum Beispiel die flexible, differenzielle oder dynamische Arbeitsplatzgestaltung oder Job-Enrichment- oder Job-Enlargement-Strategien, um Entscheidungs- und Tätigkeitsspielräume zu erweitern. Andernfalls können Maßnahmen zur Gestaltung von Hilfsmitteln direkt beim Technikeinsatz erfolgen.

Zusätzlich zur Belastungs- und Beanspruchungsanalyse durch digitalisierte Arbeitsumgebungen könnten Wearables zum Einsatz kommen, um kontinuierlich Informationen (Aktivitäts- und Biosignale) über die körperliche und psychische Beanspruchung im Sinne eines Belastungsmonitorings nutzen zu können. Damit im Zusammenhang stehen allerdings ethische, soziale und rechtliche Aspekte, die zu berücksichtigen sind. Hier müssen Lösungen zum Einsatz von Belastungsmonitorings gefunden werden, die mit geltenden Regeln vereinbar sind. Sollen darüber hinaus psychische Belastungsinformationen durch Warehouse-Management-Systeme

bewertet werden, um arbeitsförderliche Arbeitsbedingungen für den Kommissionierer dynamisch zu gestalten, ist es wichtig, dass ein geeignetes Menschmodell entwickelt wird. Anthropometrische Menschmodelle sind im Hinblick auf physische Ergonomie ein geläufiges Mittel, um Arbeitsbedingungen und -systeme ergonomisch zu gestalten [z.B. RAMSIS, 40]. Analog soll ein digitales Menschmodell entwickelt werden, das die Simulation psychischer Belastung zukünftig ermöglicht.

## Gesellschaftliche Relevanz

Um den Trends der »Globalisierung«, des »Demografischen Wandels« und der »Digitalisierung« Folge zu leisten [39, 41], ist es wichtig, humanzentrierte smarte Systeme und Arbeitsumgebungen zu entwickeln. Beschäftigte sollen unabhängig von ihrem individuellen Hintergrund die innovativen Techniken nutzen können. So ist die Vorwegnahme möglicher Barrieren, die durch Sprache, Ausbildung, Fähigkeiten, Geschlecht oder Alter bedingt sind, von zentraler Bedeutung. Individuelle Komponenten menschlichen Erlebens und Verhaltens erscheinen vor dem Hintergrund dieser gesellschaftlichen Trends besonders wichtig, weswegen der Gestaltungs- und Einsatzkriterien für humanzentrierte Systeme und Umgebungen eine besondere Bedeutung zukommt.

Durch die Möglichkeiten der Digitalisierung ist es prinzipiell möglich, Arbeitsumgebungen zu schaffen, in denen belastungsoptimale sowie leistungs- und gesundheitsförderliche Bedingungen dynamisch an die Bedürfnisse des Mitarbeiters angepasst werden. Dies bietet somit die Chance auch einzelne Mitarbeiter aktiv zu umsorgen (caring environments).

Ziel des Teilprojekts »Kognitive Ergonomie« und der Perspektive Mensch ist es, eine Roadmap zu generieren, in der die Chancen und Risiken einer zunehmend digitalisierten Arbeitswelt im Hinblick auf das (volkswirtschaftliche) gesellschaftliche Streben nach Gesundheit, Wohlbefinden, Arbeitsfähigkeit und Leistungsfähigkeit des Menschen betrachtet werden. Der Fokus liegt auf der Erhaltung und Förderung dieser wichtigen Faktoren.

# Literaturverzeichnis

- [1] Junghanns, G.; Morschhäuser, M. (2013): Immer schneller, immer mehr - Psychische Belastung bei Wissens- und Dienstleistungsarbeit. Herausgegeben von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Wiesbaden: Springer.
- [2] Kompier, M. A.; Kristensen, T. S. (2001): Organizational work stress interventions in a theoretical, methodological and practical context. In: J. Dunham (Hrsg.), *Stress in the Workplace: Past, Present and Future* (pp. 164-190). London: Whurr Publishers.
- [3] Landsbergis, P. A. (2003): The changing organization of work and the safety and health of working people: a commentary. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 45, 61-72.
- [4] Treier, M. (2015): Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastungen: Begründung, Instrumente, Umsetzung. Wiesbaden: Springer.
- [5] Lohmann-Haislah, A. (2012): *Stressreport Deutschland 2012. Psychische Anforderungen, Ressourcen und Befinden*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- [6] Parasuraman, R.; Molloy, R.; Singh, I. L. (1993): Performance consequences of automation-induced complacency. In: *The International Journal of Aviation Psychology*, 3, 1-23.
- [7] Parasuraman, R.; Mouloua, M.; Molloy, R. (1994): Monitoring Automation Failures in Human Machine Systems. In: Mouloua, M.; Parasuraman, R. (Hrsg.): *Human Performance in Automated Systems: Current Research and Trends*. Hillsdale, NJ: Earlbaum, 45-49.
- [8] Hacker, W.; Richter, P. (1984): *Psychische Fehlbeanspruchung: Psychische Ermüdung, Monotonie, Sättigung und Stress* (Vol. 2). Berlin: Springer.
- [9] Debitz, U.; Gruber, H.; Richter, G. (2003): *Psychische Gesundheit am Arbeitsplatz: Teil 2. Erkennen, Beurteilen und Verhüten von Fehlbeanspruchungen*. Bochum: InfoMedia-Verlag.
- [10] Grosse, E. H.; Glock, C. H.; Jaber, M. Y.; Neumann, W. P. (2015): Incorporating human factors in order picking planning models: framework and research opportunities. In: *International Journal of Production Research*, 53, 695-717.
- [11] Reif, R.; Günthner, W. A.; Schwerdtfeger, B.; Klinker, G. (2010): Evaluation of an augmented reality supported picking system under practical conditions. In: *Computer Graphics Forum* (Vol. 29, No. 1, pp. 2-12). Blackwell Publishing Ltd.
- [12] Grosse, E. H.; Glock, C. H.; Neumann, W. P. (2017): Human factors in order picking: a content analysis of the literature. In: *International Journal of Production Research*, 55, 1260-1276.
- [13] DSLV Deutscher Speditions- und Logistikverband e. V. (2015): *Zahlen-Daten-Fakten aus Spedition und Logistik*. Bonn: DSLV.
- [14] DEKRA Akademie GmbH (2016): *Arbeitsmarkt-Report 2016*. Letzte Aktualisierung: k.A.. URL: [https://www.dekra-akademie.de/media/content/dekra\\_akademie/arbeitsmarkt-report\\_pdf/dekra-arbeitsmarktreport-2016.pdf](https://www.dekra-akademie.de/media/content/dekra_akademie/arbeitsmarkt-report_pdf/dekra-arbeitsmarktreport-2016.pdf) – Abgerufen am 18.08.2017.
- [15] Kretschmer, V. (2017): Belastungsschwerpunkte von Erwerbstätigen in der Intralogistik. In: *Sicher ist Sicher - Arbeitsschutz aktuell - Fachzeitschrift für Sicherheitstechnik, Gesundheitsschutz und menschengerechte Arbeitsgestaltung*, 10, Berlin: Erich Schmidt Verlag, im Druck.
- [16] Salvendy, G. (2012): *Handbook of human factors and ergonomics*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- [17] Nübling, M.; Stöbel, U.; Hasselhorn, H. M.; Michaelis, M.; Hofmann, F. (2005): Methoden zur Erfassung psychischer Belastungen. Erprobung eines Messinstruments (COPSOQ). In: *Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin*, Fb 1058, Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- [18] Hart, S. G.; Staveland, L. E. (1988): Development of the NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In: P. A. Hancock; N. Meshkati (Hrsg.), *Human Mental Workload* (pp. 139-183). North Holland: Elsevier Science Publisher B.V.
- [19] Neyer, F. J.; Felber, J.; Gebhardt, C. (2012): Entwicklung und Validierung einer Kurzskaala zur Erfassung von Technikbereitschaft (technology commitment). In: *Diagnostica*, 58, 87-99.
- [20] Ising, H.; Sust, C.A.; Plath, P. (2004): *Gesundheitsschutz: Lärmwirkungen - Gehör, Gesundheit*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Dortmund.
- [21] Kretschmer, V.; Schmidt, K.-H.; Griefahn, B. (2013): Wenn die Nacht zum Tag wird. In: *Sicher ist sicher – Arbeitsschutz aktuell - Fachzeitschrift für Sicherheitstechnik, Gesundheitsschutz und menschengerechte Arbeitsgestaltung*, 1, 20-22.
- [22] Günthner, W. (2006): Intralogistik im Dialog mit Forschung und Lehre. In: D. Arnold (Hrsg.), *Intralogistik. Potentiale, Perspektiven, Prognosen* (pp. 239-276). Berlin, Heidelberg: Springer.
- [23] Thüring, M.; Mahlke, S. (2007): Usability, aesthetics and emotions in human-technology interaction. In: *International Journal of Psychology*, 42, 253-264.

- [24] Wille, M.; Grauel, B.; Adolph, L. (2013): Strain caused by head mounted displays. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Europe, 267-277.
- [25] Kreuzfeldt, M.; Leisten, M.; Müsseler, J. (2015): Constrained postures and spatial S-R compatibility as measured by the Simon effect. In: Psychological Research, 79, 658-668.
- [26] Kiesel, A.; Steinhauser, M.; Wendt, M.; Falkenstein, M.; Jost, K.; Philipp, A. M.; Koch, I. (2010): Control and interference in task switching - A review. In: Psychological Bulletin, 136, 849.
- [27] Kreuzfeldt, M.; Stephan, D. N.; Willmes, K.; Koch, I. (2017): Modality-specific preparatory influences on the flexibility of cognitive control in task switching. In: Journal of Cognitive Psychology, 29, 607-617.
- [28] Rinkenauer, G.; Osman, A.; Ulrich, R.; Müller-Gethmann, H.; Mattes, S. (2004): On the locus of speed-accuracy trade-off in reaction time: inferences from the lateralized readiness potential. In: Journal of Experimental Psychology: General, 133, 261-282.
- [29] Bröde, P.; Rinkenauer, G.; Jaschinski, W.; Schütte, M. (2013): Effectiveness in cognitive task performance under time pressure and elevated ambient temperature. In: J. D. Cotter, S.J.E. Lucas; T. Mündel (Hrsg.): Environmental Ergonomics XV: Proc. of the 15th International Conference on Environmental Ergonomics, Queenstown, New Zealand, 11-15th Febr 2013 (pp. 89-93). Otago: International Society for Environmental Ergonomics.
- [30] Theis, S.; Mertens, A.; Wille, M.; Rasche, P.; Alexander, T.; Schlick, C. M. (2015): Effects of data glasses on human workload and performance during assembly and disassembly tasks. In: Proceedings of the 19th triennial congress of the IEA, Melbourne (pp. 1-8).
- [31] Arnau, S.; Möckel, T.; Rinkenauer, G.; Wascher, E. (2017): The interconnection of mental fatigue and aging: an EEG study. In: International Journal of Psychophysiology. 117, 17-25.
- [32] Rinkenauer, G.; Plewan, T. (2017): Geschwindigkeits-Genauigkeitsabgleich und Körperhaltung: Altersbedingte Unterschiede bei der Balancekontrolle. In: Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft: 63. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, HNW Brugg-Windisch, Schweiz, 15.–17. Februar 2017, Beitrag F.2.6, pp. 1 – 6, Dortmund: GfA-Press.
- [33] Renker, J.; Rinkenauer, G. (2016): The acquisition of mental representations under uncertainty: an eye movement study. In: Kognitive Systeme DuEPublico - Duisburg-Essen Publications online, 7, 1-7.
- [34] Plewan, T.; Wascher, E.; Falkenstein, M.; Hoffman, S. (2016). Classifying Response correctness across Different Task Sets: A Machine Learning Approach. PLoS ONE 11(3). e0152864.
- [35] Günthner, W.; Koch, M. (2014): Erstellung einer ergonomischen Lagerstrategie und -organisation durch ein Arbeitslast analysierendes Warehouse-Management-System (ErgoWMS). Forschungsbericht Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München.
- [36] Grosse, E. H.; Glock, C. H. (2015): The effect of worker learning on manual order picking processes. In: International Journal of Production Economics, 170, 882-890.
- [37] Sonntag, K.; Frieling, E.; Stegmaier, R.; Frieling, E.; Stegmaier, R. (2012): Lehrbuch Arbeitspsychologie. Bern: Huber.
- [38] Hilburn, B.; Jorna, P. G. A. M. (2001): Workload and air traffic control. In: Stress, workload, and fatigue. Mahwah, NJ: L. Erlbaum.
- [39] Nerdinger, F. W.; Blicke, G.; Schaper, N. (2011): Arbeits- und Organisationspsychologie. Heidelberg: Springer.
- [40] Seidl, A. (1994): Das Menschmodell RAMSIS: Analyse, Synthese und Simulation dreidimensionaler Körperhaltungen des Menschen. Dissertation, Technische Universität München.
- [41] Nöllenheidt, C.; Brenscheidt, S. (2013): Arbeitswelt im Wandel: Zahlen-Daten-Fakten. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

IN KOOPERATION MIT



**EffizienzCluster**  
LogistikRuhr