

Hoene, Andreas et al.

**Research Report**

## Bewertung von Technologielösungen für Automatisierung und Ergonomieunterstützung der Intralogistik

ild Schriftenreihe der FOM, No. 64

**Provided in Cooperation with:**

ild Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement, FOM Hochschule für Oekonomie & Management

*Suggested Citation:* Hoene, Andreas et al. (2019) : Bewertung von Technologielösungen für Automatisierung und Ergonomieunterstützung der Intralogistik, ild Schriftenreihe der FOM, No. 64, ISBN 978-3-89275-100-7, MA Akademie Verlags- und Druck-Gesellschaft mbH, Essen

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/234149>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

*Band  
64*

Matthias Klumpp / Torsten Marner / Thomas Hanke (Hrsg.)

*Bewertung von Technologielösungen  
für Automatisierung und Ergonomieunterstützung  
der Intralogistik*

~  
Andreas Hoene / Mandar Jawale / Thomas Neukirchen /  
Nicole Bednorz / Holger Schulz / Simon Hauser

ild Schriftenreihe

**FOM**  
Hochschule

**ild**

Institut für Logistik- &  
Dienstleistungsmanagement  
der FOM University of Applied Sciences

**Andreas Hoene / Mandar Jawale / Thomas Neukirchen / Nicole Bednorz /  
Holger Schulz / Simon Hauser**

*Bewertung von Technologielösungen für Automatisierung und Ergonomieunterstützung  
der Intralogistik*

ild Schriftenreihe der FOM, Band 64

Essen 2019

ISBN (Print) 978-3-89275-099-4    ISSN (Print) 1866-0304  
ISBN (eBook) 978-3-89275-100-7    ISSN (eBook) 2569-5355

Dieses Werk wird herausgegeben vom ild Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement  
der FOM Hochschule für Oekonomie & Management gGmbH

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie;  
detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2019 by



**MA Akademie  
Verlags- und Druck-  
Gesellschaft mbH**

MA Akademie Verlags-  
und Druck-Gesellschaft mbH  
Leimkugelstraße 6, 45141 Essen  
[info@mav-verlag.de](mailto:info@mav-verlag.de)

Das Werk einschließlich seiner  
Teile ist urheberrechtlich geschützt.  
Jede Verwertung außerhalb der  
engen Grenzen des Urhebergeset-  
zes ist ohne Zustimmung der MA  
Akademie Verlags- und Druck-  
Gesellschaft mbH unzulässig und  
strafbar. Das gilt insbesondere für  
Vervielfältigungen, Übersetzungen,  
Mikroverfilmungen und die Ein-  
speicherung und Verarbeitung in  
elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchs-  
namen, Handelsnamen, Warenbe-  
zeichnungen usw. in diesem Werk  
berechtigt auch ohne besondere  
Kennzeichnung nicht zu der Annah-  
me, dass solche Namen im Sinne  
der Warenzeichen- und Marken-  
schutz-Gesetzgebung als frei zu  
betrachten wären und daher von  
jedermann benutzt werden dürfen.  
Oft handelt es sich um gesetzlich  
geschützte eingetragene Waren-  
zeichen, auch wenn sie nicht als  
solche gekennzeichnet sind.

Andreas Hoene / Mandar Jawale / Thomas Neukirchen / Nicole Bednorz /  
Holger Schulz / Simon Hauser

***Bewertung von Technologielösungen für Automatisierung und  
Ergonomieunterstützung der Intralogistik***

Matthias Klumpp / Torsten Marner / Thomas Hanke (Hrsg.)

---

Die vorliegende Publikation erscheint im Kontext des Projektes „ADINA – Automatisierungstechnik und Ergonomieunterstützung für innovative Kommissionier- und Umschlagkonzepte der Logistik in NRW“. Die Förderung erfolgt im Rahmen der EFRE-Förderung NRW (2017-2020), Leitmarktwettbewerb Logistik.NRW. Die Projektbeteiligten sind das Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement (ild) der FOM Hochschule, das Zentrum für Logistik und Verkehr (ZLV) der Universität Duisburg-Essen, Fiege Logistik Bocholt, EJOT Bad Berleburg, Bohnen Logistik Duisburg, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML) Dortmund.



**EFRE.NRW**  
Investitionen in Wachstum  
und Beschäftigung



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung

Ministerium für Wirtschaft, Energie,  
Industrie, Mittelstand und Handwerk  
des Landes Nordrhein-Westfalen



## **Abstract**

Logistics commands a huge variety of dynamic developments, driven by technological, organizational and market changes. In particular, automation and ergonomics are promising means to increase economical, ecological and social sustainability.

The publication of this research paper marks completion of the second phase of the ADINA (automation technology and ergonomic support for innovative picking and transshipment concepts of logistics in NRW) research project. Based on the requirements analysis in phase one of the project, this paper encompasses the selection of technologies and ergonomic solutions.

In order to do so, section one of this paper introduces the research project before the second chapter describes the screening process of potential automation and ergonomics solutions in ADINA. Section three then describes an Analytic Hierarchy Process (AHP) that was employed to support the selection of technologies, preceding an evaluation of the benefits of these tools over existing solutions in section four. Both sections (three, four) describe the approach of this study and report on survey and results. Section five concludes with a discussion of the current results and gives a project outlook.

## Inhaltsverzeichnis

Abstract.....	II
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
1 Einleitung .....	1
2 Technologieauswahl .....	4
3 AHP-Studie im Projekt ADINA .....	8
3.1 Definitionen .....	8
3.2 Auswertung und Ergebnisse .....	14
4 Nutzwertanalyse im Projekt ADINA .....	21
4.1 Definitionen .....	21
4.2 Auswertung und Ergebnisse .....	22
5 Diskussion und Bewertung der Ergebnisse.....	26
Literaturverzeichnis .....	28
Anhang Fragebogen AHP .....	31
Anhang Fragebogen Nutzwertanalyse .....	41

## **Abkürzungsverzeichnis**

ADINA	Automatisierungstechnik und Ergonomieunterstützung für innovative Kommissionier- und Umschlagkonzepte der Logistik in NRW
AHP	Analytic Hierarchy Process
CI	Consistency Index
CR	Consistency Ratio
FOM	Hochschule für Oekonomie und Management
ild	Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement
NWA	Nutzwertanalyse
RI	Random Index
TUL	Transport, Umschlag und Lagerung
VAS	Value Added Services

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Prozess zur Bestimmung und Vorauswahl von Technologien im Projekt ADINA. ....	4
Abbildung 2: Vorauswahl Lösungsalternativen für kriterienbasierte Bewertung. ....	7
Abbildung 3: AHP-Struktur .....	13
Abbildung 4: Charakteristika und Anzahl Teilnehmerinnen und Teilnehmer Unternehmen A .....	14
Abbildung 5: Charakteristika und Anzahl Teilnehmerinnen und Teilnehmer Unternehmen B .....	15
Abbildung 6: Kriteriengewichtung (Unternehmen A und B).....	15
Abbildung 7: Bewertung der Alternativen nach Kriterien (Unternehmen A).....	16
Abbildung 8: Bewertung der Alternativen nach Kriterien (Unternehmen B).....	17
Abbildung 9: Charakteristika und Anzahl Teilnehmerinnen und Teilnehmer (Unternehmen C).....	22
Abbildung 10: Kriteriengewichtung (Unternehmen C).....	23
Abbildung 11: Alternativenranking Nutzwertanalyse (Unternehmen C).....	24

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Kriterien für Alternativenbewertung .....	6
Tabelle 2: AHP-Skala, verbale Interpretation .....	12
Tabelle 3: Alternativenranking (Unternehmen A und B).....	17
Tabelle 4: Alternativenranking nach Altersgruppen (Unternehmen A).....	18
Tabelle 5: Alternativenranking nach Altersgruppen (Unternehmen B).....	19
Tabelle 6: Alternativenranking nach Tätigkeitsbereich (Unternehmen A).....	19
Tabelle 7: Alternativenranking nach Tätigkeitsbereich (Unternehmen B).....	20
Tabelle 8: Alternativenranking gesamt und nach Altersgruppen (Unternehmen C) .....	25
Tabelle 9: Alternativenranking nach Tätigkeitsbereichen (Unternehmen C).....	25

## 1 Einleitung

Das gesellschaftliche Leben und Arbeiten in Deutschland ist zunehmend durch den demografischen Wandel geprägt. Bedingt durch die Faktoren Geburtenrate, Lebenserwartung und Migration ist die Bevölkerungsstruktur in Deutschland in den nächsten Jahrzehnten einer signifikanten Änderung unterworfen. So wird der Bevölkerungsanteil im erwerbsfähigen Alter zurückgehen, das Durchschnittsalter der Erwerbstätigen hingegen weiterhin ansteigen.<sup>1</sup> Diese Entwicklung hat nicht nur Auswirkungen auf gesellschaftliche und soziale Aspekte innerhalb einer Volkswirtschaft, sondern insbesondere auch auf deren Arbeitswelt.<sup>2</sup> So ist es erforderlich, Arbeitsplatzgestaltung und die generellen Prozessabläufe zu überdenken. Durch diese Bevölkerungsentwicklung entsteht darüber hinaus ein branchenübergreifender Fachkräfte- und Nachwuchsmangel.<sup>3</sup> Studien zeigen, dass insbesondere bei gewerblichen Berufsfeldern in der Logistik ein hoher Problem- und Innovationsdruck herrscht.<sup>4</sup> So sind von dem Arbeitskräftemangel besonders Tätigkeiten im Bereich Transport, Umschlag und Lagerung (TUL) betroffen.<sup>5</sup>

Sowohl auf Seiten der Arbeitnehmer als auch auf Seiten der Unternehmen gilt es, ein ganzheitliches Konzept zu entwickeln, das auf eine dynamische Lebens- und Arbeitswelt zugeschnitten ist.<sup>6</sup> Gerade in der Logistikbranche sind die Aufgabenbereiche in Transport, Umschlag und Lagerung immer noch durch einen hohen Grad an manuellen Tätigkeiten und somit körperlich anstrengender Handarbeit geprägt, dabei sind Muskel-Skelett-Erkrankungen die häufigste Ursache für Arbeitsunfähigkeitstage.<sup>7</sup> Durch eine Implementierung von spezifischen Automatisierungs- und Ergonomieunterstützungssystemen in der Logistikbranche wird die Möglichkeit gegeben, das hoch innovative Anwendungspotenzial im Bereich des Umschlags und der Kommissionierung zu nutzen und eine attraktivere Arbeitsplatzgestaltung zu ermöglichen.<sup>8</sup> In diesem Zusammenhang beschreibt der vorliegende Beitrag eine Fallstudie im Forschungsprojekt ADINA, deren Untersuchungsschwerpunkt auf einem

---

<sup>1</sup> Vgl. Statistisches Bundesamt (2017), S. 13

<sup>2</sup> Vgl. Schönwald et al. (2014), S. 25.

<sup>3</sup> Vgl. Schroven (2015), S. 21ff.

<sup>4</sup> Vgl. Scholz (2011), S.136ff.

<sup>5</sup> Vgl. Klumpp et al. (2015).

<sup>6</sup> Vgl. Becker und Intoyoad (2017), S. 557ff.

<sup>7</sup> Vgl. Marschall et al. (2018), S.17.

<sup>8</sup> Vgl. Coto-Millán et al. (2016), S. 985.

manuellen Umschlagsprozess in der Logistik liegt, da dieser hohe Forschungs- und Anwendungspotenziale durch den Einsatz von Automatisierungstechnik und Ergonomieunterstützung aufweist.

Das Projekt ADINA befasst sich deshalb mit der Anforderungsanalyse für Automatisierungstechnik, der technischen Integration sowie der Pilotierung und Anpassung in den relevanten TUL-Bereichen der Logistik, insbesondere:

- Sammelgutumschlag, Umschlag in der Produktionseingangslogistik
- Kommissionierung und Ausgangsabfertigung in der Kontraktlogistik

So werden beispielsweise für Logistikprozesse der Ein- und Auslagerung, der Kommissionierung, des Umschlags und der Value Added Services (VAS, Veredelnde Dienstleistungen) gemeinsam mit den führenden Herstellern und Logistikdienstleistern neue Anwendungstechniken entwickelt, da diese Prozesse bis dato noch durch viel belastende Handarbeiten geprägt sind. Diese Innovationen können zur Verbesserung im Sinne der großen Anzahl gewerblicher Logistikbeschäftigten, insbesondere am Standort NRW, beitragen, was insgesamt die Arbeit in der Logistikbranche attraktiver, sicherer und effizienter macht. Damit werden unter anderem erreicht:

- eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen (geringere Prozesskosten Umschlag/Kommissionierung),
- die zukunftsfähige Absicherung der Beschäftigten und Unternehmen für die Herausforderungen des demografischen Wandels,
- eine Stärkung der Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit durch die Reduktion von Arbeitsunfällen, Gesundheitsschäden und Ausfallzeiten,
- die Förderung der Attraktivität und sozialen Teilhabe der gewerblichen Berufsbilder durch höheren Technik- und Automatisierungseinsatz.

Ein besonderes Augenmerk von ADINA liegt auf der Verbesserung der Arbeitsergonomie sowie der dadurch erreichte Gesundheitsschutz und das Erreichen eines altersgerechten Arbeitens, welches Beschäftigte länger und in späteren Lebensjahren zur Arbeit in diesen Logistikprozessen befähigt.

Die vorliegende Studie geht der Forschungsfrage nach, inwieweit manuelle Tätigkeiten in der Logistik durch technische Automatisierung und Ergonomieunterstützung von Prozessen optimiert werden können. Dabei liegt der Untersuchungsschwerpunkt auf den gewerblichen Umschlagsprozessen in der Logistik, da diese ein hoch innovatives Forschungs- und

Anwendungspotenzial aufweisen. Neben der Identifikation von Tätigkeiten mit hohem manuellem Aufwand, gilt es bestehende Technologien zur Optimierung von Umschlagprozessen zu bewerten und auf die vorliegende Forschungsarbeit zu übertragen. Darüber hinaus ist eine fokussierte Ausarbeitung der Lösungsansätze entlang der qualitativen Inhaltsanalyse, ebenso Teil der Zielsetzung wie die Herleitung von Handlungsoptionen, u. a. durch die Bestimmung und Vorauswahl von technischen Lösungen und Ableitung von angemessen erscheinenden Lösungsansätzen, die in einer sich anschließenden Pilotierungsphase erprobt werden sollen.

Dieser Beitrag widmet sich der Bestimmung und Vorauswahl von technischen Lösungen und ist folgendermaßen strukturiert: In Kapitel 2 wird der Prozess zur Bestimmung und Vorauswahl von Technologien im Projekt ADINA vorgestellt. In Kapitel 3 und 4 werden dann die im Projekt ADINA durchgeführte Analytic Hierarchy Process (AHP) respektive Nutzwertanalyse-Studie beschrieben, zunächst anhand allgemeiner Definitionen, dann anhand der konkreten Befragung. Die Kapitel schließen mit dem aus der Befragung resultierenden Ranking der Kriterien und Alternativen. In Kapitel 5 erfolgen methodische wie inhaltliche Diskussion der Ergebnisse. Im Anhang dieses Bandes sind zudem die eingesetzten Studien im vollen Umfang (Fragebogen) zu finden.

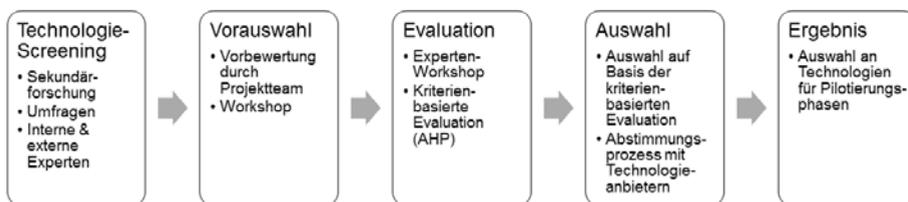
## 2 Technologieauswahl

Dieses Kapitel beschreibt den Prozess der Bestimmung und Vorauswahl von (technischen) Lösungsalternativen zur Automatisierung und Ergonomieunterstützung (Technologiescreening).

Der Problemerkennung und Beschreibung der Ausgangssituation (erste Phase des Projektes ADINA) folgt ein Technologie-Screening als Bestandteil des Technologiemanagementprozesses zur Bestimmung und Vorauswahl von technischen Lösungen und Ableitung von angemessen erscheinenden Lösungsansätzen, die in der sich anschließenden Pilotierungsphase erprobt werden sollen.<sup>9</sup> Aus der Problemerkennung wurden bereits erste Anforderungen an die technischen Lösungen abgeleitet.<sup>10</sup> Daran anschließend erfolgt eine Priorisierung alternativer Technologien. Hierbei sind die jeweiligen spezifischen Charakteristika der betrachteten Unternehmen, Praxisfälle und Prozesse zu berücksichtigen.

Das Auswahlverfahren von technischen Lösungen, im ADINA Projekt insbesondere Lösungen zur Ergonomieunterstützung und Automatisierung, jedoch auch von Produkten und Strategien zur Steigerung der Ressourceneffizienz, erfolgt in folgenden Schritten:

**Abbildung 1: Prozess zur Bestimmung und Vorauswahl von Technologien im Projekt ADINA.**



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Rohn, Lang-Koetz 2009.<sup>11</sup>

In einem ersten Schritt wurden ADINA-relevante Technologien durch Sekundärforschung (Desk Research) sowie unter Einbeziehung sowohl projektinterner als auch assoziierter Experten identifiziert. Anschließend wurden die identifizierten Lösungsoptionen strukturiert und aufgelistet.

---

<sup>9</sup> Vgl. Gruchmann et al. (2018b).

<sup>10</sup> Vgl. Gruchmann et al. (2018a).

<sup>11</sup> Vgl. Rohn, Lang-Koetz (2009).

Die Übersicht dient als Grundlage für den weiteren Auswahlprozess. Das Screening folgte in seinen Schritten Auffermann und Lange (2016)<sup>12</sup>:

- Identifikation von Technologien
- Sammlung von Technologien
- Bewertung von Technologien
- Beobachtung von Technologien

Im zweiten Schritt erfolgte eine Analyse und Vorauswahl von Alternativen, die dann in einem dritten Schritt einer kriterienbasierten Bewertung unterzogen wurden. Hierzu wurde auf die Methoden AHP und der Nutzwertanalyse (NWA) zurückgegriffen. Beide Methoden und Ergebnisse werden in den folgenden Kapiteln beschrieben. In partizipativen Workshops wurden mit Praxispartnern die Lösungsoptionen validiert.

Die kriterienbasierte Bewertung mithilfe des AHP und der NWA berücksichtigt die spezifischen Anforderungen je Anwendungsfall. Die Kriterien werden mit Faktoren für die Wichtigkeit gewichtet und die Ergebnisse werden durch Vergleichen verschiedener Lösungsalternativen bewertet.

Die Bewertungskriterien wurden auf Basis der Anforderungsanalyse ermittelt:

---

<sup>12</sup> Vgl. Auffermann und Lange (2016), S. 6.

Tabelle 1: Kriterien für Alternativenbewertung

<p>① <b>Akzeptanz bei Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern</b></p>	<p>Das technische Hilfsmittel wird von den Mitarbeitern akzeptiert und die Mitarbeiter sind bereit, das Hilfsmittel (auch langfristig) zu nutzen. Die Mitarbeiter können sich mit dem technischen Hilfsmittel gut identifizieren.</p>
<p>② <b>Produktivität/ Prozessgeschwindigkeit</b></p>	<p>Das technische Hilfsmittel trägt dazu bei, Prozessgeschwindigkeit/Prozessqualität zu erhöhen.</p>
<p>③ <b>Einfache Umsetzung</b></p>	<p>Das technische Hilfsmittel lässt sich leicht einführen und in den Arbeitsplatz integrieren.</p>
<p>④ <b>Flexibilität/ vielseitige Einsetzbarkeit</b></p>	<p>Das technische Hilfsmittel lässt sich problemlos in verschiedenen Bereichen und für verschiedene Arbeiten einsetzen.</p>
<p>⑤ <b>Gesundheitsschutz/Ergonomie</b></p>	<p>Das technische Hilfsmittel trägt zu einem ergonomischeren und gesundheitsschonenderen Arbeiten bei.</p>

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Vorauswahl der Lösungsalternativen für den kriterienbasierten Vergleich erfolgte im Rahmen eines partizipativen Workshops (siehe Abbildung 2):

## Abbildung 2: Vorauswahl Lösungsalternativen für kriterienbasierte Bewertung

### Ergonomischer Arbeitsplatz

(z.B. höhenverstellbare Tische & Bildschirme, ergonomische Matten, etc.)



Bild: Vanderlande



Bild: denios.de

### Exoskelette (körpergetragene Hebehilfen)



Bild: German Bionic Systems



Bild: Fraunhofer IPA

### Autonome/ Fahrerlose (FTF) Transport- und Komm-Systeme



Bild: SSI Schäfer



Bild: Jungheinrich

### Ident- und Assistenzsysteme

(z.B. Put/Pick-by-Light/Voice/Vision...)



Bild: KBS GmbH



Bild: Topsystem GmbH

### Flurförderzeuge

(z.B. Vakuum-Heber, Stapler, Ameise Scherenhubwagen mit Niveaueusgleich, Hebehilfen)



Bild: Southworth



Bild: Packline Ltd.

### Verpackungshilfen

Umreifungshilfen, Umwickel-/  
Strechhilfen



Bild: ergopack.de



Bild: lohrmann.de

### 3 AHP-Studie im Projekt ADINA

Mit dem AHP sollen immaterielle, nicht greifbare Merkmale (wie individuelle Präferenzen) messbar gemacht werden. Hierzu werden Paarvergleiche eines Satzes von Alternativen unter jeweils einem Kriterium aus einer Gesamtheit von Kriterien angestellt, woraus Prioritäten und eine lokale, sowie eine globale Rangfolge entstehen. Kriterium ist hier als Grundbegriff zu verstehen - das heißt, es wird keine Definition angegeben bzw. in den Ausführungen zu den Annahmen hinter dem AHP wird keine formale Beschreibung hierzu gegeben. Die hierarchische Konstruktion 'Alternativ-übergeordnetes Kriterium' wiederholt sich dabei so, dass Kriterien für die Paarvergleiche auf der niedrigsten Stufe im nächsten Schritt als Alternativen auftreten und die gesamte Hierarchie in einem singulären, als ‚Ziel‘ bezeichneten Hauptkriterium gipfelt. Prinzipiell kann mit dem AHP eine Problemstellung erschöpfend analysiert werden. Struktur und Ablauf sind dabei vorgegeben, was dem Entscheidungsverfahren Werkzeugcharakter verleiht.

#### 3.1 Definitionen

Paarvergleichsurteile werden als Zahlenwerte mit den Eigenschaften einer Absolutskala ausgedrückt. Die Bevorzugung einer Alternative über die jeweils andere im Hinblick auf ein bestimmtes gemeinsames Kriterium entspricht einem ganzzahligen Vielfachen der Einheit, als die man die weniger wichtig eingeschätzte Alternative setzt. Im Vergleich der beiden Alternativen erhält die nachrangig bewertete dann den reziproken Wert der bevorzugten Alternative. Das Ergebnis der Anwendung dieses Verfahrens über alle möglichen Paare ist eine Paarvergleichsmatrix. Die Werte des zugehörigen Haupteigenvektors entsprechen den Prioritäten der Alternativen insgesamt auf einer normierten Absolutskala, d. h., ein Ordnen der Alternativen absteigend nach den zugehörigen Werten des Haupteigenvektors liefert eine Rangfolge der Alternativen, die den Paarvergleichen des Entscheiders entspricht. Für die Paarvergleiche grundlegende Definitionen sind hier aufgeführt, wir folgen hier SAATY sowie SAATY und KULAKOWSKI.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Saaty (1986, 2008); Saaty, Kulakowski (2016).

**D1:** Als Halbordnungsrelation wird eine Relation  $\leq$  über einer Menge  $X$  bezeichnet, wenn diese Relation die Eigenschaften Reflexivität, Transitivität und Antisymmetrie besitzt. Eine Halbordnung ist eine Menge  $X$  mit  $\leq \subseteq X \times X$ ;  $(X, \leq)$  wird auch poset für 'partially ordered set' genannt.

Reflexivität:  $x \leq x \quad \forall x \in X$

Transitivität:  $x \leq y \wedge y \leq z \Rightarrow x \leq z \quad \forall x, y, z \in X$

Antisymmetrie:  $x \leq y \wedge y \leq x \Rightarrow x = y \quad \forall x, y \in X$

Als Abkürzung für  $x \leq y \wedge x \neq y$  wird  $x < y$  vereinbart.

**D2:** Eine Teilmenge  $E \subseteq (X, \leq)$  (hier mit den genannten Eigenschaften als Hierarchiestufe im AHP verwendet) heißt, nach oben (unten) beschränkt, wenn ein Element  $s$  existiert mit  $s \in X | x \leq s$  ( $x \geq s$ )  $\forall x \in E$ ;  $s$  heißt dann, obere (untere) Schranke von  $E$ . Existiert eine größte untere Schranke der Menge  $E$ , so wird diese auch als die untere Grenze oder das Infimum von  $E$  bezeichnet, eine untere Schranke ist also kleiner als das oder gleich dem Infimum. Die Begriffe maximales Element, größtes Element, obere Schranke und obere Grenze bzw. Supremum werden analog definiert.

**D3:** Das  $p + q + 1$ -Tupel  $\mathbf{R} = (X, R_1, \dots, R_p, o_1, \dots, o_q)$ ,  $q \geq 0, p \geq 1$  wird als Relationensystem bezeichnet.  $X$  ist eine Objektmenge,  $R_i$  sind Relationen über diesen Objekten,  $o_i$  sind binäre Operationen. Die Paarvergleiche im AHP stellen eine Beziehung zwischen zwei Relationensystemen dar.

**D4 (Homomorphismus):** Für zwei Relationensysteme  $\mathbf{R} = (X, R_1, \dots, R_p, o_1, \dots, o_q)$  und  $\mathbf{Q} = (X, R'_1, \dots, R'_p, o'_1, \dots, o'_q)$ ,  $q \geq 0, p \geq 1$  wird die Abbildung  $f: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{Q}$  'Homomorphismus' zwischen  $\mathbf{R}$  und  $\mathbf{Q}$  genannt, wenn für alle  $A_1, \dots, A_x \in X$ , gegeben  $(A_1, \dots, A_x) \in R_i$  sowie  $(f(A_1), \dots, f(A_x)) \in R'_i$  und für zwei beliebige  $A, B \in X$  gilt, dass  $f(A_1 o_j A_2) = f(A_1) o'_j f(A_2)$ , mit  $i \in \{1, \dots, p\}, j \in \{1, \dots, q\}$ .

Der Zusammenhang mit einer numerischen Skala (wie im AHP verwendet) wird deutlich, wenn man Relationensysteme über Zahlenmengen betrachtet: Eine Abbildung zwischen einem Relationensystem und einer Zahlenmenge bedingt eine numerische Skala; jedes Tripel  $(\mathbf{R}, \mathbf{Q}, f)$ , welches den Definitionen aus D4 genügt, mit  $Q \in \mathbb{R}$ , ( $\mathbb{R}^+$  für den AHP), wird numerische Skala genannt, per Vereinbarung bezieht sich diese Bezeichnung häufig auf  $f$  selbst (ein Paarvergleichsurteil im AHP entspricht einer Abbildung eines Alternativenpaares

in den  $\mathbb{R}^+$ ). Mit  $f$  können wir jetzt die Intensität von Präferenzen zwischen Alternativen angeben.

**D5 (Präferenzen):** Gegeben sei eine numerische Skala  $(\mathbf{R}, \mathbf{Q}, f_c)$ , wobei der Index  $c$  sich auf das Kriterium hinsichtlich dessen der Paarvergleich angestellt wird, bezieht. Wir definieren die Relationensysteme  $\mathbf{R} = (\Omega^2, \succ)$  sowie  $\mathbf{Q} = (\mathbb{R}^+, \geq)$  und den Homomorphismus  $f_c: \Omega^2 \rightarrow \mathbb{R}^+$ ;  $\Omega$  ist die endliche Menge der Alternativen. Dann gilt:

- $\omega_i \succ_c \omega_j \Leftrightarrow f_c(\omega_i, \omega_j) > 1$
- $\omega_i \sim_c \omega_j \Leftrightarrow f_c(\omega_i, \omega_j) = 1, \forall \omega_i, \omega_j \in \Omega.$

Das heißt,  $f_c$  bildet ab, wie stark eine Alternative einer anderen vorgezogen wird. Für den AHP wird angenommen, dass  $f_c(\omega_i, \omega_j) = \frac{1}{f_c(\omega_j, \omega_i)}$ , was paarweise reziproke Vergleiche und deren Darstellung in Paarvergleichsmatrizen ermöglicht.

**D6 (Hierarchie):** Weitere Annahmen begründen die Hierarchiedarstellung des Entscheidungsproblems, insbesondere die eindeutige Differenzierung der verschiedenen Hierarchieebenen (Konzepte inner dependence, outer dependence).<sup>14</sup> Dieser Hierarchiebegriff basiert auf Zerlegbarkeit des Ganzen und vollständigem Einschluss der Elemente (Alternativen, Kriterien) sowie der Definition von Über- und Unterordnung, wie sie auch in der Vorgehensbeschreibung der Paarvergleiche impliziert ist. Mit  $H$  als einer endliche Halbordnung (wie in D1),  $b \in H$  als deren größtes Element sowie den beiden genannten Konzepten (inner & outer dependence) sowie folgenden Bedingungen ist die AHP-Hierarchie beschrieben:

- Zerlegung (Partition) von  $H$  in Ebenen  $E_1, E_2, \dots, E_h \subseteq H, E_1 = \{b\}$
- $x \in E_k \Rightarrow$ 
  - $x^- \subseteq E_{k+1}, x^- = \{y | x \succ y\}, k = 1, 2, \dots, h - 1$
  - $x^+ \subseteq E_{k-1}, x^+ = \{y | y \succ x\}, k = 1, 2, \dots, h.$

---

<sup>14</sup> Vgl. Saaty, Kulakowski (2016), S. 6-8.

**D7 (Homogenität):** Dies soll Entscheidungsfehler minimieren.<sup>15</sup> Mit einer derartigen Annahme wird die Beschränkung von Vergleichen je Ebene auf ähnliche Alternativen erreicht. Analog hierzu ist das Archimedische Axiom, zu je zwei reellen Zahlen  $y > x > 0$  existiert eine natürliche Zahl  $n$  mit  $nx > y$ .

**D8 (Vollständigkeit):** Alle zur Problemlösung relevanten Kriterien und Alternativen sind in der Hierarchie enthalten. Das heißt für die Anwendung, dass Entscheider/Prozessteilnehmer sicherstellen müssten, dass alle Kriterien ihren Präferenzen und ihrem Informationsstand gemäß in der Hierarchie vertreten sind. Dies ist keine Rationalitätsannahme, bedeutet aber, dass der Ausgang eines Entscheidungsverfahrens wesentlich von der Konstruktion des verwendeten AHP abhängt und gerade diese 'Vorbereitung' somit z. B. in Unternehmensentscheidungen für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer strategisch bedeutsam sein kann. Zudem kann in Gruppenauswertungen das gewählte Aggregationsverfahren erheblichen Einfluss auf das endgültige Ranking haben.<sup>16</sup>

#### **Methodisches Vorgehen zur Anwendung des AHP:**

Vorbereitend wird eine Entscheidung für den AHP in den folgenden vier Schritten zerlegt.<sup>17</sup>

1. Problemdefinition, Bestimmung von allgemeinen Eigenschaften der Lösung, wie Dimension
2. Strukturieren der Hierarchie: Top-Down, Ziel über Kriterien bis hin zu den Alternativen
3. Konstruktion der Paarvergleichs- oder auch Bewertungsmatrizen: Ebenenelemente werden einzeln jeweils als Kriterien für die Paarvergleiche auf der nächstniedrigeren Ebene verwendet
4. Ermittelte Prioritäten für lokale Gewichtung und Gesamtprioritäten verwenden. „Produkt der Bedeutungsurteile entlang des Pfades von dem Bedeutungsurteil auf der untersten bis hin zum Bedeutungsurteil auf der obersten Kriterienebene“<sup>18</sup>

---

<sup>15</sup> Vgl. Gigerenzer, G., Gaissmaier, W. (2011) Karelaiia, N. (2006), Katsikopoulos, K. V., Martignon, L. (2006).

<sup>16</sup> Vgl. Grošelj, P. et al. (2015).

<sup>17</sup> Vgl. Saaty, T. L. (2008).

<sup>18</sup> Peters, M., Schütte, R., Zelewski, S. (2006), S. 6.

Wie oben beschrieben, werden Vergleiche auf einer numerischen Skala („fundamental scale of absolute numbers“)<sup>19</sup> dargestellt. Im Hinblick auf die anschließenden Berechnungen (Eigenwerte) wird für die Einträge der Paarvergleiche folgendes vereinbart: ein Eintrag  $a_{ij} > 1$  drückt eine Präferenz des Entscheiders für das die Zeile bezeichnende Element aus, gemäß D5 findet sich dies als Reziprokwert im Eintrag  $a_{ji}$  wieder. Abbildung 2 stellt die übliche, nicht unumstrittene<sup>20</sup> Skala dar.

**Tabelle 2: AHP-Skala, verbale Interpretation**

<b>Verbale Bewertung</b>	<b>Numerisch</b>
Gleich	1
Etwas höher	3
Deutlich	5
Viel höher	7
Sehr viel höher	9
Zwischenwerte	2,4,6,8
Bevorzugung der zweiten Alternative im Vergleich mit der ersten	Reziprokwerte

Quelle: Eigene Darstellung.

Aus den Eigenvektoren der Bewertungsmatrix zum maximalen Eigenwert wird ein beliebig gewählter Eigenvektor normiert, dessen Komponenten dann die normierten Bewertungsindizes darstellen. Überlegungen zur Konsistenz des konkreten Verfahrens werden regelmäßig mithilfe des Konsistenz-Index (engl.

---

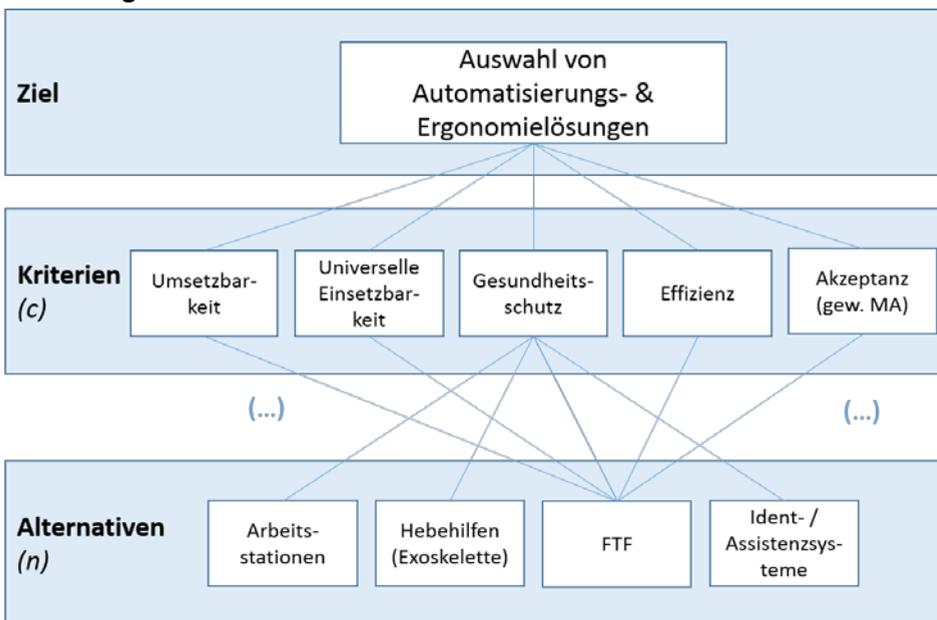
<sup>19</sup> Saaty, T. L. (2008), S. 86.

<sup>20</sup> Vgl. Fülöp, J., Koczkodaj, W. W., Szarek, S. J. (2010).

Consistency index, CI) bzw. dessen Verhältnis zum die Idealsituation abbildenden Random Index (RI) dargestellt (Consistency Ratio, CR).<sup>21</sup>

Die konkrete Fragestellung im Projekt ADINA wird durch die folgende Hierarchie abgebildet (Abb.3). Das Prinzip, Einschätzungen aufgrund einer vorab kompilierten, beispielsweise auf Experten- oder Literaturstudien beruhenden Themenliste abzufragen, findet im Rahmen von Trendstudien vielfach Anwendung.<sup>22</sup> In der Abbildung sind aus Gründen der Übersichtlichkeit Verbindungen zwischen Kriterien und Alternativen exemplarisch dargestellt.

**Abbildung 3: AHP-Struktur**



Quelle: Eigene Darstellung.

Dabei gilt für eine Abschätzung des Fragebogenumfangs, die die Priorisierung der Kriterien (c) und Alternativen (n) zu berücksichtigen hat: Die minimal durch Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu bestimmende Anzahl Vergleichsurteile ist  $\frac{1}{2} c[(c-1)+n(n-1)]$ , im vorliegenden Beispiel sind dies 40. Der finale Fragebogen wurde um umfangreiche Erklärungen und Illustrationen zu den Technologielösungen ergänzt und liegt im Anhang dieser Publikation vor.

<sup>21</sup> Vgl. Saaty, T. L. (2001).

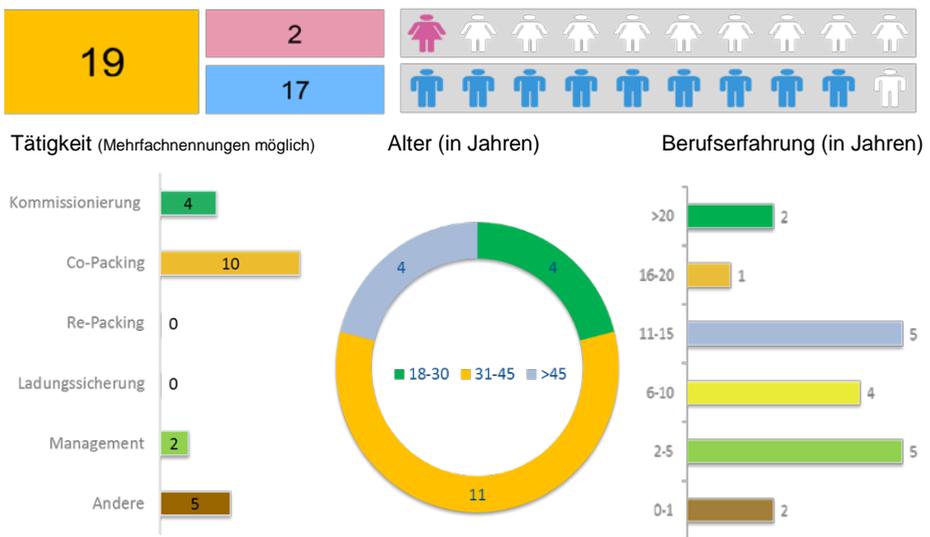
<sup>22</sup> Vgl. Stank, T. et al. (2013).

### 3.2 Auswertung und Ergebnisse

Insgesamt wurden 48 AHP-Fragebogen vollständig ausgefüllt, davon 19 bei Unternehmen A und 29 bei Unternehmen B.

Von den 19 Teilnehmerinnen und Teilnehmern bei Unternehmen A nahmen zwei Frauen und 17 Männer an der Befragung teil, in der Mehrzahl im Alter zwischen 31-45 Jahren. Die Teilnehmer gaben an überwiegend im Bereich Co-Packing, vereinzelt auch in der Kommissionierung und in anderen Unternehmensbereichen tätig zu sein (siehe Abb. 4: Charakteristika und Anzahl Teilnehmerinnen und Teilnehmer Unternehmen A).

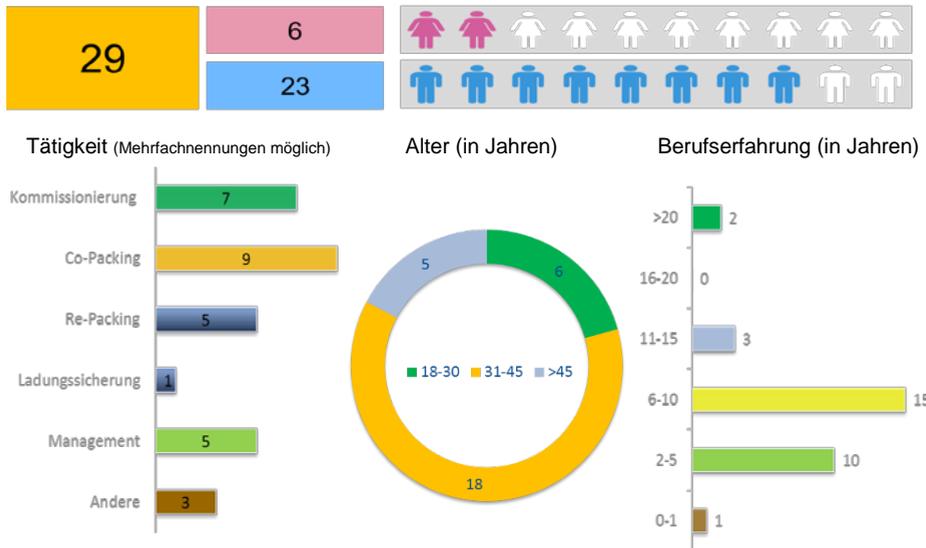
**Abbildung 4: Charakteristika und Anzahl Teilnehmerinnen und Teilnehmer Unternehmen A**



Quelle: Eigene Darstellung.

An den Befragungen bei Unternehmen B nahmen 29 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter teil, davon sechs Frauen und 23 Männer. Zwei Drittel der Befragten waren im Alter zwischen 31-45 Jahren. Die Befragten gaben an, überwiegend im Bereich Co-/Re-Packing und Kommissionierung zu arbeiten (siehe Abb. 5: Charakteristika und Anzahl Teilnehmerinnen und Teilnehmer Unternehmen B).

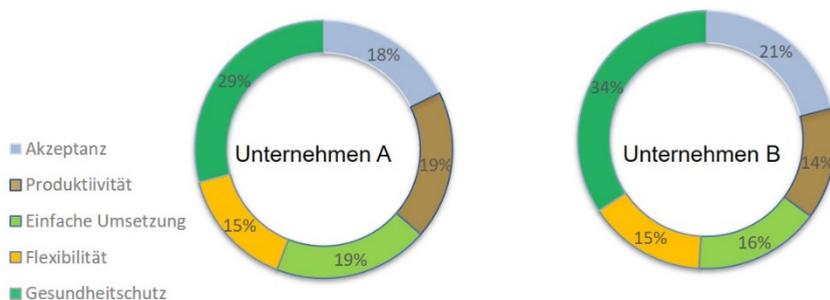
**Abbildung 5: Charakteristika und Anzahl Teilnehmerinnen und Teilnehmer Unternehmen B**



Quelle: Eigene Darstellung.

Zunächst waren die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aufgefordert, die zur Auswahl stehenden Kriterien *Akzeptanz*, *Produktivität*, *Einfache Umsetzung*, *Flexibilität* und *Gesundheitsschutz* im paarweisen Vergleich auf einer Skala (1-9) zu bewerten. Aus den Befragungen resultierte folgendes Ergebnis für die Gewichtung der Kriterien für beide Unternehmen:

**Abbildung 6: Kriteriengewichtung (Unternehmen A und B)**



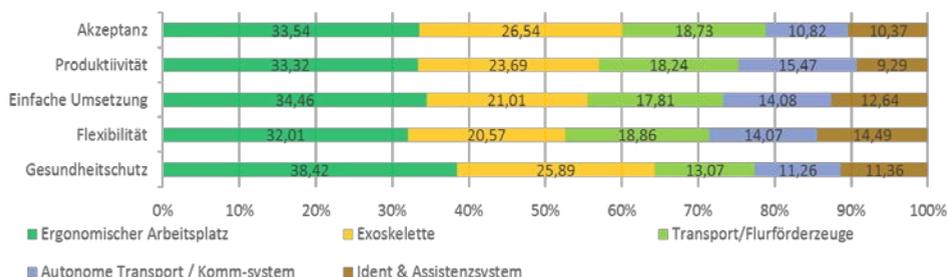
Quelle: Eigene Darstellung.

Sowohl bei Unternehmen A und B haben die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter das Kriterium Gesundheitsschutz am höchsten gewichtet. Während bei Unternehmen A Akzeptanz, Produktivität und Einfache Umsetzung mit nahezu gleicher Gewichtung folgen, spielt bei den Befragten in Unternehmen B die Akzeptanz eine wichtigere Rolle.

Im Anschluss an die Kriterienbewertung erfolgte ein paarweiser Vergleich der Alternativen *Ergonomischer Arbeitsplatz*, *Exoskelette*, *Transport-/Flurförderzeuge*, *Autonome Transport- / Kommissioniersysteme* sowie *Ident- und Assistenzsysteme* hinsichtlich der einzelnen Kriterien (ebenfalls auf einer Skala 1-9). Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gewichten, welche Alternative am besten das jeweilige Kriterium erfüllt.

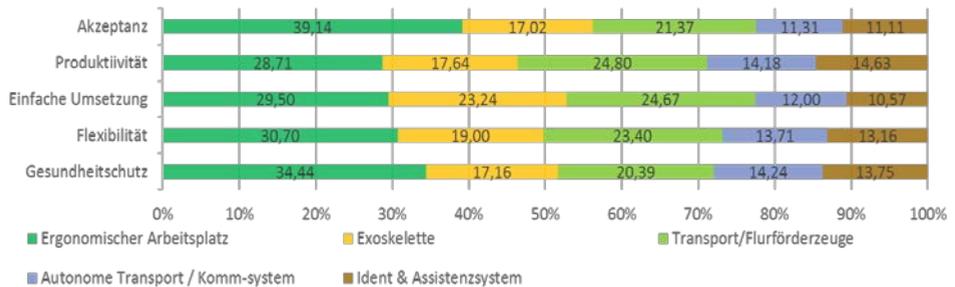
Die Ergebnisse der Alternativenbewertung hinsichtlich der Kriterien sind in Abbildung 7 für Unternehmen A und in Abbildung 8 für Unternehmen B dargestellt. Die Skala je Kriterium ist auf 100 Prozent festgelegt und die Bewertung für jede Alternative bildet den prozentualen Anteil. Da die Alternativen paarweise miteinander verglichen werden, beträgt die Summe ihrer Punkte 100.

**Abbildung 7: Bewertung der Alternativen nach Kriterien (Unternehmen A)**



Quelle: Eigene Darstellung.

**Abbildung 8: Bewertung der Alternativen nach Kriterien (Unternehmen B)**



Quelle: Eigene Darstellung.

Die Alternative *Ergonomischer Arbeitsplatz* wurde von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern beider Unternehmen über alle Kriterien hinweg am höchsten gewichtet, was ihren Erfüllungsgrad der Kriterien betrifft.

Der paarweise Vergleich der Alternativen und deren kriterienbasierte Gewichtung ergaben folgendes Alternativenranking:

**Tabelle 3: Alternativenranking (Unternehmen A und B)**

Alternativen	Unternehmen A	Unternehmen B
Ergonomische Arbeitsplätze	1	1
Exoskelette	2	3
Transport-/Flurförderzeuge	3	2
Autonome Transport- / Kommissioniersysteme	4	4
Ident- und Assistenzsysteme	5	5

Quelle: Eigene Darstellung

Das Ranking der Alternativen ähnelt sich bei Unternehmen A und B. Bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern beider Unternehmen schneidet der *ergonomische Arbeitsplatz* am besten ab. Während *Exoskelette* bei Unternehmen A im Alternativenranking vor *Transport-/Flurförderzeugen* landen, ist die Reihenfolge bei Unternehmen B umgekehrt, jedoch nur mit sehr geringem Bewertungsabstand zwischen Platz 2 und 3.

Bei einer Betrachtung des Alternativenrankings (siehe Tabelle 4) in den einzelnen Altersklassen (18-30, 31-45, >45 Jahre) ist zu erkennen, dass

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den Altersgruppen bis 45 Jahren (79 Prozent der Befragten) die betrachteten Alternativen sehr ähnlich bewerten und maßgeblich das Gesamtranking beeinflussen. Davon weicht das Ranking der Altersgruppe über 45 Jahre deutlich ab.

Auch bei Unternehmen B zeigt sich, dass die größte Gruppe der 31-45-jährigen (62% der Befragten) das Gesamtranking wesentlich beeinflusst. Das Ranking der anderen Altersgruppen weicht davon aber nur unwesentlich ab. Die Alternative *Ergonomischer Arbeitsplatz* landet einheitlich auf Platz eins. Während bei der mittleren Altersgruppe *Transport-/Flurförderzeuge* auf dem zweiten Platz landen, bevorzugen jüngeren und ältere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter hingegen *Exoskelette*. Beachtenswert ist zudem, dass die ältere Altersgruppe *Ident- & Assistenzsystem* deutlich höher rankt (siehe Tabelle).

**Tabelle 4: Alternativenranking nach Altersgruppen (Unternehmen A)**

Alternativen	Alter (in Jahren)		
	18-30	31-45	>45
Ergonomischer Arbeitsplätze	1	1	4
Exoskelette	2	2	5
Transport-/Flurförderzeuge	3	3	2
Autonome Transport- / Kommissioniersysteme	4	5	1
Ident- und Assistenzsysteme	5	4	2

Quelle: Eigene Darstellung.

**Tabelle 5: Alternativenranking nach Altersgruppen (Unternehmen B)**

Alternativen	Alter (in Jahren)		
	18-30	31-45	>45
Ergonomische Arbeitsplätze	1	1	1
Exoskelette	2	3	2
Transport-/Flurförderzeuge	3	2	4
Autonome Transport- / Kommissioniersysteme	4	5	5
Ident- und Assistenzsysteme	5	4	3

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle 6 und Tabelle 7 zeigen das Alternativenranking nach Tätigkeitsbereichen für Unternehmen A respektive Unternehmen B. Aufgeführt sind Tätigkeitsbereiche mit der höchsten Relevanz bzw. den meisten Nennungen: Kommissionierung, Co- und Re-Packing.

Für Unternehmen A sind Kommissionierung (4 von 19 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern; Mehrfachnennungen möglich) und Co-Packing (10 von 19) besonders relevant. Teilnehmerinnen und Teilnehmer, die im Co-Packing tätig sind, bewerteten u.a. die Alternativen *Exoskelette* und *Ergonomischer Arbeitsplatz* positiv. Hingegen belegen bei Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in der Kommissionierung die Alternativen *Ergonomischer Arbeitsplatz* und *Ident- & Assistenzsystem* die oberen Plätze (siehe Tabelle).

**Tabelle 6: Alternativenranking nach Tätigkeitsbereich (Unternehmen A)**

Alternativen	Kommissionierung	Co-Packing
Ergonomische Arbeitsplätze	1	2
Exoskelette	5	1
Transport-/Flurförderzeuge	4	3
Autonome Transport- / Kommissioniersysteme	3	5
Ident- und Assistenzsysteme	2	4

Quelle: Eigene Darstellung.

Für Unternehmen B sind Kommissionierung (7 von 29 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter; Mehrfachnennungen möglich), Co-Packing (9 von 29) und Re-Packing (5 von 29) besonders relevant. Das Gesamtranking spiegelt sich auch in den einzelnen Tätigkeitsgruppen wider. Die Befragten der drei Gruppen bewerten die Alternativen auf den ersten drei Plätzen nahezu einheitlich in der Reihenfolge *Ergonomischer Arbeitsplatz*, *Transport-/Flurförderzeuge* und *Exoskelette*.

**Tabelle 7: Alternativenranking nach Tätigkeitsbereich (Unternehmen B)**

<b>Alternativen</b>	<b>Kommissionierung</b>	<b>Co-Packing</b>	<b>Re-Packing</b>
Ergonomische Arbeitsplätze	1	1	1
Exoskelette	3	3	3
Transport-/Flurförderzeuge	1	2	2
Autonome Transport- / Kommissioniersysteme	5	4	4
Ident- und Assistenzsysteme	4	5	5

Quelle: Eigene Darstellung.

## 4 Nutzwertanalyse im Projekt ADINA

### 4.1 Definitionen

Auch mithilfe der NWA können wie beim AHP immaterielle, nicht greifbare Merkmale (wie individuelle Präferenzen) messbar gemacht werden, um Handlungs- und Lösungsalternativen systematisch bewerten zu können. Die NWA unterstützt dabei aus mehreren Lösungsalternativen diejenige zu identifizieren, die ein vorgegebenes Ziel am besten zu realisieren hilft.<sup>23</sup> Wesentlicher methodischer Unterschied zur AHP ist, dass auf einen paarweisen Vergleich bei der Alternativenbewertung verzichtet wird. Die Nutzwertanalyse zeichnet sich daher durch eine weniger anspruchsvolle und zeitaufwendige Durchführung aus, lässt im Vergleich zum AHP aber auch nur weniger differenzierte Bewertungen zu.<sup>24</sup>

In der praktischen Umsetzung des AHP im Projekt ADINA hat sich gezeigt, dass der zeitliche und personelle Aufwand der Beantwortungen der Fragebögen mit paarweisem Vergleich auf einer breiten Skala (1 bis 9) enorm war, u. a. bedingt durch die Komplexität des AHP-Fragebogens, Abstraktheit der zu vergleichenden Alternativen als auch Verständnisfragen hinsichtlich der verwendeten Fragen und Begriffe. So waren insbesondere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit geringeren Deutschkenntnissen auf Unterstützung bei der Beantwortung der Fragen angewiesen.

Anders als bei der AHP wird bei der Nutzwertanalyse nicht eine rechenintensive, iterative Matrizen-Multiplikation angewendet, sondern ein additives Näherungsverfahren. In einem ersten Schritt erfolgt die Bewertung der Kriterien auf einer schmalen Skala (z. B. 0-1-2 für wichtiger, unwichtiger, gleichwichtig). Zur Berechnung der Nutzwerte der Alternativen werden die Zielerfüllungsfaktoren der Alternativen bestimmt (Einzelbewertung der Alternativen hinsichtlich der Kriterien z. B. anhand von Schulnoten) und mit dem Ergebnis der Kriterienbewertung (Kriterienranking) gewichtet. Auf einen paarweisen Vergleich der Alternativen wie bei der AHP wird verzichtet.<sup>25</sup>

---

<sup>23</sup> Vgl. Herbig (2016): S. 5 ff; Saaty (2008).

<sup>24</sup> Vgl. Bucher (2005).

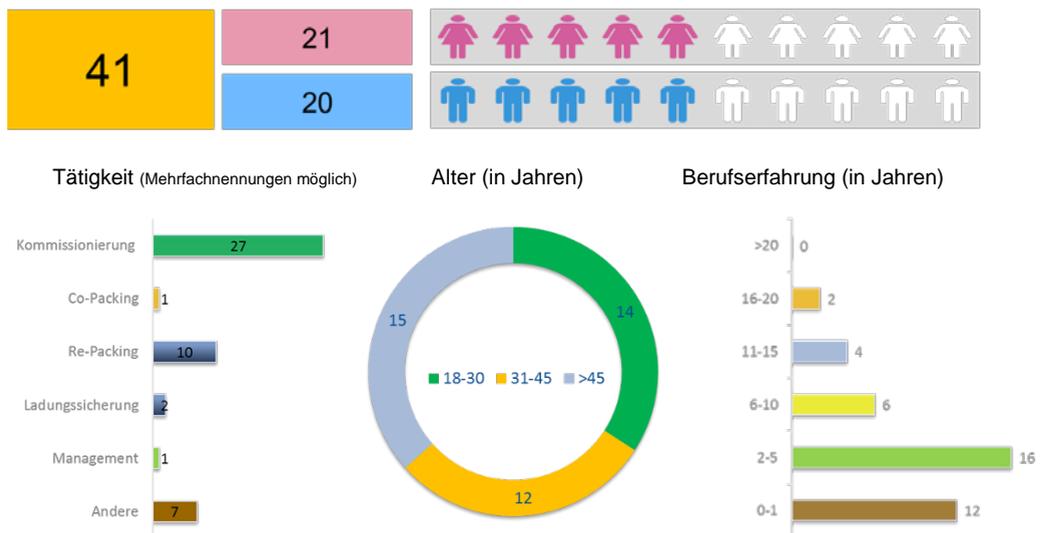
<sup>25</sup> Vgl. Bucher (2005).

## 4.2 Auswertung und Ergebnisse

Insgesamt wurden 41 Fragebögen für die NWA bei Unternehmen C vollständig ausgefüllt.

Von den 41 Teilnehmerinnen und Teilnehmern waren 21 Frauen und 20 Männer. Die Verteilung über die Altersklassen ist relativ homogen. Der überwiegende Teil der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Unternehmen C gab an, in der Kommissionierung tätig zu sein (27 von 41). Ebenfalls von Bedeutung sind das Arbeitsgebiet Re-Packing (10 von 41).

**Abbildung 9: Charakteristika und Anzahl Teilnehmerinnen und Teilnehmer (Unternehmen C)**

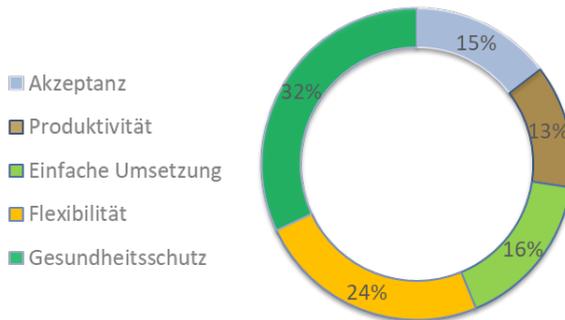


Quelle: Eigene Darstellung.

Anders als bei der AHP-Analyse erfolgte die Gewichtung der Kriterien im Rahmen der NWA in vier Gruppen a circa 10 Teilnehmerinnen und Teilnehmern. Die Kriterien *Akzeptanz*, *Produktivität*, *Einfache Umsetzung*, *Flexibilität/vielseitige Einsetzbarkeit* und *Gesundheitsschutz/Ergonomie* wurden im paarweisen Vergleich gewichtet, wobei die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aufgefordert waren, das ihnen wichtigere Kriterium zu benennen (Kriterium 1 oder Kriterium 2), eine Gleichgewichtung war nicht vorgesehen.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gewichten Gesundheitsschutz am höchsten (32 Prozent), gefolgt von Flexibilität (24%), Einfache Umsetzung (16%) Akzeptanz (15%) und Produktivität (13%) (siehe Abbildung 10).

**Abbildung 10: Kriteriengewichtung (Unternehmen C)**



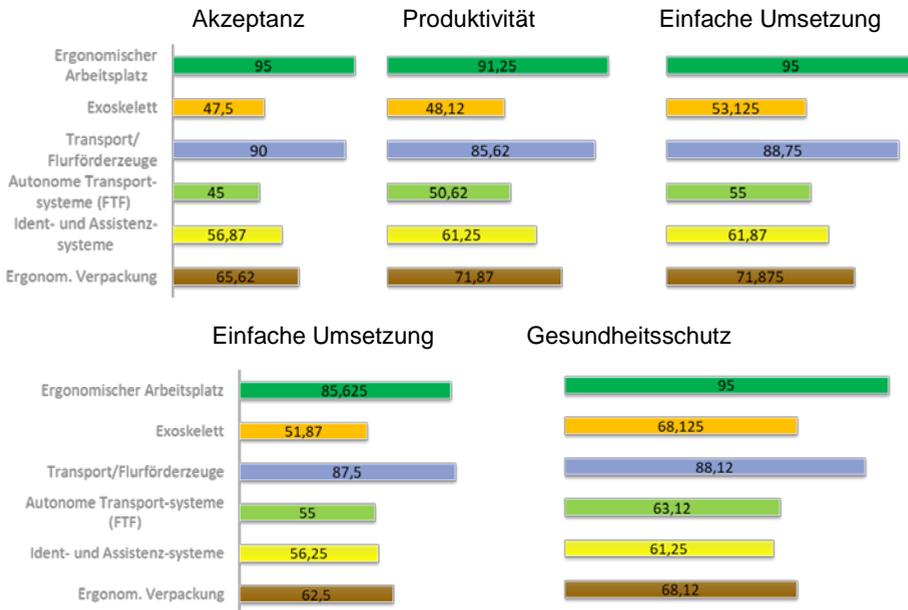
Quelle: Eigene Darstellung.

Im Anschluss an die Gewichtung der Kriterien in der Gruppe waren die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aufgefordert, Ergonomielösungen (Alternativen) hinsichtlich der zuvor gewichteten Kriterien zu bewerten. Hierzu sollte jede Mitarbeiterin und jeder Mitarbeiter in Einzelarbeit die Alternativen mit Noten (sehr gut, gut, befriedigend, schlecht, nicht relevant) bewerten, inwieweit diese die jeweiligen Kriterien erfüllen.

Zur Auswahl standen die Alternativen Ergonomischer Arbeitsplatz, Exoskelette, Transport-/Flurförderzeuge, Autonome Transport- / Kommissioniersysteme sowie Ident- und Assistenzsysteme. Neu hinzugekommen ist ggü. der AHP zudem die Alternative Ergonomische Verpackung.

In Abbildung 11 ist das Ergebnis der Bewertung der Alternativen hinsichtlich der einzelnen Kriterien dargestellt. Das Punktesystem für jede Bewertung ist auf einer Skala von 100 dargestellt. Jede Alternative kann hinsichtlich der Kriterien eine maximale Punktzahl von 100 Punkten erreichen. Die Bewertung einer Alternative erfolgte im Gegensatz zur AHP-Bewertung unabhängig von anderen Alternativen und nur hinsichtlich eines Kriteriums.

**Abbildung 11: Alternativenranking Nutzwertanalyse (Unternehmen C)**



Quelle: Eigene Darstellung.

In Tabelle 8 ist das Alternativenranking für Unternehmen C insgesamt und nach Altersgruppen dargestellt, während in Tabelle 9 das Alternativenranking für Unternehmen C nach Tätigkeitsgruppen unterteilt ist. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bewerten durchweg die Alternativen Ergonomischer Arbeitsplatz am höchsten, gefolgt von Transport-/Flurförderzeugen und Ergonomischer Verpackung.

**Tabelle 8: Alternativenranking gesamt und nach Altersgruppen (Unternehmen C)**

<b>Alternativen</b>	<b>Gesamt</b>	<b>18-30</b>	<b>31-45</b>	<b>&gt;45</b>
Ergonomische Arbeitsplätze	1	1	1	1
Exoskelette	5	4	6	4
Transport-/Flurförderzeuge	2	2	2	2
Autonome Transport- / Kommissioniersysteme	6	6	5	4
Ident- & Assistenzsysteme	4	5	4	6
Ergonomische Verpackungen	3	3	3	3

Quelle: Eigene Darstellung.

**Tabelle 9: Alternativenranking nach Tätigkeitsbereichen (Unternehmen C)**

<b>Alternativen</b>	<b>Kommissionierung</b>	<b>Re-Packing</b>
Ergonomische Arbeitsplätze	1	1
Exoskelette	5	4
Transport-/Flurförderzeuge	2	2
Autonome Transport / Kommissioniersysteme	6	6
Ident- und Assistenzsysteme	4	5
Ergonomische Verpackungen	3	3

Quelle: Eigene Darstellung.

## 5 Diskussion und Bewertung der Ergebnisse

Im Rahmen der Technologieauswahl im Projekt ADINA wurde mit Hilfe des AHP eine Studie und Bewertung von Lösungsalternativen bei zwei Unternehmen durchgeführt. In der praktischen Umsetzung des AHP hat sich allerdings gezeigt, dass der zeitliche und personelle Aufwand der Beantwortungen der Fragebögen, bedingt durch die Komplexität und Abstraktheit des Prozesses, enorm war. So waren insbesondere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit geringeren Deutschkenntnissen auf Unterstützung bei der Beantwortung der Fragen angewiesen. Daher wurde bei einem dritten Unternehmen eine Studie mithilfe der NWA durchgeführt.

Beide Methoden, sowohl der AHP als auch die NWA dienen als Werkzeug um immaterielle, nicht greifbare Merkmale (wie individuelle Präferenzen) messbar zu machen und um Handlungs- und Lösungsalternativen systematisch zu bewerten. Sie unterstützen dabei aus mehreren Lösungsalternativen diejenigen zu identifizieren, die helfen ein vorgegebenes Ziel am besten zu realisieren. Beide Methoden bedienen sich hierbei eines paarweisen Vergleichs bei der Gewichtung der Kriterien, jedoch mit unterschiedlicher Ausprägung von Gewichtungsskalen. Der wesentliche methodische Unterschied liegt bei der Bewertung der Alternativen. So verzichtet die NWA auf einen paarweisen Vergleich bei der Alternativenbewertung. Der AHP ist daher deutlich anspruchsvoller und zeitaufwendiger in der Durchführung, lässt aber, soweit durchführbar, im Vergleich zur NWA differenziertere Bewertungen zu.<sup>26</sup>

Die Analyse der AHP- und NWA-Ergebnisse zur Bewertung der Lösungsalternativen zeigt, dass die Lösungsalternative *ergonomischer Arbeitsplatz* von den Befragten nahezu einheitlich am höchsten bewertet wurde.

Deutlich uneinheitlicher ist die Bewertung der weiteren Technologielösungen. So landeten *Exoskelette* bei den Unternehmen A und B (AHP-Analyse) im Alternativenranking auf Platz 2 bzw., knapp auf Platz 3, während bei Unternehmen C (NWA-Analyse) *Transport/Flurförderzeuge* am zweithöchsten abschnitten und *Exoskelette* nur den fünften Rang belegten. Ein Grund für das Abschneiden der *Exoskelette* bei Unternehmen C könnte sein, dass zum Zeitpunkt der NWA-Befragung ein Exoskelett-Model bereits von einzelnen

---

<sup>26</sup> Vgl. Bucher (2005).

Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern getestet wurde und das Feedback entsprechend beeinflusst hat.

## Literaturverzeichnis

- Auffermann, C., Langer, V. (2016): Technologie-Screening Handelslogistik, Fraunhofer IML, Dortmund.
- Becker, T., und Intoyoad, W. (2017): Context aware process mining in logistics. In: Proceedings of the 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Procedia CIRP 63, S. 557-562.
- Bucher, Jörg (2005): AHP & NWA - Vergleich und Kombination beider Methoden. Online Beitrag: <http://community.easymind.info/page-77.htm#Schw%C3%A4chen%20des%20AHP>.
- Coto-Millán, P., Fernández, X.L., Pesquera, M.Á., und Agüeros, M. (2016): Impact of logistics on technical efficiency of world production (2007–2012). Networks and Spatial Economics (NETS) 16(4), S. 981-995.
- Dyer, J. (1990): Remarks on the Analytic Hierarchy Process. Management Science, 36(3), S. 249-258.
- Fülöp, J., Koczkodaj, W.W., Szarek, S. J. (2010): A Different Perspective on a Scale for Pairwise Comparisons, in: Nguyen, N. T., Kowalczyk, R. (Hrsg.): Transactions on CCI I, LNCS 6220, S. 71–84. Springer, Heidelberg.
- Gigerenzer, G., Gaissmaier, W. (2011): Heuristic Decision Making. Annual Review of Psychology, 62, S. 451–82.
- Grošelj, P., Zadnik Stirn, L., Ayrilmis, N., Kitek Kuzman, M. (2015): Comparison of some aggregation techniques using group analytic hierarchy process. Expert Systems with Applications 42(4), S. 2198–2204.
- Gruchmann, T., Nestler, K., Brauckmann, A., Schneider, J., Fischer, C., Hecht, A. (2018a): Hürden und Treiber für die Umsetzung innovativer Automatisierungstechnik und Ergonomieunterstützung der Intralogistik. FOM Arbeitspapier, ild Schriftenreihe Logistikforschung 63, FOM, Essen.
- Gruchmann, T., Hanke, T., Hoene, A., Jawale, M., Schellert, M., Schulz, H. (2018b): Aktionsforschung in der Logistik: Erhebungs- und Analyseverfahren für innovative Kommissionier- und Umschlagkonzepte. Beitrag zum 10. Wissenschaftsforum Mobilität, Duisburg 2018.
- Harker, P. T., Vargas, L. G. (1990): Reply to “Remarks on the Analytic Hierarchy Process” by J. S. Dyer. Management Science 36(3), S. 269-273.

- Herbig, Norbert (2016): Nutzwertanalyse. Eine Methode zur Bewertung von Lösungsalternativen und zur Entscheidungsfindung, BoD Verlag, Norderstedt 2016.
- Karelaia, N. (2006): Thirst for confirmation in multi-attribute choice: Does search for consistency impair decision performance? *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 100, S. 128–43.
- Katsikopoulos KV, Martignon L. (2006): Naive heuristics for paired comparisons: some results on their relative accuracy. *Journal of Mathematical Psychology* 50, S. 488–94.
- Klump, M. (2009): Logistiktrends und Logistikausbildung 2020. FOM Arbeitspapier, ild Schriftenreihe Logistikforschung 6, FOM, Essen.
- Klump, M., Bioly, S., Keuschen, T. (2015): Praxissituation der Berufskraftfahrenden. In: *Logistik für Unternehmen*, 9, S. 55-57.
- Klump, M., Sandhaus, G., und Bioly, S. (2015): Demografischer Wandel in der Logistik. In: 8. FOM Forum Logistik Duisburg vom 08.10.2014, MA Akademie Verlags und Druck-Gesellschaft mbH, Essen.
- Klump, M. (2016): Logistics Qualification: Best-Practice for a Knowledge-Intensive Service Industry, in: Zijm, W. H. M., Klump, M., Clausen, U., ten Hompel, M. (Hrsg.), *Logistics and Supply Chain Innovation*, S. 391-411. Springer, Heidelberg.
- Marschall, J., Hildebrandt, S., Zich, K., Tisch, T., Sörensen, J., Nolting, H-D. (2018): Gesundheitsreport 2018: Analyse der Arbeitsunfähigkeitsdaten. Update: Rückenerkrankungen. DAK-Gesundheit, Hamburg.
- Peters, M., Schütte, R., Zelewski, S. (2006): Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse mithilfe des Analytic Hierarchy Process (AHP) unter Berücksichtigung des Wissensmanagements zur Beurteilung von Filialen eines Handelsunternehmens. *Arbeitsberichte des Instituts für Produktion und Industrielles Informationsmanagement Universität Duisburg-Essen* 30.
- Rohn, H., Lang-Koetz, C. (2009): Identification of technologies, products and strategies with high resource efficiency potential – results of a cooperative selection process. *Materialeffizienz und Ressourcenschonung (MaRes)*, ISSN 1867-0237.
- Saaty, T. L. (1980): *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.

- Saaty, T. L. (1986): Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, 32(7), S. 841-855.
- Saaty, T. L. (2001): *Decision Making for Leaders – The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. RWS Publications, Pittsburgh.
- Saaty, T. L. (2008): Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), S. 83-98.
- Saaty, T. L., Kulakowski, K. (2016): Axioms of the Analytic Hierarchy Process (AHP) and its Generalization to Dependence and Feedback: The Analytic Network Process (ANP).
- Schönwald, A., Kühne, O., Jenal, C., und Currin, A. (2014): *Demographischer Wandel im Unternehmen – Alternsgerechte Arbeitsbedingungen aus Arbeitnehmersicht*. Springer, Wiesbaden.
- Scholz, C. (2011): Grüner Innovationsdruck treibt die Logistikbranche. In: Wolf-Kluthausen, H. (Hrsg.): *Jahrbuch Logistik 2011*, Verlagsbüro Sybilla Kersten, Berlin, S. 136-139.
- Schroven, A. (2015): Demographischer Wandel – Herausforderung für die Logistik. In: Voß, P.H. (Hrsg) *Logistik – eine Industrie, die (sich) bewegt – Strategien und Lösungen entlang der Supply Chain 4.0*. Springer-Gabler, Wiesbaden.
- Stank, T., Autry, C., Bell, J., Gilgor, D., Petersen, K., Dittmann, P., Moon, M., Tate, W., Bradley, R. (2013): *Game-changing Trends in Supply Chain*. Annual Report by the Supply Chain Management Faculty at the University of Tennessee 1(1). [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Game-Changing\\_Trends\\_in\\_Supply\\_Chain/\\$FILE/UT%20Game%20Changing%20Trends%20in%20SC\\_FINAL%20Online.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Game-Changing_Trends_in_Supply_Chain/$FILE/UT%20Game%20Changing%20Trends%20in%20SC_FINAL%20Online.pdf).
- Statistisches Bundesamt (2017): *Bevölkerung in Deutschland nach Altersgruppen in den Jahren 2008, 2020 und 2060*. In: Statista Dossier Demografischer Wandel. Statista GmbH, Hamburg

## **Anhang Fragebogen AHP**

Auf den folgenden Seiten ist der AHP-Fragebogen, wie er zur Durchführung der Studie genutzt wurde, dokumentiert.



**Befragung im Forschungsprojekt ADINA**

Sehr geehrte Damen und Herren,

Das Projekt ADINA beschäftigt sich mit Automatisierungstechnik und Ergonomie-Unterstützung für innovative Kommissionier- und Umschlagkonzepte der Logistik in NRW. Dieser Fragebogen betrifft aktuelle Themen in der Automatisierung und Ergonomie-Lösungen für Anwendungen in der Intralogistik.

Wir danken für Ihre Teilnahme und stehen jederzeit für Rückfragen zur Verfügung.

Kontakt FOM Ild:  
 Kristina Nestler  
 0201 81004-982,  
[kristina.nestler@fom.de](mailto:kristina.nestler@fom.de)

<p><b>1. Welche Themen sind für Sie bei Automatisierung und Ergonomie in der Intralogistik wichtig?</b></p>	
<p><b>2. In welchem Bereich sind/ waren Sie tätig?</b></p> <p> <input type="checkbox"/> Co-Packing (z.B. Displaybau)  <input type="checkbox"/> Re-Packing (z.B. Umpacken im Wareneingang)  <input type="checkbox"/> Kommissionierung (z.B. im Warenausgang)  <input type="checkbox"/> Ladungssicherung  <input type="checkbox"/> Verwaltung/ Management (z.B. Schichtleitung)  <input type="checkbox"/> Andere: _____                 </p>	
<p><b>3. Über wie viele Jahre Berufserfahrung im o.g. Kontext der Logistik verfügen Sie?</b></p> <p> <input type="checkbox"/> 0-1 Jahr  <input type="checkbox"/> 2-5 Jahre  <input type="checkbox"/> 6-10 Jahre  <input type="checkbox"/> 11-15 Jahre  <input type="checkbox"/> 16-20 Jahre  <input type="checkbox"/> &gt; 20 Jahre                 </p>	<p><b>4. Welche Bewegung führen Sie „gehüft“ in Ihrer Tätigkeit am häufigsten aus (max. 2 Antworten möglich)?</b></p> <p> <input type="checkbox"/> Heben/Tragen  <input type="checkbox"/> Bücken/Senken  <input type="checkbox"/> Ziehen/Schieben  <input type="checkbox"/> Stehen/Gehen  <input type="checkbox"/> Sitzen                 </p>



**Befragung im Forschungsprojekt ADINA**

**5. Bedeutungsvergleich Automatisierung/Ergonomie:**

Bitte bewerten Sie auf den nächsten Seiten jeweils das im Zweiervergleich **wichtigere** Thema durch Ankreuzen (9: das Thema ist deutlich wichtiger als das andere, ..., **5** das Thema ist wichtiger als das andere, ..., **2** das Thema ist kaum wichtiger als das andere, ..., **1** beide Themen sind gleich wichtig)

**Beispiel:** Stellen Sie sich vor, Sie müssten bewerten, was Ihnen beim Kauf eines Autos am wichtigsten ist. Wenn zum Beispiel der Preis für Ihre Kaufentscheidung sehr wichtig wäre, die Farbe aber kaum eine Rolle spielen würde, sähe dies im Fragebogen so aus:

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Preis</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>													
<b>Farbe</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wenn umgekehrt zum Beispiel der Preis für Ihre Kaufentscheidung *gar nicht* wichtig wäre, der Wagen aber *unbedingt* eine bestimmte Farbe haben müsste:

<b>Preis</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>														
<b>Farbe</b>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>													

Und zuletzt: Angenommen, der Preis wäre Ihnen wichtig, die Farbe wäre Ihnen aber *genauso* wichtig:

<b>Preis</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
<b>Farbe</b>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>														

Bewertung	Zahl ankreuzen
Gleich wichtig	1
Thema ist etwas wichtiger	3
Thema ist deutlich wichtiger	5
Thema ist viel wichtiger	7
Im direkten Vergleich ist nur dieses Thema wichtig	9
Zwischenwerte	2, 4, 6, 8



**Befragung im Forschungsprojekt ADINA**

- Wenn Sie entscheiden müssten, welche neuen Automatisierungslösungen für die Intralogistik in Ihrem Unternehmen verwendet werden sollen: Welche Themen wären Ihnen dabei vergleichsweise wichtig/weniger wichtig?
- Bitte bewerten Sie hier und auf den nächsten Seiten jeweils das im Zweivergleich **wichtigere** Thema durch Ankreuzen (9: das Thema ist deutlich wichtiger als das andere, ..., 5 das Thema ist wichtiger als das andere, ..., 2 das Thema ist kaum wichtiger als das andere, 1 beide Themen sind gleich wichtig).
- **Bitte genau ein Kreuz pro Zeile**

Thema 1	Bewertung der Bedeutung im Vergleich mit...										Thema 2							
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2		3	4	5	6	7	8	9
Akzeptanz bei Mitarbeitern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Produktivität/ Prozess-Geschwindigkeit
Akzeptanz bei Mitarbeitern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Einfache Umsetzung
Akzeptanz bei Mitarbeitern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Flexibilität/ vielseitige Einsetzbarkeit
Akzeptanz bei Mitarbeitern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Gesundheitsschutz
Produktivität/ Prozess-Geschwindigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Einfache Umsetzung
Produktivität/ Prozess-Geschwindigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Flexibilität/ vielseitige Einsetzbarkeit
Produktivität/ Prozess-Geschwindigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Gesundheitsschutz
Einfache Umsetzung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Flexibilität/ vielseitige Einsetzbarkeit
Einfache Umsetzung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Gesundheitsschutz
Flexibilität/ vielseitige Einsetzbarkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Gesundheitsschutz

**Befragung im Forschungsprojekt ADINA**

**6. Alternativen-Vergleich**

Bitte bewerten Sie jetzt wieder jeweils das **wichtigere** Thema, wieder im Zweiervergleich. Jetzt geht es um konkrete Lösungen. Bewerten Sie diese bitte jeweils unter einem bestimmten Aspekt, z.B. Akzeptanz bei Mitarbeitern. Dieser steht jeweils als Überschrift über der Liste mit den Vergleichen.  
 → Es geht also z.B. um die Frage „Ist ein ergonomischer Arbeitsplatz oder ein Flurförderzeug besser, unter dem Aspekt der Akzeptanz bei den Mitarbeitern?“.  
 Die Alternativen sind:

<p><b>Ergonomischer Arbeitsplatz</b> (z.B. Bildschirm verstellbar, Tisch höhenverstellbar (Niveausgleich), Fußmatten, etc.)</p>	
<p><b>Exoskelette</b></p>	

**Befragung im Forschungsprojekt ADINA**

<p><b>Transport-/Flurförderzeuge</b> (inkl. Hebehilfen) (z.B. Vakuum-Heber/Kran, Stapler, Armeise mit Höhenausgleich, Scherenhubwagen)</p>	 
<p><b>Autonome Transport- und Kommissioniersysteme (FTF)</b></p>	 
<p><b>Ident- und Assistenzsysteme</b> (z.B. Pick-by-Light/-Voice/...)</p>	 



**Befragung im Forschungsprojekt ADINA**

**Bitte genau ein Kreuz pro Zeile**

Thema 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Thema 2
	Was ist besser unter dem Aspekt Akzeptanz bei den Mitarbeitern																	
Ergonomischer Arbeitsplatz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Exoskelette
Ergonomischer Arbeitsplatz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Transport-/ Flurförderzeuge
Ergonomischer Arbeitsplatz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Autonome Transport- und Kommissioniersysteme
Ergonomischer Arbeitsplatz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ident- und Assistenzsysteme
Exoskelette	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Transport-/ Flurförderzeuge
Exoskelette	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Autonome Transport- und Kommissioniersysteme
Exoskelette	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ident- und Assistenzsysteme
Transport-/ Flurförderzeuge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Autonome Transport- und Kommissioniersysteme
Transport-/ Flurförderzeuge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ident- und Assistenzsysteme
	Produktivität/ Prozess-Geschwindigkeit																	
Ergonomischer Arbeitsplatz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Exoskelette
Ergonomischer Arbeitsplatz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Transport-/ Flurförderzeuge
Ergonomischer Arbeitsplatz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Autonome Transport- und Kommissioniersysteme



Befragung im Forschungsprojekt ADINA

		Produktivität/ Prozess-Geschwindigkeit																			
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ergonomischer Arbeitsplatz		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ident- und Assistenzsysteme	
Exoskelette		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Transport-/ Flurförderzeuge	
Exoskelette		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Autonome Transport- und Kommissioniersysteme	
Exoskelette		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ident- und Assistenzsysteme	
Transport-/ Flurförderzeuge		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Autonome Transport- und Kommissioniersysteme	
Transport-/ Flurförderzeuge		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ident- und Assistenzsysteme	
<b>Einfache Umsetzung (der Technik/ Arbeitsplatz-Design)</b>																					
Ergonomischer Arbeitsplatz		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Exoskelette	
Ergonomischer Arbeitsplatz		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Transport-/ Flurförderzeuge	
Ergonomischer Arbeitsplatz		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Autonome Transport- und Kommissioniersysteme	
Ergonomischer Arbeitsplatz		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ident- und Assistenzsysteme	
Exoskelette		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Transport-/ Flurförderzeuge	
Exoskelette		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Autonome Transport- und Kommissioniersysteme	
Exoskelette		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ident- und Assistenzsysteme	
Transport-/ Flurförderzeuge		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Autonome Transport- und Kommissioniersysteme	
Transport-/ Flurförderzeuge		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ident- und Assistenzsysteme	





Befragung im Forschungsprojekt ADINA

		Gesundheitsschutz																
Exoskelette		<input type="checkbox"/>	Transport-/ Flurförderzeuge															
Exoskelette		<input type="checkbox"/>	Autonome Transport- und Kommissioniersysteme															
Exoskelette		<input type="checkbox"/>	Ident- und Assistenzsysteme															
Transport-/ Flurförderzeuge		<input type="checkbox"/>	Autonome Transport- und Kommissioniersysteme															
Transport-/ Flurförderzeuge		<input type="checkbox"/>	Ident- und Assistenzsysteme															

**Abschlussfragen zur Person**

7. Was ist Ihr Geschlecht?

Weiblich  
 Männlich

8. In welchem Jahr sind Sie geboren?

Geburtsjahr: \_\_\_\_\_

9. Platz für Ihre Anmerkungen:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Vielen Dank für Ihre Teilnahme.

## **Anhang Fragebogen Nutzwertanalyse**

Auf den folgenden Seiten ist der NWA-Fragebogen, wie er zur Durchführung der Studie genutzt wurde, dokumentiert.

Nutzwertanalyse Ergonomie-Unterstützungstechnik

**Befragung im Forschungsprojekt ADINA**

Das Forschungsprojekt ADINA beschäftigt sich mit Automatisierungstechnik und Ergonomie-Unterstützung für innovative Kommissionier- und Umschlagkonzepte der Logistik in NRW. Das Projekt ADINA wird von der Europäischen Union und dem Land Nordrhein-Westfalen gefördert.

Mit Hilfe dieses Fragebogens möchten wir Technologielösungen und Hilfsmittel bewerten, die dabei helfen können, Kommissionier- und Umschlag Tätigkeiten ergonomischer und gesundheitsschonender zu gestalten.

Wir danken Ihnen für Ihre Teilnahme und stehen jederzeit für Rückfragen zur Verfügung.



Gefördert von:



EUROPAISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung



EFRE.NRW  
Investitionen in Wachstum  
und Beschäftigung

Forschungspartner:



Fraunhofer  
IPA



Fraunhofer  
IPA

Kontakt:

Universität Duisburg-Essen  
Andreas Hoene

[andreas.hoene@uni-due.de](mailto:andreas.hoene@uni-due.de)

+49 203 37-91096

**1. Schritt: Gewichtung von Kriterien zur Bewertung technischer Hilfsmittel:**

In einem ersten Schritt werden wir zusammen mit Ihnen und Ihren Kolleginnen und Kollegen eine Gewichtung von Bewertungskriterien vornehmen. Hierzu bitten wir Sie jeweils im Zweiervergleich zu bewerten, welches Kriterium **wichtiger für Sie** ist.

Zur Auswahl stehen folgende fünf Kriterien:

① <b>Akzeptanz</b>	Das technische Hilfsmittel wird von den Mitarbeitern akzeptiert und die Mitarbeiter sind bereit, das Hilfsmittel (auch langfristig) zu nutzen. Die Mitarbeiter können sich gut identifizieren mit dem technischen Hilfsmittel.
② <b>Produktivität</b>	Das technische Hilfsmittel trägt dazu bei, Prozess-Geschwindigkeit/Prozess-Qualität zu erhöhen.
③ <b>Einfache Umsetzung</b>	Das technische Hilfsmittel lässt sich leicht einführen und in den Arbeitsplatz integrieren.
④ <b>Flexibilität/ vielseitige Einsetzbarkeit</b>	Das technische Hilfsmittel lässt sich problemlos in verschiedenen Bereichen und für verschiedene Arbeiten einsetzen.
⑤ <b>Gesundheits- schutz/ Ergonomie</b>	Das technische Hilfsmittel trägt zu einem ergonomischeren und gesundheitsschonenderen Arbeiten bei.

**Gewichtung von Kriterien durch paarweisen Vergleich**

Bitte gewichten Sie die Kriterien in der folgenden Matrix durch paarweisen Vergleich. Für das Kriterium, das Sie im paarweisen Vergleich höher bewerten, tragen Sie die laufende Nummer in die gemeinsame Zelle. Beispiel: Ist Ihnen z.B. Kriterium 2 wichtiger als 3, so tragen Sie in die gemeinsame Zelle 2 ein.

<b>KRITERIEN</b>	① Akzeptanz	② Produktivität	③ Einfache Umsetzung	④ Flexibilität/ Einsetzbarkeit	⑤ Gesundheits- schutz/ Ergonomie
① Akzeptanz					
② Produktivität					
③ Einfache Umsetzung					
④ Flexibilität/ Einsetzbarkeit					
⑤ Gesundheitsschutz/ Ergonomie					

**2. Schritt: Bewertung der technischen Hilfsmittel anhand der zuvor aufgezählten Kriterien**

In einem ersten Schritt haben wir zusammen mit Ihnen und Ihren Kolleginnen und Kollegen eine Gewichtung von Bewertungskriterien vorgenommen. Nun bitten wir Sie um Bewertung von Technologielösungen und Hilfsmitteln, die dabei helfen können, Kommissionier- und Umschlagstätigkeiten ergonomischer und gesundheitsschonender zu gestalten. Hierzu stellen wir Ihnen zunächst fünf mögliche Lösungsalternativen vor:

<p><b>(A) Ergonomischer Arbeitsplatz</b> (z.B. höhenverstellbare Tische &amp; Bildschirme, ergonomische Fußmatten, etc.)</p>  <p>(Bildquelle: vanderlande.de; denios.de)</p>	<p><b>(B) Exoskelette (körpergetragene Hebehilfen)</b></p>  <p>(Bildquelle: Fraunhofer IPA, FAZ/LAEVO)</p>
<p><b>(C) Flurförderzeuge mit z.B. Niveaueausgleich, Hebehilfen</b> (z.B. Vakuum-Heber/Kran, Stapler, Armeise mit Höhenausgleich, Scherenhubwagen)</p>  <p>(Bilderquelle: southworthproducts.com; packline.co.uk)</p>	<p><b>(D) Autonome/ Fahrerlose Transport- und Kommissioniersysteme (FTF)</b></p>  <p>(Bildquelle: logistik-heute.de; logistra.de)</p>
<p><b>(E) Ident- und Assistenzsysteme</b> (z.B. Pick by-(Put-to-) Light/Voice/Vision...)</p>  <p>(Bildquelle: wms-bg.com)</p>	<p><b>(F) Verpackungshilfen</b> Umreifungshilfen, Umwickel-/Strechhilfen</p>  <p>(Bildquelle: ergopack.de; lohm ann.de)</p>

**Bewertung der technischen Hilfsmittel in den einzelnen Kriterien**

Bitte bewerten Sie, inwieweit die technischen Hilfsmittel die jeweiligen Kriterien erfüllen.  
 Beispiel: Erfüllt eine Alternative das Kriterium Akzeptanz „schlecht“, dann setzen Sie bei der Alternative in der Zeile „schlecht“ ein Kreuz.

		(A) Ergonomischer Arbeitsplatz	(B) Exoskelett	(C) Flurförder- zeuge (Hebehilfen)	(D) Autonome Transport- systeme (FTF)	(E) Ident- und Assistenz- systeme	(F) Ergonom. Verpack- kung
① <b>Akzeptanz</b>	sehr gut (1)						
	gut (2)						
	befriedigend (3)						
	schlecht (4)						
	Nicht relevant (0)						
② <b>Produktivität</b>	sehr gut (1)						
	gut (2)						
	befriedigend (3)						
	schlecht (4)						
	Nicht relevant (0)						
③ <b>Einfache Umsetzung</b>	sehr gut (1)						
	gut (2)						
	befriedigend (3)						
	schlecht (4)						
	Nicht relevant (0)						
④ <b>Flexibilität/ Einsetz- barkeit</b>	sehr gut (1)						
	gut (2)						
	befriedigend (3)						
	schlecht (4)						
	Nicht relevant (0)						
⑤ <b>Gesundheits- schutz/ Ergonomie</b>	sehr gut (1)						
	gut (2)						
	befriedigend (3)						
	schlecht (4)						
	Nicht relevant (0)						

**3. Schritt: Fragen zu Ihrem Arbeitsbereich, Erfahrung und Person**

Zum Abschluss bitten wir Sie noch, einige Fragen zu Ihrem Arbeitsbereich und Tätigkeiten zu beantworten.

**3.1 In welchem Bereich sind/waren Sie tätig?**

- Kommissionierung (z.B. im Warenausgang)
- Co-Packing (z.B. Bau und Verpacken von Displays oder Multipacks für den Handel)
- Re-Packing (z.B. Umpacken im Wareneingang, z.B. vom Großgebinde in kleinere Einheiten)
- Ladungssicherung
- Verwaltung/ Management (z.B. Schichtleitung): \_\_\_\_\_
- Andere: \_\_\_\_\_

**3.2 Über wie viele Jahre Berufserfahrung im oben genannten Bereich verfügen Sie?**

- 0-1 Jahr
- 2-5 Jahre
- 6-10 Jahre
- 11-15 Jahre
- 16-20 Jahre
- > 20 Jahre

**3.3 Welche Bewegung führen Sie in Ihrer Tätigkeit „gefühl“ am häufigsten aus (max. 2 Antworten möglich)?**

- Heben/Tragen
- Bücken/Senken
- Ziehen/Schieben
- Stehen/Gehen
- Sitzen

**3.4 Sie haben nun fünf Lösungsalternativen kennengelernt und bewertet. Welche weiteren Themen sind für Sie bei Automatisierung und Ergonomie in der Intralogistik wichtig?**

**3.5. Was ist ihr Geschlecht?**

- Weiblich
- Männlich

**3.6. In welchem Jahr sind Sie geboren?**

Geburtsjahr: \_\_\_\_\_

**Platz für Ihre Anmerkungen:**

**Vielen Dank für Ihre Teilnahme.**

Ihr ADINA Forschungsteam



Gefördert von:



## Die Publikationsreihe

Schriftenreihe Logistikforschung / Research Paperseries Logistics

---

In der Schriftenreihe Logistikforschung des Institutes für Logistik- & Dienstleistungsmanagement (ild) der FOM werden fortlaufend aktuelle Fragestellungen rund um die Entwicklung der Logistikbranche aufgegriffen. Sowohl aus der Perspektive der Logistikdienstleister als auch der verladenden Wirtschaft aus Industrie und Handel werden innovative Konzepte und praxisbezogene Instrumente des Logistikmanagements vorgestellt.

The series research paper logistics by the Institute for Logistics and Service Management at FOM University of Applied Sciences addresses management topics within the logistics industry. The research perspectives include logistics service providers as well as industry and commerce concerned with logistics research questions. The research documents support an open discussion about logistics concepts and benchmarks.

---

- |         |  |
|---------|--|
| Band 1  | Klumpp, M., Bovie, F.: Personalmanagement in der Logistikwirtschaft            |
| Band 2  | Jasper, A., Klumpp, M.: Handelslogistik und E-Commerce                         |
| Band 3  | Klumpp, M.: Logistikanforderungen globaler Wertschöpfungsketten                |
| Band 4  | Matheus, D., Klumpp, M.: Radio Frequency Identification (RFID) in der Logistik |
| Band 5  | Bioly, S., Klumpp, M.: RFID und Dokumentenlogistik                             |
| Band 6  | Klumpp, M.: Logistiktrends und Logistikausbildung 2020                         |
| Band 7  | Klumpp, M., Koppers, C.: Integrated Business Development                       |
| Band 8  | Gusik, V., Westphal, C.: GPS in Beschaffungs- und Handelslogistik              |
| Band 9  | Koppers, L., Klumpp, M.: Kooperationskonzepte in der Logistik                  |
| Band 10 | Koppers, L.: Preisdifferenzierung im Supply Chain Management                   |

- Band 11 Klumpp, M.: Logistiktrends 2010
- Band 12 Keuschen, T., Klumpp, M.: Logistikstudienangebote und Logistik-trends
- Band 13 Bioly, S., Klumpp, M.: Modulare Qualifizierungskonzeption RFID in der Logistik
- Band 14 Klumpp, M.: Qualitätsmanagement der Hochschullehre Logistik
- Band 15 Klumpp, M., Krol, B.: Das Untersuchungskonzept Berufswertigkeit in der Logistikbranche
- Band 16 Keuschen, T., Klumpp, M.: Green Logistics Qualifikation in der Logistikpraxis
- Band 17 Kandel, C., Klumpp, M.: E-Learning in der Logistik
- Band 18 Abidi, H., Zinnert, S., Klumpp, M.: Humanitäre Logistik – Status quo und wissenschaftliche Systematisierung
- Band 19 Backhaus, O., Döther, H., Heupel, T.: Elektroauto – Milliardengrab oder Erfolgsstory?
- Band 20 Hesen, M.-A., Klumpp, M.: Zukunftstrends in der Chemielogistik
- Band 21 Große-Brockhoff, M., Klumpp, M., Krome, D.: Logistics capacity management – A theoretical review and applications to outbound logistics
- Band 22 Helmold, M., Klumpp, M.: Schlanke Prinzipien im Lieferantenmanagement
- Band 23 Gusik, V., Klumpp, M., Westphal, C.: International Comparison of Dangerous Goods Transport and Training Schemes
- Band 24 Bioly, S., Kuchshaus, V., Klumpp, M.: Elektromobilität und Ladesäulenstandortbestimmung – Eine exemplarische Analyse mit dem Beispiel der Stadt Duisburg
- Band 25 Sain, S., Keuschen, T., Klumpp, M.: Demographic Change and its Effect on Urban Transportation Systems: A View from India
- Band 26 Abidi, H., Klumpp, M.: Konzepte der Beschaffungslogistik in Katastrophenhilfe und humanitärer Logistik
- Band 27 Froelian, E., Sandhaus, G.: Conception of Implementing a Service Oriented Architecture (SOA) in a Legacy Environment

- Band 28 Albrecht, L., Klumpp, M., Keuschen, T.: DEA-Effizienzvergleich Deutscher Verkehrsflughäfen in den Bereichen Passage/Fracht
- Band 29 Meyer, A., Witte, C., Klumpp, M.: Arbeitgeberwahl und Mitarbeitermotivation in der Logistikbranche
- Band 30 Keuschen, T., Klumpp, M.: Einsatz von Wikis in der Logistikpraxis
- Band 31 Abidi, H., Klumpp, M.: Industrie-Qualifikationsrahmen in der Logistik
- Band 32 Kaiser, S., Abidi, H., Klumpp, M.: Gemeinnützige Kontraktlogistik in der humanitären Hilfe
- Band 33 Abidi, H., Klumpp, M., Bölsche, D.: Kompetenzen in der humanitären Logistik
- Band 34 Just, J., Klumpp, M., Bioly, S.: Mitarbeitermotivation bei Berufskraftfahrern – Eine empirische Erhebung auf der Basis der AHP-Methode
- Band 35 Keinhörster, M., Sandhaus, G.: Maschinelles Lernen zur Erkennung von SMS-Spam
- Band 36 Kutlu, C., Bioly, S., Klumpp, M.: Demographic change in the CEP sector
- Band 37 Witte, C., Klumpp, M.: Betriebliche Änderungsanforderungen für den Einsatz von Elektronutzfahrzeugen – eine AHP-Expertenbefragung
- Band 38 Keuschen, T., Klumpp, M.: Lebenslanges Lernen in der Logistikbranche –Einsatz von ergänzenden Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen
- Band 39 Bioly, S., Klumpp, M.: Statusanalyse der Rahmenbedingungen für Fahrberufe in Logistik und Verkehr.
- Band 40 Abidi, H., Klumpp, M.: Demografischer Wandel und Industrie-Qualifikationsrahmen Logistik
- Band 41 Bayer, F., Bioly, S.: Supply Chain Risk Management in der Industrie – am Beispiel der Metall- und Elektroindustrie
- Band 42 Bioly, S., Sandhaus, G., Klumpp, M.: Wertorientierte Maßnahmen für eine Gestaltung des demografischen Wandels in Logistik und Verkehr

- Band 43 Steltemeier, B., Bioly, S.: Real-time Tracking and Tracing bei Überseetransporten – technische Realisierung und wirtschaftliche Auswirkungen der Implementierung
- Band 44 Keuschen, T., Marner, T., Bioly, S.: Nachhaltige Mobilitätskonzepte in der Pharmalogistik
- Band 45 Abidi, H., Marner, T., Schwarz, D.: Last Mile-Distribution im Großhandel
- Band 46 Witte, C., Marner, T., Klumpp, M.: Elektronutfahrzeuge in der Entsorgungslogistik
- Band 47 Berg, A., Abidi, H.: Humanitäre Logistiknetzwerke
- Band 48 Richter, N., Keuschen, T.: Merkmale und Umsetzungsmöglichkeiten nachhaltiger Logistik unter den Aspekten Erwartungshaltung und Zahlungsbereitschaft der Konsumenten
- Band 49 Dorten, E., Marner, T.: Ausschreibung versus Direktvergabe von ÖPNV-Leistungen
- Band 50 Marner, T., Zelewski, S., Gries, S., Münchow-Küster, A., Klumpp, M.: Elektromobilität in der Logistikzukunft - Analysen zur Wirtschaftlichkeit und zu möglichen Einsatzfeldern
- Band 51 Klumpp, M., Neukirchen, T., Jäger, S.: Logistikqualifikation und Gamification – Der wissenschaftliche und fachpraktische Ansatz des Projektes MARTINA
- Band 52 Neukirchen, T., Jäger, S., Paulus, J., Klumpp, M.: Sicherheit und Compliance in der Logistikqualifikation - Konzepte für Gamification-Anwendungen
- Band 53 Peretzke, J., Sandhaus, G.: Einsatzpotentiale von Cognitive Computing zur Unterstützung der Entscheidungsfindung im Supply Chain Management
- Band 54 Meier, C., Mönning, M., Koop, W., Kleffmann, M., Neukirchen, T., Jäger, S., Klumpp, M.: Logistikqualifikation und Gamification – Softwareentwicklung und Pilotierung der MARTINA-App
- Band 55 Metzloff, P., Jäger, S., Neukirchen, T.: Praxistests der MARTINA-App

- Band 56 Neukirchen, T., Kleffmann, M., Koop, W., Jäger, S., Klumpp, M.: Evaluation von mobilen Trainingsanwendungen in der Logistik: Nutzerfeedback der MARTINA-App
- Band 57 Loske, D.: Hält Fairtrade was es verspricht? Eine wertschöpfungsorientierte Analyse der Fairtrade Kaffee Supply Chain
- Band 58 Neukirchen, T., Kleffmann, M., Koop, W., Gels, A., Jäger, S., Klumpp, M.: Serious Games in der Logistik: Das Beispiel Routenplanung
- Band 59 Abidi, H., Klumpp, M., Lehr, T., Jäger, S.: Zukunftsthemen in der Logistikweiterbildung – Ergebnisse einer Expertenbefragung mit dem Analytic Hierarchy Process
- Band 60 Loske, D.: Entwicklung eines Konzepts zur Deckung des streckenbezogenen LKW- Parkbedarfs in Süddeutschland mittels GAMS
- Band 61 Gruchmann, T., Klumpp, M., Hanke, T., Nestler, K.: Innovative Kommissionier- und Umschlagkonzepte der Logistik – der fachliche Ansatz des Forschungsprojektes ADINA
- Band 62 Koop, W., Kleffmann, M., Gels, A., Neukirchen, T., Jäger, S., Klumpp, M.: Serious Games in der Logistik: Generalisierbarkeit und Zertifizierung
- Band 63 Gruchmann, T., Nestler, K., Brauckmann, A., Schneider, J., Fischer, C., Hecht, A.: Hürden und Treiber für die Umsetzung innovativer Automatisierungstechnik und Ergonomieunterstützung der Intralogistik
- Band 64 Hoene, A., Jawale, M., Neukirchen, T., Bednorz, N., Schulz, H., Hauser, S.: Bewertung von Technologielösungen für Automatisierung und Ergonomieunterstützung der Intralogistik

ISBN (Print) 978-3-89275-099-4  
ISBN (eBook) 978-3-89275-100-7

ISSN (Print) 1866-0304  
ISSN (eBook) 2569-5355



Institut für Logistik- &  
Dienstleistungsmanagement  
der FOM University of Applied Sciences

## FOM Hochschule

## ild

FOM. Die Hochschule. Für Berufstätige.

Die mit bundesweit über 50.000 Studierenden größte private Hochschule Deutschlands führt seit 1993 Studiengänge für Berufstätige durch, die einen staatlich und international anerkannten Hochschulabschluss (Bachelor/Master) erlangen wollen.

Die FOM ist der anwendungsorientierten Forschung verpflichtet und verfolgt das Ziel, adaptionsfähige Lösungen für betriebliche bzw. wirtschaftsnahe oder gesellschaftliche Problemstellungen zu generieren. Dabei spielt die Verzahnung von Forschung und Lehre eine große Rolle: Kongruent zu den Masterprogrammen sind Institute und KompetenzCentren gegründet worden. Sie geben der Hochschule ein fachliches Profil und eröffnen sowohl Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern als auch engagierten Studierenden die Gelegenheit, sich aktiv in den Forschungsdiskurs einzubringen.

Weitere Informationen finden Sie unter [fom.de](http://fom.de)

Das Ziel des ild Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement ist der konstruktive Austausch zwischen anwendungsorientierter Forschung und Betriebspraxis. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts untersuchen nachhaltige und innovative Logistik- und Dienstleistungskonzepte unterschiedlicher Bereiche, initiieren fachbezogene Managementdiskurse und sorgen zudem für einen anwendungs- und wirtschaftsorientierten Transfer ihrer Forschungsergebnisse in die Unternehmen. So werden die wesentlichen Erkenntnisse der verschiedenen Projekte und Forschungen unter anderem in dieser Schriftenreihe Logistikforschung herausgegeben.

Darüber hinaus erfolgen weitergehende Veröffentlichungen bei nationalen und internationalen Fachkonferenzen sowie in Fachpublikationen.

Weitere Informationen finden Sie unter [fom-ild.de](http://fom-ild.de)



Unter dem Titel »FOM forscht« gewähren Hochschullehrende der FOM Einblick in ihre Projekte. Besuchen Sie den Blog unter [fom-blog.de](http://fom-blog.de)