

---

**C2**

**Prozessautomatisierung durch effiziente  
intralogistische Systeme**



## **Intralogistische Systeme nachhaltig gestalten – Der Faktor Mensch im Fokus**

### **1 Dimensionen der Nachhaltigkeit**

### **2 Die demographische Entwicklung und ihre Auswirkung auf die Arbeitswelt**

### **3 Logistik in Zeiten des demographischen Wandels**

- 3.1 Maximale Aussagekraft bei minimalem Aufwand –  
Die Leitmerkmalmethode
- 3.2 Erweiterte Leitmerkmalmethode für die Arbeitsanalyse in der Logistik
- 3.3 Nachhaltige Ergonomie in der Logistik – von der Planung  
bis in den laufenden Betrieb
  - 3.3.1 Belastungsorientierte Job Rotation hinsichtlich  
des Hebens und Tragens von Lasten
  - 3.3.2 Belastungsvisualisierung im Pick-by-Vision
  - 3.3.3 Ergonomische Lagerfachbelegung zur Minimierung  
der körperlichen Belastung
  - 3.3.4 Alternsgerechte Arbeitsorganisation

### **4 Fazit**

### **Über die Autoren**

### **Quellenverzeichnis**

## **Intralogistische Systeme nachhaltig gestalten – Der Faktor Mensch im Fokus**

*Prof. Dr.-Ing. Willibald A. Günthner, Ordinarius,  
Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml),  
Technische Universität München, Garching b. München*

*Dennis Walch, wissenschaftlicher Mitarbeiter,  
Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml),  
Technische Universität München, Garching b. München*

*Peter Tenerowicz, wissenschaftlicher Mitarbeiter,  
Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml),  
Technische Universität München, Garching b. München*

Die Forderung nach unternehmerischer Nachhaltigkeit ist in aller Munde. Hinter der Frage, was diese Nachhaltigkeit bestimmt, steht oftmals ein großes Fragezeichen. Neben den ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten steigt insbesondere der Bedarf an sozialer Nachhaltigkeit beispielsweise in Form einer altersgerechten Arbeitsgestaltung. Der vorliegende Beitrag zeigt auf, welche Stellschrauben den größten Effekt in Bezug auf eine altersgerechte Arbeitsgestaltung ermöglichen und gibt anwendungsnahe Beispiele zur aufwandsarmen Verheiratung von Ergonomie und Prozess, wenn – wie häufig in der Intralogistik – gewachsene Strukturen eine konstruktive Umgestaltung von logistischen Systemen erschweren.

### **1 Dimensionen der Nachhaltigkeit**

Ursprünglich stammt der Begriff der Nachhaltigkeit aus der Forstwirtschaft. Zu Beginn des 18. Jahrhunderts wurde angesichts einer Verknappung der Holzbestände die folgende Regel eingeführt: Entnimm dem Wald immer nur so viel Holz, wie nachwachsen kann. Auf diese Weise kann sich der Wald immer wieder regenerieren und wird nie komplett abgeholzt. Dieses Prinzip zur Erhaltung der Wälder wurde später auf die gesamte Umwelt ausgeweitet. Ziel ist der Erhalt der Natur für kommende Generationen.

Eine viel zitierte Definition für eine nachhaltige Entwicklung ging aus der Brundtland-Kommission im Jahr 1987 hervor. Demnach ist eine Entwicklung dann nach-



haltig, wenn sie die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können. Damit einhergehend wurde der Nachhaltigkeitsbegriff um eine soziale und eine ökonomische Dimensionen erweitert. Nachhaltigkeit kann demnach als das Zusammenspiel dreier Teilziele verstanden werden (Abbildung 1).

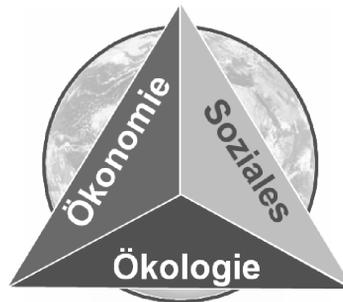


Abbildung 1: Dreieck der Nachhaltigkeit

Die *ökonomische Nachhaltigkeit* fordert eine Wirtschaftsweise, die dauerhaft eine tragfähige Grundlage für Unternehmenserfolg und Wohlstand bietet. Die *soziale Nachhaltigkeit* verfolgt das Ziel, durch einen Ausgleich sozialer Kräfte eine zukunftsfähige, lebenswerte Gesellschaft zu erhalten.

Die *ökologische Nachhaltigkeit* umschreibt weiterhin das Ziel, die natürliche Lebensgrundlage für nachfolgende Generationen zu erhalten. Unter diesen Aspekt der Nachhaltigkeit fällt die Sicherung der Artenvielfalt, der Klimaschutz, die Pflege von Kultur- und Landschaftsräumen sowie generell ein schonender Umgang mit der natürlichen Umgebung.

Der Gedanke, der dieser Dreiteilung zugrunde liegt, ist, dass ein ökologisches Gleichgewicht nur erreicht werden kann, wenn parallel ökonomische Sicherheit und soziale Gerechtigkeit gleichrangig angestrebt werden.

Das Streben nach wirtschaftlichem Wachstum und die langfristige Absicherung der ökonomischen Wettbewerbsfähigkeit gelten als allgemeingültige strategische Ziele jeder industriellen Unternehmung. Im Sinne des oben genannten Drei-Säulen-Modells der Nachhaltigkeit müssen sich ökonomische Zielstellungen allerdings mit dem sozialen und ökologischen Umfeld vereinbaren lassen bzw. dieses Umfeld aktiv mit einbeziehen.

Im Bereich der Logistik ist daher gerade die Nachhaltigkeit in ihrer ökologischen Ausprägung ein derzeit stark diskutiertes Thema. Eine Stoßrichtung muss dabei mit Sicherheit die ökologische Optimierung bzw. die Reduzierung von außerbetrieblichen Transporten und deren Schadstoffemissionen sein. Mit dieser Herausforderung setzen sich aktuell viele Unternehmen und Logistikdienstleister auseinander.

Einen weiteren Stellhebel für Einsparmaßnahmen stellen die Prozesse der innerbetrieblichen Logistik dar (Günthner et al. 2009-1). Hier bietet eine Verknüpfung unterschiedlicher Maßnahmen von der Prozessoptimierung bis hin zum Einsatz energieeffizienter Komponenten Einsparpotenziale sowohl in Bezug auf den Ressourcenverbrauch als auch unter monetären Gesichtspunkten. Prozessübergreifende Rahmenbedingungen wie Gebäudestrukturen, Heizung, Kühlung oder Beleuchtung sind als weitere Handlungsfelder für eine Steigerung der Ressourceneffizienz zu sehen.

Prinzipiell sollten Nachhaltigkeitsziele in der Unternehmensstrategie verankert sein und auf die unterschiedlichen Geschäftsbereiche herunter gebrochen werden (Günthner et al. 2009-2). Auf dieser Ebene gilt es anschließend, konkrete Maßnahmen in teils bereichsübergreifenden Projektteams umzusetzen. Ein nicht zu unterschätzendes Problem ist dabei die Definition aussagekräftiger Kenngrößen, die eine Beurteilung umgesetzter Maßnahmen erlauben und so eine tatsächlich „nachhaltige“ Entwicklung unterstützen. Außerdem sollten die Nachhaltigkeitsziele nicht nur nach dem Top-Down-Prinzip von der Unternehmensführung vorgegeben werden, sondern auch in die Unternehmenskultur einfließen. Es gilt, die Mitarbeiter im Sinne des Change Managements über Veränderungen in ihrem Arbeitsumfeld aufzuklären, d. h. die Gründe für die Veränderung müssen für die Belegschaft transparent und nachvollziehbar sein. Skeptiker, Bremser und Gegner sind in den Veränderungsprozess ebenso einzubeziehen wie die Unterstützer. Das kann zu einer langwierigen Umsetzungsphase führen, doch nur wenn die Mitarbeiter hinter umgesetzten Maßnahmen und neuen Prozessen stehen, kann Nachhaltigkeit entstehen. Dieser Zusammenhang verdeutlicht die enge Verzahnung von wirtschaftlichen und ökologischen Zielen mit dem sozialen Umfeld in Form von Arbeitsbedingungen und Unternehmenskultur.

Während in der Praxis unter Nachhaltigkeit häufig allein die ökonomische und ökologische Dimension der Nachhaltigkeit verstanden und bei der Gestaltung intralogistischer Systeme primär verfolgt wird, rückt vor dem Hintergrund des demographischen Wandels die soziale Nachhaltigkeit mehr und mehr in den Vordergrund. Als Ziel wird hierbei der Erhalt der Leistungs- und Erwerbsfähigkeit der Mitarbeiter



über eine ergonomische Arbeitsgestaltung für Alt aber auch Jung verfolgt, die ein gesundes Altern der Mitarbeiter ohne Überbelastung, jedoch auch ohne Unterforderung, realisiert. Ähnlich zur ökologischen Nachhaltigkeit stellt sich auch hier die Frage nach der Definition und Messung von aussagekräftigen Kenngrößen, die eine Entwicklung einer alternsgerechten Arbeit befähigen. Der vorliegende Beitrag widmet sich dem Faktor Mensch in der Intralogistik in Bezug auf die demographische Entwicklung. Ausgehend von Kenndaten zur Alterung der Belegschaft werden deren Auswirkungen auf die Intralogistik skizziert, wobei insbesondere das Sinken der körperlichen Belastbarkeit der Mitarbeiter mit zunehmendem Erwerbsalter im Fokus steht. Das Ergebnis von zahlreichen in der Praxis durchgeführten Arbeitsanalysen zeigt das vorherrschende Bild hinsichtlich der körperlichen Belastung bei Tätigkeiten in der operativen Logistik. Zur Erreichung der Transparenz über die Belastungssituation der Mitarbeiter sowie der Ableitung adäquater Maßnahmen für eine alternsgerechte Arbeitsgestaltung wird eine Berechnungsmethodik vorgestellt, die eine aufwandsarme und aussagekräftige Belastungsermittlung in logistischen Prozessen ermöglicht. Mit Hilfe der Methodik lässt sich eine ergonomische Lagerfachbelegung wie auch eine belastungsgerechte Job Rotation realisieren, die insbesondere dann geeignete arbeitsorganisatorische Maßnahmen darstellen, wenn konstruktive Maßnahmen aufgrund vorhandener (Lager-) Strukturen nur mit hohem (finanziellen) Aufwand umsetzbar sind.

## **2 Die demographische Entwicklung und ihre Auswirkung auf die Arbeitswelt**

Für Deutschland ist sowohl heute als auch in den kommenden Jahren der demographische Wandel eine der zentralen Herausforderungen. Während in der Gesellschaft insbesondere die Aufrechterhaltung des Generationenvertrages sowie die Veränderung des sozialen Gefüges aufgrund der Änderung der Altersstruktur Deutschlands diskutiert werden, stellt sich für die Unternehmen die Frage, welche Auswirkungen die Alterung der Belegschaft auf den eigenen Betrieb hat. Fakt ist in jedem Fall, dass die demographische Entwicklung hin zu einer Alterung der Gesellschaft nicht aufzuhalten ist. Dabei kann von einem Wandel bereits keine Rede mehr sein, eher nur von einer Verschärfung der momentanen Situation, da sich die Gesellschaft und Arbeitswelt bereits mitten im demographischen Wandel befindet.

Die Ursache für die demographische Entwicklung liegt in der heutigen Altersstruktur Deutschlands und deren Verschiebung (Abbildung 2), die im Wesentlichen von den drei Faktoren der Lebenserwartung, dem Verhältnis zwischen Zu- und

Abwanderung sowie der Geburtenrate abhängt. Faktor 1, die Lebenserwartung, steigt und verbucht gegenüber 2006/2008 bis zum Jahr 2060 einen Zuwachs von 7,8 Jahren bei Männern beziehungsweise 6,8 Jahren bei Frauen. Entsprechend ist im Gegensatz zur heutigen Lebenserwartung von knapp 77 Jahren bei Männern und etwas über 82 Jahren bei Frauen von einer Lebenserwartung von 85 bzw. 89,2 Jahren auszugehen. Die seit über 30 Jahren relativ konstant bei 1,4 Kindern pro Frau liegende Geburtenziffer – als zweiter Faktor – führt dazu, dass jede neue Generation um ein Drittel kleiner ausfällt, als die ihrer Eltern. Ein Wert von 2,1 Kindern pro Frau würde zur Stabilisierung der Geburtenziffer beitragen und ein Sinken der Geburtenzahl verhindern. Die Anzahl der Sterbefälle steigt im Umkehrschluss, da die geburtenstarken Jahrgänge der Babyboomer-Generation vom mittleren Alter ins höhere Alter voranschreiten. Dieses Geburtendefizit ist seit den 70er Jahren in Deutschland negativ und entwickelt sich von 162.000 im

### Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland

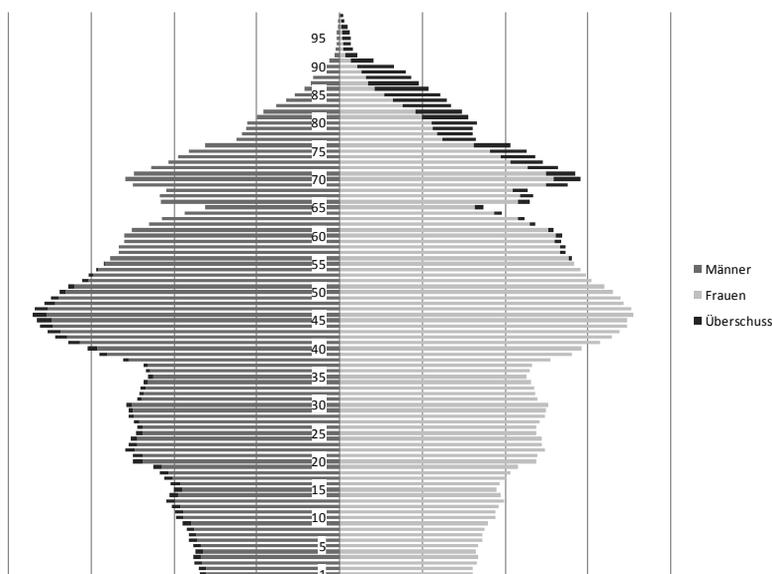


Abbildung 2: Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland, 21.12.2009.  
Datenquelle: Statistisches Bundesamt, (vgl. Bundesinstitut für  
Bevölkerungsforschung 2009)

Jahr 2008 auf 550.000 bis 580.000 im Jahr 2050. Die Differenz der Zuzüge nach und Fortzüge aus Deutschland (Wanderungssaldo) ist der dritte Faktor, der die Bevölkerungsentwicklung beschreibt. Die so genannte Außenwanderung war bis auf Ausnahmejahre durchweg positiv und bewegte sich zwischen 129.000 und 354.000 Personen jährlich. In den letzten Jahren ging das Wanderungssaldo aufgrund höherer Fortzüge der Deutschen als auch auf weniger Zuzüge deutscher Aussiedler und ausländischen Personen zurück. (Statistisches Bundesamt 2009)

Unter den Annahmen der mittleren Variante im Rahmen der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnungen führen die drei Faktoren zu einer weiteren Bevölkerungsabnahme, wie sie seit 2003 in Deutschland vorherrscht (Abbildung 3). Das wachsende Geburtendefizit kann durch das Wanderungssaldo auch in Zukunft nicht ausgeglichen werden. Gleichzeitig führt das Voranrücken der geburtenstarken Jahrgänge zu einer Verschiebung der Altersstruktur der Gesellschaft wie auch in der Arbeitswelt. Dabei stellt sich zunächst eine Alterung der Belegschaft ein, die mindestens bis zum Jahr 2020 als zentrale Herausforderung zu sehen ist, bevor die Anzahl der Erwerbstätigen schrumpft (Statistisches Bundesamt 2009) (Abbildung 4).

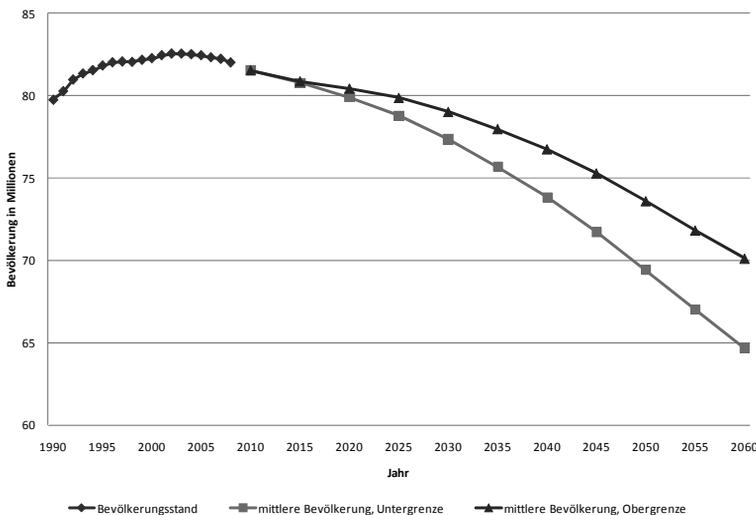


Abbildung 3: Bevölkerungszahl in Deutschland, 1990 bis 2060, (Statistisches Bundesamt 2009)

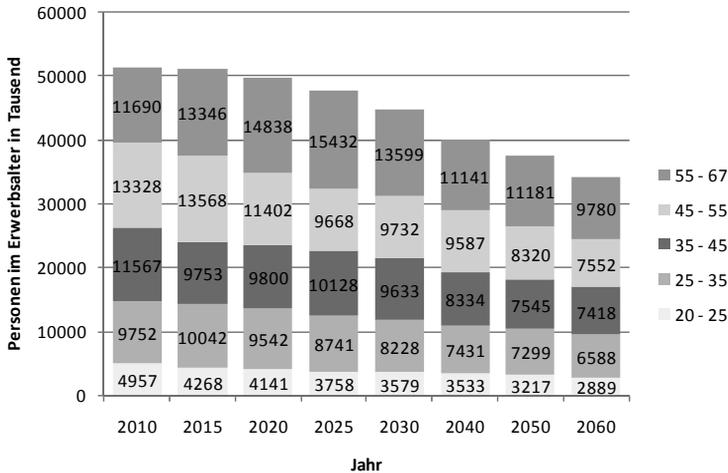


Abbildung 4: Bevölkerung Deutschlands im Erwerbsalter von 20 bis 67 Jahren, 2010 bis 2060. Datenquelle: Statistisches Bundesamt

Eine Verschärfung der Alterung der Belegschaft ergibt sich in dem Zusammenhang mit der Wirtschaftskrise und der vorsichtigen Personalpolitik vieler Unternehmen, die zur Verschiebung des Altersgefüges hin zum hohen Erwerbslebensalter beitragen. Entsprechend erwartet beispielsweise BMW im Jahr 2018 ein durchschnittliches Alter der Belegschaft von 48 Jahren.

### 3 Logistik in Zeiten des demographischen Wandels

Das Altern der Belegschaft stellt insofern eine Herausforderung dar, als dass sich mit zunehmendem Erwerbsalter die individuellen Fähigkeiten und Kompetenzen der Mitarbeiter verändern. Eine gesicherte Erkenntnis ist diesbezüglich, dass die Schwankungsbreite der Leistungsparameter mit dem Alter zunimmt (Baltes 1987; Buck 2003). Dabei darf nicht davon ausgegangen werden, dass alterstypische Veränderungen auf jeden älteren Beschäftigten zutreffen oder in gleichem Maße ausgeprägt sind. Dennoch lassen sich Veränderungen identifizieren, die typisch für ein zunehmendes Lebensalter sind (Steiner 1997). Gegenüber dem Kompetenzwandel nach Übertritt in das Rentenalter, spielt im von körperlicher Arbeit geprägten operativen Geschäft von Produktion und Logistik insbesondere die im



Alter tendenziell sinkende körperliche Belastbarkeit eine große Rolle. Diese kann zu Produktivitätseinbußen, höheren Ausfallzeiten der Mitarbeiter, größeren erforderlichen Erholzeiten sowie geringerer Einsatzflexibilität der Mitarbeiter aufgrund von altersbedingten Leistungswandlungen führen. Gerade der letztgenannten flexiblen Einsetzbarkeit der Mitarbeiter ist es zu verdanken, dass der Logistiker nach wie vor nicht aus den Logistikprozessen wegzudenken ist. Jedoch steigt gerade mit Zunahme des Erwerbsalters die Anzahl an körperlichen Einschränkungen der Mitarbeiter (Walch & Günthner 2009-1), insbesondere dann, wenn die Erwerbstätigkeit – wie oftmals in Produktion und Logistik – ein Leben lang durch körperliche Belastungen geprägt ist. In Zeiten der Wertschöpfungsorientierung kommt hinzu, dass die Anforderungen an die Mitarbeiter keinesfalls geringer werden. Die Logistik ist diesbezüglich in zweifacher Weise betroffen. Während in der Produktion Maßnahmen vorangetrieben werden, um dem demographischen Wandel entgegen zu treten, wird die Logistik als nicht wertschöpfende Tätigkeit eher stiefmütterlich behandelt. Zudem sortieren Unternehmen ihre Mitarbeiter oftmals aufgrund des in der Produktion herrschenden Leistungsdrucks der Takt- und Akkordvorgaben aus, um sie in den vermeintlich weniger belastenden Tätigkeiten der Logistik unterzubringen.

Eine Untersuchung der Belastung an ausgewählten Arbeitsplätzen der operativen Logistik wurde vom Lehrstuhl fml der TU München im Rahmen des Teilprojekts „Logistiksysteme und Organisation“ des von der Bayerischen Forschungstiftung geförderten Forschungsverbundes „Zukunftsorientierte Produkte und Dienstleistungen für die demographischen Herausforderungen“ (FitForAge) durchgeführt, um den aktuellen Stand der Belastungssituation in der Logistik abzubilden. Abbildung 5 zeigt das Tätigkeitsspektrum, wie es typischerweise in der operativen Intralogistik der Unternehmen vorzufinden ist. Angefangen bei der Annahme der Waren im Wareneingang werden die Waren nach einer Qualitätsprüfung eingelagert oder direkt zur Verarbeitung in der Produktion bereitgestellt. Je nach Tätigkeitsgebiet des Unternehmens erfolgt z. B. eine Fertigung, Montage oder auch nur neue Zusammenstellung von Waren entsprechend eines Kundenauftrages, bevor die Waren an den Kunden versendet werden. Zu den typischen Aufgaben intralogistischer Mitarbeiter zählen im Allgemeinen der Transport – zum Beispiel in Form des Fahrens von Flurförderzeugen (FFZ) –, die Kommissionierung (auftragsbezogene Zusammenstellung von Waren), die Bereitstellung von Waren in der Produktion sowie die Verpackung von Waren für den Versand.

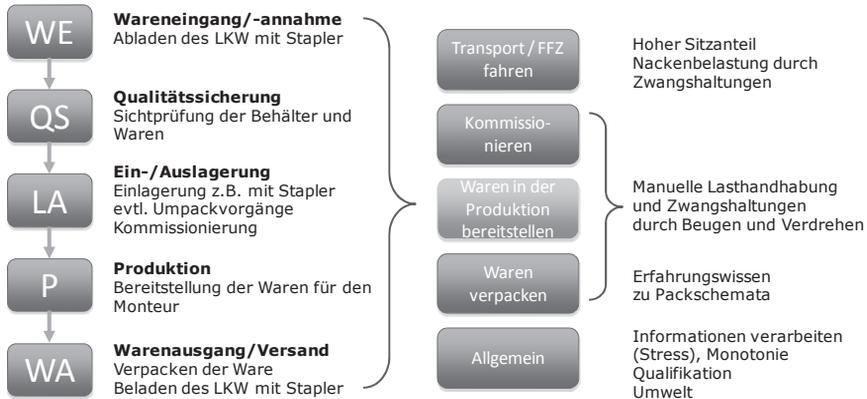
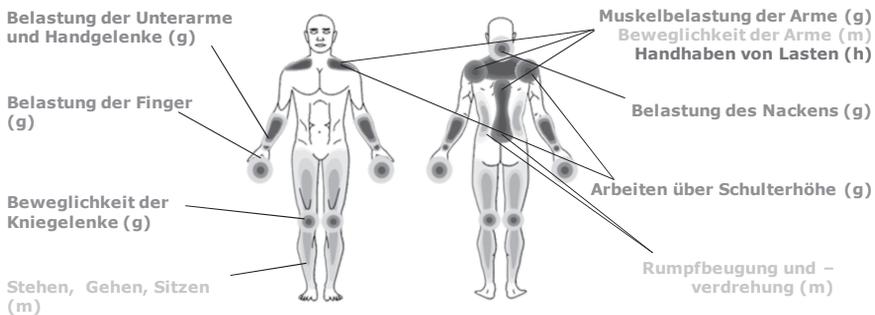


Abbildung 5: Tätigkeitsspektrum der Logistik inklusive der typischen Belastungsmerkmale

Aus den Tätigkeiten der Logistik lassen sich charakteristische Anforderungen an die Mitarbeiter ableiten, die zu körperlicher wie auch psychischer Belastung führen können.

Die Ergebnisse von FitForAge aus mehr als 40 in der Praxis durchgeführten ingenieurs- und verhaltenswissenschaftlichen Arbeitsanalysen in der operativen Logistik zeigen ein deutliches Bild, was die körperliche Belastung der Mitarbeiter anbelangt (Abbildung 6). Die Anforderungs- und Belastbarkeits-Analysen (ABA) wurden hauptsächlich mit dem von der BMW Group zur Verfügung gestellten ABA-Tech (Schäfer et al. 2007) durchgeführt, wobei insbesondere die 11 Merkmale zur Beschreibung der auftretenden körperlichen Belastung von ABA-Tech im Vordergrund standen. Die untersuchten Tätigkeiten in der Logistik weisen fast durchweg eine hohe körperliche Belastung in Bezug auf das Handhaben von Lasten – als *die* typische Tätigkeit der operativen Logistik – nach. Damit einhergehend sind die Merkmale der Rumpfbeugung und -verdrehung sowie durch das häufige Überschreiten des Greifraums – die erforderliche „Beweglichkeit der Arme“ – als belastend einzustufen. Dies ist insbesondere dann häufig der Fall, wenn das Handhaben der Waren in oder aus Großladungsträgern und Paletten erfolgt. Nicht zuletzt handelt es sich in der Logistik auf der einen Seite häufig um Steh-/Geharbeitsplätze, die nur selten durch Sitzmöglichkeiten Entlastung bringen; wie zum Beispiel beim Kommissionieren von Kleinteilen und Paketen. Andererseits sind umgekehrt Ar-

beitsplätze wie das Staplerfahren vorhanden, die als reine Sitzarbeitsplätze eingestuft werden können und umgekehrt wenig Belastungsausgleich in Form von Gehen und Stehen bieten.



*Abbildung 6: Typische körperliche Belastung in der operativen Logistik inkl. Farbkodierung (g = geringe Belastung, m = mittlere Belastung, h = hohe Belastung)*

Der Schaden, den neben den Mitarbeitern auch die Unternehmen aufgrund von zu hoher körperlicher Belastung tragen müssen, ist nicht wegzudiskutieren. Nach wie vor nimmt der Anteil an Arbeitsunfähigkeitstagen (AU-Tage) aufgrund von Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) den Hauptteil des Krankenstandes in den Industriebetrieben ein (BAuA 2007). Etwa ein Viertel der AU-Tage fallen auf die MSE, wobei unbestritten ist, dass das Handhaben von Lasten erheblichen Anteil am Krankheitsgeschehen hat. In der operativen Logistik tritt dieses Phänomen häufig zu Tage, da die Kommissionierung und das Verpacken von Waren immer noch stark von körperlicher Arbeit in Form der Lastenhandhabung geprägt sind.

Vor dem Hintergrund des demographischen Wandels beginnen die Unternehmen nach und nach zu realisieren, dass die mit zunehmendem Erwerbssalter tendenziell geringere körperliche Belastbarkeit der Mitarbeiter ein Problem darstellen kann, das für die nahe Zukunft zu lösen ist. Um jedoch adäquat mit technischen oder arbeitsorganisatorischen Maßnahmen reagieren zu können, ist die Belastungssituation der Mitarbeiter in den Betrieben oft intransparent. Zwar gibt es zahlreiche Arbeitsanalyseverfahren, obgleich werden die vorhandenen Methoden nicht konsequent eingesetzt. Zum einen liegt dies an der fehlenden Praktikabilität der Verfahren, die oft kein optimales Verhältnis zwischen Aufwand und Aussagekraft

bieten. Zum anderen sind die existierenden Screening-Verfahren meist auf die Bedürfnisse der Montage zugeschnitten (z. B. ABA-Tech, EWAS, APSA). Das heterogene Spektrum der handzuhabenden Lasten sowie die inhomogenen Abläufe in der Logistik erfordern eine Methodik, die einen Einsatz sowohl im laufenden Betrieb zur Reaktion auf Belastungsspitzen als auch in der Planung logistischer Systeme ermöglicht. Insbesondere Ersteres ist in Form einer fortlaufenden Belastungsermittlung sinnvoll, welche die bisherige Aussagekraft der Momentaufnahmen einer Arbeitsanalyse steigert und die üblicherweise durchzuführenden Beobachtungsinterviews obsolet macht. Die Personaleinsatzplanung kann dadurch neben der Kapazitätsplanung auch eine bessere Zuordnung von Fähigkeitsprofil der Mitarbeiter und Anforderungsprofil des Arbeitsplatzes realisieren.

### **3.1 Maximale Aussagekraft bei minimalem Aufwand – Die Leitmerkmalmethode**

Auf Basis der Erkenntnisse aus den in FitForAge durchgeführten Arbeitsanalysen in der Logistik fokussiert das Teilprojekt „Logistiksysteme und Organisation“ das Handhaben von Lasten als entscheidendes Kriterium hinsichtlich der auf den Logistiker wirkenden körperlichen Belastung. Die in der Praxis bereits weit verbreitete Leitmerkmalmethode (BAuA 2001) zur Analyse der objektiv vorhandenen Arbeitsbelastung beim Heben und Tragen von Lasten erlaubt genau die Bewertung dieses Aspektes. Für die Berechnung in ihrer Grundform

$$[\text{Lastwichtung (L)} + \text{Haltungswichtung (H)} + \text{Ausführungswichtung (A)}] * \text{Zeitwichtung (Z)} = \text{Risikowert (RW)}$$

hat der Analyst bei der Beobachtung des realen Arbeitsprozesses die vier Leitmerkmale (Last-, Haltungs-, Ausführungsbedingungs- und Zeitwichtung) zu charakterisieren. Entsprechend gilt es die typische Körperhaltung sowie die Ausführungsbedingungen (Greifbarkeit etc.) zu beurteilen und die umgesetzte Last als auch deren Anzahl an Hebevorgängen zu identifizieren. Den Leitmerkmalen sind anschließend Punktwerte nach den Vorgaben der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin zuzuordnen. Als Ergebnis der Methode berechnet der Analyst den Risikowert, der eine Einstufung der am Arbeitsplatz vorherrschenden Belastung ermöglicht (Abbildung 7). Während sich bei Montagearbeitsplätzen aufgrund des begrenzten Teilespektrums und Arbeitsbereiches meistens eine einfache Be-



wertung der Leitmerkmale durchführen lässt, ist eine eindeutige Zuordnung zum Beispiel in der Kommissionierung wegen der breiten Kombinationsmöglichkeiten zwischen eingennommener Haltung und umzusetzenden Lastgewicht nicht möglich.

| Risiko-bereich | Punktwert  | Beschreibung  |
|----------------|------------|---|
| 1              | <10        | Geringe Belastung, Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.          |
| 2              | 10 bis <25 | Erhöhte Belastung, eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich.      |
| 3              | 25 bis <50 | Wesentlich erhöhte Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist auch für normalbelastbare Personen möglich. |
| 4              | ≥50        | Hohe Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.   |

Abbildung 7: Interpretation des Gesamtrisikowerts nach der Leitmerkmalmethode (BAuA 2001)

### 3.2 Erweiterte Leitmerkmalmethode für die Arbeitsanalyse in der Logistik

Um den Anforderungen der operativen Logistik an eine Arbeitsanalyse gerecht zu werden, wurde die Leitmerkmalmethode für den Logistikeinsatz qualifiziert (Walch & Günthner 2009-2). Eine Inter- sowie Extrapolation der Zeit- und Lastwichtung (Abbildung 8) ermöglicht eine mathematische Formalisierung, die auch den oft sehr hohen Pickzahlen in der Kommissionierung Rechnung trägt.

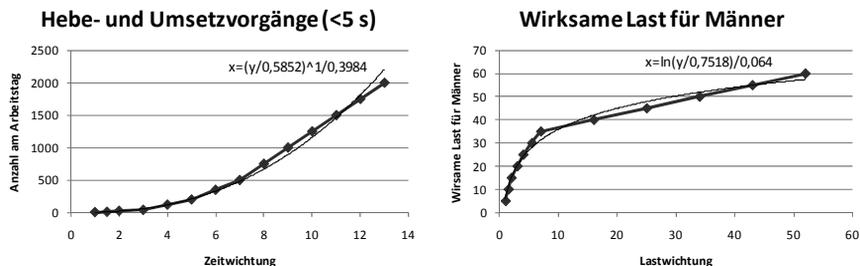


Abbildung 8: Inter- und Extrapolation der Zeit- und Lastwichtung für Männer (vgl. BAuA 2007)

Nach der Grundform der Leitmerkmalmethode ist das für die Tätigkeit repräsentative Lastgewicht zur Belastungsberechnung zu wählen. Dabei wird das Verfahren den Anforderungen der operativen Logistik insofern nicht gerecht, als dass sich eine zusammenfassende Bewertung von Teiltätigkeiten (z. B. das Heben leichter Lasten in stark gebeugter Haltung in Kombination mit dem Heben schwerer Lasten in aufrechter Haltung) problematisch gestaltet bzw. nicht möglich ist. Sich unterscheidende Lastwerte und/oder auftretende Körperhaltungen dürfen gemittelt bzw. bei starken Unterschieden die Teiltätigkeiten nur getrennt betrachtet werden.

Für die am Lehrstuhl fml eingesetzte Methodik lässt sich jeder Hub als eine eigene Tätigkeit betrachten, der durch das Gewicht der Greifeinheit, die eingenommene Körperhaltung und die jeweiligen Ausführungsbedingungen beschrieben ist. Genauer gesagt lässt sich die Charakteristik weiter auf die Teiltätigkeiten der Aufnahme sowie Abgabe der Waren herunter brechen, bei der sich typischerweise die Körperhaltung unterscheiden. Für jede Teiltätigkeit lässt sich nach der Grundformel der Leitmerkmalmethode der Einzelrisikowert berechnen.

$$(L + H + A) * Z = \text{Einzelrisikowert der Teiltätigkeit}$$

Da eine Aufsummierung der Einzelrisikowerte nicht zulässig ist, muss der Gesamtrisikowert über eine Normierung (NV) der Teiltätigkeiten erfolgen. Dies lässt sich insofern bewerkstelligen, als dass verschiedene Teiltätigkeiten den gleichen Einzelrisikowert ergeben. Jede Teiltätigkeit wird dabei auf einen Vorgang mit definierter Haltung, Last und Ausführungsbedingung normiert, sodass die Belastung des realen Umsetzungsvorgangs dem normierten Vorgang (NV) äquivalent ist.

Beispielsweise ergeben 200 Hübe einer Last von 10 kg in tiefer Beugung einen Risikowert von 27,5 Punkten. Dieser Einzelrisikowert wird bei aufrechter Haltung erst bei mehr als 1500 Hüben erreicht. Entsprechend ist für die Kombination der Teiltätigkeiten der Kommissionierung ein fiktiver Hebevorgang zu definieren, der sich zum Beispiel wie folgt darstellt:

- Lastgewicht von 15 kg für Männer;  $L = 2$
- Körperhaltung mit geringem Vorneigen;  $H = 2$
- Gute ergonomische Ausführungsbedingungen;  $A = 0$



$$1. (L + H + A) * Z = \text{Einzelrisikowert der Teiltätigkeit} = \\ = L (NV) + H (NV) + A (NV) * Z (NV)$$

Aufgelöst nach  $Z (NV)$  lässt sich die normierte Zeitwichtung für die Teiltätigkeiten auf Basis des Normvorgangs berechnen. Die normierte Zeitwichtung kann nach dem formellen Zusammenhang in Abbildung 8 in normierte Hubzahlen umgewandelt werden, die eine äquivalente Belastung der realen Teiltätigkeiten repräsentieren.

### 2. Zeitwichtung (NV) → Häufigkeit der normierten Umsetzungsvorgänge

Abschließend lassen sich die normierten Teiltätigkeiten (NV-Hübe) aufsummieren und der Gesamtrisikowert unter Einbezug der Wichtungen des Normvorgangs bestimmen. Die Summe der normierten Teiltätigkeiten entspricht dann dem Gesamtrisikowert, der die Belastung der heterogenen Teiltätigkeiten wie beispielsweise in einer Kommissionierung widerspiegelt.

### 3. $\Sigma$ normierte Teiltätigkeit (NV) → Gesamtrisikowert

Im letzten Schritt erfolgt die Interpretation des Gesamtrisikowerts, der eine Einschätzung der Beanspruchung des Mitarbeiters wiedergibt.

Mithilfe der Artikelstammdaten aus dem Warehouse Management System und einer systemtechnischen Anbindung der formellen Beschreibung der entstandenen Berechnungsmethodik für die Leitmerkalmethode (Abbildung 9) lassen sich zahlreiche Einsatzfälle in der Praxis erschließen.

## 3.3 Nachhaltige Ergonomie in der Logistik – von der Planung bis in den laufenden Betrieb

Mit der Berechnungsmethodik steht ein Ansatz zur Verfügung, Arbeitsanalyseverfahren nachhaltig in die operative Logistik zu implementieren. Bereits in der Planungsphase logistischer Systeme lässt sich in Kombination mit Prozessbeschreibungen wie zum Beispiel über MTM die Mitarbeiterbelastung vor der Realisierung

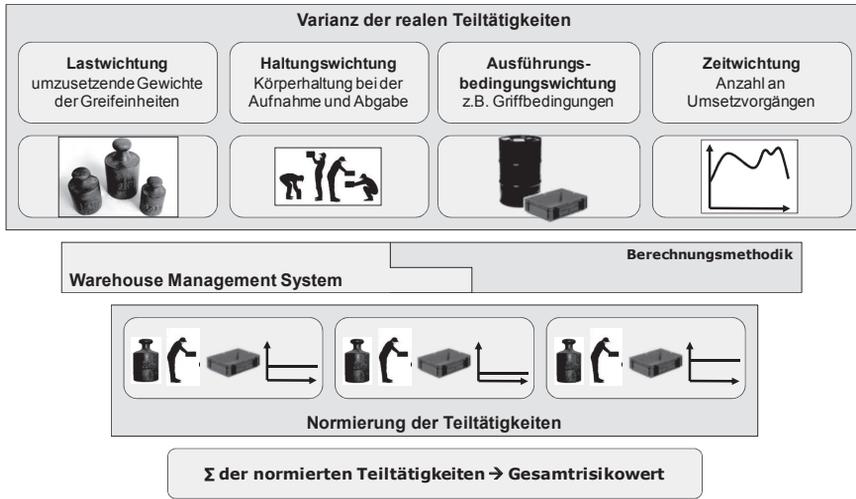


Abbildung 9: Berechnung der Leitmerkmalmethode über normierte Teiltätigkeiten

sierung von Kommissionierlagern und prozessen abschätzen (Walch et al. 2009). Der Planer erhält frühzeitig Transparenz über die spätere körperliche Belastung und kann die Kommissioniersystemgestaltung besser unter dem Aspekt der Ergonomie durchführen. Ist das Logistiksystem einmal in Betrieb sind meist nur noch schwer oder mit hohem Aufwand ergonomische Anforderungen integrier- bzw. wirtschaftlich realisierbar. Mit dem beschriebenen Ansatz wird damit zunächst der Präventivgedanke verfolgt, hohe körperliche Belastung zu vermeiden. Anschließend an die Systemrealisierung ist die Transparenz über die Belastungssituation der Mitarbeiter durch den realen Arbeitsprozess gefragt. Auftragsschwankungen, inhomogene Prozesse und große Variation an Haltungen und Lastgewichten in den als Tagesdosis vorkommenden Umsetzvorgängen erfordern eine stete Ermittlung, um auf Belastungsspitzen schnellstmöglich reagieren zu können. Während technische Hilfsmittel den Arbeitsprozess grundsätzlich erleichtern können, lässt sich hier durch arbeitsorganisatorische Maßnahmen nach dem Prinzip der Job Rotation für eine Belastungsverteilung über die Mitarbeiter sorgen.



### **3.3.1 Belastungsorientierte Job Rotation hinsichtlich des Hebens und Tragens von Lasten**

Mit der Einführung der fortlaufenden Belastungsermittlung steht dem Personaleinsatzplaner ein Werkzeug zur Verfügung, um die Arbeitsbelastung in der Kommissionierung adäquat zu verteilen. Zu jedem Pick, den der Kommissionierer macht, wird vom Warehouse Management System ein Risikowert nach dem Prinzip der Leitmerkmalmethode berechnet. Dieser setzt sich aus dem umgesetzten Gewicht und den Ausführungsbedingungen am Entnahme- sowie Abgabeort zusammen. Die typische Körperhaltung, die der Mitarbeiter beim Kommissionieren des jeweiligen Artikels einnimmt, definiert sich über Aufnahme- und Abgabehöhe des Lagerfachs bzw. seines Kommissionierwagens. Dem Lagerfach ist hierzu systemseitig die Körperhaltung zugeordnet. Durch den Auftragsforecast lässt sich die Endbelastung am Arbeitstag vorhersehen. Der Personaleinsatzplaner sieht beispielsweise, dass bei einem Mitarbeiter der für ihn festgesetzte Gesamtrisikowert überschritten wird. Als Optionen bieten sich nun mehrere Möglichkeiten, um einem Belastungsausgleich zu realisieren. Entweder lässt sich der Mitarbeiter in einen Kommissionierbereich niedriger Belastung zuteilen oder mit Aufträgen mit geringerem Lastgewicht, besserer ergonomischer Zugänglichkeit und geringerer Anzahl an Positionen versorgen. Zudem besteht die Möglichkeit den Mitarbeiter zeitweise mit einem Kollegen aus der Verpackung zu tauschen, da dort gegebenenfalls leichtere Tätigkeiten vorhanden sind. Sofern es die Qualifikation des Mitarbeiters zulässt, bietet sich oft eine Job Rotation mit einem Staplerfahrer an, da hier ein Ausgleich durch die Möglichkeit des Sitzens gegeben ist. Gleichzeitig reduziert der Stapler die Tagesdosis der ansonsten über die gesamte Arbeitszeit durch den Kommissionierer manuell zu manipulierenden Lasten. Langfristig gesehen kann dies ein Part zum Erhalt der Erwerbsfähigkeit der Mitarbeiter beitragen.

### **3.3.2 Belastungsvisualisierung im Pick-by-Vision**

Der Lehrstuhl fml hat zu Demonstrationszwecken die Berechnungsmethodik nach der Leitmerkmalmethode für die operative Logistik in das am Lehrstuhl entwickelte Pick-by-Vision (Reif & Günthner 2009) integriert (Abbildung 10). Während der Kommissionierung trägt der Mitarbeiter ein Head Mounted Display, welches ihm alle für die Kommissionierung erforderlichen Daten situativ zur Verfügung stellt. Dabei hat der Mitarbeiter beide Hände für die Kommissionierung frei. Zusätzlich zu den Auftragsdaten bekommt der Mitarbeiter seinen aktuellen Risikowert in Bezug auf die Belastung beim Handhaben von Lasten mitgeteilt. Die Darstellung lässt sich ebenso an jedem anderen Bildschirm visualisieren. Im Fall des Pick-by-Vision

legt nicht der Personaleinsatzplaner oder Meister die Job Rotation fest, sondern der Kommissionierer organisiert sich in Eigenverantwortung mit seinen Kollegen, wann ein Wechsel der Arbeit erforderlich ist.

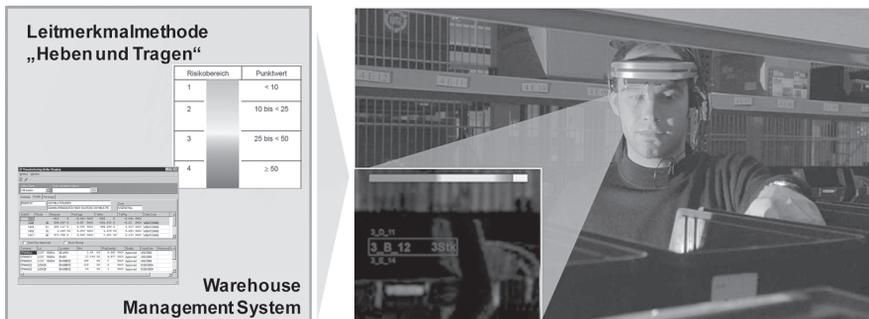


Abbildung 10: Beispiel einer fortlaufenden Belastungsermittlung und -visualisierung, integriert im Pick-by-Vision-System

### 3.3.3 Ergonomische Lagerfachbelegung zur Minimierung der körperlichen Belastung

In der Lagerplanung spielt die Auswahl der richtigen Lagerstrategie eine wichtige Rolle. Hierfür wird oft die Umschlagshäufigkeit der Artikel herangezogen und eine hinsichtlich der Zugriffshäufigkeit optimale Lagerfachbelegung durchgeführt, die die Kommissionierzeit minimieren. Ebenso ist eine dem Umsatz wertmäßige Verteilung der Waren gang und gäbe.

Eine neue Klassifizierung der Lagerartikel nach dem Gesichtspunkt der Ergonomie lässt sich durch die Berechnungsmethodik der erweiterten Leitmerkmalmethode realisieren. Ziel ist hierbei eine ergonomische Lagerfachbelegung zur Minimierung der körperlichen Belastung in Bezug auf die Tagesdosis an Hebevorgängen in der manuellen Kommissionierung (Abbildung 11). Als ergonomisch optimal gilt in diesem Fall eine Artikelanordnung in den Lagerfächern, die Voraussetzung dafür ist, dass der Gesamtrisikowert des Mitarbeiters am Arbeitstag so gering wie möglich ausfällt. Dies wird dadurch erreicht, dass Artikel mit hoher Zugriffshäufigkeit und hohem Gewicht in ergonomisch günstiger Position (gute Körperhaltung möglich) und Artikel mit geringerer Zugriffshäufigkeit und niederem Gewicht in ergonomisch weniger gut zugänglichen Lagerfächern untergebracht werden.

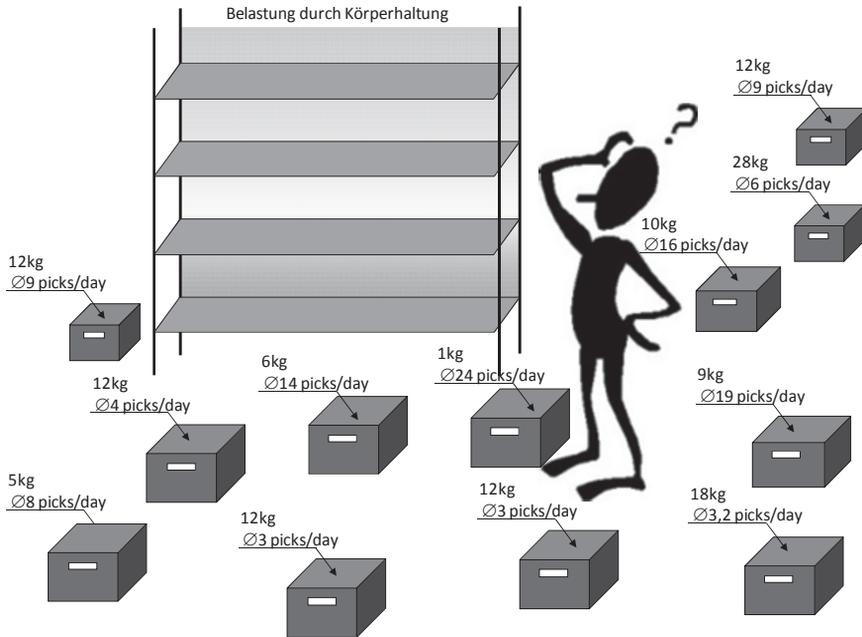


Abbildung 11: Optimierungsproblem in der Kommissionierung hinsichtlich einer ergonomischen Lagerfachbelegung

Das Optimierungsproblem lässt sich vereinfacht folgendermaßen formulieren, wobei die Minimierung des Gesamtrisikowertes einer Minimierung der normierten Umsetzungsvorgänge für die Lagereinheiten (LE) gleichkommt:

$$\min \sum_{i=1}^{\text{Anzahl LE}} \sum_{j=1}^{\text{Anzahl Haltungen}} \frac{1}{0,5852} \left( \frac{\text{Einzelrisikowert}_{i,j}}{4} \right)^{\frac{1}{0,3984}}$$

Prämisse für die ergonomische Lagerfachbelegung ist die Nebenbedingung, dass jede Lagereinheit einem zur Verfügung stehenden Lagerfach zugeordnet werden muss, da sonst eine Zuordnung allein in optimaler Entnahmehöhe bzw. aufrechter Körperhaltung erfolgt. Mit Vergangenheitsdaten an Zugriffshäufigkeiten, dem Artikelgewicht und den Ausführungsbedingungen beim Umsetzen der Lagereinheit

sind alle erforderlichen Daten bekannt, um das Optimierungsproblem mathematisch zu lösen. Als Resultat entsteht eine Lagerfachbelegung, die basierend auf Durchschnittswerten der Vergangenheit eine ergonomische Artikelverteilung auf die Lagerfächer zur Folge hat. Ein Optimum bezüglich der Auftragslast des Tages ist in dem Zusammenhang nicht erreicht, da hier Abweichungen gegenüber den Vergangenheitsdaten vorhanden sein können. Entsprechend ist diese Methodik insbesondere für Lagersysteme mit fester Lagerplatzzuordnung, relativ stabilen Zugriffshäufigkeiten und relativ konstanten Entnahmemengen pro Greifvorgang (konstante Last je Lagerort) geeignet.

### 3.3.4 Alternsgerechte Arbeitsorganisation

Mit der beschriebenen Berechnungsmethodik nach der Leitmerkmalmethode für das Heben von Lasten und dem im Pick-by-Vision dargestellten Beispiel einer fortlaufenden Belastungsermittlung und -visualisierung ist der erste Schritt zu einem Belastungsausgleich für stark durch das Handhaben von Lasten geprägten manuellen Tätigkeiten der Logistik getan. Nichtsdestotrotz gibt es zahlreiche weitere Faktoren der körperlichen aber auch psychischen Belastung, die Einfluss auf Ge-

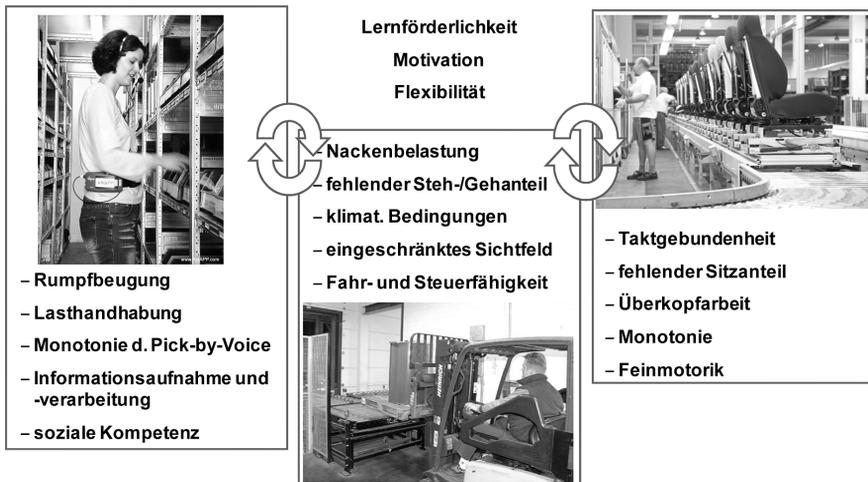


Abbildung 12: Job Rotation zur alternsgerechten Arbeitsorganisation  
(Bildmaterial von links nach rechts: KNAPP, BBS Materialflussgruppe, pbs)



sundheit, Produktivität und Arbeitsmotivation der Mitarbeiter haben. Unter dem Aspekt der Gestaltung einer altersgerechten Arbeitsorganisation sind die körperlichen Belastungen auf ein gesundes Maß zu beschränken, aber auch in einem gesunden Maß zu fordern, um die Fähigkeiten der Mitarbeiter zu erhalten. Gleiches gilt für kognitive sowie senso-motorische Funktionen die unter anderem Aspekte wie die Integration der Lernförderlichkeit des Arbeitsplatzes fordern.

Eine belastungsausgleichende Job-Rotation, die über das Handhaben von Lasten hinaus weitere Fähigkeiten und Kompetenzen der Mitarbeiter fordert und fördert (Abbildung 12), kann über den im Rahmen des Artikels liegenden Fokus zusätzlich zum langfristigen Erhalt der Erwerbs- und Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter beitragen. Hierfür sind vonseiten der Unternehmen die entsprechenden Voraussetzungen zu schaffen und beispielsweise die häufig vorzufindende klare Trennung zwischen logistischen und fertigungstechnischen Tätigkeiten aufgehoben werden.

#### **4 Fazit**

In den kommenden Jahren verschiebt sich die Altersstruktur in den Betrieben weiter zum höheren Erwerbsalter. Um von Beginn des Arbeitslebens an gesund altern zu können, bietet das hier vorgestellte Konzept einer altersgerechten Arbeitsorganisation auf Basis einer belastungsorientierten Job Rotation eine Möglichkeit zum Erhalt der Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter einen Beitrag zu leisten. Durch die Berechnungsmethodik steht ein praxisnahes Mittel zur Abschätzung der Belastung bezüglich der manuellen Tätigkeiten in der operativen Logistik zur Verfügung, die folgende Ziele verfolgt:

- die Akzeptanz und den konsequenten Einsatz von Arbeitsanalysen für die Belastungsermittlung der Belegschaft in den Unternehmen voranzutreiben
- die Transparenz über die Belastungssituation und -verläufe der Mitarbeiter durch technische Integration und Visualisierung zur Abschätzung einer langfristigen Schädigung der Mitarbeiter zu erhöhen
- zur Reduktion von typischen in der Logistik auftretenden Berufskrankheiten (wie MSE) und damit einhergehend der Verringerung von AU-Tagen und Vermeidung von langfristig gesundheitlichen Schädigungen durch eine menschengerechte Arbeitsgestaltung beizutragen

Langfristig soll unter dem Aspekt der sozialen Nachhaltigkeit die Leistungs- und Erwerbsfähigkeit der Logistiker bewahrt werden, sodass auch in Zukunft unabhängig von der Altersstruktur eine leistungsfähige Belegschaft zur Verfügung steht, die in Zeiten der Wertschöpfungsorientierung die an sie gestellten Anforderungen erfüllen kann.

### **Über die Autoren**

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Willibald A. Günthner ist Ordinarius des Lehrstuhls für Fördertechnik Materialfluss Logistik der Technischen Universität München sowie Leiter des Logistik-Innovations-Zentrums. Unter seiner Leitung ist u. a. die Studie „Change to Green – Handlungsfelder und Perspektiven für nachhaltige Logistik und Geschäftsprozesse“ erschienen, die sich kritisch mit der ökologischen Nachhaltigkeit auseinandersetzt.

Dennis Walch ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Lehrstuhls für Fördertechnik Materialfluss Logistik der Technischen Universität München. Seit Januar 2008 arbeitet er im Teilprojekt „Logistiksysteme und Organisation“ des Bayerischen Forschungsverbundes „Zukunftsorientierte Produkte und Dienstleistungen für die demographischen Herausforderungen“ (FitForAge).

Peter Tenerowicz ist seit Januar 2007 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik der Technischen Universität München. Dort ist er auf dem Forschungsgebiet „Wandelbare Materialflusssysteme“ tätig. Derzeit bearbeitet er das IGF-Forschungsprojekt „Algorithmen und Kommunikationssysteme für die Zellulare Fördertechnik“.



## Quellenverzeichnis

### BAuA 2001

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI): Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Heben und Tragen von Lasten. Schmergow: Druckhaus Schmergow, 2001.

### BAuA 2007

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA): Volkswirtschaftliche Kosten durch Arbeitsunfähigkeit 2007, 2007.

### Baltes 1987

Baltes, M. M.: Erfolgreiches Altern als Ausdruck von Verhaltenskompetenz und Umweltqualität. In: Niemitz, C. (Hrsg.): Der Mensch im Zusammenspiel von Anlage und Umwelt. Frankfurt/Main 1987, S. 353-377.

### BAuA 2007

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Extrapolation der Zeitwichtungen – Vorschlag für die Praxis. 3.4 Leitmerkmalmethode Heben, Halten, Tragen, 2007. Online: [http://www.autoerg.net/files/autoerg/LMM\\_HHT\\_2007.pdf](http://www.autoerg.net/files/autoerg/LMM_HHT_2007.pdf), letzter Aufruf 02.06.2010.

### Buck 2003

Buck, H.: Geistige Leistungsfähigkeit über die gesamte Erwerbsfähigkeit erhalten. Impulse, 38, 2, 2003.

### Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung 2009

Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung: Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland, 31.12.2008. Online: [http://www.bib-demografie.de/cln\\_099/nn\\_1645598/DE/DatenundBefunde/02/Abbildungen/a\\_\\_02\\_\\_07\\_\\_pyr\\_\\_d\\_\\_2008\\_\\_beschriftet.html](http://www.bib-demografie.de/cln_099/nn_1645598/DE/DatenundBefunde/02/Abbildungen/a__02__07__pyr__d__2008__beschriftet.html), letzter Aufruf 28.06.2010.

### IAB 2007

Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB): Materialsammlung Fachkräftebedarf der Wirtschaft, 2007.

## Günthner et al. 2009-1

Günthner, W. A.; Galka, S.; Tenerowicz, P.: Roadmap für eine nachhaltige Intralogistik. Tagungsband zur 14. Wissenschaftlichen Fachtagung „Sustainable Logistics“, 26./27. Februar 2009, Herausgeber: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, ISBN 978-3-930385-69-0, S. 205-219.

## Günthner et al. 2009-2

Günthner, W. A.; Seebauer, P.; Boppert, J.; Schneider, O.; Tenerowicz, P.: Change to Green – Handlungsfelder und Perspektiven für nachhaltige Logistik und Geschäftsprozesse. Gemeinschaftsstudie erschienen im HUSS-Verlag, München, 2009.

## Reif &amp; Günthner 2009

Reif, R.; Günthner, W. A.: Pick-by-Vision: Augmented Reality supported Order Picking. In: The Visual Computer – International Journal of Computer Graphics, Volume 25, Number 5-7, Mai 2009; S. 461-467.

## Schäfer et al. 2005

Schäfer, E.; Buch, M.; Pahls, I.; Pfitzmann, J.: Arbeitsleben! Arbeitsanalyse – Arbeitsgestaltung – Kompetenzentwicklung. kassel university press, 2007.

## Statistisches Bundesamt 2009

Statistisches Bundesamt: Bevölkerung Deutschlands bis 2060 – 12. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung, Wiesbaden, 2009.

## Steiner 1997

Steiner, W.: Personalentwicklung – Gedanken zu einem lebenslangen Prozess. In Kayser, F. & Uepping, H. (Hrsg.), Kompetenz der Erfahrung. Personalmanagement im Zeichen demographischen Wandels. Neuwied: Luchterhand, 1997.

## Walch &amp; Günthner 2009-1

Walch, D.; Günthner, W. A.: Erhalt der Erwerbsfähigkeit von Mitarbeitern in der physischen Logistik vor dem Hintergrund des demographischen Wandels. In: GfA (Hrsg.): Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert. Dortmund: GfA-Press, 2009, ISBN 978-3-936804-07-9.



Walch et al. 2009

Walch, D.; Galka, S.; Günthner, W. A.: Zwei auf einen Streich – Integrative Planung von Kommissionierprozessen durch die Kombination von MTM und der Leitmerkalmethode. In: Landau, K. (Hrsg.): Produktivität im Betrieb. Stuttgart: Ergonomia Verlag, 2009, ISBN 978-3-93509-15-5; S.249-253.

Walch & Günthner 2009-2

Walch, D.; Günthner, W. A.: Belastungsermittlung für Handhabungsprozesse in der Logistik – Ein Beitrag zur alternsgerechten Arbeitsgestaltung. In: Industrial Engineering – Fachzeitschrift des REFA-Verbandes, 62.Jahrgang, Ausgabe 3-2009, Darmstadt, ISSN 1866-2269; S. 30-33.