



Mittelstand-Digital  
**Zentrum  
Ruhr-OWL**



**LIGHT IT UP!  
INTEGRATIONSLEITFADEN  
VON PICK-BY-LIGHT FÜR  
DIE KOMMISSIONIERUNG**

STANDARDISIERTES VORGEHEN ZUR INTEGRATION VON E-PAPER-BASIERTEM  
PICK-BY-LIGHT IN EIN WAREHOUSE-MANAGEMENT-SYSTEM

Mittelstand-   
Digital

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung .....	1
2. »Das Picking Lab« - Technologie-Benchmarking, Transfer und Training für die Kommissionierung .....	2
2.1 Innovatives Test- und Trainingsumfeld für die Zukunft der Kommissionierung .....	3
2.2 Projektpartner des Picking Lab .....	4
3. Pick-by-Light als Digitalisierungspotenzial in der Kommissionierung .....	4
3.1 Operative Logistik ist noch manuell geprägt .....	5
3.2 Unterschiedliche Pick-by-Technologien stehen zur Auswahl ...	5
3.3 Technologieauswahl und -implementierung sind aufwendig ...	6
3.4 Anbindung von Pick-by-Light an ein WMS realisiert .....	7
3.5 Technikkompetenzen vereint .....	7
3.6 Integrationsstandard reduziert Digitalisierungshürden .....	8
4. Integrationslösung von Pick-by-Light in ein WMS .....	9
4.1 Anforderungen an Technologieeinsatz definieren .....	10
4.2 SOLL-Prozess designen .....	12
4.3 Anforderungen softwareseitig implementieren .....	15
4.4 Umsetzung testen .....	16
4.5 Mitarbeitende schulen .....	17
4.6 Integrationsstandard ermöglicht Technologieeinführung .....	18
5. Studie zur Kognitiven Ergonomie .....	18
5.1 Arbeitsziele effektiv, effizient und zufriedenstellend erreichen	19
5.2 Pick-by-Light auf dem Prüfstand .....	19
5.3 Technik schlägt Papier .....	20
6. Fazit .....	23
7. Weiterführende Literatur .....	24

# 1 EINLEITUNG

Die Digitalisierung von Material- und Informationsflussprozessen im Lager birgt enormes Potenzial, Prozesse, Leistung und Ergonomie zu verbessern. Die Pick-by-Light-Technologie (PbL) stellt dabei eine Möglichkeit dar, den manuellen Kommissionierprozess zu digitalisieren und die papierbasierte Pickliste abzulösen. Im Rahmen des Transferprojekts »Light it Up!«, gefördert durch das Mittelstand-Digital Zentrums Ruhr-OWL (MDZ), wurde eine E-Paper-basierte PbL-Technologie in ein Warehouse-Management-System (WMS) integriert und hinsichtlich der Kognitiven Ergonomie überprüft (s. Abbildung 1). An den Regalfächern installierte E-Paper-Displays bieten ein digitales Abbild sämtlicher Informationen im Kommissionierprozess. Die Kommunikation der digitalen Fachanzeigen erfolgt dabei mit einem WMS. Der erfolgreiche Praxiseinsatz setzt die Anbindung eines WMS an die E-Paper-Displays voraus, was aufgrund fehlender Integrationsstandards für Unternehmen eine Herausforderung darstellen kann.

Gemeinsam mit den Projektpartnern Logistics Reply und ekko GmbH implementierte das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML in dem Pilotprojekt »Light it Up!« die Technologie in der Forschungsinfrastruktur »Picking Lab« der Initiative »Leistungszentrum Logistik und IT« am Standort in Dortmund. Das Whitepaper stellt ein standardisiertes Vorgehen zur Integration wie auch die Ergebnisse einer Studie zur Kognitiven Ergonomie vor, um Unternehmen bei der Entscheidung für und der Implementierung von PbL zu unterstützen.

## AUTORINNEN:

Linda Maria Wings

Eva Mazur

Dr. Veronika Kretschmer



Abbildung 1:  
E-Paper-basiertes  
Pick-by-Light  
mit WMS-Anbin-  
dung im Picking  
Lab (Bildquelle:  
Fraunhofer IML)

## 2 »DAS PICKING LAB« - TECHNOLOGIEBENCHMARKING, TRANSFER UND TRAINING FÜR DIE KOMMISSIONIERUNG

Das Picking Lab ist ein Kommissionierlager in Miniaturform, das am Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML in Dortmund im Rahmen des »Leistungszentrum Logistik und IT«, eine Initiative der Fraunhofer-Gesellschaft, errichtet wurde (s. Abbildung 2). Die Forschungsinfrastruktur dient der Evaluierung verschiedener Kommissioniertechnologien und Logistik IT-Systemen mit Schwerpunkt

auf dem Person-zur-Ware-Kommissionierprinzip. Im Picking Lab werden unterschiedliche intralogistische Bereiche, wie E-Commerce, Kleinteilekommissionierung und Lastenhandhabung abgebildet. Das Lab liefert dabei Erkenntnisse zu Kennzahlen bzgl. Prozesse, Leistung und Ergonomie in der Kommissionierung.



Abbildung 2: Grafische Darstellung des Picking Lab am Fraunhofer IML in Dortmund (eigene Darstellung)

## 2.1 INNOVATIVES TEST- UND TRAININGSUMFELD FÜR DIE ZUKUNFT DER KOMMISSIONIERUNG

Im Picking Lab sind Fachbodenregale mit verschiedenen Kleinladungsträgern und anderen Regalbehältern (z. B. Sichtkästen) für praxisnahe Test- und Trainingsbedingungen im Bereich der Kommissionierung vorzufinden. Diese umfassen ein breites Artikelspektrum, von leichten Kleinteilen zu schweren Artikeln sowie sperrigen Gütern. E-Paper-basierte Displays dienen der Beschriftung der Regalfächer. Für die Simulation realitätsnaher Kommissionierszenarien kommen neben den klassischen papierbasierten Picklisten auch Scannerlösungen, Tablet-PCs und Geräte zur mobilen Datenerfassung (MDE) zum Einsatz. Das Picking Lab verfügt über ein cloudbasiertes WMS, an das die verschiedenen Kommissioniertechnologien angebunden sind. Forschungsschwerpunkt ist die Evaluierung der Zusammenarbeit von Mensch und Technik sowie die Analyse und Gestaltung arbeitsorganisatorischer Prozesse beim Kommissionieren.

Das Lab fungiert außerdem als eine Station im Intralogistik-Parcours des Exoskelett Lab – ein weiteres Forschungsprojekt der Initiative »Leistungszentrum Logistik und IT«. Im Picking Lab werden dazu passive und aktive Exoskelette auf den Prüfstand gestellt und herstellerunabhängig auf ihre Eignung für Tätigkeiten der Intralogistik miteinander verglichen.

Sowohl die Forschungs- als auch die Industriegemeinschaft profitiert von der Infrastruktur des Picking Lab. Hardware- und softwareherstellende Unternehmen können in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IML die Eignung ihrer Produkte und Services hinsichtlich der Prozessgestaltung, Leistung und Ergonomie testen und weiterentwickeln. Anwendende Unternehmen von Technik und Logistik IT haben die Möglichkeit, die verschiedenen Pick-by-Technologien und Logistik IT zu erproben und zu trainieren. Das Fraunhofer IML bietet ihnen die Möglichkeit, Potenzialworkshops vor Ort abzuhalten, Fragestellungen rund um Technik- und Logistik IT-Auswahl zu beantworten und sich mit entsprechender Hardware und Software für die Kommissionierung in realitätsnahen Testumgebungen vertraut zu machen. Darüber hinaus werden Schulungen und Trainings angeboten, um den Shopfloor-Mitarbeitenden und entscheidungstragenden Personen der Unternehmen Transparenz zu Vor- und Nachteilen verschiedener Pick-by-Technologien und Logistik IT-Systemen zu verschaffen sowie die Handhabung der Technik zu lernen oder ggf. zu verbessern. Diese Services ermöglichen den Unternehmen, ihre Kommissioniertechnologien und Logistik IT-Lösungen zu optimieren und den anwendenden Unternehmen ein besseres Verständnis für Funktionalitäten und den Nutzen zu vermitteln. Zudem bieten die Forschungsergebnisse eine Entscheidungsgrundlage bei der Auswahl geeigneter Hard- und Softwarelösungen für die Kommissionierung. Das Picking Lab ermöglicht eine ganzheitliche Betrachtung der Kommissionierung und verbindet die Erkenntnisse aus der Forschung mit der Praxiserfahrung der Industrie für die Weiterentwicklung und Optimierung von Kommissionierprozessen.

## 2.2 PROJEKTPARTNER DES PICKING LAB

Das Picking Lab ist dank der Zusammenarbeit und Kooperation mit technikanbietenden und technikanwendenden Unternehmen entstanden, darunter der WMS-Anbieter Logistics Reply, der WMS- und Pick-by-Voice-Anbieter proLogistik GmbH, der E-Paper- und PbL-Anbieter ekko GmbH, der Anbieter von Wearable Scanner Lösungen ProGlove, der Anbieter von Lager- und Betriebseinrichtungen BITO-Lagertechnik Bittmann GmbH und die MotionMiners GmbH, Anbieter der Motion-Mining®-Technologie zur KI-gestützten Erfassung und Auswertung von Aktivitäts- und Bewegungsdaten von Menschen in Logistikprozessen. Zudem besteht eine wertvolle Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen der TU Dortmund. Der Austausch und die Diskussion von Fachexpertise und Erfahrungen rund um die Kommissionierung werden gefördert und die Forschungserkenntnisse

in die Lehre eingebunden – zur Ausbildung von Logistikexpertinnen und -experten. Ein vorrangiges Ziel des Picking Lab ist es, in Zukunft weitere innovative Technologien und Logistik IT-Systeme anzubinden und einen Beitrag für die Logistikforschung des Fraunhofer IML zu leisten.

Im Projekt »Light it up!« wurde in einer Kooperation der beiden Unternehmen ekko GmbH und Logistics Reply die Anbindung einer PbL-Technologie an ein WMS umgesetzt und im Picking Lab implementiert sowie getestet. Die Kernkompetenzen beider Projektpartner sind synergetisch für die erfolgreiche Umsetzung des Projekts gebündelt worden. Die Partnerschaft zwischen der ekko GmbH und Logistics Reply führt zur Schaffung eines PbL-Integrationsstandards und Beispiel im Picking Lab.

## 3 PICK-BY-LIGHT ALS DIGITALISIERUNGSPOTENZIAL IN DER KOMMISSIONIERUNG

Anbietende als auch anwendende Unternehmen von Technologie- und Logistik IT-Lösungen stehen immer wieder vor der Herausforderung diese anforderungsgerecht auszuwählen und zu implementieren. Insbesondere die Anbindung an bereits eingesetzte Lösungen erfordert ein geplantes

Vorgehen, um die gewünschte Erhöhung der Prozesseffizienz und Mitarbeitendenzufriedenheit zu erzielen. Das Projekt »Light it up!« widmet sich der Entwicklung und Evaluation eines standardisierten Vorgehens zur Integration von E-Paper-basierten PbL-Systemen in ein WMS.

## 3.1 OPERATIVE LOGISTIK IST NOCH MANUELL GEPRÄGT

In der operativen Logistik werden intralogistische Prozesse, wie Verpacken, Kommissionieren oder Palettieren, häufig noch manuell ausgeführt. Vor allem KMU benötigen Unterstützung bei der Umsetzung von digitalen Innovationen; ein Blick auf die Kommissionierung zeigt, dass die Informationsdarstellung der Pick-Aufträge vorwiegend anhand von papierbasierten Picklisten (sog. Pick-by-Paper) erfolgt (s. Abbildung 3). Diese enthalten beispielsweise Informationen über den Artikelstandort und die zu kommissionierenden Mengen, häufig in unsortierter Reihenfolge; die Kenntnis des Lagerlayouts wird vorausgesetzt. Nachteile von Papierlisten sind dementsprechend kognitiver Mehraufwand

und eine hohe Fehleranfälligkeit bei der Gangsuche und Artikelentnahme, fehlende Transparenz hinsichtlich des Auftragsstatus und bei Mengenkorrekturen und ggf. eingeschränkte Bewegungsfreiheiten. Daraus folgt zudem die Notwendigkeit an mehrfachen Dateneingaben, nach Abarbeitung des Auftrags müssen die Informationen zum Beispiel in softwaregestützte Systeme übertragen werden. Diese Digitalisierungslücke gilt es zu schließen und Unternehmen zugänglich zu machen. Die Voraussetzungen sind gut, da bereits 80 % der Lagerstandorte in der DACH-Region ein WMS implementiert haben.

## 3.2 UNTERSCHIEDLICHE PICK-BY-TECHNOLOGIEN STEHEN ZUR AUSWAHL

Vor diesem Hintergrund und der zunehmenden Digitalisierung und Technisierung gibt es auf dem Markt unterschiedliche Technologien für die Kommissionierung, die die Pickliste im Lager ablösen sollen. Beschäftigte sollen zum einen bei ihrer Arbeit unterstützt werden und zum anderen sollen Prozesse an Effizienz gewinnen. Durch WMS-geleitete Tätigkeiten sollen Fehlerquoten reduziert, Effizienz und Produktivität von Prozessen sowie die Datentransparenz in der Lagerverwaltung und -optimierung erhöht werden. Die auf dem Markt befindlichen Pick-by-Technologien sprechen dabei verschiedene Sinneskanäle des Menschen an, um ihm die für seine Tätigkeit benötigten Informationen zur Verfügung zu stellen. Abbildung 3 fasst verschiedene Pick-by-Lösungen und deren Eigenschaften zur Unterstützung manueller Kom-

missionierprozesse zusammen. Zum einen wird der Einsatzbereich genannt. In der Kommissionierung wird zwischen zwei Settings unterschieden: Person-zu-Ware (PzW) und Ware-zu-Person (WzP). Bei einem PzW-Setting bewegt sich die Person zum Lagerplatz. Hierbei unterstützen Lösungen wie Pick-by-Paper, Pick-by-Scan, Pick-by-Mobile, Pick-by-Voice sowie Pick-by-Light. Wohingegen bei WzP-Settings die Person sich an einem stationären Arbeitsplatz befindet und die Artikel dorthin transportiert werden (Pick-by-Terminal). Pick-by-Vision ist für beide Settings anwendbar. Neben dem Einsatzbereich werden die Informationsdarstellung, Kommunikation mit den Anwendenden und der adressierte Sinneskanal je Pick-by-Lösung dargestellt.

# Pick-by-Technologien im Überblick

	<p><b>Pick-by-Paper</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Visuelle Informationsdarstellung auf papierbasierten Picklisten (PzW-Systeme)</li> <li>▪ Listen enthalten u.a. Lagerplatzinformationen und Kommissioniermengen</li> <li>▪ Keine Schnittstelle zum WMS</li> </ul>		<p><b>Pick-by-Light</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Visuelle Kommunikation über in Lagerregale integrierte Anzeigen, Lichtsignale und Buttons (PzW-Systeme)</li> <li>▪ Bei WMS-Anbindung erfolgt eine visuelle Informationsdarstellung z. B. über ein MDE-Gerät</li> </ul>
	<p><b>Pick-by-Scan</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Informationen auf papierbasierten Picklisten oder Barcodescanner mit Display (PzW-Systeme)</li> <li>▪ Bei WMS-Anbindung erfolgt eine visuelle Informationsdarstellung z. B. über ein MDE-Gerät</li> </ul>		<p><b>Pick-by-Mobile</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kommunikation mit Beschäftigten erfolgt über ein MDE-Gerät mit integriertem / kombiniertem Barcodescanner (PzW-Systeme)</li> <li>▪ Visuelle Informationsdarstellung z. B. über ein MDE-Gerät, Tablet oder Smartphone</li> </ul>
	<p><b>Pick-by-Terminal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kommunikation mit Beschäftigten erfolgt über ein fest installiertes Terminal (WzP-Systeme)</li> <li>▪ Visuelle Informationsdarstellung auf einem Bildschirm</li> </ul>		<p><b>Pick-by-Voice</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kommunikation erfolgt über ein Headset und Mikrofon oder eine Voicewear (PzW-Systeme)</li> <li>▪ Auditive Informationsdarstellung</li> </ul>
<p>PzW: Person-zu-Ware; WzP: Ware-zu-Person; MDE: Mobile Datenerfassung</p>			

Abbildung 3: Übersicht von Pick-by-Technologien für die Kommissionierung (Bildquelle: Fraunhofer IML)

## 3.3 TECHNOLOGIEAUSWAHL UND-IMPLEMENTIERUNG SIND AUFWENDIG

Gerade für KMU ist die Einführung von neuen Technologien mit hohem Zeit- und Kostenaufwand verbunden. Sofern das umfassende Technikangebot überblickt werden kann und eine kompetente Entscheidung getroffen wurde, ob die Technik zu den internen Prozessen und dem eingesetzten WMS passt, ergeben sich Investitionskosten aus

der initialen Beschaffung der Hard- und Software von Pick-by-Technologien, der Anbindung an das betriebsinterne WMS inklusive der unternehmensspezifischen Konfiguration sowie der technischen Schulung der Beschäftigten und der betriebsinternen Verantwortungstragenden.

## 3.4 ANBINDUNG VON PICK-BY-LIGHT AN EIN WMS REALISIERT

In dem Projekt »Light it Up!« liegt der Fokus auf dem beleglosen Kommissionierverfahren PbL, das den Pickprozess mit visuellen Signalen und einer haptischen Schnittstelle an den Entnahmefächern unterstützt (s. Abbildung 3). Die Kommunikation mit dem Mitarbeitenden erfolgt über Lichtsignale und Buttons, die in den Fachanzeigen integriert sind. In dem hier vorgestellten Projekt werden E-Paper-basierte Anzeigen verwendet. Vorteile von PbL für KMU liegen in der systemgestützten Mitarbeitendenführung, die freihändiges und sprachunabhängiges Arbeiten mit reduziertem Fehlerrisiko ermöglicht. Die PbL-Technologie ist mit verschiedenen digitalen Systemen, z. B. Scanner, kombi-

nierbar; die Aufträge sind durch mehrere Personen in einer Kommissionierzone bearbeitbar, da unterschiedliche Farbsignale zum Einsatz kommen können. Für einen effektiven Einsatz der PbL-Technologie ist eine Anbindung an das betriebsinterne WMS notwendig, sodass die Bestands-, Lagerplatz- und somit Auftragsinformationen korrekt und mit wenig Latenzzeiten verarbeitet werden können. Die Anbindung ist derzeit mit hohem Zeit- und Kostenaufwand verbunden, da noch kein Integrationsstandard für PbL existiert. Die Hürden einer solchen Technikintegration sind insbesondere für KMU sehr hoch.

## 3.5 TECHNIKKOMPETENZEN VEREINT

Im Projekt »Light it Up!« haben die drei Projektpartner ekko GmbH, Logistics Reply und das Fraunhofer IML ihre Kompetenzen gebündelt und Erfahrungswissen aus den Perspektiven der Forschung und Industrie eingebracht. Für die Projektumsetzung wurde die Infrastruktur des am Fraunhofer IML befindlichen Picking Lab genutzt, eine industriennahe Plattform und Zentrum für Technologietestung und -benchmarking, Transfer und Training von Kommissioniertechnologien. Im Lab waren vor Projektbeginn bereits Hardware und Software der beiden Projektpartner implementiert: E-Paper Displays sowie die dazugehörige Softwareplattform der ekko GmbH; die Software Plattform LEA Reply™ von Logistics Reply, die als WMS fungiert. Das WMS läuft bereits über die beiden Systeme das MDE-Gerät und Tablet (sog. Pick-by-Mobile, s. Abbildung 3). Im Projekt »Light it Up!« konnten beide Projektpartner ihren Kompetenz- und Geschäftsbereich um die Integration des E-Paper-basierten Pick-by-

Light-Systems dementsprechend erweitern. Die Zurverfügungstellung von PbL in der Test- und Trainingsinfrastruktur des Picking Lab ist nicht nur für die Industrie, sondern auch für die Forschung ein Gewinn.

Die ekko GmbH ist ein Unternehmen, das sich auf die Entwicklung und Implementierung innovativer Lösungen im Bereich der Intralogistik spezialisiert hat. Es bietet eine Vielzahl von technischen Lösungen für das Kommissionieren, darunter auch PbL-Systeme. Solche Technologien ermöglichen eine effiziente und präzise Kommissionierung, indem sie den Mitarbeitenden durch Lichtsignale den richtigen Lagerplatz anzeigen und ihn durch den Arbeitsprozess leiten. Die ekko GmbH übernimmt die Leitung der hard- und softwareseitigen Überführung der abgeleiteten Potenziale und Maßnahmen für die E-Paper-basierte PbL-Lösung. Das Unternehmen setzt die entwickelten Konzepte in praxisnahe und funktionale Hard- und Soft-

warelösungen um, die eine effiziente und genaue Kommissionierung unterstützen.

Logistics Reply ist ein Geschäftsbereich der Reply Gruppe, einem international tätigen IT-Dienstleistungsunternehmen. Ihr Schwerpunkt liegt auf Softwarelösungen, die Unternehmen dabei unterstützen, ihre logistischen Prozesse zu steuern und optimieren. Im Rahmen des Projekts »Light it Up!« stellen sie die "LEA WM Reply Software" zur Verfügung. Neben den Funktionen zur Lagerverwaltung bietet das System eine App speziell zur Prozessführung in der manuellen Kommissionierung, welche im Projekt über ein MDE-Gerät mit integriertem Scanner bedient wird. Diese Anwendung bietet den anwendenden Personen eine intuitive Benutzungsoberfläche und eine Vielzahl von Funktionen zur effizienten Aufgabendurchführung. Mit Hilfe der Software können logistische Abläufe optimiert

und beschleunigt werden, was zu einer Steigerung der Leistungsfähigkeit und der Gesamteffizienz in der Intralogistik führt. Im Projekt leitet Logistics Reply die softwareseitige Umsetzung im WMS. Mit ihrer Expertise in der WMS-Integration stellen sie sicher, dass die PbL-Lösung nahtlos in die Systeme integriert wird und optimal mit den vorhandenen Prozessen harmoniert.

Insgesamt tragen beide Projektpartner maßgeblich dazu bei, die Projektergebnisse in praxisnahe Lösungen zu überführen und sie bringen einen unmittelbaren Nutzen für die Unternehmen der Transfernehmer sowie für die gesamte Logistikbranche. Die enge Zusammenarbeit mit dem Projektteam führt dazu, dass die entwickelten Konzepte den tatsächlichen Anforderungen und Bedürfnissen der Industrie entsprechen und einen wirklichen Mehrwert bieten.

## 3.6 INTEGRATIONSSTANDARD REDUZIERT DIGITALISIERUNGSHÜRDEN

Auf Basis der im Picking Lab bereits bestehenden Kooperation der Projektpartner ekko GmbH, Logistics Reply und Fraunhofer IML wurde die hard- und softwareseitige Implementierung von PbL im Picking Lab umgesetzt. Erfahrungen aus dieser Pilotintegration werden in Form eines übertragbaren Vorgehens im Whitepaper beschrieben. Die Ableitung eines Vorgehens zur Integration der E-Paper-basierten PbL-Lösung in ein bestehendes WMS wie das LEA Reply™ adressiert sowohl

Unternehmen als Technologieanwendende wie auch - anbietende. Durch die Entwicklung eines praxisorientierten Integrationsstandards mit einer Beschreibung von Implementierungsschritten werden Hürden reduziert und Unternehmen befähigt PbL in ihre bestehenden Logistikprozesse zu integrieren. Mit dem Einsatz moderner Technologien wie E-Paper-Displays und die optimierte Nutzung von WMS können Unternehmen ihre Kommissionierprozesse mit höherem Wirkungsgrad gestalten.

# 4 INTEGRATIONSLÖSUNG VON PICK-BY-LIGHT IN EIN WMS

Die Integration neuer Technologien erfordert sowohl technische als auch organisatorische Maßnahmen, damit ein langfristiger Einsatz gelingt. Basierend auf den Projekterfahrungen von »Light it Up« empfiehlt sich für eine erfolgreiche Integration die Orientierung an fünf Schritten und ihren Leitfragen, zusammengefasst in Abbildung 4. Die

Gestaltung des Vorgehens zur Integration eines E-Paper-basierten PbL-Systems in ein WMS wird nachfolgend näher beschrieben. Beispiele aus dem Projekt geben einen praxisnahen Einblick. Es handelt sich um einen Integrationsstandard, der an die unternehmensspezifischen Gegebenheiten anzupassen ist.

## Vorgehen zur Integration von Pick-by-Light in ein WMS

<b>1 Anforderungen an Technologieeinsatz definieren</b>
Welche technischen, prozessualen und organisationalen Anforderungen an PbL existieren?
<b>2 SOLL-Prozess designen</b>
Wie soll der Kommissionierprozess unter Einsatz von PbL zukünftig gestaltet sein?
<b>3 Anforderungen softwareseitig implementieren</b>
Wie kann PbL in die IT-Systemlandschaft integriert werden?
<b>4 Umsetzung testen</b>
Wie kann das Testen einer neu implementierten Technologie strukturiert durchgeführt werden?
<b>5 Mitarbeitende schulen</b>
Wie können Anwendende informiert und mit der neuen Technologie nachhaltig vertraut gemacht werden?

Abbildung 4: Darstellung von fünf Schritten und Leitfragen zur Strukturierung einer PbL-Einführung im Unternehmen (eigene Darstellung)

## 4.1 ANFORDERUNGEN AN TECHNOLOGIEEINSATZ DEFINIEREN

Zu Beginn eines Implementierungsprojektes sollten die prozessualen und technischen Anforderungen sowie Rahmenbedingungen an die PbL-Lösung aus Sicht des anwendenden Unternehmens gemeinsam mit den anbietenden Unternehmen von E-Paper-Displays als auch WMS definiert werden. Dies strukturiert zum einen die technische

Implementierung und beugt zum anderen möglichen Risiken wie beispielsweise Zeitverzögerungen, fehlenden oder unnötigen Prozessschritten wie auch Akzeptanzproblemen in der Belegschaft vor. Die Diskussion kann anhand verschiedener Leitfragen gestaltet werden:

- ➔ In welchem Bereich soll die PbL-Lösung eingesetzt werden?
- ➔ Welche E-Paper-Displays sollen genutzt werden?
- ➔ Welche Funktionen der E-Paper-Displays sollen genutzt werden? (z. B. Anzeige von statischem oder dynamischen Text)
- ➔ Welche IT-Systeme sind im Einsatz?
- ➔ Welche Daten sind verfügbar? (z. B. Lagerplatz-, Artikel- und Auftragsinformationen)
- ➔ Welche Technologien sind im Einsatz? (z. B. MDE)
- ➔ Welche technischen Voraussetzungen sollen für eine Implementierung erfüllt sein?
- ➔ Welche Personen werden die PbL-Lösung nutzen?
- ➔ Welche Qualifikations- und Erfahrungsvoraussetzungen sind für die PbL-Durchführung notwendig? (z. B. Erfahrungen im Umgang mit einem WMS)

Mit Hilfe der Leitfragen können im ersten Schritt ein oder mehrere Szenarien des angestrebten Technologieeinsatzes skizziert werden und bilden die Basis für die detaillierte Prozessbeschreibung. Im Projekt »Light it Up!« wird der Kommissionierprozess durch die Steuerung eines WMS geführt. Die Kommunikation mit dem Mitarbeitenden erfolgt über Lichtsignale der E-Paper-basierten Fachanzeigen und einem MDE-Gerät. Die Kommissionierführung ist auf einem MDE-Gerät abgebil-

det, in dem ein Barcodescanner zur Quittierung integriert ist. Die WMS-Applikation für mobile Endgeräte leitet die anwendende Person schrittweise durch den Prozess. Die Applikation ist für die prozessspezifische Darstellung und Anwendung auf mobilen Endgeräten wie z. B. MDE-Geräte optimiert. Dies beinhaltet zum einen die Anpassung der Inhalte an die Displaygröße und zum anderen die reduzierte Informationsanzeige in Abhängigkeit vom Prozess. Mitarbeitende werden durch die

Anzeige von Handlungsanweisungen durch den Kommissionierprozess geleitet. Hierfür werden konkrete Angaben wie z. B. „Gehe zu Lagerplatz R4.2.5.A“ angezeigt. Als ergänzende Unterstützung und eigenständige Prüfung der Prozessausführung werden zusätzliche Informationen wie z. B. Artikelbezeichnungen abgebildet. Zudem erfordert die Prozesssteuerung der WMS-Applikation zum Abschluss eines Schrittes eine Quittierung durch einen Scan oder eine Eingabe (s. Abbildung 5). Dadurch wird Pickfehlern vorgebeugt und der Status eines Kommissionierauftrags ist im System einsehbar. Zudem optimiert die Software den Ablauf und bestimmt beispielsweise die kürzeste Wegstrecke,

die wiederum die optimale Reihenfolge, der zu kommissionierenden Artikel vorgibt. Durch die Anbindung der Softwareplattform der E-Paper-Displays an das WMS wird die Lichtsteuerung realisiert. Neben der Informationsanzeige auf dem MDE-Gerät unterstützt ergänzend ein Lichtsignal am E-Paper-Display, welches an jedem Lagerplatz angebracht ist. Dadurch können Suchaufwände sowie Pickfehler reduziert werden, was wiederum zu einer erhöhten Produktivität beiträgt. Bei umfangreichen Technologie- und IT-Einführungen ist die Erstellung eines Lastenhefts ratsam, in dem alle Anforderungen und Prozesse dokumentiert sind.

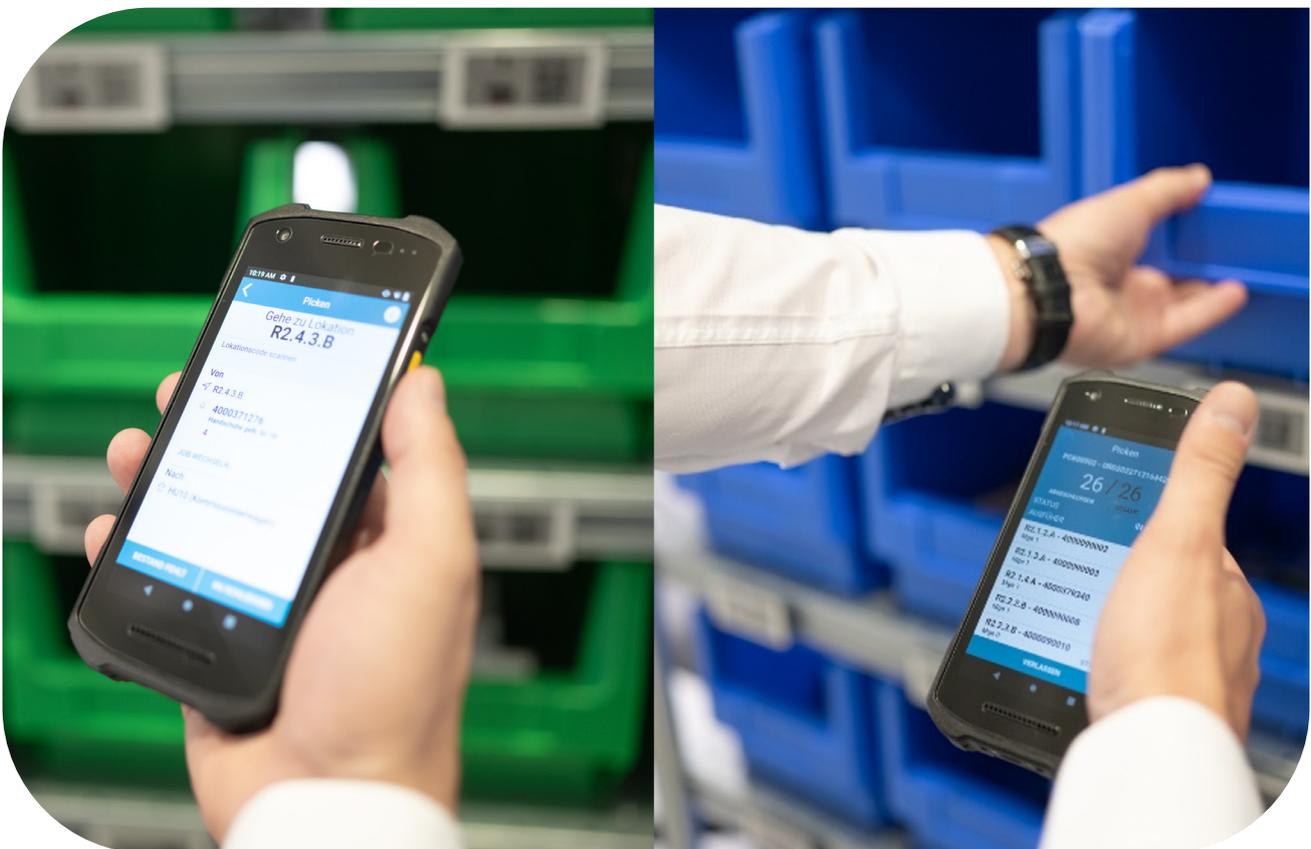


Abbildung 5: Pick-by-Light mit WMS-Kommissionierführung auf einem MDE-Gerät (Bildquelle: Fraunhofer IML)

## 4.2 SOLL-PROZESS DESIGNEN

Im Anschluss an die Definition der Anforderungen an den Technologieeinsatz folgt die Ausdetaillierung des Prozesses. Prozessdarstellungen bilden den Material- und Informationsfluss ab. Die PbL-Einführung bringt hauptsächlich Veränderungen des Informationsflusses mit sich, weshalb dort bei der Prozessaufnahme und dem Design des SOLL-Prozesses der Fokus liegen sollte. Zunächst sollte in einer IST-Prozessaufnahme beantwortet werden, wie der Kommissionierprozess aktuell abläuft. Hierfür eignet sich eine Prozessbegehung vor Ort und ein Austausch mit den operativen Mitarbeitenden. Ziel ist es, die tatsächlichen logistischen Abläufe von Auftragsstart bis -abschluss zu beobachten und zu dokumentieren. Besonders wichtig ist es

zu hinterfragen, woher die Person die Information über die Ausführung des nächsten Prozessschrittes erhält und wie die Ausführungen quittiert werden, da dies durch PbL verändert wird. Neben einer stichpunktartigen Dokumentation eignet sich eine visuelle Prozessdarstellung für die Ausdetaillierung der einzelnen Prozessschritte und zeigt Schnittstellen zwischen den Technologien als auch manuellen Tätigkeiten und Abhängigkeiten auf. Im Projekt wurde die Modellierungs- und Visualisierungsmethode BPMN (Business Process Modell and Notation) angewendet.

Für die Gestaltung des zukünftigen SOLL-Prozesses eignen sich folgende Leitfragen:

- ➔ Wann soll das Lichtsignal auf dem E-Paper Display erscheinen?
- ➔ Was ist der Auslöser für das Einschalten des Lichtsignals am E-Paper Display? (z. B. Scan der Artikelnummer auf der Pickliste, Anzeige der ersten Auftragsposition auf dem MDE)
- ➔ Was ist der Auslöser für das Ausschalten des Lichtsignals am E-Paper Display? (z. B. nach Quittierung der kommissionierten Menge über das MDE, nach einer definierten Zeit)
- ➔ Wie soll das Lichtsignal gestaltet sein? (z. B. Farbe, weitere Eigenschaften entsprechend der Herstellerhardware)
- ➔ Welche Sonderfälle sollten prozessual abgedeckt sein? (z. B. fehlenden oder fehlerhaften Bestand melden, Wiederaufnahme des Prozesses nach Verbindungsabbruch zum Server)
- ➔ PbL-Durchführung notwendig? (z. B. WMS-Erfahrungen)

So kann nachvollzogen werden, an welcher Stelle die Kommunikation zwischen den Entitäten wie dem WMS und den E-Paper-Displays stattfindet. Dies gibt Aufschluss darüber, welche technischen Umsetzungen z. B. softwareseitige Anpassungen zur Ansteuerung der E-Paper-Displays in Abhängigkeit von definierten Auslösern notwendig sind. Auslöser sind bedingt durch vorangegangene Quittierungen (z. B. Menge eingegeben) oder Zuständen (z. B. Auftrag gestartet) im WMS. Durch die Auswahl eines Kommissionierauftrags aus einer vom WMS generierten und auf dem MDE-Gerät angezeigten Pickliste startet der/die Mitarbeitende den Prozess. Nach dem Scan eines Behälters, sog. Handling Unit (HU), in welche die Artikel gelegt werden, erscheint das Lichtsignal an dem E-Paper-Display am Lagerplatz der ersten Auftragsposition. Das WMS informiert über die Lagerplatzbezeichnung und fordert die Person auf zum Lagerplatz zu gehen und den QR-Code auf dem E-Paper-Display zu scannen. Dadurch meldet die Person den angesteuerten Lagerplatz und das System prüft, ob es sich um den richtigen Standort handelt. Liegt ein Fehler vor, weist das WMS über eine textuelle Anzeige daraufhin. Ist der Lagerplatz korrekt, wechselt die WMS-Ansicht auf dem MDE-Gerät zu den Artikelinformationen und die Person wird als nächstes aufgefordert, die Artikelnummer per Scan zu quittieren. Dies dient ebenfalls zur Überprüfung

und Fehlervermeidung. Sofern die richtige Artikelnummer gescannt wurde, wird die zu entnehmende Menge vom WMS angezeigt. Die Person entnimmt die Anzahl, bestätigt sie manuell über einen Button auf dem MDE-Gerät. Mit Bestätigung der Menge erlischt auch das Lichtsignal an dem E-Paper Display und die nächste Auftragsposition wird vom WMS verarbeitet. Sobald die Lagerplatzinformation auf dem MDE-Gerät erscheint, beginnt die LED auf dem zugehörigen E-Paper-Display zu leuchten und der Teilprozess wiederholt sich, bis alle Auftragspositionen abgearbeitet sind. Abschließend aktualisiert das WMS den Bestand im System und die Person verbringt die Handlung Unit mit den kommissionierten Artikeln auf den vom WMS angezeigten Lagerplatz. Mit einem Scan des Ziellagerplatzes wird der Prozess beendet.

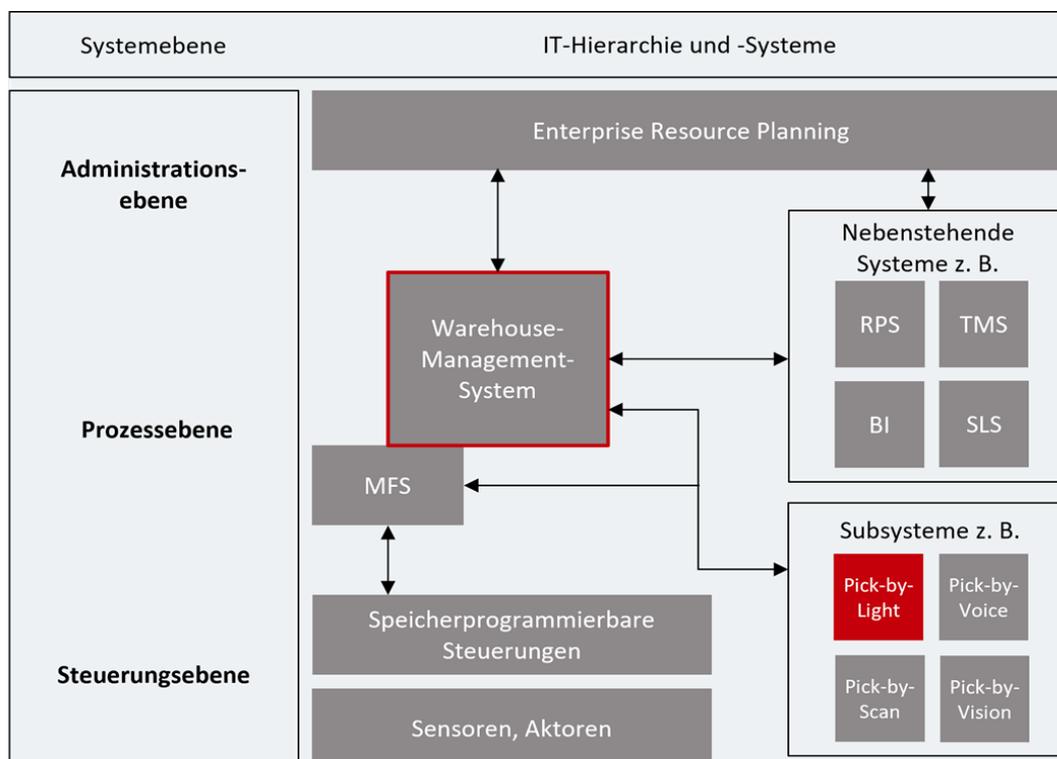
Die Erarbeitung von Anforderungen und des SOLL-Prozess Designs sind wichtige Maßnahmen, um Herausforderungen bereits in der Planungsphase zu identifizieren und darauf reagieren zu können. Sowohl die Definition der Anforderungen an den Technologieeinsatz als auch das Design des SOLL-Prozesses sollten in enger Abstimmung mit den anbietenden Unternehmen erarbeitet werden. Auch hier empfiehlt sich bei größeren Technologie- und IT-Einführungsprojekten eine Konkretisierung der Funktionalitäten und Abläufe in einem Pflichtenheft.



## 4.3 ANFORDERUNGEN SOFTWARESEITIG IMPLEMENTIEREN

Die Implementierung von PbL im Rahmen des Projektes »Light it Up« erfolgte im Picking Lab, dessen IT-Infrastruktur sich durch ein vorhandenes WMS inklusive der WMS-Applikation auf einem MDE- Gerät sowie der Softwareplattform der E-Paper-Displays auszeichnet. Abbildung 7 zeigt eine typische IT-Systemlandschaft an Lagerstandorten und die Einordnung des PbL-Systems in das Gesamtsystem. Beide gekennzeichneten Systeme sind im Picking Lab bereits autark voneinander im Einsatz und sind auf der Prozessebene angeordnet. Dies bedeutet, dass sowohl das WMS als auch die PbL-Lösung die prozessuale Steuerung, Optimie-

rung und Kontrolle übernehmen. Dabei ist das WMS für die Hauptsteuerung verantwortlich und kommuniziert mit PbL-Lösungen als Subsysteme zur Unterstützung manueller Handhabungen. Die Übernahme der Hauptsteuerung durch das WMS als bestandsführendes System ist insbesondere in der Kommissionierung wichtig, da bei Entnahme von Artikeln die Anzahl verändert wird. Doppelte Führung von Stamm- oder Bestandsdaten würde zu Abweichungen und Fehlbeständen führen, weshalb bei der Integration von PbL in das WMS auf eine direkte Kommunikation ohne Zwischenspeicherungen geachtet werden sollte.



BI: Business Intelligence; MFS: Materialflusssteuerung; RPS: Ressourcenplanungssystem; SLS: Staplerleitsystem; TMS: Transport Management System

Abbildung 7: Einordnung von Pick-by-Light in eine typische IT-Systemlandschaft (eigene Darstellung angelehnt an VDI Richtlinie 3601)

Unternehmen die softwareseitigen Schnittstellenbeschreibungen der beiden Systeme WMS und E-Paper-Displays aus und richten die Übermittlung notwendiger Daten ein. Welche Daten und zu welchem Zeitpunkt im Prozess relevant sind, kann den zuvor definierten Anforderungen und

dem SOLL-Prozess Design entnommen werden. Im Projekt wurden folgende Bedingungen zum Auslösen der Lichtsteuerung an E-Paper-Displays aus den Prozessbeschreibungen abgeleitet und im WMS umgesetzt:

- ➔ Für die erste Auftragsposition gilt: Starte das Lichtsignal am Lagerplatz der Auftragsposition, wenn eine Handlung Unit gescannt wurde.
- ➔ Für alle weiteren Auftragspositionen gilt: Starte das Lichtsignal am Lagerplatz der Auftragsposition, wenn das WMS Informationen zum Lagerplatz anzeigt.
- ➔ Für alle Auftragspositionen gilt: Schalte das Lichtsignal am Lagerplatz der Auftragsposition aus, wenn die entnommene Menge im WMS bestätigt wurde.

Während der Implementierungsphase ist es wichtig, fortlaufend die Umsetzung mit den Anforderungen abzugleichen aber auch parallel die Anforderungen kritisch zu hinterfragen. Die Durchführung von Testdurchläufen nach erfolgten

Implementierungsschritten zeigt, ob die Umsetzung von zuvor definierten Anforderungen praxistauglich ist und ob diese angepasst oder reduziert werden sollte.

## 4.4 UMSETZUNG TESTEN

Im Anschluss an die Implementierung folgt die Testphase, wobei die definierten Anforderungen und Funktionalitäten sowie Prozesse geprüft werden. Die Vorarbeit der Phasen zur Anforderungs- und Prozessdefinition dient als Grundlage für die Erstellung von Testszenarien, welche möglichst alle Standard- und Sonderfälle umfassen. Im Projekt

»Light it Up!« wurde der Prozess PbL mit MDE-Geräteeinsatz als Ziel- und Testszenario ausgewählt und im Picking Lab mit realen Bedingungen durchlaufen. Folgende Testszenarien wurden durch die Erstellung von Aufträgen mit unterschiedlichen Merkmalen geprüft (s. Tabelle 1).



Beschreibung Testszenario	Erwartetes Verhalten
Prüfung der Lichtsteuerung nach Auftragsstart	Erscheinen des Lichtsignals nach Scan der Handling Unit
Prüfung der Lichtsteuerung ab der zweiten Auftragsposition	Erscheinen des Lichtsignals mit Anzeige der Lagerplatzinformation auf dem mobilen Device
Prüfung der Lichtsteuerung nach Beenden einer Auftragsposition	Erlöschen des Lichtsignals nach Mengeneingabe oder -bestätigung
Prüfung der flächendeckenden Funktionalität	Erscheinen und Erlöschen des Lichtsignals bei E-Paper-Displays in allen acht Regalreihen gleich

Tabelle 1. Überprüfung von Testszenarien von Pick-by-Light im Picking Lab unter realen Bedingungen

Während der Testphase eignet sich ein Testdokument zur Verfolgung und Steuerung des Ablaufs. Dies beinhaltet die Testszenarien, deren Beschreibung und erwartetes Verhalten sowie die Testergebnisse mit Anmerkungen zu auftretenden

Fehlern. Bei umfangreichen Technologie- und IT-Einführungsprojekten empfiehlt sich Fehler in Fehlerklassen einzuordnen, um die anschließende Überarbeitung zu priorisieren.

## 4.5 MITARBEITENDE SCHULEN

Zum Abschluss einer Systemeinführung folgt die Schulung der Mitarbeitenden. Durch die Erläuterung des Prozesses und die Einweisung in die Handhabung der Hard- und Software werden die Mitarbeitenden befähigt, das neue System und die Technologie effektiv zu nutzen. Dabei werden ihnen die Funktionen des Systems vermittelt und offene Fragen adressiert, sodass sie in der Lage

sind, ihre Aufgaben unter Anwendung von PbL zu erfüllen. Die Schulung ermöglicht einen reibungslosen Übergang vom alten zum neuen Prozess. Das Informieren sowie der Austausch schaffen Akzeptanz und verringern Reaktanz gegenüber der Veränderung.

Bei Technologie- und IT-Einführungsprojekten in der Industrie ist ein ganzheitliches Change-

Management erfolgsentscheidend. Die Schulung von operativen Mitarbeitenden ist ein Teil dieses Konzepts. Darüber hinaus gilt es zudem, alle betroffenen Beschäftigten und Entscheidungsträger bereits während des Veränderungsprozesses partizipativ einzubeziehen, indem beispielsweise wahrgenommene Vor- und Nachteile des existierenden Prozesses diskutiert werden, um den SOLL-Prozess zu gestalten oder die Kommunikation zwischen Technik und Mitarbeitenden zu definieren. Zudem ist auch die Berücksichtigung der Erfahrungen

weiterer Stakeholder wie z. B. IT-ExpertInnen als Systemadministratoren oder der Fachkraft für Arbeitssicherheit maßgeblich für eine erfolgreiche Gestaltung des Wandels. Schlussendlich sollte nach Einführung eines neuen technischen Systems bzw. Arbeitsverfahrens eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt werden, um mögliche arbeitsbedingte Gesundheitsgefährdungen für die Beschäftigten systematisch zu ermitteln, zu bewerten und ggf. Maßnahmen des Arbeitsschutzes abzuleiten.

## 4.6 INTEGRATIONSSTANDARD ERMÖGLICHT TECHNOLOGIEEINFÜHRUNG

Die Integration eines E-Paper-basierten PbL-Systems in ein WMS ist ein möglicher Schritt zur Optimierung von Kommissionierprozessen. Durch die Verwendung dieser Technologie können Unternehmen ökonomische Ziele wie eine hohe Produktivität, Qualität als auch und Flexibilität in ihren intralogistischen Prozessen erreichen. Darüber hinaus trägt eine unterstützende Maßnahme wie PbL zu

einer ergonomischen Prozessgestaltung bei, was wiederum positive Auswirkungen auf die Mitarbeitendenzufriedenheit und -gesundheit haben kann. Der beschriebene Integrationsstandard am Beispiel des Picking Lab sollte bei Übertragung an die spezifischen Gegebenheiten und Anforderungen jedes Unternehmens angepasst werden, um die individuellen Mehrwerte voll auszuschöpfen.

## 5 STUDIE ZUR KOGNITIVEN ERGONOMIE

Die ergonomische Gestaltung von Arbeitssystemen gewinnt in der heutigen Zeit, insbesondere im Hinblick auf den Einsatz neuer Technologien, zunehmend an Bedeutung. Eine spezielle Teildisziplin der Ergonomie, die Kognitive Ergonomie, widmet sich dabei der Analyse und Bewertung

von menschlichen Informationsverarbeitungsprozessen bei der Zusammenarbeit von Mensch und Technik. Im Rahmen des Projekts »Light it Up!« wurde eine Laborstudie durchgeführt, um die Kognitive Ergonomie im Kontext des PbL-basierten Kommissionierprozesses zu untersuchen.

## 5.1 ARBEITSZIELE EFFEKTIV, EFFIZIENT UND ZUFRIEDENSTELLEND ERREICHEN

Die Kognitive Ergonomie bezieht sich auf das Design von Produkten, Systemen oder Arbeitsumgebungen, um sicherzustellen, dass sie die kognitiven Fähigkeiten und Bedürfnisse der Benutzer effektiv unterstützen. Sie befasst sich mit der Gestaltung von Schnittstellen, Interaktionen und Informationen, damit Benutzende Aufgaben effizient, fehlerfrei und ohne übermäßige mentale Anstrengung ausführen können. Sie berücksichtigt Faktoren wie Wahrnehmung, Gedächtnis, Aufmerksamkeit, Problemlösung, Entscheidungsfindung und Lernen.

Das Hauptziel besteht darin, die Benutzerfreundlichkeit (sogenannte Usability) zu maximieren, indem unnötige kognitive Belastungen minimiert werden. Dies kann durch die Vereinfachung von Abläufen, die klare Darstellung von Informationen, die Reduzierung von Ablenkungen und die Berücksichtigung der kognitiven Kapazität der Benutzenden erreicht werden. Beispiele für Kognitive Ergonomie im Projekt »Light it Up!« sind der Einsatz visueller Farb- und Lichtsignale an den Regalfächern, die die Kommissionierführung der Mitarbeitenden erleichtern sollen sowie die Gestaltung der Software-Benutzeroberfläche der eingesetzten E-Paper-Display und mobilen Devices.

Die Verwendung klarer Symbole und Anweisungen sollen den Mitarbeitenden bei der Navigation und Nutzung der Funktionen beim Kommissionieren helfen, ohne dass sie zu viel darüber nachdenken müssen.

Von hoher Bedeutung für das Projekt sind die Ergebnisse der Evaluationsstudie. Sie liefern Erkenntnisse darüber, wie die Gestaltung der Informationsdarstellung und des Dialogs zwischen Mensch und Technik im Kontext des PbL-Kommissionierprozesses die Arbeitsziele der Mitarbeitenden beeinflusst. Durch die Anwendung ergonomischer Prinzipien kann die Effizienz und Effektivität des gesamten Prozesses verbessert werden, was letztendlich zu einer gesteigerten Zufriedenheit der Mitarbeitenden und einer optimierten Kommissionierleistung führt. Die Berücksichtigung der Kognitiven Ergonomie in der Gestaltung des Kommissionierprozesses mit der PbL-Technologie ist ein wesentlicher Beitrag zur Weiterentwicklung der Logistikbranche. Sie trägt dazu bei, die Arbeitsbedingungen zu verbessern, die Mitarbeiterzufriedenheit zu steigern und letztendlich die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zu stärken.

## 5.2 PICK-BY-LIGHT AUF DEM PRÜFSTAND

Zur Bewertung der Kognitiven Ergonomie der eingesetzten E-Paper-basierten PbL-Technologie mit WMS-Steuerung via mobilem Device (MDE-Gerät) wurde diese mit der herkömmlichen papierbasierten Kommissionierliste verglichen. Die Arbeitsdauer je Kommissioniertechnik betrug jeweils 15 Minuten. Vorab erhielten alle Studienteilnehmenden eine Übungseinheit zur Handhabung der verschie-

denen Kommissionierlösungen sowie eine Einweisung in den Kommissionierprozess. Im Anschluss an beide Kommissionierbedingungen füllten die Studienteilnehmenden papierbasierte, validierte Fragebögen zu verschiedenen Fragestellungen der Kognitiven Ergonomie aus. Untersucht wurden bspw. die subjektiv wahrgenommene Arbeitsbelastung (sog. Workload) während des Kommissio-

nierens und die erlebte Schwierigkeit der Kommissionieraufgabe. Bewertet wurden außerdem die Benutzerfreundlichkeit (sog. Usability) und das subjektive Nutzererleben bzw. die Nutzererfahrung (sog. User Experience) während der Interaktion mit beiden Kommissioniermethoden (Pickliste versus PbL). Das Konzept der Usability beschreibt dabei das Ausmaß, in dem die jeweilige Kommissioniermethode durch die ProbandInnen effektiv, effizient

und zufriedenstellend genutzt werden kann (ISO 9241-11:2018-03).

Die Stichprobe umfasste insgesamt 11 ProbandInnen (6 weibliche und 5 männliche Personen) im Alter von 24 bis 40 Jahren (Durchschnittsalter: 29,3 Jahre), die sich aus Mitarbeitenden des Fraunhofer IML und Studierenden der TU Dortmund zusammensetzten.

## 5.3 TECHNIK SCHLÄGT PAPIER

### Pick-by-Light bietet kognitive Entlastung

Nahezu alle Studienteilnehmenden gaben der E-Paper-basierten PbL-Lösung gegenüber der Pickliste den Vorrang. Das Urteil spiegelt sich auch in dem Bewertungssystem mit Schulnoten wider:

Während die Pickliste im Durchschnitt mit „befriedigend“ bewertet wurde, erhielt die PbL-Lösung die Note „gut“. Die Verteilung der einzelnen vergebenen Schulnoten je nach Kommissionierbedingung ist in Abbildung 8 dargestellt.



Abbildung 8: Übersicht der individuellen Bewertung der beiden Kommissionierbedingungen „Pick-by-Paper“ und „Pick-by-Light“\* mit dem Schulnoten-System (Bildquellen: Fraunhofer IML, eigene Darstellung).

\*1 fehlender Wert

Die Ergebnisse verdeutlichen außerdem, dass sich die Studienteilnehmenden bei der Erledigung der Kommissionieraufgaben durch die technikbasierte Kommissionierführung unterstützt fühlten; die Kommissionieraufgabe als solche wurde unter Einsatz der Technik erheblich leichter empfunden als bei Verwendung der Pickliste. Ähnliche Ergebnisse zeichnen sich in der empfundenen Arbeitsbelastung ab. Diese ist in der Picklisten-Bedingung deutlich erhöht. Im Detail fallen die geistigen Anforderungen für den Anwendenden der Pickliste sehr hoch aus und die Studienteilnehmenden mussten sich gefühlt mehr anstrengen, um ihre Leistung zu erreichen. Das kann damit zusammenhängen, dass bei Verwendung einer Pickliste ein erhöhter kognitiver Aufwand von Nöten ist und dem Anwendenden häufiger Fehler unterlaufen (z. B. Artikelreihenfolge beibehalten, Artikel- und Lagerplatzinformationen merken, falschen Artikel oder falsche Anzahl an Artikel entnehmen). Bei der PbL-Lösung sind diese Dimensionen auf einem sehr guten Niveau, denn der Anwendende erhält über die Technologie zur richtigen Zeit die benötigten Informationen und eine visuelle Unterstützung für eine Fehlerkontrolle über das Display des MDE-Gerätes. Bezogen auf die körperlichen und zeitlichen Anforderungen sowie der selbsteingeschätzten Leistung und Frustration gibt es keine nennenswerten Unterschiede zwischen beiden Systemen oder Auffälligkeiten. Dies kann sich ändern, wenn die Arbeitszeit länger ausfallen würde. Im Durchschnitt scheint die E-Paper-basierte PbL-Technologie die Studienteilnehmenden nicht zu überlasten, sondern in einem optimalen Maß zu unterstützen.

### Pick-by-Light als Unterstützung für erfahrene Mitarbeitende

Mit Blick auf die Bewertung der Informationsdarstellung schneidet die PbL-Lösung zwar besser ab als die Pickliste, jedoch zeigt das Meinungsbild,

dass nicht alle erforderlichen Informationen zur Aufgabenerledigung geboten werden. Manche Personen scheinen sich durch die Technologie zudem fremdgesteuert zu fühlen, die Orientierung während des Kommissionierens geht aber nicht verloren. Diese Tendenz spiegelt sich auch in den Ergebnissen der Usability wider: mit 78,5 % ist die Usability der PbL-Technologie als „gut“ einzustufen und schneidet damit besser ab als die Usability der Pickliste mit 65,5 %, was einer Bewertung mit „okay“ entspricht. Die subjektiven Einschätzungen der Benutzerfreundlichkeit variierten bei PbL von „schlechte Anwendung“ (Min = 30,0) bis „beste vorstellbare Anwendung“ (Max = 100,0). Die Usability der digitalen Technik liegt damit in dem Teilnehmendenkreis von wissenschaftlichen Mitarbeitenden auf einem akzeptablen Niveau, ist jedoch noch zu optimieren, was sich auch in den Ergebnissen der Informationsdarstellung zeigt. Es ist denkbar, dass während der Studiendurchführung aufgetretene technische Probleme die Bewertung der erlebten Benutzerfreundlichkeit beeinträchtigt haben. Das geht mit dem Ergebnis einher, dass die Einschätzung der Zuverlässigkeit der PbL-Technologie zwischen den Studienteilnehmenden stark schwankte.

Die Ergebnisse deuten insgesamt darauf hin, dass die PbL-Technologie bzgl. der Handhabung und des Umgangs eine gewisse Einarbeitungs- und Gewöhnungszeit bedarf sowie auch eine Grundkenntnis bzgl. des Kommissionierprozesses und der -umgebung. Sie scheint eher für erfahrene Mitarbeitende mit Vorkenntnissen geeignet zu sein, was es zu überprüfen gilt. Generell, steht und fällt die Akzeptanz und erlebte Usability von Technik mit der erlebten Funktionsfähigkeit.

### Pick-by-Light unterstützt aufgabenbezogen

Die Ergebnisse zur User Experience von E-Paper-basiertem PbL fallen insgesamt positiv aus (s.

Abbildung 9). Die Attraktivität der PbL-Technologie wird als überdurchschnittlich gut bewertet. Die Studienteilnehmenden empfanden das Kommissionieren mit PbL weitestgehend als angenehm und erfreulich. Noch besser schneidet die sogenannte Benutzungsqualität ab, die die aufgabenbezogenen Aspekte einer Technologie, wie Durchschaubarkeit (z. B. verständlich, leicht zu lernen), Effizienz (z. B. pragmatisch, schnell) und Steuerbarkeit (z. B. erwartungskonform, unterstützend), beschreibt. Während die Durchschaubarkeit auf einem exzel-

lenten und die Effizienz auf einem guten Niveau liegen, schneidet die Steuerbarkeit als überdurchschnittlich gut ab. Die Designqualität ist nicht aufgabenbezogen und setzt sich aus den Dimensionen Stimulation (z. B. interessant, aktivierend) und Originalität (z. B. innovativ, neuartig) zusammen. Das subjektive Nutzererleben bzgl. der Stimulation ist noch verbesserungswürdig, während die wahrgenommene Originalität der PbL-Technologie als überdurchschnittlich gut empfunden wird.

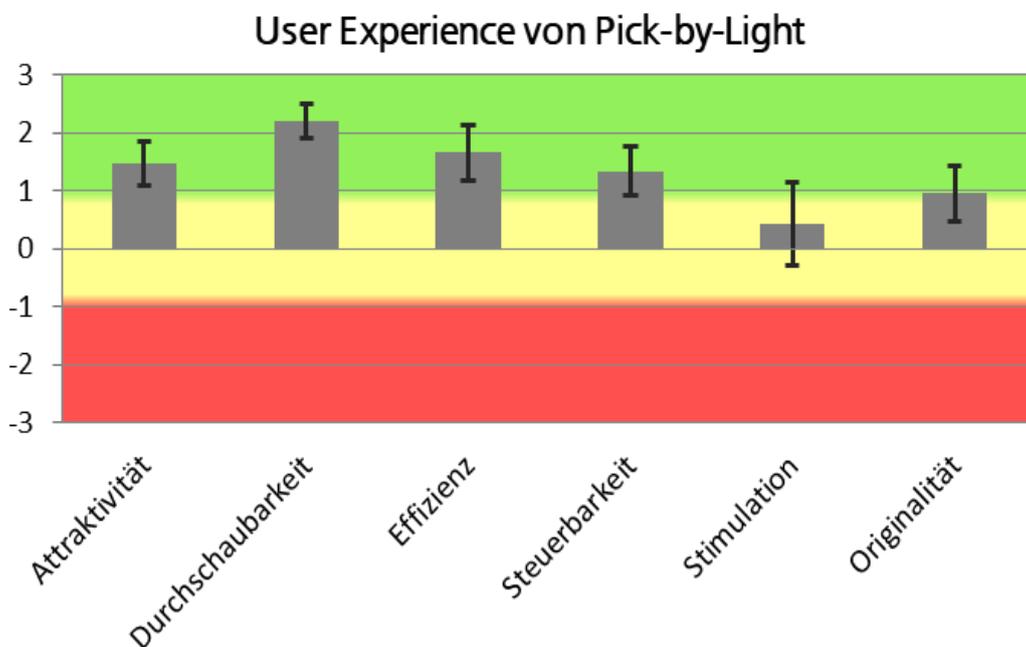


Abbildung 9: Ergebnisse der Bewertung der User Experience der E-Paper-basierten Pick-by-Light-Technologie (eigene Darstellung)

## 6 FAZIT

Ziel des Projektes »Light it Up!« war die Entwicklung eines standardisierten Vorgehens zur Integration von E-Paper-basiertem PbL in ein WMS. Hierfür wurde die PbL-Lösung in die am Fraunhofer IML befindliche Forschungsinfrastruktur Picking Lab implementiert und dort im Rahmen einer Studie zur Kognitiven Ergonomie evaluiert.

Basierend auf bisherigen Projekterfahrungen und der bereits bestehenden Kooperation mit den beiden Partnern ekko GmbH und Logistics Reply wurde ein Standardvorgehen zur Integration von PbL in ein WMS abgeleitet und eine Vorgehensbeschreibung bestehend aus fünf Schritten entwickelt. Dabei zeigt sich, dass die im ersten Schritt erarbeiteten prozessualen und technischen Anforderungen einen wichtigen Grundstein für den Implementierungsverlauf bilden. Anschließende Tätigkeiten wie die Gestaltung des SOLL-Prozesses und die softwareseitige Implementierung orientieren sich fortlaufend an den definierten Anforderungen. Letzteres geht einher mit der Testung von implementierten Funktionalitäten, um das erwartete Verhalten von Technologie und Software mit dem tatsächlichen Verhalten zu vergleichen. Dabei ist es ratsam den gesamten Prozess zu durchlaufen, um das Zusammenspiel von bestehenden und neuen Funktionalitäten zu erfahren und Abweichungen zu identifizieren. Mit der Schulung von Mitarbeitenden und der partizipativen Gestaltung der Technologieeinführung kann die Mitarbeiten-

denzufriedenheit und Akzeptanz bezüglich des Technologieeinsatzes gestärkt und die Einführung erfolgreich abgeschlossen werden.

Die anschließende Studie zur Evaluation der Kognitiven Ergonomie des implementierten PbL-Prozesses fokussierte wissenschaftliche Kenngrößen zur Informationsdarstellung und der Zusammenarbeit zwischen Mensch und Technik. Die Ergebnisse zeigen, dass die PbL-Lösung das Potenzial hat, Kommissionierenden eine Unterstützung zu bieten und kognitiv zu entlasten. Optimierungsbedarfe ergeben sich hinsichtlich der Informationsdarstellung. Tendenziell wird die PbL-Technologie als hilfreich eingestuft, doch um die Darstellung weiter zu verbessern, ist eine Anpassung der angezeigten Informationen sinnvoll. Da zu vermuten ist, dass die Handhabung durch eine Einarbeitungs- und Gewöhnungszeit erleichtert wird, heben die Studienergebnisse die Wichtigkeit einer Mitarbeiterschulung nochmals hervor. Neben einer hohen Attraktivität sticht die Benutzungsqualität als Merkmale der User Experience hervor; PbL wird außerdem als originell eingestuft.

Die Projektergebnisse unterstützen Unternehmen bei der Entscheidung für PbL-Systeme wie auch bei der Integration von E-Paper-basierten PbL in ein WMS, wobei die Adaption der Entscheidungskriterien wie auch das Integrationsvorgehen an die unternehmensspezifischen Gegebenheiten angepasst werden sollte.

## 7 WEITERFÜHRENDE LITERATUR

- Adler, M., Herrmann, H.-J., Koldehoff, M., Meuser, V., Scheuer, S., Müller-Arnecke, H., Windel, A., Bleyer T. (2010). *Ergonomiekompandium – Anwendung Ergonomischer Regeln und Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten* (1. Auflage). Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
- Brooke, J. (1996). SUS: A quick and dirty usability scale. In: P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland (Hrsg.), *Usability Evaluation in Industry*. Taylor and Francis
- DIN e.V. (Hrsg.) (DIN EN ISO 9241-11:2018-11, 2018): *Deutsche Fassung EN ISO 9241-11:2018, Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte*, Berlin: Beuth-Verlag. <https://dx.doi.org/10.31030/2757945>
- Dietze, G., Fohrmann, T., Krämer, B., Schmeltzpfenning, K., Napierala, M., Grünwald, N., Ljucovic Mirko, Riera Perelló, J., von Preetzmann, T., Wings, L. M. (2020) *Leitfaden für erfolgreiche Softwaretests in der Intralogistik*, Dortmund: Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML
- Grier, R. A. (2015). How high is high? A Meta-Analysis of NASA-TLX global workload scores. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 59th Annual Meeting*, 1727-1731. <https://doi.org/10.1177/1541931215591373>
- Isfort, L., Schmeltzpfenning, K., Spee, D. (2024). *Prozessoptimierung in der Intralogistik. Methoden, Software und KI sinnvoll einsetzen*. Huss-Verlag
- Kittelmann, M., Adolph, L., Michel, A., Packroff, R., Schütte, M., Sommer, S. (Hrsg.) (2023). *Handbuch Gefährdungsbeurteilung*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. DOI: 10.21934/baua:fachbuch20230531. Zugegriffen am 02.05.2024. Verfügbar unter: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publicationen/Fachbuecher/Gefaehrdungsbeurteilung>
- Klumpp, M., Hanke, T., Hompel, M. T., & Noche, B. (2022). *Ergonomie in der Intralogistik: Technische Innovationen, Umsetzungshürden und Praxisbeispiele*. Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-37547-8>
- Kretschmer, V., Spee, D. (2018). *Kognitive Ergonomie. Der Mensch - eingebunden in die Logistik 4.0*. München: Huss-Verlag
- Kretschmer, V., Wings, L., Kinne, S. (2023). *Das Picking Lab – Technologie, Transfer und Training für die Kommissionierung*. 69. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) 2022 „Nachhaltig Arbeiten und Lernen - Analyse und Gestaltung lernförderlicher und nachhaltiger Arbeitssysteme und Arbeits- und Lernprozesse“, 1.-3. März 2023, Dortmund: GfA-Press
- Laugwitz, B., Held, T., Schrepp, M. (2008). *Construction and Evaluation of a User Experience Questionnaire*. In: Holzinger, A. (eds) *HCI and Usability for Education and Work. USAB 2008. Lecture Notes in Computer Science*, vol 5298. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-89350-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-540-89350-9_6)
- VDI-Richtlinie 3601 (2015). *Warehouse Management Systeme*, Berlin: Beuth-Verlag

# ANSPRECHPARTNERINNEN AUF EINEN BLICK



Ihre erste Ansprechpartnerin der Geschäftsstelle  
und für Servicebausteine allgemein

Karina Kampert

0231 70096453

E-Mail: [karina.kampert@digitalhub.eu](mailto:karina.kampert@digitalhub.eu)

Leiterin des Zentrums

Dr.-Ing. Anke Ebrecht

0231 9743686

E-Mail: [anke.ebrecht@iml.fraunhofer.de](mailto:anke.ebrecht@iml.fraunhofer.de)



Leitung Picking Lab und Ansprechpartnerin für Ergonomie

Dr. Veronika Kretschmer

0231 9743289

E-Mail: [veronika.kretschmer@iml.fraunhofer.de](mailto:veronika.kretschmer@iml.fraunhofer.de)

Ansprechpartnerin für Logistik IT

Linda Wings

0231 9743525

E-Mail: [linda.wings@iml.fraunhofer.de](mailto:linda.wings@iml.fraunhofer.de)



# IMPRESSUM

## Kontakt

Mittelstand-Digital Zentrum Ruhr-OWL

-Geschäftsstelle-

Emil-Figge-Str. 80

44227 Dortmund

Tel.: 0231 70096453

E-Mail: [info@mittelstand-digital-ruhr-owl.de](mailto:info@mittelstand-digital-ruhr-owl.de)

[www.mittelstand-digital-ruhr-owl.de](http://www.mittelstand-digital-ruhr-owl.de)

Das Mittelstand-Digital Zentrum Ruhr-OWL ist Teil der Förderinitiative „Mittelstand-Digital“, die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert wird.

## Impressum

Herausgeber:

Digital Hub Management GmbH

Emil-Figge-Str. 80

44227 Dortmund

Redaktion:

Karina Kampert

Gestaltung: Karina Kampert

Bildnachweis Titel: ©Fraunhofer IML

© Mittelstand-Digital Zentrum Ruhr-OWL

Das Mittelstand-Digital Zentrum Ruhr-OWL gehört zu Mittelstand-Digital. Mit dem Mittelstand-Digital Netzwerk unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz die Digitalisierung in kleinen und mittleren Unternehmen und dem Handwerk.

Das Mittelstand-Digital Netzwerk bietet mit den Mittelstand-Digital Zentren, der Initiative IT-Sicherheit in der Wirtschaft und Digital Jetzt umfassende Unterstützung bei der Digitalisierung. Kleine und mittlere Unternehmen profitieren von konkreten Praxisbeispielen und passgenauen, anbieterneutralen Angeboten zur Qualifikation und IT-Sicherheit. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz ermöglicht die kostenfreie Nutzung und stellt finanzielle Zuschüsse bereit.

Weitere Informationen finden Sie unter [www.mittelstand-digital.de](http://www.mittelstand-digital.de).

---

## Danksagung:

Vielen Dank an die KollegInnen Luisa Elke, Aleyna Erdogan und Marvin Sharma vom Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML für die Unterstützung bei der Studiendurchführung.

Mittelstand-  
Digital



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages