

Eignungsbeurteilung eines Augmented Reality basierten Kommissioniersystems für den Einsatz in der Lagerlogistik des Lebensmitteleinzelhandels

Appraisal of aptitude of an augmented reality based picking system for use in the warehouse logistics of the food retail sector

Dominic Loske
Boris Kaspar

Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement (ild)
FOM Hochschule, Essen, Deutschland

Eine benutzeroptimale Informationsbereitstellung für Kommissionierer mittels Datenbrille ist in der aktuellen Forschungsdiskussion sowie auf Fachmessen und Konferenzen vielfach diskutiert. Ob ein Augmented Reality basiertes Kommissioniersystem für den Einsatz in der Praxis der LEH-Logistik geeignet ist untersucht dieser Beitrag mittels Nutzwertanalyse. Der 1:1 Vergleich zwischen Pick-by-Voice und Pick-by-Vision ergibt einen höheren Nutzen des Kommissioniersystems Pick-by-Vision.

[Schlüsselwörter: Kommissioniersystem, Augmented Reality, Lagerlogistik, Lebensmitteleinzelhandel]

A user-optimized information provision for order pickers systems using smart glasses is often discussed in the current research discussion as well as at exhibitions and conferences. Whether an augmented reality-based order picking system is suitable for use in the field of food retail logistics is examined by an utility analysis. The 1:1 comparison between Pick-by-Voice and Pick-by-Vision shows a higher benefit of Pick-by-Vision picking system.

[Keywords: Order picking system, augmented reality, warehouse logistics, food retailing]

1 EINLEITUNG

Unternehmen des Lebensmitteleinzelhandels (LEH) sind einem zunehmenden Wettbewerbsdruck ausgesetzt: steigende Konsumentenbedürfnisse sowie eine weiter fortschreitende Marktkonsolidierung, erfordern Anstrengungen, die über eine reine Differenzierung durch Preise und Sortimente hinausgehen [Ste14]. So gilt es, die eigene Marktposition mittels Kostenvorteilen, erhöhter Flächenrentabilität und gesteigertem Bereitstellungsservice zu stärken. Dabei gewinnen logistische Fragestellungen an

Bedeutung und Kunden erwarten eine dauerhaft hohe Regalverfügbarkeit [Hof09]. Trotz hoher Investitionen in die Infrastruktur gelingt es den Händlern nicht immer, die richtige Ware dann im Regal verfügbar zu haben, wenn der Kunde zugreifen möchte [EHI16]. Diese Regallücken, auch Out-of-Stock (OoS) genannt, verursachen Umsatzverluste für Hersteller und Handel in Milliardenhöhe und entstehen überwiegend auf Filialebene [GC02]. Dort sieht man sich angesichts des Kostendrucks und schrumpfender Personalbudgets nicht in der Lage den oft personalintensiven Prüf- und Nachfüllprozess über das erreichte Niveau hinaus zu steigern. Vielmehr wird die Anforderung auf die vorgelagerten Bereiche übertragen und ein deutlicher Beitrag zur Reduzierung von OoS von der Lagerlogistik erwartet [Oli15].

Die Forderung einer fehlerfreien Kommissionierung im Rahmen etablierter Systeme stellt Entscheider jedoch vor erhebliche Probleme. Oft fehlt dem Mitarbeiter innerhalb gängiger Kommissioniersysteme der schnelle Zugriff auf die richtigen Informationen zur richtigen Zeit in einer entsprechend verwertbaren Darstellung um Fehler zu verhindern. Wissenschaft und Praxis setzen sich aktuell damit auseinander, inwiefern Augmented Reality (AR) diese Defizite ausgleichen könnte. AR ist dabei eine innovative Möglichkeit, Informationen auf eine neuartige Weise genau dort zu platzieren wo sie benötigt werden, nämlich im Blickfeld des Anwenders. Die digitale Information verschmilzt mit der Umwelt des Benutzers und ermöglicht, dass der Nutzer die aktuell für ihn relevanten und wichtigen Informationen direkt an dem Ort erhält und sieht, an dem er sie gerade benötigt [Meh14].

1.1 PROBLEMSTELLUNG

In OoS-Situationen führt das Kundenverhalten im Käufermarkt zu Umsatzverlusten für Händler und Hersteller, wobei immer wiederkehrende OoS-Situationen glei-

cher Artikel zu Verlusten gesamter Warenkörbe an Wettbewerber führen können. Diese Erkenntnis lässt einen Handlungsbedarf erkennen [Hof09].

Die Filialen des LEH werden von einer eigenen Logistik versorgt, die eingehende Bestellungen konsolidiert und Waren aus dem Artikelsortiment nach vorgegebenen Aufträgen zusammenstellt. Diese Auftragszusammenstellung wird als Kommissionierung bezeichnet [SF05]. Bei der manuellen Warenentnahme durch Mitarbeiter des Lagerbereiches kann es zu Fehlern in der Bereitstellung kommen. Denkbare Fehlerszenarien sind die Entnahme eines falschen Artikels, eine zu hohe oder zu geringe Entnahmemenge oder das komplette Auslassen einer Entnahme [Hom11]. Diese Szenarien verursachen Mengendifferenzen benötigter Artikel, was zu den bereits ausgeführten OoS-Situationen führen kann.

1.2 FORSCHUNGSFRAGE UND ZIELSETZUNG

Das zentrale Thema dieser Seminararbeit ist die Reduzierung von OoS-Situationen in der Handelsfiliale durch die Minimierung der Kommissionierfehler im manuellen Entnahmeprozess der LEH Logistik. Forschungen der Universität Cambridge belegen, dass eine AR basierende Unterstützung des Kommissionierers ein hohes Potential zur Fehlerreduktion besitzt [Sto17]. Diese Erkenntnis führt zur Forschungsfrage (FF) der Arbeit: Können Augmented-Reality-basierte Kommissioniersysteme einen höheren Nutzen in Bezug auf die Reduzierung von Kommissionierfehlern stiften, als etablierte Kommissioniersysteme dies tun?

Es ist das Ziel dieser Arbeit, durch die Beantwortung der Forschungsfrage einen anwendungsorientierten Beitrag zu leisten, um der in Abschnitt 1.1 vorgestellten Problemstellung in den Forschungsbereichen der Vermeidung von OoS-Situationen zu begegnen.

1.3 VORGEHENSWEISE

Das zweite Kapitel dieses Beitrages erarbeitet auf Basis einer Literaturrecherche im Bereich der Lagerlogistik die bestehenden Anforderungen an ein Kommissioniersystem. Der dritte Gliederungspunkt stellt das etablierte Kommissioniersystem Pick-by-Voice mit Hilfe einer literarischen Aufarbeitung und einer Fallstudie bei der REWE Markt GmbH vor. Er schließt unter 3.3 mit einer Betrachtung, in wie weit Pick-by-Voice in der Lage ist, den definierten Anforderungen zu begegnen. Kapitel vier ist identisch aufgebaut, betrachtet aber das innovative Kommissioniersystem Pick-by-Vision sowie dessen Erfüllung der definierten Anforderungen. Das vorletzte, fünfte Kapitel enthält den Vergleich der beiden Kommissioniersysteme mittels einer Nutzwertanalyse. Der Beitrag schließt mit einem Fazit, welches den Gang der Forschung zusammenfasst und weitergehend nötigen Forschungsbedarf ableitet.

2 ERARBEITUNG DER ANFORDERUNGEN AN DAS KOMMISSIONIERSYSTEM

Das zweite Kapitel behandelt theoretische Grundlagen zu Aufbau, Bereich und Prozessen eines Kommissionierungslagers und setzt sich auf dessen Basis zum Ziel, existierende Anforderungen (An) an das Kommissioniersystem abzuleiten.

2.1 VORSTELLUNG DER INTERNEN SUPPLY CHAIN DES HANDELS

Nach JAIN und BANERJEE wurde der Begriff des Supply Chain Management (SCM) von verschiedenen Autoren ausgiebig diskutiert [Göp04], wobei die erste prozessbezogene Begriffsbestimmung aus der Veröffentlichung von SCOTT und WESTBROOK aus dem Jahr 1991 stammt [JB15]. Sie definieren SCM als einen Güterfluss von Zulieferern über den Hersteller und den Distributor bis hin zum Endkunden [SW91]. Im stationären Handel verläuft die Lieferkette [CG03] ausgehend vom Rohmateriallieferanten über Logistikdienstleister, Vorlieferanten, Hersteller, Einzelhändler bis zum Konsumenten [Her11]. Die letzte Distanzüberwindung wird durch den Kunden selbst übernommen, der um die Ware zu erhalten, die Filialen des Handelsunternehmens aufsucht [Lie08]. Bei der näheren Betrachtung des Warenflusses zwischen Hersteller und Einzelhändler steht eine Grundentscheidung über die Art der Schnittstellenüberbrückung im Vordergrund [CG01]. Entweder erfolgt eine Direktbelieferung der Handelsfiliale durch die Industrie oder eine Anlieferung an Zentral- bzw. Regionallagerstufen der Handelsunternehmen [Her11].

2.2 AUFBAU UND BEREICHE EINES KOMMISSIONIERUNGSLAGERS

PFOHL teilt die im Lager zu erfüllenden Aufgaben und die damit erforderlichen Lagerprozesse in unterschiedliche Lagerbereiche auf [Pfo10]. Fokus der weiteren Betrachtung dieser Seminararbeit ist das Kommissionierungslager. Jedes Lager setzt sich wiederum aus mehreren Lagerwerken zusammen, welche funktionspezifisch zusammengestellt werden.

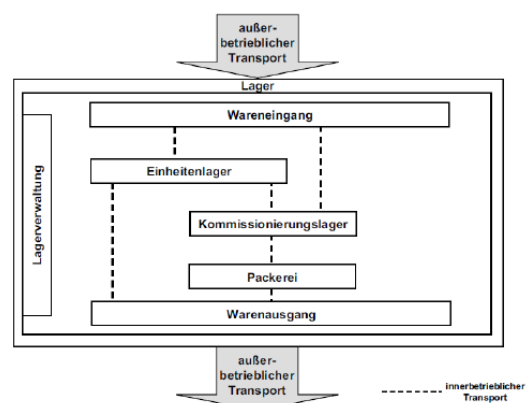


Abbildung 1. Lagerbereiche der Regionallagerstufen

GUDEHUS unterscheidet hierbei zwischen Lagereinheiten und Ladungsträger, Lagerplätze und Regale, Lagergeräte mit Lastaufnahmemitteln, Zu- und Abfördersystem, Lagersteuerung und Lagerverwaltung, sowie dem Lagerbau [Gud12]. Im Kontext der Logistik eines Lebensmittel-einzelhändlers ist die Betrachtung von temperaturgeführter Lagerhaltung essentiell. Im Regelfall erfolgt die Lagerung der Ware im Tiefkühlager bei einer Raumtemperatur von bis zu -28°C. Darüber hinaus findet man in Handelslagern immer wieder Zonen mit Temperaturbedingungen zwischen -2°C und 5°C [Arn08].

Aus den bisher gewonnenen Erkenntnissen können bereits erste Anforderungen an ein Kommissioniersystem abgeleitet werden. Unterschiedliche Lagerbereiche im Kommissionierungslager lassen darauf schließen, dass Mitarbeiter unabhängig voneinander in abgetrennten Bereichen arbeiten. Kommissionierer, die wiederum innerhalb eines Bereiches arbeiten, müssen parallel auf Regale und Lagerplätze zugreifen können. Mehrere Kommissionierer innerhalb eines Regales bedingen wiederum, dass das Hilfsmittel ohne Kabelverbindung zwischen Mitarbeitern und der Lagersteuerung bzw. Lagerverwaltung arbeitet. Die bisher erforschten Sachverhalte und die daraus definierten Anforderungen werden in der folgenden Abbildung zusammengefasst.

Logistischer Sachverhalt	Anforderung an Kommissioniersystem
Unterschiedliche Lagereinheiten	<ul style="list-style-type: none"> Möglichkeit der Einstellung von Bereichs- oder Mitarbeiterprofilen (A₁)
Lagerplätze und Regale	<ul style="list-style-type: none"> Paralleler Zugriff auf Lagerplatz- und Regaldaten durch mehrere Mitarbeiter (A₂)
Mehrere Mitarbeiter im Regalbereich, gleichzeitig Steuerung durch Lagerverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> Kontinuierliche Steuerung der Mitarbeiter mit kabelloser Datenübertragung (A₃)
Tiefkühlager mit Umgebungstemperatur von bis zu -28°C	<ul style="list-style-type: none"> Robustheit im Hinblick auf Temperatur (A₄)

Abbildung 2. Zusammenfassung der Anforderungen-1

2.3 KOMMISSIONIERUNG ALS KERNPROZESS DES KOMMISSIONIERUNGSLAGERS

SPECHT und FRITZ definieren den Prozess der Kommissionierung als „die Zusammenstellung von Waren aus dem Artikelsortiment nach vorgegebenen Aufträgen“ [SF05]. Jene Definition beruht auf dem Verein Deutscher Ingenieure (VDI) - Richtlinie 1977, 3590.24. Da die Kommissionierung zum einen der personalintensivste Bereich eines Kommissionierungslagers ist, einen Großteil der Kosten verursacht und zum anderen den Servicegrad für Kunden und damit die Wettbewerbsfähigkeit unmittelbar beeinflusst, kommt ihr eine besonders hohe Bedeutung zu [Hom11]. Daher sollen die Aspekte Prozesszeiten und Qualität der Kommissionierung im Folgenden näher untersucht werden.

Bei dem unter 2.2 vorgestellten Konzept Mann zur Ware mit der statischen Bereitstellung, begibt sich der

Kommissionierer zur bereitgestellten Ware und entnimmt aus dem Regal die benötigte Menge [Wan10]. Die gesamte Prozesszeit der Kommissionierung wird als Bearbeitungszeit bezeichnet und untergliedert sich in Basiszeit, Greifzeit, Totzeit und Wegzeit [Hom11]. Die Basiszeit beträgt bei manuellem Kommissionieren ca. 5 bis 10 % von der Kommissionierzeit, beinhaltet die Auftragsübernahme, das Sortieren der Belege, sowie die Aufnahme von Informationen und kann durch Arbeitsvorbereitung und intensive Schulung des Personals reduziert werden [Mar14].

Nach einer Betrachtung der Prozesszeiten soll nun der Aspekt der Qualität der Kommissionierung näher untersucht werden. Die Zielsetzung der Kommissionierung ist in der Normung des Deutschen Instituts für Normung (DIN) 55350 festgelegt und enthält die Anforderung das richtige Objekt, in der richtigen Menge und im richtigen Zeitpunkt zum richtigen Kunden zu bringen [Wan10]. Mögliche Fehlerquellen liegen also im Objekt selbst und äußern sich durch die Kommissionierung eines falschen Artikels. Mengenfehler können durch eine zu hohe oder zu geringe Entnahmeanzahl des richtigen Artikels entstehen oder wenn die Entnahme einer Position vollständig nicht getätigt wurde.

Die im Kapitel 2.3 erforschten Sachverhalte und die daraus definierten Anforderungen werden in der folgenden Abbildung zusammengefasst.

Logistischer Sachverhalt	Anforderung an Kommissioniersystem
Intensive Personalschulung zur Reduzierung der Basiszeit	<ul style="list-style-type: none"> Intuitiv bedienbares System (A₅) Kurze Einarbeitungsphase (A₆)
Totzeiten mit Suchen des Artikels, Zählen und Kontrollieren, Zählung durch Handheldscanner	<ul style="list-style-type: none"> Prozessrelevante Daten werden bereitgestellt (A₇) Erweiterbarkeit des Systems (A₈) Nicht wertschöpfende Prozesse (Informationssuche) werden minimiert (A₉)
Objektfehler, Mengenfehler und Auslassungsfehler	<ul style="list-style-type: none"> Potentielle Fehlerquellen reduzieren (A₁₀)

Abbildung 3. Zusammenfassung der Anforderungen-2

3 VORSTELLUNG UND BEWERTUNG DES KOMMISSIONIERSYSTEMS PICK-BY-VOICE

Das dritte Kapitel dieser Seminararbeit stellt das Kommissioniersystem Pick-by-Voice mit Hilfe einer literarischen Recherche vor und ergänzt die theoretischen Erkenntnisse mit einer Fallstudie der Revisionsverband der Westkauf-Genossenschaften (REWE) Markt GmbH, bei dem das Kommissioniersystem im Einsatz ist. Darüber hinaus wird untersucht wie es den in Kapitel zwei definierten Anforderungen begegnet. Jene Beurteilung ist die Grundlage für die später durchgeführte Bewertung mittels einer Nutzwertanalyse.

3.1 VORSTELLUNG DES KOMMISSIONIERERSYSTEMS PICK-BY-VOICE

Das Kommissioniersystem Pick-by-Voice, oft auch unter Pick-to-Voice beschrieben [Arn08], übermittelt die zu entnehmenden Waren und nach Entnahme deren Quittierung über Sprache (siehe A7) [VKS15]. Es besteht aus dem Talkman mit Traggurt, einem Headset [Mar14] und einem Akku, der die Stromversorgung sicherstellt (siehe A3). Der Kommissionierer wird sprachgeführt und hat beide Hände für das Picken frei (siehe A5) [Wan10]. Dabei können mehrere Kommissionierer gleichzeitig in einem Arbeitsgang beleglos arbeiten (siehe A1 und A2) [Mar14].

Das zeitintensive Lesen und Erfassen, sowie Eingeben von Informationen zur Ausführung und Kontrolle wird reduziert bzw. vollständig eliminiert, was aufgrund des fehlenden Displays zu einer erhöhten Einarbeitungszeit führt (siehe A6 und A9) [Gud12]. Die Spracherkennung hat mit dem heutigen Stand der Technik ein hohes Niveau erreicht [VKS15], ist schnell und zuverlässig, filtert Lärmquellen heraus und unterstützt das Vokabular (siehe A5) [Mar14]. Zur Vermeidung der Entnahme falscher Artikel wird eine am Regal befindliche Kontrollziffer abgefragt, die der Bediener zur Bestätigung nachsprechen muss (siehe A10) [Hom11]. Die modulare Struktur ermöglicht aufbauend auf den Kernfunktionen des Kommissionierens auch eine Inventurunterstützung mit erweiterten Funktionalitäten (siehe A8) [Hau14]. Anwendung findet dieses Kommissioniersystem in vielen Bereichen der Kommissionierung, u. a. auch in Kühllhäusern, in denen mit dicken Handschuhen gearbeitet wird und somit schlecht Tastaturen bedient werden können (siehe A4) [Mar14].

3.2 FALLSTUDIE 1: PICK-BY-VOICE

In Eitting, ca. 10 Kilometer entfernt vom Münchner Flughafen, befindet sich das regionale Verteilzentrum der REWE Markt GmbH, Region Süd. Von hier aus werden rund 300 bayrische REWE Supermärkte täglich mehrmals mit Nahrungsmitteln des 20.000 Artikel umfassenden Vollsortiments versorgt. Auf insgesamt 62.000m² Lagerfläche werden die von der Industrie angelieferten Artikel durch die REWE Logistik vereinnahmt, zwischengelagert und auftragsbezogen kommissioniert. Das Kommissioniersystem Pick-by-Voice wird hierbei seit 2011 in den Sortiments- und Lagerbereichen Molkereiprodukte, Obst- und Gemüse, Fleisch sowie Tiefkühlkost von 130 Mitarbeitern verwendet. Die Kommissionierer werden hierfür mit Talkman, Headset und Akku ausgestattet und bekommen die Auftragsdaten per Sprachanweisung bereitgestellt (siehe A3, A7). Um die Klarheit und ein hohes Verständnis der Sprachanweisungen zu gewährleisten, werden jedoch nicht alle prozessrelevanten Daten bereitgestellt, was je nach Komplexität des Vorgangs zu Systembrüchen führt (siehe A7). Das Bestätigen und Quittieren einzelner

Arbeitsschritte durch den Kommissionierer erfolgt durch Einsprechen eines fest definierten Vokabulars, welches von den Kommissionierern als nur teilweise intuitiv aufgefasst wird und zu längeren Einarbeitungsphasen führt (siehe A5, A6). Obwohl stellenweise bis zu 10 Kommissionierer gleichzeitig in einem Arbeitsgang beleglos arbeiten (siehe A1, A2), bestätigen die Lagerarbeiter das hohe technische Niveau der Sprachein- und -ausgabe. So würden Lärmquellen herausgefiltert und die Sprachanweisungen seien klar verständlich (siehe A5, A10). Auch technisch beweist sich das System als robust und kann dauerhaft in den unterschiedlichen Temperaturbereichen bei bis zu -28 Grad Celsius die komplette Schicht über eingesetzt werden (siehe A4).

Einen großen Vorteil des Kommissioniersystems Pick-by-Voice sehen die Verantwortlichen darin, dass der Anteil nicht wertschöpfender Prozesse minimiert werden konnte. Ein Mitführen, Lesen und Befüllen von Belegen entfällt für den Kommissionierer, wodurch die Produktivität seit Einführung des Systems je nach Kommissionierbereichen um bis zu 10% gesteigert werden konnte (siehe A9). Die bereits erwähnten komplexitätsbedingten Systembrüche lassen eine weitere Steigerung nicht zu (siehe A7, A9). Als zunehmend problematisch erweist sich die Anzahl der getätigten Kommissionierfehler in Form von Objekt- und Mengenfehlern (siehe A10). Diese sind zwar konstant, die Konzernleitung erwartet von der Logistik jedoch einen deutlichen Beitrag zur Reduzierung der Out-of-Stock-Situationen in den Märkten. Die Logistik ist deshalb aufgefordert, Fehl picks sowie Mehr- und Mindermengen auf ein Minimum zu reduzieren. Eine Forderung die sich mit dem aktuellen Kommissioniersystem Pick-by-Voice ohne Einbußen in puncto Produktivität nicht umsetzen lässt.

3.3 BEWERTUNG DES KOMMISSIONIERERSYSTEMS PICK-BY-VOICE

Das Kommissioniersystem Pick-by-Voice begegnet den in Kapitel zwei definierten Anforderungen wie in 3.1 und 3.2 beschrieben und erhält folgende Beurteilung:

Definierte Anforderungen	Erfüllungsgrad P. b. Voice
A1 Möglichkeit der Einstellung von Bereichs- oder Mitarbeiterprofilen	Vollständig erfüllt
A2 Paralleler Zugriff auf Lagerplatz- und Regalkdaten durch mehrere Mitarbeiter	Vollständig erfüllt
A3 Kontinuierliche Steuerung der Mitarbeiter mit kabelloser Datenübertragung	Vollständig erfüllt
A4 Robustheit im Hinblick auf Temperatur	Bei -28 Grad häufig eingesetzt
A5 Intuitiv bedienbares System	Teilweise erfüllt
A6 Kurze Einarbeitungsphase	Längere Einarbeitung durch fehlendes Display
A7 Prozessrelevante Daten werden bereitgestellt	Teilweise, mit Lagerplatz und Anzahl Entnahme
A8 Erweiterbarkeit des Systems	Möglich
A9 Nicht wertschöpfende Prozesse (Informationssuche) werden minimiert	Teilweise, da Lesen/ Erfassen minimiert
A10 Potenzielle Fehlerquellen reduzieren	Objektfehler und Mengenfehler möglich

Abbildung 4. Beurteilung des Pick-by-Voice Systems

4 VORSTELLUNG UND BEWERTUNG DES KOMMISSIONIERSYSTEMS PICK-BY-VISION

Das vierte Kapitel stellt das Kommissioniersystem Pick-by-Vision mit Hilfe einer literarischen Recherche vor und ergänzt die theoretischen Erkenntnisse mit einer Fallstudie von Mondelēz International, bei dem das Kommissioniersystem bereits im Einsatz ist. Darüber hinaus wird analog zu Kapitel drei untersucht, wie das Kommissioniersystem den im zweiten Kapitel definierten Anforderungen begegnet. Jene Beurteilung ist die Grundlage für die später durchgeführte Bewertung mittels einer Nutzwertanalyse.

4.1 VORSTELLUNG DES KOMMISSIONIERSYSTEMS PICK-BY-VISION

Das Kommissioniersystem Pick-by-Vision ist ein Ansatz, der die Informationsbereitstellung mittels Augmented Reality ermöglicht [Hom11]. Über die Definition von AR herrscht in der Literatur keine Einigkeit, weshalb eine Vielzahl von Definitionen existiert [MTU94]. BROLL sieht die Definition nach AZUMA aus dem Jahr 1997 als in der Wissenschaft etabliert an. Demnach ist unter AR eine Kombination der Realität und der Virtualität zu verstehen [Meh14]. Diese Überlagerung ist gekennzeichnet von Interaktivität, einer in Echtzeit erfolgenden Darstellung und von der geometrischen Registrierung von 3D-Objekten [Azu97]. Die drei von AZUMA beschriebenen Charakteristika von AR Systemen greifen auch KAUFMANN aus dem Jahr 2003 [Kau08], sowie ZHOU ET AL. im Jahr 2008 auf [ZBB08]. Der Begriff der AR ist von der häufig synonym verwendeten Mixed Reality abzugrenzen [MTU94]. Sie ist nach der von MILGRAM eingeführten Mixed Reality (MR) - Taxonomie ein Kontinuum, das sich zwischen der realen und der virtuellen Umgebung erstreckt [Meh14]. Hierbei nimmt, ausgehend von der Realität (engl. real environment), der Anteil an realen Bestandteilen kontinuierlich ab, während sich der der Virtualität erhöht [MTU94]. Solange die Virtualität überwiegt, ohne die Umgebung dabei ausschließlich virtuell darzustellen (Virtuelle Realität, VR), so spricht man von augmentierter Virtualität (engl. Augmented Virtuality, AV) [KR13]. Überwiegt hingegen der Anteil der Realität, so handelt es sich um AR [MTU94]. Die folgende Abbildung zeigt die beschriebene MR-Taxonomie.

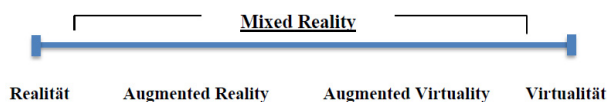


Abbildung 4. Beurteilung des Pick-by-Voice Systems

Bei der visuellen Ausgabe können verschiedene Möglichkeiten unterschieden werden. Beim Head-Mounted Display trägt der Benutzer eine am Kopf befestigte Brille mit einem oder zwei eingebauten Displays [Meh14]. Ist die Brille durchsichtig, so handelt es sich um ein optisches See-Through Display [BR05]. Eine geschlossene Brille wird als

VR-Display bezeichnet [Tön10]. Hierbei ermöglicht ein optisches See-Through-Display, auch optische Durchsichtdatenbrille genannt, das Einblenden virtueller Objekte in das Gesichtsfeld des Betrachters, während hierbei die Sicht auf die Realität immer direkt und damit unmittelbar ist (siehe A5, A6 und A7) [Bro10]. Eine Evaluierung der Tauglichkeit von HMD in der Praxis zeigen beispielhaft FUNKT ET AL. [FBB17]. Die Nutzung der Microsoft HoloLens als optisches See-Through Display wurde in der Literatur bereits untersucht [EMP17]. Aufgrund des Eigengewichtes und des eingeschränkten Suchfeldes kann diese Hardwarelösung im weiteren Verlauf der Arbeit aber vernachlässigt werden.

Forschungen der Universität Cambridge zum Einsatz der Google Glass im Lagerbetrieb zeigen eine intuitive Benutzung bei Mitarbeitern ohne spezielles Wissen oder längere Tätigkeit im jeweiligen Bereich (siehe A5 und A6) [GGN15].

Aktuelle Forschungen konstatieren den Pick-by-Vision Lösungen beinahe unisono eine deutliche Reduktion der Objektfehler [FMN16] und Auslassungsfehler, da neben der Menge und dem Entnahmeplatz auch die Verpackung der zu entnehmenden Produkte eingeblendet werden kann (siehe A10) [GGN15]. WU ET AL. weist vor allem bei Warengruppen mit Gewichtsangaben, die vermehrt in den Fleischlagern der Handelslogistik zu finden ist, einen Vorteil für Pick-by-Vision Systeme gegenüber herkömmlichen Papierlisten aus. Die Eingabe der Gewichtsdaten im Kommissionierprozess war mit dem erprobten HMD 19% schneller und verursachte gleichzeitig 67% weniger Fehler [WHG16]. Defizite sehen die Forscher alleine bei der Robustheit der Datenbrille [Sto17].

Eine Veröffentlichung von WEISNER und DEUSE der TU Dortmund stellt Kriterien auf, die Kommissioniersysteme im Hinblick auf einen nachhaltigen Einsatz von Mitarbeitern im Lagerbereich untersucht [WD14]. Dabei muss das Kommissioniersystem ergonomische und psychologische Anforderungen erfüllen [Cal16]. In der Veröffentlichung von CALZAVARA ET AL. wird dafür ein quantitatives Analyse- und Evaluierungsmodell entwickelt [CSG17]. Freie Hände, eine aufrechte Körperhaltung und die Ansprache mehrerer Sinnesorgane steigern die Konzentrationsfähigkeit und sind Kernelemente des Anforderungsprofils [WD14]. Wichtig ist in diesem Zusammenhang ein Verweis auf die Studie von FASCHING ET AL., deren Ziel es war, die physiologische Belastung und Leistung eines Prototyp-Vision-Systems mit einem Pick-by-Voice System zu vergleichen [FWR17].

Damit gilt das Pick-by-Vision System mit seinem Display und der möglichen Sprachsteuerung als nachhaltig und intuitiv (A5). Der Aspekt der Konzentrationssteigerung wirkt sich positiv auf die Vermeidung von Fehlern aus (A10).

4.2 FALLSTUDIE 2: PICK-BY-VISION

Am Stadtrand von Lüttich (Belgien) befindet sich die rund 22.000 qm große Lagerhalle des Lebensmittelkonzerns Mondelez International, die vom Kontraktlogistiker Weerts betrieben wird. Seit Oktober 2016 kommissionieren sechs Lagermitarbeiter Paletten und Kartons in unterschiedlichen Bereichen und unabhängig voneinander mit Datenbrille (siehe A1, A2 und A3). In diesem Pilotprojekt werden Daten für die nächsten Arbeitsschritte in das normale Sichtfeld des Benutzers eingeblendet. In diesem Fall wird die Google Glass mit der Software des Herstellers Picavi GmbH eingesetzt. Die 43 Gramm schwere Google Glass können Mitarbeiter ohne Beschwerden tragen. Die wird ergänzt durch einen Akku zur Stromversorgung und einen Fingerscanner (siehe A8).

Nach Angaben des Kontraktlogistiklers sind die Lagerarbeiter zwischen 8% und 12% schneller als mit den zuvor eingesetzten mobilen Datenerfassungsgeräten (siehe A5 A6 und A9). Entscheidend für den Einsatz des neuartigen Kommissioniersystems war jedoch der Kundenanspruch einer fehlerfreien Kommissionierung, die sich im Altsystem nicht umsetzen ließ. Der dem Mitarbeiter zuvor fehlende schnelle Zugriff auf die richtigen Informationen zur richtigen Zeit in einer entsprechend verwertbaren Darstellung wird durch die AR-Lösung realisiert. Folge ist, dass der Kommissionierer die aktuell für ihn relevanten und wichtigen Informationen direkt an dem Ort erhält und sieht, an dem er sie gerade benötigt und auch komplexere Sachverhalte ohne Systembruch abgebildet werden können. Zur Vermeidung von Fehl picks nutzen die Mitarbeiter zur Kontrolle der korrekten Warenentnahme einen am Zeigefinger befestigten Scanner zur Erfassung der European Article Number - Barcodes (siehe A10). Im Pilotprojekt konnten Mengenfehler durch Mehr- oder Minderentnahme nicht vollständig über das Kommissioniersystem ausgeschlossen werden, weshalb zur Erfüllung der Kundenanforderung eine manuelle Zählung des Warenbestandes am Greifplatz nach Entnahme erfolgt. Somit konnten einige, aber nicht alle Fehlerquellen beseitigt werden (siehe A10).

4.3 BEWERTUNG DES KOMMISSIONIERSYSTEMS PICK-BY-VISION

Das Kommissioniersystem Pick-by-Vision begegnet den in Kapitel 2 definierten Anforderungen wie in 4.1 und 4.2 beschrieben und erhält folgende Beurteilung:

Definierte Anforderungen	Erfüllungsgrad P. b. Vision
A1 Möglichkeit der Einstellung von Bereichs- oder Mitarbeiterprofilen	Vollständig erfüllt
A2 Paralleler Zugriff auf Lagerplatz- und Regalkdaten durch mehrere Mitarbeiter	Vollständig erfüllt
A3 Kontinuierliche Steuerung der Mitarbeiter mit kabelloser Datentübertragung	Vollständig erfüllt
A4 Robustheit im Hinblick auf Temperatur	Eingeschränkt
A5 Intuitiv bedienbares System	Vollständig erfüllt
A6 Kurze Einarbeitungsphase	Vollständig erfüllt
A7 Prozessrelevante Daten werden bereitgestellt	Vollständig erfüllt
A8 Erweiterbarkeit des Systems	Möglich
A9 Nicht wertschöpfende Prozesse (Informationssuche) werden minimiert	Teilweise, da Lesen/ Erfassen minimiert
A10 Potentielle Fehlerquellen reduzieren	Mengenfehler möglich

Abbildung 4. Beurteilung des Pick-by-Vision Systems

Damit sind keine Defizite, sondern lediglich Einschränkungen bei A4, A9 und A10 zu erkennen.

5 DURCHFÜHRUNG EINER NUTZWERTANALYSE DER VORGESTELLTEN SYSTEME

Im fünften Kapitel sollen die in Kapitel drei und vier vorgestellten Kommissioniersysteme Pick-by-Voice und Pick-by-Vision mit Hilfe einer Nutzwertanalyse gegenübergestellt und verglichen werden. Bezugsrahmen hierfür sind die in Kapitel zwei erarbeiteten Anforderungen an das Kommissioniersystem. Die Nutzwertanalyse dient der Bewertung von verschiedenen Handlungsalternativen mittels nicht monetärer Aspekte [Bus15] und hilft damit dem Entscheidungsträger [Bra13]. ZANGEMEISTER gilt mit seiner 1970 veröffentlichten Dissertation als Begründer dieser Methodik [Krc05] und definiert die Nutzwertanalyse als „Analyse einer Menge komplexer Handlungsalternativen mit dem Zweck, die Elemente dieser Menge entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines multidimensionalen Zielsystems zu ordnen [Zan73].“ Im Kern besteht die Analyse aus der Auswahl der Entscheidungsalternativen, Sammlung von Entscheidungskriterien, Gewichtung der Entscheidungskriterien oft mit Hilfe von Kriteriengruppen, Bewertung der Entscheidungskriterien und schließlich der Nutzwertberechnung [Bus14]. Bereits erarbeitet wurden die Entscheidungsalternativen mit den Kommissioniersystemen Pick-by-Voice und Pick-by-Vision, sowie die in Kapitel zwei erarbeiteten Entscheidungskriterien. Sie werden nun in Kategorien eingeteilt und gewichtet. Dabei werden A7, A9 und A10 unter der Kategorie OoS-Reduzierung, A3, A4 und A8 unter der Rubrik Technik, sowie A5 und A6 unter dem Cluster Akzeptanz zusammengefasst. A1 und A2 werden der allgemeinen Kategorie zugeordnet. Die insgesamt zu vergebenden 100% der Gewichtung werden wie folgt verteilt: OoS-Reduzierung mit 40%, Technik 20%, Akzeptanz 20% und Allgemeines 20%. Der Schwerpunkt liegt aufgrund des Themas dieser Seminararbeit auf der OoS-Reduzierung während die anderen Rubriken gleich gewichtet werden.

Kriterium	Gewichtung
OoS - Reduktion	40%
A7 Prozessrelevante Daten werden bereitgestellt	10%
A9 Nicht wertschöpfende Prozesse (Informationssuche) werden minimiert	10%
A10 Potentielle Fehlerquellen reduzieren	20%
Technik	20%
A3 Kontinuierliche Steuerung der Mitarbeiter mit kabelloser Datentübertragung	5%
A4 Robustheit im Hinblick auf Temperatur	5%
A8 Erweiterbarkeit des Systems	10%
Akzeptanz	20%
A5 Intuitiv bedienbares System	10%
A6 Kurze Einarbeitungsphase	10%
Allgemein	20%
A1 Möglichkeit der Einstellung von Bereichs- oder Mitarbeiterprofilen	10%
A2 Paralleler Zugriff auf Lagerplatz- und Regalkdaten durch mehrere Mitarbeiter	10%

Abbildung 5. Gewichtung der Entscheidungskriterien mit Kriteriengruppen

Vor der Bewertung der Entscheidungskriterien ist eine Skala festzulegen [Küh14]. Für diesen Beitrag ist eine vierstufige Skala mit Kriterien ähnlich der Empfehlung von NIKLAS vorgesehen [Nik14].

		Kriterien										Summe
		OoS - Reduktion			Technik			Akzeptanz		Allgemein		
		A7	A9	A10	A3	A4	A8	A5	A6	A1	A2	
Gewichtung in (%)		10%	10%	20%	5%	5%	10%	10%	10%	10%	10%	
Zielwertmatrix	Pick by Voice	1	1	1	3	3	3	2	0	3	3	
	Pick by Vision	3	2	2	3	1	3	3	3	3	3	
Gewogene Zielwertmatrix	Pick by Voice	0,10	0,10	0,20	0,15	0,15	0,30	0,20	0,00	0,30	0,30	1,80
	Pick by Vision	0,30	0,20	0,40	0,15	0,05	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	2,60

Abbildung 6. Nutzwertanalyse Pick-by-Voice und Pick-by-Vision

Dabei wird zwischen Kriterium ist nicht erfüllt (0 Punkte), Kriterium ist unzureichend und nur mit erheblichen Mängeln erfüllt (1 Punkt), Kriterium ist hinreichend aber mit Mängeln erfüllt (2 Punkte) und Kriterium ist in sehr gutem Umfang erfüllt (3 Punkte). Grundlage für die Festlegung der Bewertung sind die in Kapitel 3.3 und 4.3 erarbeiteten Beurteilungen der Kommissioniersysteme mit ihren Defiziten und Einschränkungen. Im letzten Schritt werden die ermittelten Kriterienwerte aus der Zielwertmatrix mit den festgelegten Gewichtungen multipliziert [BUS15]. Das Ergebnis sind Kriterienpunktwerte und die Summe aller Kriterienpunktwerte je Alternative [Nik14].

Die Übertragung in ein Balkendiagramm veranschaulicht den höheren Nutzen des Kommissioniersystems Pick-by-Vision im Bereich der OoS-Reduzierung, sowie den insgesamt höheren Nutzen gegenüber dem Pick-by-Voice System.

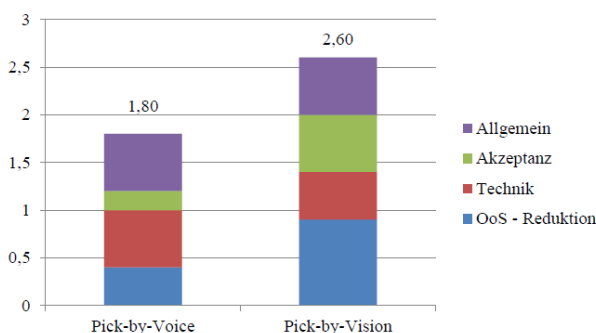


Abbildung 7. Balkendiagramm zur Nutzwertanalyse

6 FAZIT

Zu Beginn dieser Arbeit wurde auf die Bedeutung einer hohen Warenverfügbarkeit der zum Verkauf vorgesehenen Artikel im LEH, und auf die daraus resultierende Forderung an die Logistik Ihren Teil zur Reduzierung von Out-of-Stocks durch eine deutliche Reduzierung der Kommissionierfehler beizutragen, hingewiesen. Während Entscheider des LEH mit den etablierten Kommissioniersystemen nur unzureichend auf diese Forderung eingehen können, zeigen aktuelle Forschungen in diesem Bereich ein enormes Potential für AR-unterstützte Lösungen. Hieraus abgeleitet, setzte sich die Arbeit zum Ziel, herauszuarbeiten, ob AR-basierte Kommissioniersysteme in der Lage sind einen in Bezug auf die Reduzierung von Kommissionierfehlern höheren Nutzen zu stiften, als herkömmliche Kommissioniersysteme.

Um dies zu ermitteln, wurden in einem ersten Schritt die Anforderungen an das Kommissioniersystem im LEH erarbeitet und zehn Anforderungen, von der Möglichkeit der Einstellung von Bereichs- oder Mitarbeiterprofilen bis hin zur Reduzierung potentieller Fehlerquellen, definiert. In einem Folgeschritt wurde das gängige Kommissioniersystem Pick-by-Voice vorgestellt und auf die zuvor definierten Anforderungen hin untersucht. Die Ableitungen aus Theorie und Praxis zeigten Defizite in der Einarbeitung neuer Mitarbeiter somit ein erstes Indiz für berechtigte Sorgen der Entscheider in den Bestandssystemen deutliche Fehlerreduzierungen umsetzen zu können. Im vierten Kapitel dieser Arbeit wurde das innovative Kommissioniersystem Pick-by-Vision vorgestellt und auf die gestellten Anforderungen hin bewertet. Die theoretische Aufarbeitung wurde durch Erkenntnisse eines Vor-Ort-Besuchs mit entsprechender Fallstudie ergänzt. Das Kommissioniersystem Pick-by-Vision zeigte bezüglich der definierten Anforderungen demnach keine Defizite, jedoch Einschränkungen bei der Robustheit, der Reduzierung nicht wertschöpfender Prozesse sowie möglicher Fehlerquellen. Die Beurteilungen und Eindrücke der beiden betrachteten Kommissioniersysteme wurden im Rahmen der Arbeit mittels Nutzwertanalyse konkretisiert. Hierzu wurden Kriteriengruppen gebildet und entsprechend der relevanten Fragestellung gewichtet. So wurden die drei Anforderungen, Bereitstellung prozessrelevanter Daten (A7), Minimierung nicht wertschöpfender Prozesse (A9) sowie Reduzierung potentieller Fehlerquellen (A10) in der Kriteriengruppen OoS-Reduktion zusammengefasst und als wesentlicher Untersuchungsgegenstand mit 40% am stärksten gewichtet. Die Auswertung aller Kriteriengruppen ergab für das etablierte Kommissioniersystem Pick-by-Voice einen Gesamtnutzwert von 1,80 und für das innovative Pick-by-Vision-System einen Gesamtnutzwert von 2,60. Die Differenz der Nutzenwerte ist deutlich und weist einen höheren Nutzen des Kommissioniersystems Pick-by-Vision aus. Demzufolge kann auf Grundlage der Ausführungen dieser Arbeit die Forschungsfrage klar beantwortet werden. Augmented-Reality-basierte Kommissioniersysteme können

einen höheren Nutzen in Bezug auf die Reduzierung von Kommissionierfehlern als etablierte Kommissioniersysteme stiften. Entscheidern des LEH steht mit diesem neuartigen Kommissioniersystem folglich eine praxisnahe Alternative zur Verfügung, mit der sich Kommissionierfehler weiter reduzieren lassen.

Weiteren Forschungsbedarf sehen die Autoren überwiegend bei den festgestellten Einschränkungen, denn wengleich eine Reduzierung der Fehler mit der AR-Lösung einhergeht, kann man keinesfalls von einer vollständigen Fehlervermeidung in der Kommissionierung sprechen. Es ist zu untersuchen, inwiefern auch Mehr- oder Minderentnahmen im Rahmen der AR-Lösung vollständig ausgeschlossen werden können, denn die Erfüllung dieses Kriteriums könnte wie ein Katalysator für AR-basierte Kommissioniersysteme wirken und wesentlich zum Durchsatz dieser zukunftssträchtigen Technologie beitragen.

LITERATUR

- [Arn08] Arnold, Dieter et al.: *Handbuch Logistik*, 3. Aufl., Berlin: Springer, 2008
- [Azu97] Azuma, Ronald: *A Survey of Augmented Reality*, in: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 6, No. 4 (1997), S. 355–385
- [BR05] Bimber, Oliver, Raskar, Ramesh: *Spatial augmented reality - Merging real and virtual worlds*, Wellesley: A. K. Peters, 2005
- [Bra13] Brandstätter, Jonathan: *Agile IT-Projekte erfolgreich gestalten - Risikomanagement als Ergänzung zu Scrum*, Wiesbaden: Springer, 2013
- [Bro10] Broll, Wolfgang: *Augmentierte Realität*, in: Tönnis, Marcus (Hrsg.), *Augmented reality*, 2010, Berlin: Springer, 2010, S. 241–293
- [Bus15] Busse von Colbe, Walther et al.: *Investitionstheorie und Investitionsrechnung*, 4. Aufl., Berlin: Springer, 2015
- [Cal16] Calzavara, Martina: *Models for an ergonomic evaluation of order picking from different rack layouts*, in: *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 49, No. 12 (2016), S. 1715–1720
- [CSG17] Calzavara, Martina, Sgarbossa, Fabio, Grosse, Eric, Glock, Christoph: *Analytical models for a joint posture and fatigue analysis in order picking*, Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, (2017), S. 32-37.
- [CG03] Corsten, Daniel, Gabriel, Christoph: *Supply Chain Management erfolgreich umsetzen*, 2. Aufl., Berlin: Springer, 2003
- [CG01] Corsten, Hans, Gössinger, Ralf: *Einführung in das Supply Chain Management*, München: Oldenbourg, 2001
- [Ehi16] EHI Retail Institute: *Ganzheitliches Supply Chain Management im LEH*, Köln, 2016

- [EMP17] Evans Gabriel, Miller Jack, Pena Mariangely, MacAllister Anastacia, Winer Eliot, *Evaluating the Microsoft HoloLens through an augmented reality assembly application*, Degraded Environments: Sensing, Processing, and Display, Vol. 10197 (2017), o. S
- [FBB17] Funk, Markus, Bächler, Andreas, Bächler, Liane, Kosch, Thomas, Heidenreich, Thomas, Schmidt, Albrecht, *Working with Augmented Reality? A Long-Term Analysis of In-Situ Instructions at the Assembly Workplace*, Proceedings of PETRA, Vol. 1 (2017), o. S
- [FMN16] Funk, Markus, Mayer, Sven, Nistor, Michael, Schmidt, Albrecht, *Mobile In-Situ Pick-by-Vision: Order Picking Support using a projector Helmet*, Proceedings of PETRA, Vol. 1 (2016), o. S
- [FWR17] Fasching, Patrick, Wultsch, Georg, Rinnehofer, Stefan, Hofmann, Peter, *Picking Goods Assisted by Head-mounted Augmented Reality Systems in Warehouses*, International Journal of Applied Science and Technology Vol. 7, No. 1; (2017), S. 17-29
- [Göp04] Göpfert, Ingrid (Supply Chain Management, 2004): *Grundlagen des Supply Chain Management*, in: Busch, Axel; Dangelmaier, Wilhelm (Hrsg.), *Integriertes Supply Chain Management, 2004*, Wiesbaden: Gabler, 2004, S. 25–46
- [GGN15] Grosse, Eric, Glock, Christoph, Neumann, Patrick: *Human Factors in Order Picking System Design*, in: IFAC-PapersOnLine, Vol. 48, No. 3 (2015), S. 320–325
- [GC02] Gruen, Thomas, Corsten, Daniel: *Rising to the Challenge of Out-Of-Stocks*, in: ECR Journal, The International Commerce Review, Vol. 2, No. 2 (2002), S. 45–58
- [Gud12] Gudehus, Timm: *Logistik*, 4. Aufl., Berlin: Springer, 2012
- [Hau14] Hausladen, Iris: *IT-gestützte Logistik - Systeme, Prozesse, Anwendungen*, 2. Aufl., Wiesbaden: Springer, 2014
- [Her11] Hertel, Joachim et al.: *Supply-Chain-Management und Warenwirtschaftssysteme im Handel*, 2. Aufl., Berlin: Springer, 2011
- [Hof09] Hofer, Florian (Filiologistik, 2009): *Management der Filiologistik im Lebensmitteleinzelhandel*, Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2009
- [Hom11] Hompel, Michael ten et al.: *Materialflusssysteme - Planung und Berechnung der Kommissionierung in der Logistik*, Berlin: Springer, 2011
- [JB15] Jain, Jinesh, Banerjee, Soumya: *Supply Chain Management: Literature Review and Some Issues*, in: Journal of Studies on Manufacturing, Vol. 1, No. 1 (2015), S. 11–25
- [Kau08] Kaufmann, Hannes: *Virtual Environments for Mathematics and Geometry Education*, in: Themes in science and technology education, Vol. 1 (2008), S. 131–152
- [KR12] Kipper, Gregory, Rampolla, Joseph: *Augmented reality - An emerging technologies guide to AR*, Amsterdam: Syngress, 2013
- [Krc05] Krcmar, Helmut: *Informationsmanagement - Mit 41 Tabellen*, 4. Aufl., Berlin: Springer, 2005
- [Küh14] Kühnappel, Jörg B.: *Nutzwertanalysen in Marketing und Vertrieb*, Wiesbaden: Springer, 2014
- [Lie08] Liebmann, Hans-Peter et al.: *Handelsmanagement*, 2. Aufl., München: Vahlen, 2008
- [Mar14] Martin, Heinrich: *Transport- und Lagerlogistik - Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik*, 9. Aufl., Wiesbaden: Springer, 2014
- [Meh14] Mehler-Bicher, Anett et al.: *Augmented Reality - Theorie und Praxis*, München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2014
- [MTU94] Milgram, Paul, Takemura, Haruo, Utsumi, Akira: *Augmented Reality*, in: ATR Communication Systems Research Laboratories, Vol. 1 (1994), S. 1–11

- [Nik14] Niklas, Cornelia: *Mehr Entscheidungssicherheit mit der Nutzwertanalyse*, in: Projekt Magazin, Vol. 7 (2014), S. 1–11
- [Oli15] Oliver Wyman Beratung: *The Oliver Wyman Retail Journal*, in: Oliver Wyman Journal, Vol. 4 (2015), S. 1–94
- [Pfo10] Pfohl, Hans-Christian: *Logistiksysteme - Betriebswirtschaftliche Grundlagen*, 8. Aufl., Berlin: Springer, 2010
- [SW91] Scott, Charles, Westbrook, Roy (Definition SCM, 1991): *New Strategic Tools for Supply Chain Management*, in: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 21, No. 1 (1991), S. 23–33
- [SF05] Specht, Guenter, Fritz, Wolfgang: *Distributionsmanagement*, Stuttgart: Kohlhammer Verlag, 2005
- [Ste14] Sternbeck, Michael (Stationären Lebensmittelhandel, 2014): *Integrative Logistik im stationären Lebensmittelhandel*, in: Wimmer, Thomas; Hucke, Sabine (Hrsg.), *Komplexität, Kosten, Kooperation*, 2014, Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag, 2014, S. 155–178
- [Sto17] Stoltz, Marie-Helene et al.: *Augmented reality in warehouse operations: Opportunities and challenges*, in: Conference Paper Department of Engineering, University of Cambridge, Vol. 1 (2017), S. 1–7
- [Tön10] Tönnis, Marcus: *Augmented reality - Einblicke in die erweiterte Realität*, Berlin: Springer, 2010
- [VKS15] Vries, Jelle, Koster, René, Stam, Daan: *Exploring the role of picker personality in predicting picking performance with pick by voice, pick to light and RF-terminal picking*, in: International Journal of Production Research, Vol. 1 (2015), S. 1–15
- [Wan10] Wannewetsch, Helmut: *Integrierte Materialwirtschaft und Logistik - Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion*, 4. Aufl., Berlin: Springer, 2010
- [WHG16] Wu, Xiaolong, Haynes, Malcolm, Guo, Anhong, Starner, Thad, *A Comparison of Order Picking Methods Augmented with Weight Checking Error Detection*, ACM International Symposium, (2016), S. 1–4
- [WD14] Weisner, Kirsten, Deuse, Jochen: *Assessment Method-ology to Design an Ergonomic and Sustainable Order Picking System Using Motion Capturing Systems*, in: 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Vol. 17 (2014), S. 422–427
- [Zan73] Zangemeister, Christof: *Nutzwertanalyse in der Systemtechnik - Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen*, 3. Aufl., Berlin: Technische Universität Berlin, 1973
- [ZBB08] Zhou, Feng, Been-Lirn Duh, Billinghurst, Mark: *Trends in augmented reality tracking, interaction and display*, in: IEEE Computer Society (2008), S. 193–202
-
- Dominic Loske, B.A.**, Master student at FOM Hochschule München and researcher at the Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement (ild), FOM Hochschule, Essen, Germany. Dominic Loske was born 1991 in Kulmbach, Germany. He studied logistics for a bachelor degree at the DHBW Mosbach from 2011 till 2014 with one semester abroad at NYP Singapore (4-2013 till 08-2013). He currently works as a senior transport manager for the food retailing company REWE.
- Address: FOM Hochschule Niederlassung München,
E-Mail: 434330@fom-net.de.
- Dipl.- Betriebswirt (BA) Boris Kaspar**, Master student at FOM Hochschule München and researcher at the Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement (ild), FOM Hochschule, Essen, Germany. He studied logistics for a bachelor degree at the DHBW Mosbach from 2001 till 2004 and works as a senior transport manager for the food retailing company REWE.
- Address: FOM Hochschule Niederlassung München,
E-Mail: 433700@fom-net.de.