

# Konsolidierassistent – Assistenzsystem für manuelle Konsolidier- und Sortierprozesse in Distributionszentren

Consolidation-Assistant – Assistant system for manual consolidation and sorting processes in distribution centers

*Maximilian Hochstein  
Christoph Kunert  
Johannes Glöckle  
Manuel Averweg  
Hendrik Weil  
Kai Furmans*

*Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL)  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*

**D**urch den in den letzten Jahren stark wachsenden Onlinehandel gerät der Versand zunehmend in den Fokus der Prozessoptimierung. Bedingt durch die Auftragsstruktur werden häufig zweistufige Kommissioniersysteme mit manueller Konsolidierung eingesetzt. Wegen der Vielzahl unterschiedlicher Artikel im Sortiment ist die kognitive Belastung für den Mitarbeiter hoch und der Prozess fehleranfällig. Aus diesem Grund wurde ein Assistenzsystem entwickelt, welches den Mitarbeiter während des Konsolidierprozesses unterstützt. Im Rahmen einer Versuchsreihe konnte gezeigt werden, dass sich die Zykluszeit des Prozesses bei Einsatz des Assistenzsystems um ein Drittel reduziert.

**B**y the sharp increase of Internet and mail-order trading in the recent past, shipping has increasingly become the focus of process optimization. Due to the special order structure, two-step order picking systems with manual consolidation are often used. As a result of the large number of different articles in the assortment, the cognitive load on the employee is high and the process is error-prone. For this reason, an assistance system has been developed which supports the employee during the consolidation process. As part of a series of experiments, the cycle time of the process could be reduced by one third.

## 1 EINLEITUNG UND MOTIVATION

Der Versand- und Internethandel gewinnt seit Beginn der Jahrtausendwende zunehmend an Bedeutung. Alleine in den Jahren zwischen 2008 und 2013 stieg der Branchenumsatz um 62,6% von 18,9 Mrd. € auf 30,7 Mrd. € an. Neuesten Prognosen zu urteilen, wird es für das Jahr 2020 eine Umsatzsteigerung von bis zu 95% auf 60 Mrd. € geben [Sta 2016].

Im Gegensatz zum B2B-Handel ist der Internetversandhandel für Privatkunden gekennzeichnet durch eine höhere Sortimentsbreite und einem hohen Anteil von Kundenaufträgen, die aus nur einer Position bestehen, sog. „one-positioner“. Werden bei dieser Auftragsstruktur die Artikel kundenauftragsorientiert ausgelagert, entstehen hohe Wege- und damit hohe Durchlaufzeiten. Aus diesem Grund wird häufig ein sog. zweistufiges Kommissioniersystem eingesetzt, bei dem gleichartige Artikel zu Kommissionieraufträgen zusammengefasst und diese anschließend gemäß den Kundenaufträgen sortiert werden.

Bei einem zweistufigen Kommissioniersystem wird das Lager in unterschiedliche Kommissionierzonen aufgeteilt. Artikel aus unterschiedlichen Kundenaufträgen, die in derselben Kommissionierzone eingelagert sind, bilden einen Kommissionierauftrag. Da der Kommissionierer nun nur noch die Artikel aus einer Zone kommissionieren muss, reduziert sich die Distanz, die zur Fertigstellung eines Kommissionierauftrags zurückgelegt werden muss. Dies verringert die Wegezeit und die Auftragsdurchlaufzeit und ermöglicht bei gleichbleibender Mitarbeiterkapazität einen höheren Durchsatz.

Da die Artikel eines Kundenauftrags auf mehrere Kommissionierzonen verteilt werden, ist nach der ersten Kommissionierstufe noch eine Konsolidierung erforderlich. Das bedeutet, dass die Artikel aus allen Kommissionierzonen gesammelt und anschließend den Kundenaufträgen entsprechend zugeordnet werden.

Der Sortierprozess kann grundsätzlich manuell oder automatisiert umgesetzt werden. Bei hohen Durchsätzen und ausreichend robusten Artikeln fällt die Wahl häufig auf eine automatische Sortieranlage. Diese ist jedoch mit hohen Investitionskosten verbunden und ist häufig nur wirtschaftlich, wenn der geforderte Durchsatz keine Saisonalitäten aufweist und im Jahresverlauf konstant ist. Bei

empfindlichen Artikeln oder saisonal schwankendem Durchsatz, fällt die Wahl daher häufig auf ein manuelles Sortiersystem. Dies ist mit geringeren Investitionskosten verbunden, allerdings werden i.A. deutlich niedrigere Durchsätze erreicht. Darüber hinaus ist die Fehleranfälligkeit solcher Systeme höher, da der Prozess eine hohe kognitive Belastung für den Menschen darstellt und dadurch die Möglichkeit der Fehlidentifikation entsteht. Insbesondere bei hoher Sortimentsbreite (>10.000 unterschiedliche Artikel) ist die kognitive Belastung besonders hoch, da die Mitarbeiter nicht alle Artikel aus dem Gedächtnis identifizieren können.

Aus diesem Grund wurde am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme am Karlsruher Institut für Technologie ein Assistenzsystem entwickelt, das manuelle Konsolidier- und Sortierprozesse unterstützt. Der Konsolidierassistent zeichnet sich durch eine schnelle Objekterkennung und intuitive und einfache Bedienung aus. Durch die zuverlässige Erkennung von Artikeln und Zuordnung zu Kundenaufträgen wird der Mensch entlastet, da Such- und Identifikationsaufgaben entfallen. Dies führt zu geringeren Zykluszeiten und weniger Fehlern.

## 2 ZIEL

Ziel des Projektes ist es, ein Assistenzsystem zu entwickeln, welches den Menschen in der Aufgabe des Konsolidierens und Sortierens unterstützt. Durch gezieltes Markieren von Artikeln und den entsprechenden Kundenaufträgen kann der Suchaufwand und damit die kognitive Belastung des Menschen reduziert werden. Dies resultiert in einem höheren Durchsatz der Arbeitsstation. Weiterhin werden die Fehlidentifizierungen durch den Menschen reduziert.

Da der Mensch weiterhin aktiv in den Sortierprozess eingebunden ist, muss auf eine ergonomische Gestaltung des Arbeitsplatzes geachtet werden. Insbesondere ist sicherzustellen, dass die Höhe der Arbeitsfläche auf die Körpergröße eines jeden Mitarbeiters eingestellt werden kann. [Vdi-93]

Ein weiteres Gestaltungsziel des Konsolidierassistenten ist die einfache und intuitive Bedienbarkeit des Systems. Dies kann durch eine interaktive Führung des Mitarbeiters durch den Prozess sichergestellt werden. Auf diese Weise sollen Einlernzeiten, bspw. neuer Mitarbeiter, auf ein Minimum reduziert werden.

## 3 AUFBAU DES KONSOLIDIERASSISTENTEN

Die technische Umsetzung des Konsolidierassistenten basiert zu einem großen Teil auf dem am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme am Karlsruher Institut für Technologie entwickelten Packassistenten [Hoc-16]. Das Assistenzsystem ist in Abb. 1 dargestellt. Zu sehen ist

die höhenverstellbare Arbeitsfläche mit einer weißen, als Projektionsfläche dienenden, Tischoberfläche. Mit Hilfe eines Kamerasystems, einer Projektionseinheit und eines berührungsempfindlichen Bildschirms kann das System mit dem Mitarbeiter interagieren. Für die Versuche wurde der Tisch um eine breitere Ablagefläche erweitert, damit drei Kleinladungsträger für drei Kundenaufträge untergebracht werden können. Zusätzlich wurde eine schwerkraftbetriebene Rollenbahn installiert, um eine schnelle Anlieferung der Kommissionieraufträge zu ermöglichen.



Abbildung 1: Aufbau des Konsolidierassistenten

### 3.1 KAMERASYSTEM

Die Objekterkennung wird mit Hilfe der RGB-Kamera der „Kinect for Xbox One“ von Microsoft umgesetzt. Diese hat ein Sichtfeld von 84,1° in der Horizontalen und 53,8° in der Vertikalen. Bei einer mittigen Positionierung über der Tischoberfläche und einer Montagehöhe von 120 cm kann die gesamte Tischoberfläche eingesehen werden. Die Auflösung beträgt 1920 x 1080 Pixel. Ausgewertet wird nicht das gesamte Sichtfeld, sondern nur der relevante Bereich auf der Tischoberfläche. Aus diesem Grund werden die zu analysierenden Bilder auf die Maße 900x450 reduziert. Zur Datenauswertung wird ein handelsüblicher Computer mit einem Intel I7 Prozessor und 16GByte Arbeitsspeicher verwendet. Für eine schnelle Erkennung mit Hilfe eines neuronalen Netzes wurde zusätzlich eine Grafikkarte des Typs Nvidia GTX 1070 verwendet.

### 3.2 MENSCH-MASCHINE SCHNITTSTELLE

Die Mensch-Maschine-Schnittstelle fußt auf der Verwendung eines berührungsempfindlichen Bildschirms und einem Handscanner für Barcodes der Firma Pepperl&Fuchs. Informationen und Anweisungen werden mit Hilfe einer Projektionseinheit (siehe Abbildung 2) auf der Tischoberfläche dargestellt. Diese ist oberhalb des Tisches montiert. Damit Informationen und Darstellungen möglichst gut erkannt werden können, ist die Tischoberfläche weiß lackiert.

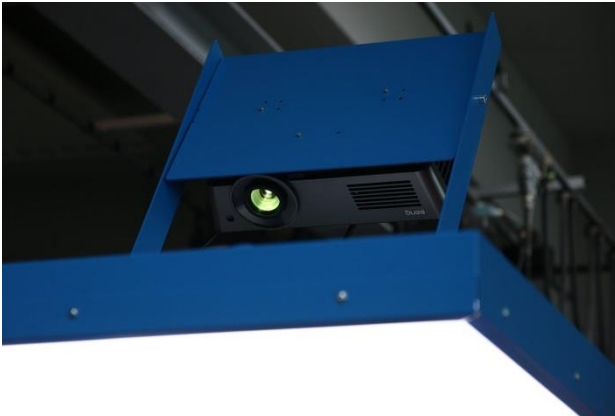


Abbildung 2: Projektionseinheit [Hoc-16]

Der Projektor hat eine Auflösung von 1920x1080 Pixel und eine Leuchtkraft von 4000 Lumen.

### 3.3 BILDERKENNUNG MITTELS EINES NEURONALEN NETZES

Zur Bilderkennung wurde ein Neuronales Netz basierend auf „YOLO“ [Red-16] angepasst und verwendet. Trainiert wurden 20 Artikel mit durchschnittlich 170 markierten Bildern pro Artikel. Insgesamt standen dem neuronalen Netz ca. 7000 Bilder als Lerngrundlage zur Verfügung. Bis zur Verwendung durchlief das neuronale Netz 45.000 Lernzyklen. Dies entspricht ca. 48,125 Stunden.

Das Labeln der Bilder, d.h. die Markierung der Objektpositionen auf jedem einzelnen Artikelbild, erfolgte teilautomatisch mit Hilfe einer eigens programmierten Software. Bei dem Programm zur manuellen Kontrolle der gelabelten Bilder handelt es sich auch um eine Eigenentwicklung des IFL.

## 4 FUNKTIONSWEISE DES ASSISTENZSYSTEMS

Im folgenden Abschnitt wird die Funktionsweise des Konsolidierassistenten erklärt. Dabei wird auf die Erkennung und die visuelle Anleitung des Mitarbeiters eingegangen.

### 4.1 DIE OBJEKTERKENNUNG

Die Objekterkennung wurde mit Hilfe des neuronalen Netzes YOLO umgesetzt. Wie in Kapitel 3.3 bereits beschrieben, wurden insgesamt 20 Artikel eingelernt, die während des Konsolidierprozesses erkannt werden müssen. Für die Erkennung selbst wird zu Beginn eines jeden Prozessschrittes ein Foto geschossen, in vier Abschnitte segmentiert und jeder Abschnitt nach bekannten Objekten durchsucht. Darüber hinaus werden von jedem gefundenen Objekt die Schwerpunktkoordinaten und die Erkennungsgenauigkeit ermittelt und miteinander verglichen. Befinden sich dabei zwei Schwerpunkte zu dicht aneinander, wird das Objekt mit der höchsten Erkennungsgenau-

igkeit bevorzugt. Nur Artikel mit einer Erkennungsgenauigkeit, die höher ist als 80% werden weiterverarbeitet. .

### 4.2 DIE VISUALISIERUNG

Ziel der Visualisierung ist die eindeutige Zuordnung der Artikel zu den jeweiligen Kundenaufträgen. Hierfür werden die Kundenaufträge nacheinander abgearbeitet. Begonnen wird mit dem Kundenauftrag, von dem die meisten Artikel erkannt werden, mit dem Ziel die Aufträge azyklisch abschließen zu können.

Sind die Artikel erkannt, werden diese mit einer sich bewegenden Markierung angestrahlt. Gleichzeitig wird durch einen projizierten Pfeil ([5] in Abbildung 3) der Kleinladungsträger des jeweiligen Kundenauftrags markiert. Um einer Verwechslung oder einem Übersehen der Artikel vorzubeugen, werden zum einen die gefundene Anzahl der Artikel und zum anderen grafische Abbildungen der Artikel eingeblendet ([5] in Abbildung 3). Ist die Zuordnung abgeschlossen, betätigt der Mitarbeiter den „Next“-Knopf ([4] in Abbildung 3), wodurch eine erneute Erkennung durchgeführt und die Artikel des nächsten Kundenauftrags markiert werden. Erkennt das System keinen weiteren Artikel, werden alle übrigen den Kundenaufträgen mit Hilfe von Pfeilmarkierungen zugeordnet.

## 5 VERSUCHSAUFBAU

Der Nutzen des Konsolidierassistenten wurde experimentell untersucht. Mit insgesamt 10 Probanden wurde die Bearbeitungszeit für den Konsolidierprozess mit und ohne Assistenzsystem gemessen. Insgesamt wurden 20 Versuchsreihen durchgeführt. In 15 der Versuchsreihen waren die Artikel dem Probanden nicht bekannt. In den verbleibenden fünf Versuchsreihen hatte der Proband bereits einmal Kontakt mit den Artikeln (beispielsweise aus früheren Versuchen). Die Lichtverhältnisse während der Versuche reichten von hell und sonnig bis stark bewölkt.

Keiner der Probanden hatte Erfahrung mit dem Assistenzsystem. Um ungewollte Leistungssteigerungen auf Grund von Lerneffekten möglichst gering zu halten, wurde in der Hälfte der Fälle ohne Assistenzsystem und die andere Hälfte mit Assistenzsystem begonnen. Zur Durchführung der Versuche wurden sämtliche Kommissionieraufträge vorkommissioniert und auf einer Rollenbahn neben dem Konsolidierassistenten gepuffert (siehe Abbildung 1).

Der Ablauf der Prozessschritte in den Versuchen ist in Abbildung 3 dargestellt. Der Mitarbeiter am Konsolidierassistenten entnimmt zwei Teile eines Kommissionierauftrags [3] von der Rollenbahn. Anschließend wird der Kommissionierauftrag [1] mittels eines Barcode-Scanners [2] identifiziert. Dies ist zeitgleich der Auslöser zum Messen der Zeit. Die kommissionierten Artikel [4] werden durch das neuronale Netz erkannt und visuell markiert.

Eine weitere Markierung [5] zeigt an, wie viele Artikel welchem Kundenauftrag [6] zugeordnet werden müssen. Mit dem Klick auf „Next“ [7] wird erneut eine Erkennung durchgeführt und eine neue Markierung [5] gesetzt (siehe Abschnitt 4.2).

Die Zeit wird gestoppt, wenn sich kein Artikel mehr auf dem Tisch befindet. Der Versuch ohne Assistenzsystem war analog gestaltet. Die Zeitmessung startete ab dem Moment des Lesens des Kundenauftrages und endete nach dem Einordnen des letzten Artikels. Zur Identifizierung der Artikel wurde dem Probanden eine auf DIN A4 ausgedruckte Artikellegende gereicht.



Abbildung 3: Mensch-Maschine Schnittstelle mit Steuerelementen, Hilfestellung und Informationsanzeige

Abbildung 4 zeigt die den Versuchen zu Grunde liegende Auftragsstruktur. Eine Versuchsreihe mit oder ohne Assistent besteht aus 17 Kommissionieraufträgen. Dieser setzt sich zusammen aus den Teilaufträgen für zwei Zonen A und B. Die Reihenfolge, in der die Probanden die Kommissionieraufträge erhalten haben, wurde willkürlich variiert. Jeder Kommissionierauftrag besteht aus drei Kundenaufträgen. Insgesamt gab es demzufolge 51 verschiedene Kundenaufträge.

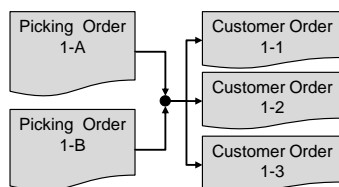


Abbildung 4: Auftragsstruktur des Kommissioniersystems

Die den Versuchen zu Grunde liegenden Strukturparameter sind zusammenfassend in Tabelle 1 dargestellt. Ein Kommissionierauftrag enthielt im Mittel neun Artikel die auf 6,94 Positionen aufteilt sind. Daraus ergeben sich für einen Kommissionierauftrag durchschnittlich 1,3 Artikel pro Position. Ein Kundenauftrag enthielt durchschnittlich drei Artikel, die auf 2,43 Positionen aufgeteilt waren. Demzufolge ergeben sich durchschnittlich 1,23 Artikel

pro Position. Das Sortiment umfasste 20 unterschiedliche Artikel.

Tabelle 1. Parameterkonfiguration bei der Durchführung der Versuche

Parameter	Wert
Artikel pro Kommissionierauftrag (A+B)	9
Positionen pro Kommissionierauftrag (A+B)	6,94
Artikel pro Kundenauftrag	3
Positionen pro Kundenauftrag	2,43
Anzahl Artikel im Sortiment	20

## 6 ERGEBNISSE DER VERSUCHE

Zur statistischen Auswertung der Versuche wurden das arithmetische Mittel und die empirische Standardabweichung berechnet. Diese sind durch Formeln (1) und (2) gegeben:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Ohne Assistenzsystem benötigte ein Proband durchschnittlich 35,89 Sekunden zur Konsolidierung eines Kommissionierauftrags. Mit Assistenzsystem dauerte derselbe Prozess im Durchschnitt 23,79 Sekunden. Dies entspricht einer Geschwindigkeitssteigerung von 33,71%.

Abbildung 5 zeigt das arithmetische Mittel der Bearbeitungszeit über alle 17 Kommissionieraufträge sowie deren empirische Standardabweichung in Abhängigkeit des Probanden. Sowohl die Versuchsreihe mit Assistenzsystem als auch die Versuchsreihe ohne Assistenzsystem wurden absteigend nach der Bearbeitungszeit sortiert. Folgende Beobachtungen lassen sich festhalten:

- Bei allen Probanden führte der Einsatz des Assistenzsystems zu einer Verringerung der Zykluszeit.
- Bei allen Probanden führte der Einsatz des Assistenzsystems zu einer Verringerung der Streuung der Zykluszeit.

Die Beobachtungen zeigen, dass die Bearbeitungszeit mit Assistenzsystem sowohl stabiler als auch geringer ist als im Fall ohne Assistenzsystem. Dies ist unabhängig vom Probanden.

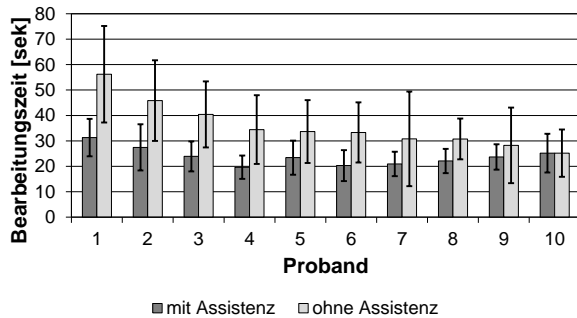


Abbildung 5: Mittlere Bearbeitungszeit [sek] je Proband

Abbildung 6 zeigt das arithmetische Mittel der Bearbeitungszeit sowie deren empirische Standardabweichung in Abhängigkeit der Kommissionierauftragsnummer entsprechend der Reihenfolge ihrer Abarbeitung. Für jeden Kommissionierauftrag wurde der Mittelwert der Bearbeitungszeit aller 10 Probanden berechnet. Folgende Beobachtungen lassen sich festhalten:

- Bei allen Kommissionieraufträgen war die mittlere Bearbeitungszeit mit Assistenzsystem geringer als die mittlere Bearbeitungszeit ohne Assistenzsystem. Das gleiche gilt für die empirische Standardabweichung
- Mit Assistenz sind sowohl arithmetisches Mittel als auch Standardabweichung im Zeitverlauf konstant. Ohne Assistenz nehmen beide Werte mit zunehmender Zeit ab. Dies deutet darauf hin, dass sich trotz der getroffenen Vorkehrungen ein Lerneffekt eingestellt hat.

Der Lerneffekt führt dazu, dass sich die Bearbeitungszeit je Proband im Fall ohne Assistenzsystem im Zeitverlauf verringert. Dies ist auf das geringe Spektrum von nur 20 Artikeln im Versuchsetting zurückzuführen. Bei größeren Sortimenten von 1000 oder mehr unterschiedlichen Artikeln ist zu erwarten, dass der Lerneffekt tendenziell geringer ausfällt und daher das Assistenzsystem noch überlegener ist.

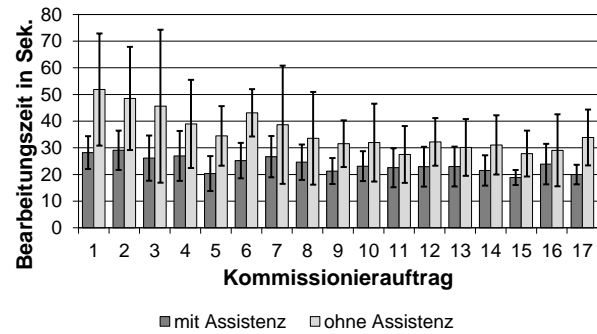


Abbildung 6: Mittlere Bearbeitungszeit [sek] je Kommissionierauftrag

Die Versuche zeigen, dass die Leistung der Arbeitsstation mit Assistenzsystem weniger stark von der Lernkurve des Mitarbeiters abhängt als ohne Assistenzsystem. Dies bedeutet, dass sich die Einlernzeit der Mitarbeiter – beispielsweise beim Einsatz saisonaler Arbeitskräfte – verringert. Für Unternehmen eröffnet sich hierdurch die Möglichkeit, flexibler als bisher in Bezug auf sich ändernde Anforderungen in Bezug auf Kapazität und Durchsatz reagieren zu können, da weniger Vorlaufzeit benötigt wird.

## 7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme wurde ein Assistenzsystem entwickelt, das den Mitarbeiter bei manuellen Sortierprozessen in zweistufigen Kommissioniersystemen unterstützt. Mittels einer RGB Kamera und einem neuronalen Netz werden Artikel erkannt und identifiziert. Ein Projektor setzt eine optische Markierung im Blickfeld des Mitarbeiters. Dieser wird darüber informiert, welcher Artikel welchem Kundenauftrag zugeordnet werden muss. Dies resultiert in einer kognitiven Entlastung.

Durch den Einsatz des Assistenzsystems konnte die mittlere Bearbeitungszeit je Kommissionierauftrag an der Arbeitsstation im Experiment um ein Drittel gesenkt werden. Die Leistung der Mitarbeiter war zeitunabhängig, d.h. Lerneffekte waren nur schwach ausgeprägt.

Potential zur Weiterentwicklung des Systems bietet insbesondere das Training des neuronalen Netzes. Aktuell ist hiermit ein erheblicher manueller Aufwand verbunden. Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung liegen hier beispielsweise in der Automatisierung des Trainings oder in der Reduktion der erforderlichen Bilder.

Ein weiteres Potential zur Verbesserung liegt in einer Vollständigkeitskontrolle der Kundenaufträge. Aktuell wird lediglich die Geschwindigkeit des Prozesses erhöht und die Anzahl der Fehler wird nur indirekt vermindert. Die Erkennung könnte auf die Kundenaufträge erweitert und somit eine Artikelkontrolle in Echtzeit realisiert werden.

## LITERATUR

- [Red-16] Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. (2016): You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection; CVPR 2016, OpenCV People's Choice Award
- [Hoc-16] Hochstein M., Glöckle J., Meyer T., Furmans K. (2016): Packassistent - Assistenzsystem für die Qualitätskontrolle während des Packprozesses; logistics journal, WGTL 2016
- [Sta-16] Statista; Eurostat (2016) : Umsatz im Versand- und Internethandel in Deutschland von 2008 bis 2013
- [Vdi-93] VDI 3657 (1993-07): Ergonomische Gestaltung von Kommissionierarbeitsplätzen

---

**Dipl.-Ing. Maximilian Hochstein**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT).

Maximilian Hochstein studierte Maschinenbau am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Im Januar 2013 trat er seine Stelle als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme an. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen Steuerungstechnik und Mensch-Maschine Interaktion.

Adresse: Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Gotthard-Franz-Straße 8, 76131 Karlsruhe,  
Tel.: +49 (0)721/608-48665,  
E-Mail: Maximilian.Hochstein@kit.edu

**Christoph Kunert, M. Sc.**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT).

Christoph Kunert studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Technischen Universität Darmstadt. Im September 2013 trat er seine Stelle als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme an. Sein Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich der Planung und Steuerung von Logistiksystemen.

Adresse: Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Gotthard-Franz-Straße 8, 76131 Karlsruhe,  
Tel.: +49 (0)721/608-48680,  
E-Mail: Christoph.Kunert@kit.edu

**B. Sc. Johannes Glöckle**, wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT).

Johannes Glöckle studiert seit 2012 Informatik am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Im September 2013 trat er seine Stelle als wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme an. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich Bildverarbeitung.

Adresse: Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Gotthard-Franz-Straße 8, 76131 Karlsruhe,  
Betreuer: Maximilian Hochstein  
E-Mail: johannes.goeckle@student.kit.edu

**B. Sc. Manuel Averweg und Hendrik Weil**, Seminararbeiter am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

**Prof. Dr.-Ing. Kai Furmans**, Institutsleiter des Instituts für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT).

Professor Dr.-Ing. Kai Furmans war nach seinem Studium des Wirtschaftsingenieurwesens an der Universität Karlsruhe von 1988 bis 1996 am Institut für Fördertechnik tätig. Seine Promotion schloss er im April 1992 zum Dr.-Ing. ab. Nach einer Postdoktorandenzeit in den USA arbeitete er zwischen 1996 bis 2003 für die Robert Bosch GmbH. Danach kehrte er ans Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme zurück und ist seit Oktober 2005 Institutsleiter. Schwerpunkte seiner Arbeiten sind Materialflussplanung in Bediensystemnetzwerken.

Adresse: Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Gotthard-Franz-Straße 8, 76131 Karlsruhe,  
Tel.: +49 (0)721/608-48600,  
E-Mail: kai.furmans@kit.edu