

Packassistent – Assistenzsystem für die Qualitätskontrolle während des Packprozesses

Packing-Assistant – Assistant system for quality control during the packing process

**Maximilian Hochstein
Johannes Glöckle
Thomas Meyer
Kai Furmans**

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

Durch den in den letzten Jahren stark zunehmenden Internet- und Versandhandel gerät der Versand immer mehr in den Fokus der Prozessoptimierung. Eine große Herausforderung stellt die Vermeidung von Reklamationen dar. Diese können sowohl durch Fehlbestückungen entstehen, als auch durch mutmaßliche, kundenseitige Falschangaben. Aus diesem Grund wurde ein Packassistent entwickelt, der einerseits den Mitarbeiter während des Verpackungsprozesses unterstützt, als auch diesen protokolliert, ohne die Persönlichkeitsrechte des Mitarbeiters einzuschränken.

[Schlüsselwörter: Assistenzsystem, Packprozess, Versand, Objekterkennung, Mensch-Maschine Schnittstelle]

By the sharp increase of Internet and mail-order trading in the recent past, the unit of shipping increasingly gets into the focal point of process optimization. A major challenge is the prevention of re-complaints. This can occur either by incorrect loading, as well as presumably customer's false information. For this reason a Pack Wizard was developed, that on the one hand supports the employees during the packaging process, as well as on the other hand records the process without compromising the privacy rights of the employee.

[Keywords: assistance system, packing process, shipping, object recognition, Human Machine Interface]

1 EINLEITUNG UND MOTIVATION

In den letzten Jahren gewann der Versand- und Internethandel 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]. Neben den steigenden Umsätzen birgt der Versandhandel auch Risiken für die Versandhändler. Auf

Grund von Reklamationen kann es bei Firmen zu hohen Verlusten kommen. Der Grund für Reklamation kann vielerlei Ursprung haben. Neben einem Fehler während des Verpackungsvorgangs, bspw. durch die Entnahme eines falschen Artikels oder der falschen Anzahl an Artikeln, kann die Ursache auch beim Kunden liegen. Dabei können absichtlich oder unabsichtlich falsche Angaben bezüglich der erhaltenen Ware gemacht werden. Seitens der Firma können die Fehlerursachen jedoch nicht unterschieden werden, da der Packvorgang oftmals nicht maschinell kontrolliert oder protokolliert wird.

Im Zuge eines Gemeinschaftsprojektes mit den Firmen Bedrunka&Hirth - Gerätebau GmbH und Optimum - datamanagement solutions GmbH, wurde am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ein Assistenzsystem entwickelt, welches den Verpacker während des Packprozesses unterstützt. Ohne in die Persönlichkeitsrechte des Verpackers einzugreifen, hilft es dabei, Fehlbestückungen zu vermeiden und den Packprozess zu protokollieren, um spätere Reklamationen zu klären. Der Packassistent zeichnet sich dabei durch ein schnelles Objekterkennungssystem und durch eine intuitive und einfache Bedienung aus. Folgenden Herausforderungen muss dabei begegnet werden:

- Protokollierung des Packprozesses
- Kontrolle des Packprozesses
- Ergonomie des Arbeitsplatzes
- Beschleunigung des Erkennungsprozesses
- Mensch-Maschinen Schnittstelle

2 ZIEL

Ziel des Projektes ist es in erster Linie einen Packassistenten zu entwickeln, der den Packprozess protokollieren kann, ohne dabei in die Persönlichkeitsrechte des Benutzers einzugreifen. Außerdem soll eine Qualitäts-

sicherung entwickelt werden, die ohne zeitlichen Verlust überprüft, ob der richtige Artikel, als auch die richtige Anzahl an Gütern verpackt wurde. Dabei wird beim Erkennen eines Fehlers der verpackenden Person augenblicklich Rückmeldung gegeben, damit diese den Fehler umgehend korrigieren kann.

Ein weiteres Ziel ist die Entwicklung eines Arbeitsplatzes, der ergonomisch auf die Körpergröße eines jeden Mitarbeiters eingestellt werden kann.

Zuletzt soll der Packassistent einfach und intuitiv zu bedienen sein, was durch eine interaktive Führung des Mitarbeiters durch den Prozess sichergestellt werden kann. Auf diese Weise sollen Einlernzeiten, bspw. neuer Mitarbeiter auf ein Minimum reduziert werden.

3 AUFBAU DES PACKASSISTENTEN

Das Assistenzsystem ist in Abb. 1 dargestellt. Zu sehen ist die höhenverstellbare Arbeitsfläche mit einer interaktiven Tischoberfläche. Mit Hilfe eines Kamerasystems und einer Projektionseinheit kann das System mit dem Mitarbeiter interagieren. Ein Bildschirm unterstützt zusätzlich mit einer intuitiven Prozessanleitung beim Packvorgang.

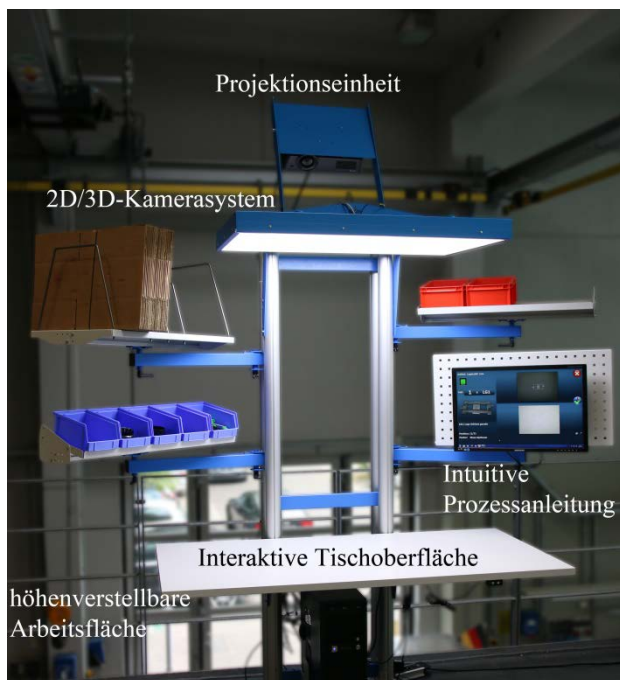


Abbildung 1. Aufbau des Packassistenten

3.1 ERGONOMISCHER ARBEITSPLATZ

Der Arbeitsplatz bildet die Grundlage des Packassistenten. Damit ein dauerhaftes Arbeiten am Arbeitsplatz möglich ist, sollte dieser so ergonomisch wie möglich aufgebaut sein. Abbildung 2 beschreibt den zulässigen Arbeitsraum, bis 45cm und Greifraum bis 65cm um die

jeweilige Schulter. Beim Greifen in größere Entfernungen ist eine ausgleichende Mitbewegung des Rumpfes erforderlich, was auf Dauer zu Beschwerden in Rücken und Schultern führen kann [Vdi-93]. Damit Personen unterschiedlicher Körpergrößen am Packassistenten arbeiten können, ist die Tischplatte höhenverstellbar. Hilfsmittel und Verpackungsmaterial sind auf schwenkbaren Armen untergebracht, die in unterschiedlichen Winkeln, Abständen und Höhen angeordnet werden können.

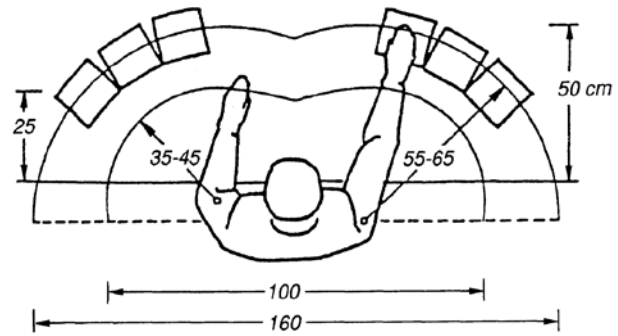


Abbildung 2. Greif- und Arbeitsraum einer durchschnittlichen Person [VDI 3657 S.3]

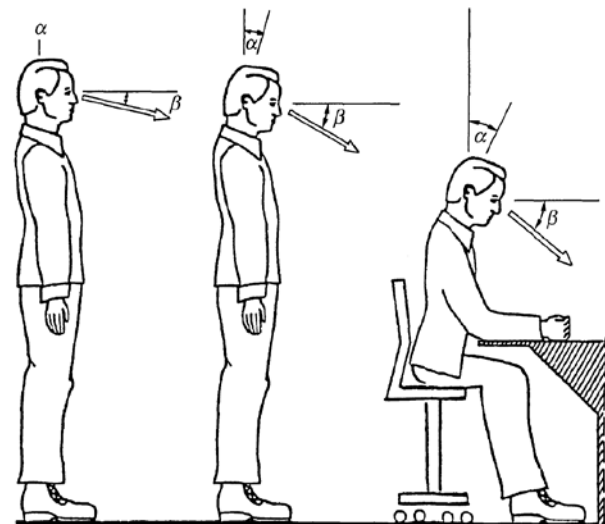


Abbildung 3. Blickrichtung und Kopfhaltung im Stehen und im Sitzen [VDI 3657 S.5]

Die Tischplatte ist direkt mit der Lampen-, Kameraeinheit und Projektionseinheit gekoppelt, damit der Abstand zwischen der Tischplatte und dem Projektor, bzw. der Tischplatte und dem Kamerasystem konstant bleibt. Hierdurch kann auf eine erneute Fokussierung bzw. Kalibrierung des Systems nach einer Höhenverstellung verzichtet werden.

3.2 KAMERASYSTEM

Das Kamerasystem besteht aus zwei unterschiedlichen Kameras, einer RGB-Kamera für die 2D-Objekterkennung und einer Tiefenbildkamera für die 3D-

Objekterkennung. Als RGB-Kamera kommt die „UI-549xSE“ der Firma IDS zum Einsatz [Ids].

Das 3D-System basiert auf einer Tiefenbildkamera, der Kinect 1 der Firma Microsoft. Im Laufe des Projektes wurde diese durch die nachfolgende Kamera „Kinect 2“ ersetzt. Die ursprüngliche Tiefenbildkamera hat eine Auflösung von 640 auf 480 Pixeln, wobei jeder zweite Pixel extrapoliert wird. Die Kinect 2 hat mit 512 auf 424 Pixeln eine deutlich höhere Auflösung. Zur Datenauswertung wird ein handelsüblicher Computer mit einem Intel I7 Prozessor und 16GByte Arbeitsspeicher verwendet.

Beide Kameras sind mittig über der Tischoberfläche in der Beleuchtung untergebracht. Diese dient einer gleichmäßigen, von Fremdlicht weitgehend unabhängigen Ausleuchtung des Arbeitsplatzes.

3.3 MENSCH-MASCHINE SCHNITTSTELLE

Die Mensch-Maschine-Schnittstelle erfolgt über einen berührungssensitiven Bildschirm und über die Tischoberfläche. Eine Steuerung über die Tischoberfläche, ähnlich eines Touchscreens, ist mit Hilfe der Tiefenbildkamera und einer Projektionseinheit realisiert. Steuerelemente und Informationen können somit auf die Tischoberfläche projiziert werden, sodass der Verpacker während des Packprozesses den Kopf nicht anheben muss, um auf den Bildschirm zu schauen (siehe Abbildung 3). Die Projektionseinheit ist oberhalb des Tisches montiert und verfährt bei einer Höhenverstellung der Tischoberfläche in gleichbleibendem Abstand zu dieser. Die Tischoberfläche ist weiß, damit genug Licht reflektiert wird und die Projektionen eindeutig erkennbar sind.

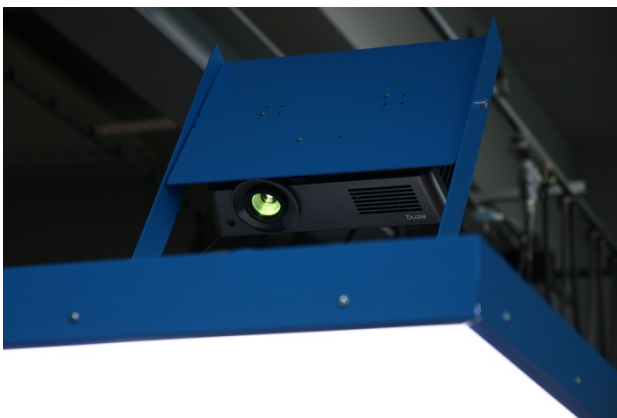


Abbildung 4. Projektionseinheit

Außerdem muss der Projektor mindestens 4000 Lumen aufweisen, um trotz der gleichmäßigen Ausleuchtung gut erkennbare Informationen auf dem Tisch darstellen zu können.

4 FUNKTIONSWEISE DES ASSISTENZSYSTEMS

Im folgenden Abschnitt wird die Funktionsweise des Packassistenten erklärt. Dabei wird auf die Protokollfunktion und der damit einhergehenden möglichen Kontrolle des Prozesses eingegangen. Zusätzlich wird erklärt, wie die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine umgesetzt wird.

4.1 PROTOKOLLIEREN DES PACKPROZESSES

Die größte Herausforderung bei der Protokollierung des Packprozesses ist die Wahrung der Persönlichkeitsrechte des jeweiligen Mitarbeiters. Aus diesem Grund wurde ein einfach umzusetzendes mitfilmen des Vorgangs von vornherein ausgeschlossen. Der Mitarbeiter, vor allem aber seine Hände, würden dauerhaft gefilmt werden.

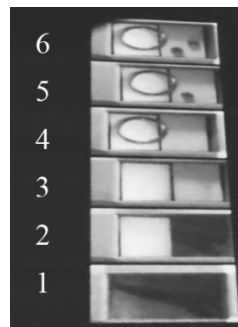


Abbildung 5. Protokollierung

Damit dies umgangen werden kann, wird der Prozess nicht gefilmt sondern fotografiert. Dabei muss darauf geachtet werden, dass immer nur dann ein Foto geschossen wird, wenn der Mitarbeiter, bzw. die Hände des Mitarbeiters nicht im Sichtfeld der Kamera zu sehen sind.

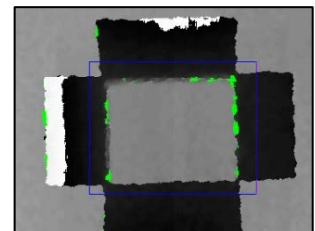
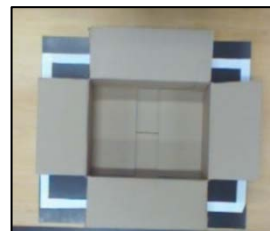


Abbildung 6. Kartonerkennung mittels Tiefenbildkamera

Dieses Ziel kann erreicht werden, indem zum einen der Karton und zum anderen die Hände des Mitarbeiters erkannt werden. Dies erfolgte mit Hilfe der Consumer-Tiefenbildkamera „Kinect“ der Firma Microsoft.

Der Vorteil der Tiefenbildkamera liegt in der einfachen Datenauswertung, basierend auf Tiefenbilddaten. Eine Handerkennung ist mit einer solchen Kamera deutlich einfacher und reaktionsschneller umzusetzen, als mit Hilfe einer 2D-Objekterkennung. Während bei einer 2D-Objekterkennung das komplette Bild nach einem Handähnlichen Objekt durchsucht werden muss, können bei einem Tiefenbildsystem alle Werte auf Höhe der Tischoberfläche ignoriert werden, wodurch nur noch ein Bruchteil der auszuwertenden Daten übrig bleibt.

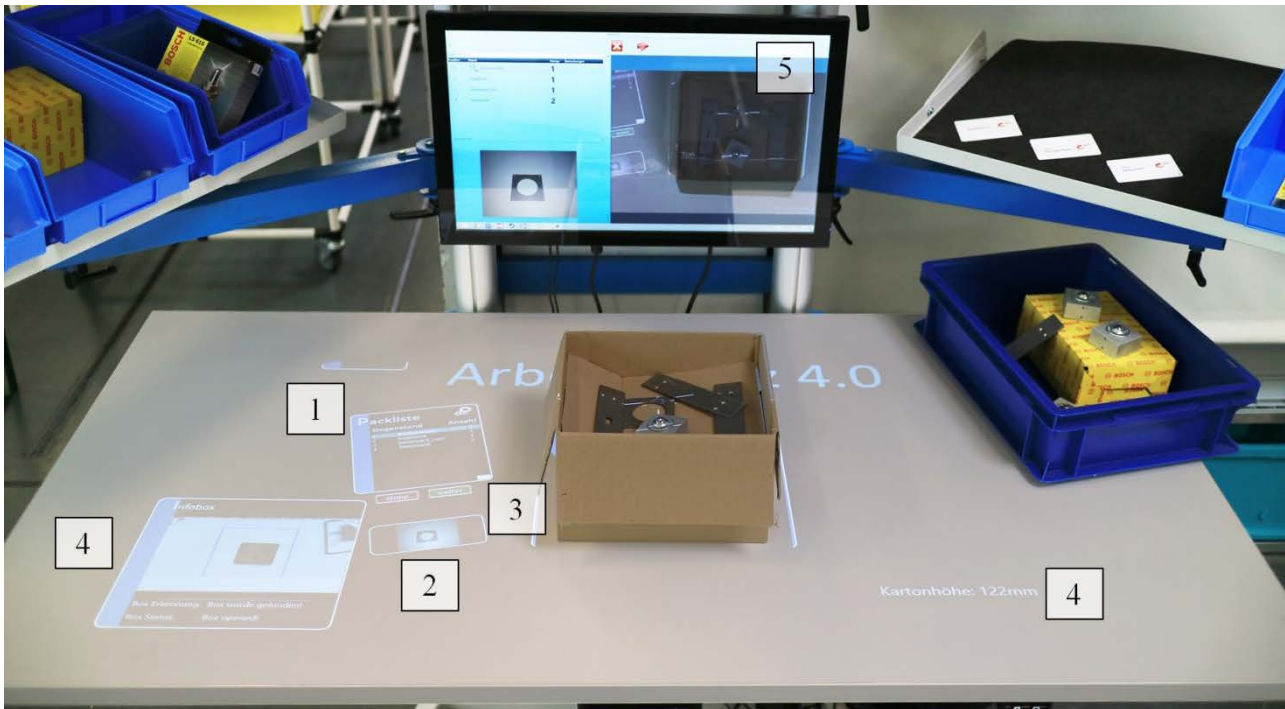


Abbildung 7. Mensch-Maschine Schnittstelle mit Steuerelementen, Hilfestellung und Informationsanzeige.



Abbildung 8. Handerkennung und Tracking mittels Tiefenbildkamera

Mit Hilfe dieser Methode ist es möglich schnell die Position des Kartons und die Positionen der Hände der verpackenden Person zu ermitteln, um immer dann ein Foto zu schießen, wenn diese gerade nicht im Blickfeld der 2D-Kamera zu sehen ist.

4.2 KONTROLLE DES PACKPROZESSES

Die Kontrolle des Packprozesses erfolgt mittels einer 2D-Objekterkennung in Kombination mit einer vorgesetzten 3D-Objekterkennung. Die verwendete 2D-Objekterkennung basiert auf der Halcon Bildverarbeitungssoftware der Firma IDS [Hal]. Da der / die Mitarbeiter/in die zu verpackenden Artikel sehr schnell greift und im Karton platziert, muss auch die Objekterkennung sehr schnell von statten gehen. Tests haben ergeben, dass die reine 2D-Objekterkennung hierfür zwischen 0,5 und 1,5

Sekunden benötigt, was in den meisten Fällen zu langsam ist. Verkürzt wird die Verarbeitungszeit, indem mit der Tiefenbildkamera eine Vorauswahl getroffen wird. Ziel ist dabei nicht die Artikel selbst zu erkennen, sondern die Position des Kartons und damit das Interessengebiet einzuschränken. Auf Grund der deutlich einfacheren Datenauswertung der Tiefenbildkamera kann die Position des Kartons innerhalb von 40ms ermittelt werden. In einem weiteren Schritt werden die Eckkoordinaten des Kartons an das 2D-Objekterkennungssystem übermittelt. Da jetzt nur noch ein eingeschränkter Teil Kamerabildes durchsucht werden muss, kann die Verarbeitungszeit um bis zu 50 Prozent reduziert werden.

4.3 MENSCH-MASCHINE SCHNITTSTELLE

Für eine erfolgreiche Protokollierung, siehe Kapitel 4.1, müssen die Hände erkannt und ihre Position bestimmt werden. In Kombination mit auf den Tisch projizierten Steuerelementen, kann die Handerkennung nicht nur für den Protokollierungsprozess, sondern auch als Eingabegerät genutzt werden. Die resultierende Steuerung ist vergleichbar mit einem berührungsempfindlichen Bildschirm.

Die Handerkennung basiert auf einem biometrischen Erkennungsverfahren [Yör-06]. Für die Erkennung werden die äußeren Randpunkte eines Objektes aufgelistet und analysiert. Abhängig von der Auflösung der Kamera und der Entfernung der Hand zur Kamera werden Winkel zwischen, mit einem bestimmten Abstand zueinander, folgenden Randpunkten ermittelt. Je nachdem welche Winkel errechnet werden, ergibt sich dabei ein bestimm-

tes, für eine Hand charakteristisches, Muster. Da es in einigen Fällen jedoch zu Verwechslungen mit anderen Objekten kommen kann, die ähnliche Winkel aufweisen, muss eine weitere Randbedingung implementiert werden. Ein großer Unterschied zu allen auf dem Tisch liegenden Objekten ist, dass der Arm mit der Hand immer von außerhalb des Tisches in das Sichtfeld hineinreicht. Für eine erfolgreiche Handerkennung wird in einem ersten Schritt untersucht, ob am Rand des Sichtfeldes ein Objekt in dieses hineinragt. In einem zweiten Schritt wird mit Hilfe der biometrischen Analyse eruiert, ob es sich bei dem gefundenen Objekt um eine Hand handeln kann. Sind beide Bedingungen erfüllt, ist die Hand sicher erkannt.

Einen weiteren zentralen Punkt der Mensch-Maschine Schnittstelle stellt die digitale projizierte Packliste dar. Unter dem Gesichtspunkt der Reduktion des Papierverbrauchs und der fehlenden Anbindung an eine Datenbank wurde auf eine Packliste in Papierform verzichtet. Ein Vorteil der projizierten Darstellung auf der Tischoberfläche gegenüber einer Darstellung der Packliste auf dem Bildschirm ist, dass das Betrachten durch den Anwender bei diesem keine Ermüdungserscheinungen auslöst. Durch das wiederholte Aufblicken vom Karton zum Bildschirm und wieder zurück, müssen die Augen in kurzen Abständen den Fokus und die Helligkeit anpassen. Dies kann zu einer schnellen Ermüdung der Augen und zu einer Verkrampfung des Nackens führen. Weitere Tests haben ergeben, dass eine Darstellung der Artikel in Form eines Bildes bei ungeübten Mitarbeitern hilfreich sein kann, da das Finden deutlich vereinfacht wird. Trotzdem sollte auf eine Darstellung in Form einer Liste nicht verzichtet werden. Geübte Mitarbeiter schauen nicht nur auf den aktuellen Artikel sondern automatisch auch auf die folgenden. Dadurch wird der Folgeartikel schon mitgesucht, was den Verpackprozess deutlich beschleunigt. Aus ergonomischen Gründen kann die projizierte Packliste, ähnlich einer Papierliste, durch ein Absenken der Hand auf die Liste, auf der Tischoberfläche verschoben werden. Dabei wird die Liste immer so ausgerichtet, dass der untere Teil in Richtung der verpackenden Person zeigt.

Zusätzlich zur Packliste dient der Projektor auch zur Darstellung weiterer Informationen wie zum Beispiel des Kartontyps und des Kartonzustandes. Erkennt das System, dass der Karton geschlossen wird, kann automatisch das passende Etikett gedruckt werden, was zu einer weiteren Vereinfachung der Bedienung und zu einer weiteren Zeitersparnis führt.

Der letzte Punkt der Mensch-Maschine Schnittstelle befasst sich mit der eigentlichen Eingabe von Befehlen. Neben der Möglichkeit die Packliste verschieben zu können, wurden auch Steuerelemente zur einfachen und schnellen Bedienung eingefügt. Die beiden elementaren Knöpfe sind „Weiter“ und „Stop“. Sie befinden sich immer unterhalb der Packliste und sind deshalb einfach zu finden und schnell zu erreichen.

5 MONTAGEASSISTENT

Basierend auf dem Packassistenten wurde der Montageassistent entwickelt. Er beinhaltet eine interaktive Montageanleitung mit Qualitätskontrolle. Der Mitarbeiter wird interaktiv durch jeden einzelnen Montageschritt geleitet. Gemäß Abbildung 9 ist der Arbeitsbereich unterteilt in einen Teilebereich [1] und einen Montagebereich [2]. Das korrekte Bauteil wird im Teilebereich automatisch erkannt und angeleuchtet [3]. Dadurch wird eine Verwechslung der Bauteile und zeitaufwendiges Suchen vermieden. Im Montagebereich werden die Teile nacheinander gemäß der Anleitung [4] montiert. Nach der Qualitätsprüfung des Systems beginnt der Prozess von vorne und das nächste Bauteil wird markiert. Das System dient dazu, neue Mitarbeiter schnell einzulernen und trotzdem ein hohes Maß an Qualität zu gewährleisten.

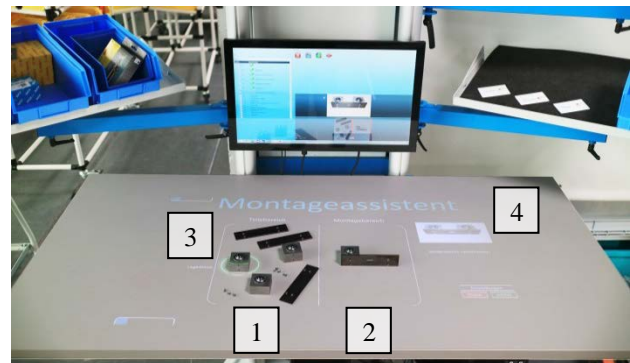


Abbildung 9. Interaktive Montageanleitung mit Qualitätsprüfung

6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme wurde ein Assistenzsystem entwickelt, das den Mitarbeiter durch den Verpackungsprozess lotst, den Prozess protokolliert ohne in die Persönlichkeitsrechte des Mitarbeiters einzugreifen und auf Richtigkeit kontrolliert, ohne den Prozess zu verlangsamen.

Zudem bildet der Packassistent die Grundlage für den Montageassistenten. Eine Weiterentwicklung, die Mitarbeiter interaktiv durch den Montageprozess leitet und mit Hilfe der Objekterkennung sicherstellt, dass korrekt montiert wurde.

Weitere Einsatzmöglichkeiten des Assistenzsystems sind denkbar. So kann er beispielsweise nicht nur dabei helfen den Packprozess zu verbessern, sondern könnte in Zukunft auch als Konsolidierassistent beim Kommissionieren eingesetzt werden.

LITERATUR

- [Ids] IDS Imaging Development Systems GmbH: Kamera
- [Hal] IDS Imaging Development Systems GmbH: HALCON Bildverarbeitung
- [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
- [Yör-06] Yörük E, Konukoglu E, Sankur B, Darbon J (2006): Shape-Based Hand Recognition; IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING VOL. 15, NO. 7

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

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

Thomas Meyer, wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT).

Thomas Meyer studiert seit 2012 Informatik am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Im April 2014 trat er seine Stelle als Hilfswissenschaftler am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme an. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Bildverarbeitung.

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

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