



Konzeption eines vollautomatischen Kleinladungsträgerregals

Bachelorarbeit

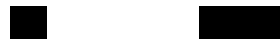
zur Erlangung des akademischen Grades „Bachelor of Science (B.Sc.)“ im Studiengang
Wirtschaftswissenschaften der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität
Hannover

vorgelegt von

Name: Appel



Vorname: Simon-Alexander



Prüfer: Prof. Dr. rer. nat. Michael H. Breitner

Bremen, den 25.11.2016

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VIII
Abkürzungsverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
1.1 Einleitung in die Thematik.....	1
1.2 Problemstellung und Zielsetzung dieser Arbeit.....	2
1.3 Struktur und Aufbau der Arbeit	4
2 Die Logistik des ganzheitlichen Produktionssystems im digitalen Wandel von Industrie 4.0	5
2.1 Produktionssystem und Intralogistik aktuell.....	5
2.2 Die vierte industrielle Revolution: Industrie 4.0 und Smart Factory.....	14
2.2.1 Industrie 4.0 und das Konzept der Smart Factory.....	14
2.2.2 Treiber der Smart Factory.....	22
2.2.3 Technologische Komponenten.....	24
2.2.4 Nutzungspotentiale der Logistik 4.0.....	27
3 Einzelfallstudie: Prozess- und Objektdigitalisierung bei der Daimler AG	30
3.1 Daimler AG und das Mercedes-Benz Werk Bremen.....	30
3.1.1 Die Daimler AG.....	30
3.1.2 Das Mercedes-Benz Werk Bremen und die Bedeutung der Logistik.....	32
3.1.2 Digitalisierung bei Mercedes-Benz Cars	35
3.2 Ausgangssituation	36
3.2.1 Produktionshallenkonstellation.....	36
3.2.2 Automatische Abrufregulierung und eKanban	39
3.2.3 Regalplanung und Informationsflussprozess Ist	42
3.2.4 Regalplanung und Informationsflussprozess Soll-Konzept.....	45
3.3 Motivation zur Entwicklung eines vollautomatischen Kleinladungsträgerregals	48
3.4 Die Vision des vollautomatischen Kleinladungsträgerregals	49
3.5 Regalplanung und Informationsflussprozess mit Einsatz des vollautomatischen Kleinladungsträgerregals	51
4 Konzeption der ersten Umsetzungsphase: Das intelligente KLT-Regal	53
4.1 Automatische Standortermittlung	53
4.1.1 Anforderungen und Schnittstellen	53
4.1.2 Mögliche Technologien	55
4.2 elektronisches Display	61
4.2.1 Anforderungen zur Auszeichnung	61
4.2.2 Datenkommunikation der elektronischen Displays	63
4.2.3 Auswahl möglicher elektronischer Displays	64
4.3 Zwischenfazit.....	68
4.4 Datenqualität und Datenkommunikation	71
4.5 Steuerungs- und Verarbeitungslogik.....	73
4.5.1 Unterstützung der Versorgungsprozesse.....	73
4.5.2 Unterstützung der Veränderungsprozesse.....	77
4.6 autarke Energieversorgung	80

5 Schematische Darstellung des Prototyps des vollautomatischen Kleinladungsträgerregals	81
6 Technologie Akzeptanz Modell.....	83
6.1 Grundlagen und Modell nach Davis	83
5.2 Auswertung und kritische Betrachtung.....	86
7. Analyse des Änderungsmanagements	88
7.1 Ausprägungen des Änderungsmanagements	88
7.2 Zeitwirtschaft Ist	92
8. Möglichkeiten der Erweiterung des Systems des vollautomatischen KLT-Regals.....	96
8.1 Installation einer Wiegemesung	96
8.2 Nutzung einer dynamischen Lagerhaltung	98
8.3 Einbindung von Augmented Reality.....	99
8.4 Vollautomatisierung des KLT-Regals	101
9. Fazit.....	103
9.1 Zusammenfassung.....	103
9.2 Limitation und Ausblick	105
Quellenverzeichnis	107
Anlagen	IX
Ehrenwörtliche Erklärung.....	XIX

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Gestaltungsprinzipien ganzheitlicher Produktionssysteme gemäß VDI 2870.....	5
Abbildung 2	Vergleich der Standardbelieferungsformen Just in Sequence und Just in Time am Beispiel der Automobilindustrie	9
Abbildung 3	Fertigungssteuerung mit Kanban.....	10
Abbildung 4	Vereinfachte Steuerungspyramide zentraler Materialflusssteuerungen	12
Abbildung 5	Komponenten der Industrie 4.0	16
Abbildung 6	Das Internet der Dinge und seine Schnittstellen.....	18
Abbildung 7	Hype Cycle for Emerging Technologies (Gartner 2016)	20
Abbildung 8	Das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0	21
Abbildung 9	Industrie 4.0: The big change	23
Abbildung 10	Daimler Konzernstruktur und Marken 2015.....	30
Abbildung 11	Absatzzahlen Mercedes Benz Cars 2015	31
Abbildung 12	Produktionsdaten Werk Bremen.....	33
Abbildung 13	Logistik als Bindeglied der Kernprozesse des Automobilbaus	34
Abbildung 14	Variantenvielfalt am Beispiel der C-Klasse Limousine	35
Abbildung 15	Schematische Darstellung des Regals (links) und Regal am PVB (rechts).....	37
Abbildung 16	Aufbau der KLT-Sensortechnik innerhalb des Regalkörpers.....	40
Abbildung 17	Sequenzdiagramm zur Datenkommunikation in der automatischen Abrufregulierung zwischen Sensor, Controller/Abrufknopf, MobSy und ERP (AmSupply).....	41
Abbildung 18	Regalplanung aktuell mit Hilfe von Microsoft Excel.....	43
Abbildung 19	Regalplanungs- und Informationsflussprozess IST	45
Abbildung 20	Auszug aus dem Programm "PROplan" zur virtuellen Darstellung der Materialzone	46
Abbildung 21	Übersicht der Daten- und Systemschnittstellen von "iLOG"	47
Abbildung 22	Regalplanungs- und Informationsflussprozess SOLL	48
Abbildung 23	Schematische Darstellung des vollautomatischen Kleinladungsträgerregals .	50
Abbildung 24	Regalplanungs- und Informationsflussprozess mit Einsatz des vollautomatischen Kleinladungsträgerregals	52
Abbildung 25	Beispiel eines Regelkreises.....	54
Abbildung 26	Trilaterationsverfahren	56
Abbildung 27	Vergleich der Ortungssysteme.....	57
Abbildung 28	Ubisense Hardware: Tag (links), Sensor (rechts)	59
Abbildung 29	Schematischer Aufbau der Ortung.....	60
Abbildung 30	Ist-Label zur Regalauszeichnung.....	61
Abbildung 31	Entwurf des Displayinhaltes zu einer Regalauszeichnung	62
Abbildung 32	Display "EE-290" (links), Display "SmartTag HD" (rechts)	66
Abbildung 33	Kommunikationsplattform der Firma Pricer	67
Abbildung 34	Schematische Darstellung eines RFID-Gates an einem KLT-Regal.....	76
Abbildung 35	Entwurf der Applikation	78
Abbildung 36	Schematische Darstellung des modularen Aufbaus eines vollautomatischen KLT-Regals.....	81
Abbildung 37	Technologieakzeptanzmodell (Davis 1989)	84
Abbildung 38	Messmodell zur ersten Umsetzungsphase des vollautomatischen KLT-Regals nach Davis (1989)	85
Abbildung 39	Auswertung der Akzeptanzanalyse.....	86
Abbildung 40	"Phasenmodell und Beteiligte des organisationalen Wandels"	87
Abbildung 41	Geschäftsprozesse des Veränderungsmanagements	91

Abbildung 42 Nutzenanalyse der Einführung elektronischer Displays.....	94
Abbildung 43 Beispiel einer Packvorschrift.....	97
Abbildung 44 Virtuelle Ergänzung der Materialzone (Entwurf).....	100

Abkürzungsverzeichnis

AKL	-	Automatisches Kleinteilelager
AmSupply	-	Automotive Supply
AoA	-	Angel-of-Arrival
AR	-	Augmented Reality
BLE	-	Bluetooth Low Energy
CPPS	-	Cyber Physisches Produktionssystem
CPS	-	Cyber Physisches System
DKE	-	Deutsche Kommission Elektrotechnik
ERP	-	Enterprise Resource Planning
Fifo	-	First in first out
GPS	-	Ganzheitliches Produktionssystem
GSM	-	Global System for Mobile Communication
HTTP	-	Hypertext Transfer Protocol
IaaS	-	Infrastructure as a Service
IKT	-	Informations- und Kommunikationstechnologie
IoT	-	Internet of Things (deutsch: Internet der Dinge)
IPv4	-	Standard Internet Protocol Version 4
IPv6	-	Standard Internet Protocol Version 6
JIS	-	Just in Sequence
JIT	-	Just in Time
KDIM	-	Kleinladungsträgerdimensionierung
KLT	-	Kleinladungsträger
KVP	-	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LTM	-	Ladungsträgermanagement
M2M	-	Machine-Machine-Communication
MBC	-	Mercedes-Benz Cars

MobSy	-	Mobiles System
NFC	-	Near Field Communication
NLC	-	New Lean Concept
OPC UA	-	OLE for Process Control Unified Architecture
PaaS	-	Plattform as a Service
PKW	-	Personenkraftwagen
PoE	-	Power-over-Ethernet
PVB	-	Produktionsversorgungsbereich
RAMI 4.0	-	Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0
RFID	-	Radio Frequency Identification
RSS	-	Received Signal Strength
RTLS	-	Real Time Location System
SaaS	-	Software as a Service
SPS	-	Speicher-Programmierbare-Steuerung
TAM	-	Technologieakzeptanzmodell
TBE	-	Tägliche Bedarfsermittlung
TCP	-	Transmission Control Protocol
TDoA	-	Time-Difference-of-Arrival
UMTS	-	Universal Mobile Telecommunication
UWB	-	Ultra Wideband
VDA	-	Verband der Automobilindustrie
VDE	-	Verband der Elektrotechnik
VDI	-	Verband deutscher Ingenieure
VOD	-	Verbraucherort-Datenpflege
VR	-	Virtual Reality
WIFI	-	Wireless Fidelity
WLAN	-	Wireless Local Area Network

1 Einleitung

1.1 Einleitung in die Thematik

Produzierenden Unternehmen der heutigen Zeit werden so stark wie nie zu vor mit Herausforderungen wie der zunehmenden Individualisierung der Produktion und der daraus resultierend wachsenden Variantenvielfalt der herzustellenden Produkte konfrontiert. Steigende Anforderungen an die Produktion der Zukunft führen dazu, dass die Individualisierung der Produkte stetig anwächst und die zu produzierenden Stückzahlen der einzelnen Produkte im Zuge der Variantenvielfalt sinken. Man spricht dabei von der sogenannten Mass-Customization, der kundenindividuellen Massenproduktion mit dem Zielszenario der „Losgröße 1.“ Die Ansätze der vierten industriellen Revolution bieten die Möglichkeit den aktuellen Herausforderungen effizient zu begegnen. Mit dem Einzug der vierten industriellen Revolution kommt es hierbei zu einer Verschiebung des Produktionsparadigmas, hin zu der Bildung nachhaltiger Wertschöpfungsnetzwerke und der daraus entstehenden Fähigkeit schnell und wirtschaftlich auf die Dynamik innerhalb der Produktionsprozesse zu reagieren.

Für den Wirtschaftsstandort Deutschland ergeben sich durch die vierte industrielle Revolution enorme wirtschaftliche Wachstumspotentiale, die in der Studie „Autonomik Industrie 4.0“ auf ein Plus von 12,5% und ein dementsprechendes Wachstumsvolumen von 153,5 Milliarden Euro bis zum Jahr 2020 branchenübergreifend beziffert werden. Aus der Studie geht weiterhin hervor, dass das Marktpotential auf der internationalen Ebene allein für das Internet der Dinge bis 2025 auf 29 Billionen Euro ansteigen wird. Für den Wirtschaftsstandort Deutschland ist es dabei von großer Relevanz, nicht nur die Vorteile der technologischen Entwicklungen der vierten industriellen Revolution zu nutzen, sondern Vorreiter und Marktführer in wichtigen Industriesegmente zu werden, um so die Spitzenposition im internationalen Vergleich auszubauen.¹ Zentrale Bereiche zu der Erschließung des Marktpotentials sind gemäß der Studie die Sensorik, die Robotik, innovative Produktionssysteme, die Informations- und Kommunikationstechnologie, sowie die Logistik. Auf nationaler Ebene ist vor allem im Bereich Automotive eine erhebliche Steigerung des Marktpotentials zu erwarten. Diese Steigerung wird auf ein Wachstum von 13,6% und ein Volumen von 52,5 Milliarden Euro bis zum Jahr 2020 beziffert.²

Durch qualitativ hochwertige und individualisierte Premiumprodukte hat die deutsche Automobilindustrie eine Führungsposition im internationalen Vergleich.³ Des Weiteren gilt sie

¹ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015): Industrie 4.0, S. 7

² Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015): Industrie 4.0, S. 8

³ Vgl. Huber (2016): Industrie 4.0 in der Automobilproduktion, S. 294

als Innovationsführer für die Entwicklung von Produkten und Prozessen.⁴ Die deutsche Automobilindustrie steht besonders vor den Herausforderungen der Zukunft steigender Individualisierung und der steigenden Variantenvielfalt. Verstärkt wird die steigende Variantenvielfalt zusätzlich durch die Elektromobilität. Allein der Automobilhersteller Daimler hat angekündigt, sein Produktportfolio bis 2025 um zehn Fahrzeuge, die rein elektrisch betrieben werden, zu erweitern.⁵ Bei der steigenden Anzahl an Fahrzeuganläufen und gleichzeitig sinkenden Produktlebenszyklen ergeben sich hohe Anforderungen an bestehende Produktionssysteme.⁶ Mit den steigenden Anforderungen an die Produktionssysteme der Automobilhersteller, bedingt durch die steigende Variantenvielfalt und das Streben nach Flexibilität, steigen gleichzeitig auch die Anforderungen an die Logistik. Die Hauptaufgabe der Logistik ist die Bereitstellung von Materialien, die innerhalb der Produktion benötigt werden. Mit einer steigenden Variantenvielfalt erhöht sich zwangsläufig auch der Umfang der bereitzustellenden Materialien und somit die Komplexität logistischer Prozesse und Systeme. Im besonderen Fokus liegt dabei die Intralogistik, in deren Verantwortung die Produktionsversorgung liegt. Im Rahmen einer digitalen und vernetzten Fabrik, gilt die Intralogistik als „herausragende Anwendungsdomäne der vierten industriellen Revolution.“⁷ Cyber-physische-Systeme, die selbstständig die Steuerung intralogistischer Prozesse übernehmen, bieten das Potential, die Komplexität zu reduzieren und eine effiziente Produktion gemäß den Anforderungen der Zukunft, zu ermöglichen.

1.2 Problemstellung und Zielsetzung dieser Arbeit

„2008 saßen einige Ingenieure im Fraunhofer IML beisammen und überlegten, wie ein ideales intralogistisches System aussähe. Vor ihnen lag ein leeres Blatt Papier. Nach einer Stunde intensiver Diskussion befand sich lediglich die Zeichnung eines Regals am unteren Rand des Papiers. Man war sich einig, dass das Regal auch in Zukunft eine unabdingbare, raumsparende Form des Lagerns darstellt.“⁸

*Prof. Michael ten Hompel,
Institutsleiter des Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik*

Wie in dem Eingangszitat dargestellt, wird dem Regal, als ursprünglichste Form der Lagerung, ein hoher Stellenwert in Bezug auf die zukünftige Entwicklung der Intralogistik beigemessen.

⁴ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016), verfügbar: <https://www.bmw.de/DE/Themen/Wirtschaft/branchenfokus,did=195924.html> (19.11.2016)

⁵ Vgl. Unbekannter Autor: Automobilwoche (29.10.2016), verfügbar: <http://www.automobilwoche.de/article/20161029/AGENTURMELDUNGEN/310299999/herkoemmlische-antriebe-daimler-investiert-milliarden-in-neue-verbrenner> (19.11.2016)

⁶ Vgl. Bauernhansl (2014): Die vierte industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma, erschienen in Bauernhansl et al. (2014): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, S. 13

⁷ ten Hompel und Henke (2014): Logistik 4.0, erschienen in Bauernhansl et al. (2014): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, S. 615

⁸ ten Hompel und Henke (2014), S. 615

9. Fazit

9.1 Zusammenfassung

Die hier vorliegende Arbeit befasst sich inhaltlich mit der Konzeption eines vollautomatischen Kleinladungsträgerregals im Bereich der Intralogistik der Daimler AG, mit besonderem Fokus auf dem Mercedes-Benz Werk Bremen. Das Primärziel dieser Arbeit war dabei die Optimierungspotentiale eines Kleinladungsträgerregals und den damit in Verbindung stehenden Prozessen im Kontext der vierten industriellen Revolution darzustellen und darauf aufbauend eine Empfehlung für die Konzeption jenes Regals zu geben. Diese Konzeption gliedert sich hierbei grundsätzlich in zwei Umsetzungsphasen. Innerhalb der Arbeit liegt der Fokus auf der Beschreibung der Funktionen, der Akzeptanz und des Nutzens einen vollautomatischen KLT-Regals im Rahmen der ersten Umsetzungsphase.

Die Basis der Konzeption eines vollautomatischen KLT-Regals bildete die Literatur zu aktuellen Produktionssystemen, sowie zu Konzepten, Technologien und Visionen zu der Umsetzung der vierten industriellen Revolution, mit einem Fokus auf den Potentialen der Smart Factory. Das Hauptaugenmerk lag dabei auf der Nutzung cyber-physischer Systeme und deren Bedeutung für die Logistik, im speziellen für die Intralogistik. Um die Optimierungspotentiale im Detail zu identifizieren, wurden zunächst die aktuellen Prozesse, welche in Verbindung mit einem KLT-Regal stehen, hinsichtlich möglicher Schwachstellen analysiert. Ergebnis dieser Prozessanalyse war es, dass ein hohes Maß an manuellen Tätigkeiten, insbesondere die manuellen Auszeichnungen von Regallagerplätzen, aufgrund von einer stetig steigenden Anzahl von Veränderungen die Materialbereitstellung betreffend, vorlag. Gleichzeitig kam es aufgrund von Planungsprozessen, die durch verschiedene Abteilungen durchgeführt wurden, zu Medienbrüchen, die bedingt durch die manuellen Tätigkeiten verschärft wurden. Ableitend hieraus ergab sich somit ein Optimierungspotential des Kleinladungsträgerregals, welches durch den Einsatz der Technologien der vierten industriellen Revolution erreicht werden könnte.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Prozessanalyse ergaben sich im Zuge der Untersuchung der ersten Umsetzungsphase des KLT-Regals zwei potenzielle Varianten der Konzeption. Grundsätzlich enthalten beide Varianten die Funktionsbausteine der automatischen Standortermittlung, der Informationsvisualisierung mittels elektronischer Displays, sowie die weitere Unterstützung von Versorgungs- und Veränderungsprozessen.

In einem ersten Szenario wurden dabei Technologien externer Anbieter auf die Funktionsweisen und Integrationsmöglichkeiten in die bestehende Infrastruktur des Mercedes-Benz Werk Bremens untersucht. Dieses Szenario basierte im Wesentlichen auf dem Einsatz

einer Plattformtechnologie eines Lieferanten. Aufgrund der hohen Investitions- und Anpassungskosten, der Bindung an einen definierten Kreis externer Anbieter und eine nicht den Anforderungen des Mercedes-Benz Werk Bremens entsprechende Lösung, wurde sich gegen diese Technologie entschieden. Das zweite Szenario, bei dem die einzelnen Komponenten auf Basis bestehender Infrastruktur eigens entwickelt werden, sodass eine optimale Anpassung der Technologie auf deren Einsatzgebiet stattfinden kann, wurde somit favorisiert. Außerdem wird der Mitarbeiter bei diesem Szenario unmittelbar durch den Einsatz einer eigens konzipierten Applikation in die Veränderungsprozesse eingebunden, sodass dieser als Kontrollinstanz fungieren kann. Unter Einbeziehung verschiedener Anforderungen der jeweiligen Einsatzorte innerhalb der Fabrik eines vollautomatischen Kleinladungsträgerregals und auch im Hinblick auf den Einsatz dieses Systems im globalen Produktionsnetzwerk der Daimler AG kann resultierend aus den Ergebnissen, ein modularer Aufbau der einzelnen Funktionsbausteine mit der Basis einer zentralen Recheneinheit empfohlen werden.

Um die Akzeptanz der Anwender des Systems des vollautomatischen Regals zu untersuchen, wurde aufbauend auf den Ergebnissen eine Technologieakzeptanzanalyse mit Hilfe des Modells nach Davis durchgeführt. Das Ergebnis dieser Analyse besagt, dass die Anwender im Mercedes-Benz Werk Bremen grundsätzlich eine positive Einstellung in Bezug auf das System des KLT-Regals aufweisen.

Des Weiteren ergab eine erste Einschätzung des betriebswirtschaftlichen Nutzens auf Basis einer empirischen Untersuchung der Einsparpotentiale, die eine Implementierung der ersten Umsetzungsphase mit sich bringen würde, dass das System grundsätzlich einen monetären Nutzen generiert. Berücksichtigt wurden in dieser ersten Schätzung allerdings nur die Einsparpotentiale durch den Einsatz elektronischer Displays, welcher vor allem eine Reduzierung der Zeitdauer der Veränderungsprozesse bewirkt. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass der Nutzen des Systems aufgrund seiner Unterstützungsfunktionen weitaus höher liegt. Dieser kann aus wirtschaftlicher Sicht jedoch nicht beziffert werden, da keine Informationen über die Höhe der Entwicklungs- und Anschaffungskosten vorliegen.

Abschließend wurden weitere modulare Funktionsbausteine des Systems des vollautomatischen KLT-Regals vorgestellt und deren Wirkungsbereich und Nutzen beschrieben.

Gemäß der Zielsetzung dieser Arbeit wurde ein Konzept zu der Umsetzung eines vollautomatischen Kleinladungsträgerregals entwickelt, welches den Anforderungen des Mercedes-Benz Werk Bremens entspricht und in diesem Rahmen einen Nutzen generiert. Gleichzeitig erfüllt das System des vollautomatischen Kleinladungsträgerregal die theoretischen Anforderungen eines cyber-physischen Systems, sodass dieses Regal wiederum einen Beitrag zu der Entwicklung eines cyber-physischen Produktionssystems im Rahmen des Smart Factory leistet.

9.2 Limitation und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurden Ableitungen aus Annahmen über Defizite bestehender Prozesse innerhalb des Mercedes-Benz Werk Bremens und Potentiale, die auf Basis von wissenschaftlicher Literatur beschrieben wurden, zugrunde gelegt. Die inhaltliche Präzisierung basiert daher ausschließlich auf den betrieblichen Gegebenheiten des Mercedes-Benz Werk Bremens. Des Weiteren wurde eine Eingrenzung der Prozesse in dem Bereich der Kleinladungsträger vorgenommen. Weitere innerbetriebliche Prozesse, welche ebenfalls die Funktionsweise des Regals beeinflussen, werden nicht in die Betrachtung einbezogen.

Die vorhandene Literatur bietet umfangreiche Darstellungen zu den Visionen und technologischen Komponenten von cyber-physischen-Systemen, die zu der Umsetzung einer Smart Factory im Kontext der vierten industriellen Revolution dienen. Die Literatur beinhaltet weiterhin konkrete Visionen in Bezug auf die Logistik 4.0. Die Rolle der Regale in diesem Kontext wird allerdings nur sehr oberflächlich beschrieben, weshalb die Vorgehensweise zu der Konzeption eines vollautomatischen KLT-Regals anhand des Fallbeispiels der Daimler AG gewählt wird. Anhand der Voraussetzungen und den Anforderungen des Mercedes-Benz Werk Bremens, wurde mit Hilfe der Befragung von Experten ein Konzept entwickelt, welches nicht uneingeschränkt auf weitere Einsatzmöglichkeiten, unter anderem bei anderen Unternehmen, übertragen werden kann. Gleichzeitig ist auch die Aussagekraft dieses Konzeptes in Frage zu stellen, da für Entwicklung eine nicht repräsentative Anzahl von Experten zur Verfügung stand. Eine weitere Limitation ergibt sich somit darin, dass die Handlungsempfehlung zu einem modularisierten Aufbau des vollautomatischen KLT-Regals ausschließlich auf den subjektiven Meinungen der Experten eines einzelnen Unternehmens und der Interpretation des Autors basiert. Somit kann eine einseitige Betrachtung in der Argumentation nicht vollkommen ausgeschlossen werden.

Dennoch bietet das konzipierte KLT-Regal aufgrund seines modularen Aufbaus das Potential einer hohen Skalierbarkeit und Übertragbarkeit auf andere Projekte und Unternehmen der Automobilindustrie, aber auch für Unternehmen anderer Branchen. Außerdem stellt dieses Konzept einen kleinen Baustein der Gesamtvision cyber-physischer Produktionssysteme einer Smart Factory dar.

Um den Nutzen des Gesamtsystems im Rahmen des Einsatzes genauer zu überprüfen, wird die Durchführung weiterer Untersuchungen innerhalb des Unternehmens der Daimler AG empfohlen. Gleiches gilt für die Übertragbarkeit des vollautomatischen KLT-Regals. Um die Limitationen der nicht für alle Unternehmen repräsentativen Ergebnisse dieser Arbeit genauer zu untersuchen, wird empfohlen, weitere Fallstudien in anderen Unternehmen durchzuführen. Somit können weitere Erkenntnisse in das Konzept des vollautomatischen KLT-Regals einfließen, wodurch das Anwendungsspektrum in Form einer branchenübergreifenden Lösung erweitert werden kann.

Fazit

Die Handlungsempfehlung des modularen Aufbaus des KLT-Regals verspricht einen hohen Nutzen, der bisher weder einer konkreten Umsetzung noch einer konkreten Kostenermittlung gegenübergestellt werden kann. Die Herstellung eines konkreten Prototyps und die Durchführungen einer Wirtschaftlichkeitsrechnung bedingt einen weiteren Forschungsbedarf. Des Weiteren ist ein zusätzlicher Forschungsbedarf in der Integration dieses Konzepts in die Gesamtvision cyber-physischer Produktionssysteme im Rahmen der Smart Factory begründet.