



Fakultät für Naturwissenschaften und Technik
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Faculty of Science and Technology

Degree Course

**BACHELOR IN LOGISTIK- UND
PRODUKTIONSINGENIEURWESEN
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA
LOGISTICA E DELLA PRODUZIONE
BACHELOR IN LOGISTICS
AND PRODUCTION ENGINEERING**

**Prozess- und Layoutplanung eines
Werkstückträger-Transfersystems im Smart Mini
Factory Labor**

von / di / by

Daniel Wegleiter

Vor- und Nachname / Nome e Cognome / Name and Surname

Berichterstatter / Relatore / Supervisor

Erwin Rauch

Vor- und Nachname / Nome e Cognome / Name and Surname

Zweitbetreuer / Correlatore / Second Supervisor

Renato Vidoni

Vor- und Nachname / Nome e Cognome / Name and Surname

Akademisches Jahr / Anno Accademico / Academic Year

2018/2019

Prüfungsdatum / Data dell'esame / Exam Date

19/03/2019



Dichiarazione - Erklärung

Il sottoscritto,
Hiermit erkläre ich,

Daniel Wegleiter

(Nome e Cognome / Vor- und Zuname)

nato il 26.05.1992
geboren am

a
in

Meran

dichiara di aver redatto l'elaborato finale in piena autonomia senza avvalersi
die vorliegende Abschlussarbeit eigenständig und ohne fremde Hilfe (mit

della collaborazione di terzi (ad esclusione del relatore). Testi, Informazioni e
Ausnahme des Berichterstatters) angefertigt zu haben. Texte, Informationen

dati, che provengono da fonti esterne sono state debitamente evidenziate
und Daten, die fremden Quellen entstammen, sind als solche durch Zitat

con gli opportuni riferimenti bibliografici.
kenntlich gemacht.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Einführung.....	1
1.2	Motivation.....	2
1.3	Aufbau der Arbeit.....	3
2	Stand der Technik und der Forschung	4
2.1	Grundlagen von Industrie 4.0.....	4
2.1.1	Herkunft und Entstehung von Industrie 4.0.....	8
2.1.2	Industrie 4.0 Konzepte und Technologien für die Smart Factory der Zukunft.....	10
2.2	Trend in Richtung Lernfabriken.....	14
2.2.1	Entstehung und Entwicklung von Lernfabriken.....	14
2.2.2	Das Smart Mini Factory Labor für Industrie 4.0.....	18
2.3	Wandel in Richtung intelligenter Prozess- und Transportlösungen für Industrie 4.0.....	22
2.3.1	Lösungen und Konzepte für Smart Intralogistics.....	22
2.3.2	Dezentrale Steuerungskonzepte in der Fertigung und Montage.....	23
2.3.3	Kategorisierung von intelligenten Transportsystemen.....	26
3	Marktrecherche für Transfersysteme im Smart Mini Factory Labor	30
3.1	Ausgangssituation und Zielsetzung.....	30
3.1.1	Ist-Analyse Layout.....	30
3.1.2	Zu integrierende Ausstattung.....	32
3.1.3	Anwendung von Axiomatic Design zur Ermittlung des Soll-Designs.....	35
3.2	Marktrecherche von Transfersystemen.....	38
3.2.1	Bosch Rexroth AG.....	38
3.2.2	mk Technology Group.....	42
3.2.3	Stein Automation GbmH & Co KG.....	43
3.2.4	IEF Werner GmbH.....	45
3.2.5	Montech Ag.....	47
3.2.6	FF di Falconi – Flexlink.....	49
3.2.7	Broich Systemtechnik GmbH.....	51
3.2.8	Montratec GmbH.....	53
3.2.9	Festo.....	55

3.2.10	Schnaithmann Maschinenbau	56
3.3	Auswahl- und Bewertungsmethodik	58
3.3.1	Auswahl- und Bewertungskriterien	59
3.3.2	Multikriterielle Bewertung und Ermittlung Favoriten	61
3.3.3	Favoriten und Endauswahl	65
4	Detaillierte Prozessplanung zur Integration des Transfersystems	69
4.1	Beispielprodukt Pneumatikzylinder	69
4.2	Ermittlung Soll- Layout	73
4.3	Prozessplanung für die Montagelinie und Materialbereitstellung	79
5	Detaillierte Kostenplanung des ausgewählten Systems	91
6	Gesamtfazit	93
7	Zusammenfassung	94
7.1	Deutsche Fassung	94
7.2	Italienische Fassung	95
7.3	Englische Fassung	96
8	Begriffe, Definitionen und Abkürzungen	97
9	Literaturverzeichnis	98
10	Abbildungsverzeichnis	104
11	Anhang	106

1 Einleitung

Die Einleitung dieser Bachelor-Arbeit lässt sich in drei Teile gliedern: Einführung, Motivation und Aufbau. Damit soll dem Leser ein kurzer Einstieg zum Thema der Arbeit gegeben werden.

1.1 Einführung

Wer kennt ihn nicht, den Begriff „Industrie 4.0“. Mittlerweile ist er bereits in aller Munde bekannt. Nicht nur, weil man sich der Herausforderung Mensch-Maschine irgendwann hätte stellen müssen, sondern vielmehr, weil die 4. Industrielle Revolution bereits voll im Gange ist. Automatisierung und Digitalisierung, Augmented Reality und künstliche Intelligenz sind nur einige zentrale Themen, mit denen sich die heutige Arbeitswelt befassen muss. Um auf dem Markt weiterhin konkurrenzfähig zu bleiben, sind Unternehmen gezwungen, sich den Anforderungen anzupassen. Dazu gehören flexible und wandelbare Produktionsabläufe, optimierte Prozesse, Einsatz von smarten Technologien oder eine digitale Vernetzung. Vorreiter für die Umsetzung dieser Anforderungen sind die so genannten „Smart Factories“. Diese basieren auf den Prinzipien einer vernetzten, intelligenten und optimierten Produktion entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Der Mensch als zentraler Punkt der industriellen Revolution darf dabei nicht außer Acht gelassen werden. Dieser arbeitet Hand in Hand mit den Maschinen und wird somit zunehmend mit neusten Technologien und Geräten konfrontiert. Um den Mensch bestmöglich auf die künftigen beruflichen Herausforderungen vorzubereiten, entstand das Konzept der Lernfabriken. Mithilfe dieser Lernfabriken soll es sowohl Ausbildungs- und Nachwuchskräften ermöglicht werden, sich auf die Anforderungen der Industrie 4.0 vorzubereiten, als auch Fachleuten aus Industrie und Wirtschaft Weiterbildungsmöglichkeiten zu bieten. Auch Schulen und universitäre Einrichtungen befassen sich bereits mit dem Thema und versuchen das Konzept der Lernfabriken, in ihr Ausbildungsprogramm aufzunehmen (Plattform i 40, 2018). Darunter auch die „Freie Universität von Bozen“ mit dem Smart-Mini-Factory-Labor.

Ziel des Labors ist es, verschiedenste Produktionstechnologien und –methoden, aber auch modernste Konzepte im Bereich von Industrie 4.0 zu erforschen und zu simulieren (Smart Mini Factory, 2018). Die unter Industrie 4.0 entstandenen Technologien fanden letztlich vermehrten Einsatz in der Logistik, welches dazu führte, dass der Begriff Logistik 4.0 entstand. Dieser Bereich beschäftigt sich hauptsächlich mit smarterer Intralogistik, flexiblen bzw. autonomen Transportsystemen, aber auch mit intelligenten Werkstückträgersystemen zur Verkettung von diversen Montage- und Produktionsstationen. Die Grundlage von Logistik 4.0 bilden Prozesse und intelligente Objekte, die sich selbst steuern und untereinander kommunizieren. Dafür werden Technologien wie GPS, RFID oder verschiedenste Sensoren eingesetzt (Spath et al., 2013).

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit soll beantwortet werden, wie ein solches intelligentes Werkstückträger-Transfersystem in das bestehende Konzept des Smart Mini Factory Labors der Freien Universität Bozen integriert werden kann.

1.2 Motivation

Das Smart Mini Factory Labor der Freien Universität Bozen bietet Studenten des Studienbereichs Industrie- und Maschineningenieurwesen die Möglichkeit, die während der Vorlesung erlernte Theorie in die Praxis umzusetzen. Außerdem erhalten sie Einblick in die neuen Technologien und Konzepte von Industrie 4.0, um dadurch mit dem Thema vertraut und für die Arbeitswelt vorbereitet zu werden. Für Arbeitskräfte aus Industrie und Wirtschaft bietet das Labor zudem die Möglichkeit, sich in dieser Thematik weiterzubilden bzw. weiterzuentwickeln. Im Zuge der ständigen Weiterentwicklung des Labors entstand die Notwendigkeit der Umsetzung eines Werkstück-Transfersystems, um die derzeitige Laborausrüstung zu erweitern und dadurch neue Möglichkeiten für Forschungs- und Lehrzwecke zu bieten. Um dies in die Praxis umzusetzen bzw. eine erste Konzeptidee zu erstellen, hat die Freie Universität von Bozen den Studenten des Studiengangs für Industrie- und Maschineningenieurwesen die Möglichkeit geboten, dies als Thema für ihren Bachelorabschluss zu verwenden.

Die größten Herausforderungen bei der Umsetzung des Projekts bestehen einerseits in der Beibehaltung der Flexibilität des Transfersystems im Falle einer Einführung eines neuen Produkts entlang der Montagelinie und andererseits in der Berücksichtigung der Anforderungen im Sinne eines Industrie 4.0 Labors.

Eine weitere Herausforderung besteht darin, ein Konzept zu entwickeln bzw. ein Soll-Layout zu entwerfen, das in die vorhandene Struktur des Labors integriert werden kann und eine flexible Verkettung der einzelnen Arbeitsstationen gewährleistet. Dabei müssen verschiedene Faktoren wie Ergonomie am Arbeitsplatz, Arbeitssicherheit, technische Umsetzbarkeit usw. berücksichtigt werden.

Eine weitere Schwierigkeit liegt in der Recherche der möglichen Systemanbieter und letztendlich in der Bewertungsmethodik bzw. -auswahl der Anbieter selbst und deren Angebote.

Im Sinne dieser Arbeit soll nicht nur ein Transfersystem und eine reine Verkettung der einzelnen Arbeits- und Montagestationen erreicht werden, sondern ein Montageprozess für ein konkretes Beispielprodukt (Pneumatikzylinder) geplant werden. Dadurch soll veranschaulicht werden, welche Möglichkeiten mit diesem System auch zukünftig geboten werden können und wie das Zeitalter Industrie 4.0 die Produktionssysteme beeinflusst.

1.3 Aufbau der Arbeit

Stand der Technik

In diesem Kapitel werden die grundlegenden Begriffe, Technologien und Konzepte von Industrie 4.0 beschrieben. Der Leser erhält einen Überblick über die Lernfabriken und deren Entstehung. Außerdem wird kurz auf den Wandel in Richtung intelligenter Prozess- und Transportlösungen eingegangen.

Marktrecherche

In diesem Kapitel wird die Ausgangssituation bzw. das Ist-Layout des Smart-Mini-Factory-Labors erläutert. Zudem wird eine Marktrecherche über die möglichen Lieferanten und Systemanbieter durchgeführt und schlussendlich die Bewertungsmethodik und -auswahl ermittelt.

Prozessplanung

In diesem Kapitel wird das Soll-Layout ermittelt und erklärt, wie das Beispielprodukt, ein Pneumatikzylinder, mithilfe einer Prozessplanung in das Transportsystem eingebunden werden kann.

Kostenplanung

In diesem Kapitel wird eine detaillierte Kostenplanung des ausgewählten Systems durchgeführt.

2 Stand der Technik und der Forschung

In diesem Abschnitt wird eine Literaturrecherche über den aktuellen Stand der Technik und Forschung durchgeführt. Unter anderem werden die Grundlagen von Industrie 4.0 definiert und ihre Herkunft beschrieben. Die Smart-Factory mit deren Technologien und Konzepten spielt dabei eine zentrale Rolle. Ein aktueller Trend geht hin in Richtung moderner Lernfabriken wie jene der Freien Universität von Bozen. Außerdem findet ein Wandel der Prozess- und Transportsysteme im Sinne von Industrie 4.0 statt, in dem diese „intelligent“ bzw. „smart“ werden.

2.1 Grundlagen von Industrie 4.0

Unter dem Begriff Industrie 4.0 versteht man die vierte industrielle Revolution. Dieser Begriff wurde von der Akademie der Wissenschaften, kurz Acatech, in Zusammenarbeit mit den Verbänden VDMA, ZVEI BITKOM, verschiedensten Forschungseinrichtungen und diversen deutschen Industrieunternehmen im Jahr 2011 konzipiert. Ziel dieser Initiative ist es, Deutschlands Wettbewerbsfähigkeit zu stärken (Kaufmann, 2005). Dennoch ist der Begriff Industrie 4.0 relativ weitläufig. Acatech hat länderübergreifend 147 Fachkräfte befragt, um zu erfahren, was sie mit dem Begriff Industrie 4.0 verbinden. Das Umfrageergebnis ist in folgender Abbildung ersichtlich.

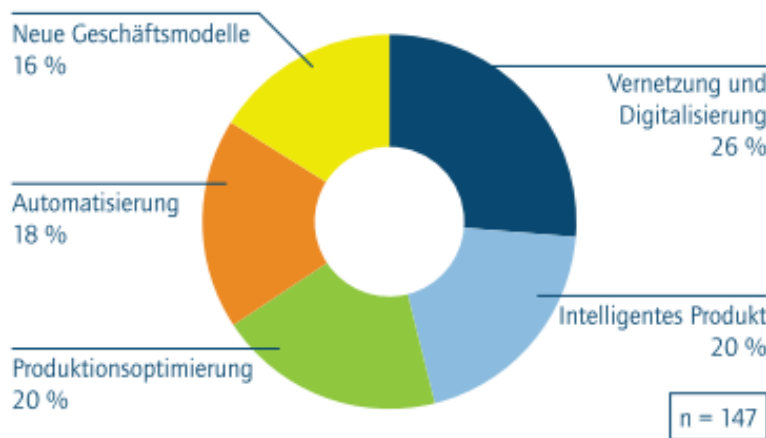


Abbildung 1: Verständnis von Industrie 4.0 (Acatech, 2018)

Den Grundbaustein von Industrie 4.0 bilden intelligente Maschinen, Objekte, Geräte und Anlagen, welche mit Hilfe einer eindeutigen Identität, verschiedensten Sensoren, Steuerungen und durch Einsatz einer Software zu sogenannten intelligenten Objekten werden. Diese werden auch als „cyber physische Systeme“ bezeichnet (Kaufmann, 2005). Die Weitergabe der Daten zwischen den jeweiligen Maschinen erfolgt über einen automatisierten Datenaustausch und wird als M2M bezeichnet (Glanz und Büsgen, 2013). Um diese Datenübertragung zu ermöglichen, werden die Maschinen oder auch das IT- System an eine globale Netzwerkinfrastruktur angeschlossen und können über das sogenannte „Internet der Dinge“ gesteuert und überwacht werden. Aufgrund der enormen Anzahl an verbauten Sensoren werden Unmengen an Daten

gesammelt, welche es zu verwalten vermag. Hierbei spricht man von Big Data. Die Schwierigkeit besteht darin, diese große Datenmenge zu sammeln und den Daten eine gewisse Bedeutung zuzuordnen, um daraus einen Mehrwert zu erhalten. Aus diesem genannten Grund spricht man auch von Smart Data (Acatech, 2014). Ein weiteres Konzept von Industrie 4.0 ist die Verwendung von selbstlernenden Systemen. Dies sind Systeme, welche Zusammenhänge selbstständig erkennen und eine künstliche Intelligenz besitzen (Bauernhansel et al., 2014).

Industrie 4.0 bietet umfangreiche Vorteile, unter anderem ermöglicht es (Acatech, 2013):

- Individualisierung der Kundenwünsche bei Design, Konfiguration, Planung und Produktion. Die Produktion von Kleinstmengen bzw. der Losgröße eins wird rentabel.
- Flexibilisierung durch CPS Vernetzung und somit dynamische Gestaltung der Geschäftsprozesse.
- Optimierte Entscheidungsfindung durch Echtzeit Datenerfassung.
- Hohe Ressourcenproduktivität und Effizienz durch Verwendung von CPS.
- Industrie 4.0 schafft neue Formen von Beschäftigung und Wertschöpfung und ermöglicht ein Potential für die Entwicklung von B2B Services für Industrie 4.0.
- Mit Hilfe einer Mensch-Maschine Kollaboration entstehen neue Möglichkeiten, um vom demografischen Wandel zu profitieren.
- Wettbewerbsfähigkeit in einem Hochlohnstandort.
- Verbesserung des Work Life Balance.

In folgenden Abbildungen (Abb. 2-4) sind weitere, jedoch durchaus interessante Umfrageergebnisse einer Acatech Studie ersichtlich.

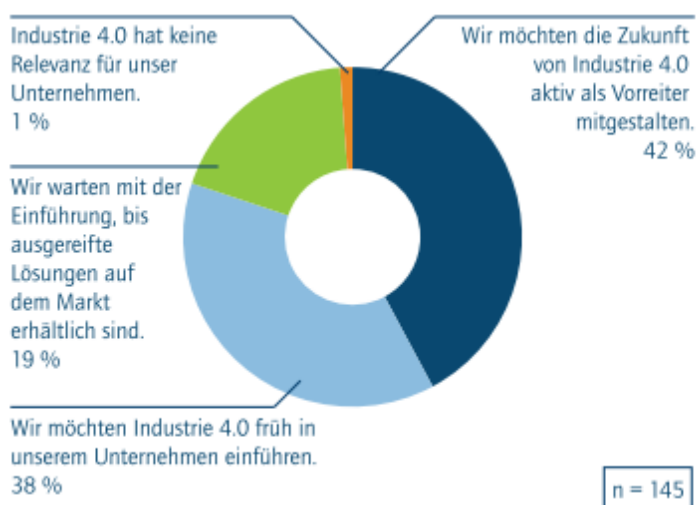


Abbildung 2: Bedeutung von Industrie 4.0 im eigenen Unternehmen (Acatech, 2018)

2 - Stand der Technik und der Forschung

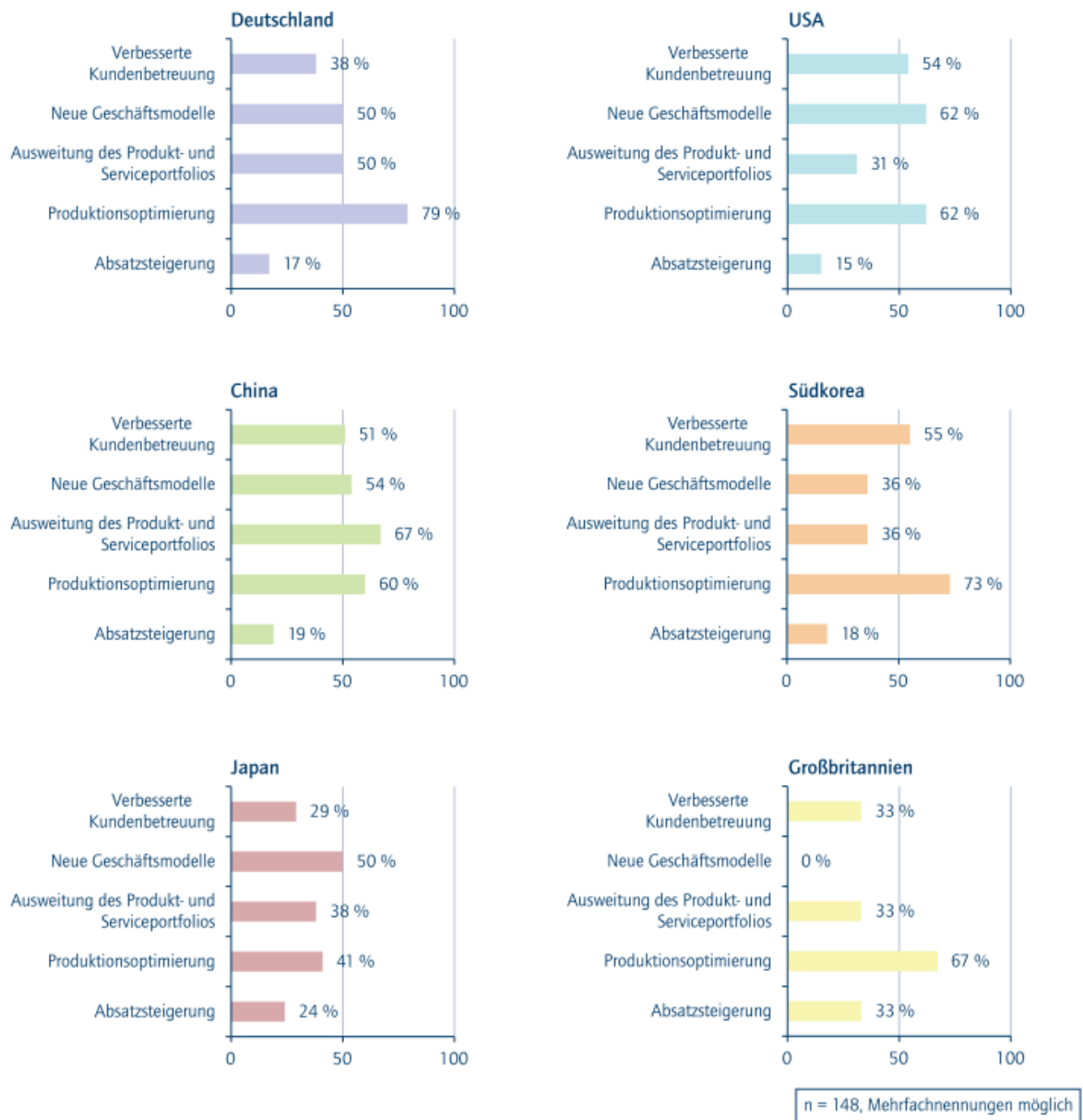


Abbildung 3: Chancen von Industrie 4.0 (Acatech, 2018)

2 - Stand der Technik und der Forschung

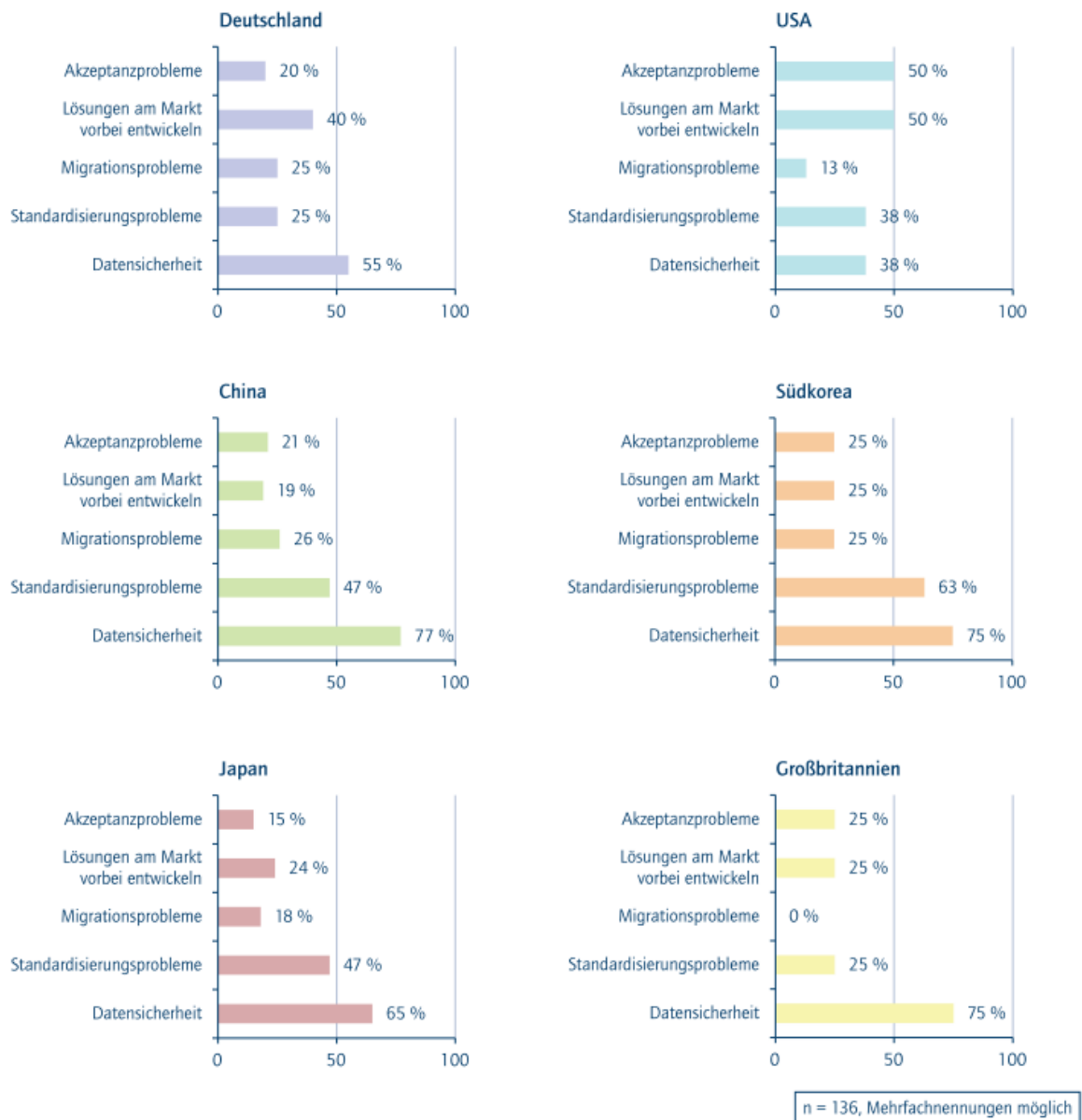


Abbildung 4: Risiken von Industrie 4.0 (Acatech, 2018)

2.1.1 Herkunft und Entstehung von Industrie 4.0

Um die Herkunft und die Entstehung des Begriffes Industrie 4.0 zu klären, muss zunächst ein Blick in die Vergangenheit getätigt werden. Das Zeitalter der Industrialisierung beginnt um 1750 mit der ersten Industriellen Revolution, welche durch eine Mechanisierung, der Nutzung der Wärmekraft und der Optimierung der Dampfmaschine geprägt ist. Dank dieser Erfindungen wurden 1769 durch James Watt die ersten Fabriken unabhängig von Naturenergieformen errichtet (Ziegler, 2005; Dombrowski, et al., 2012; Acatech, 2013). Zudem war es nun möglich, mit Hilfe der Dampfkraft, das Transportsystem in Form von Dampfschiffen und Eisenbahnen auszubauen. Dies ermöglichte es, die Bevölkerung vermehrt mit Nahrung und Kleidung zu versorgen, welches zu einer regelrechten Bevölkerungsexplosion führte. Die Dampfkraft hatte zudem Einfluss auf die Herstellung von Grundversorgungsgütern, indem sie deren Produktivität drastisch verbesserte (Diamond, 2005). Eine solche Revolution hat auch Einfluss auf die Gesellschaftsstruktur. Während der ersten industriellen Revolution kam es dazu, dass das klassische Handwerk und die Landwirtschaft zurückgingen und neue Arbeiterschichten entstanden. Dies waren insbesondere die Fabrikarbeitschaft und die Fabrikbesitzer. Während der ersten industriellen Revolution führte es dennoch zu Problemen. In den Fabriken kann es vermehrt zu Kinderarbeit, die Fabrikarbeiter wurden regelrecht ausgebeutet und mussten unter miserablen Arbeitsbedingungen arbeiten (Bartel, 1969).

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts, mit der Entwicklung des Dynamos als Stromgenerator durch Thomas Alva Edison, wurde bereits die zweite industrielle Revolution eingeleitet. Diese Elektrifizierung ermöglichte es erstmals, Fließbänder in der industriellen Fertigung zu verwenden und die verschiedensten Anlagen in den Fabriken zu verketteten (Ziegler, 2005; Dombrowski, et al., 2012; Acatech, 2013). Zu dieser Zeit kam es gleichzeitig zur Entwicklung elektrischer Antriebe und Verbrennungsmotoren. Das Erdöl bekam in der chemischen Industrie eine immer größer werdende Bedeutung und wurde erstmals als Treibstoff für Fahrzeuge eingesetzt (Hahn, 2005). Während der zweiten industriellen Revolution kam man auch zur Erkenntnis, dass Fabrikarbeiter nicht weiter ausgebeutet werden dürfen, sondern Recht auf verbesserte Arbeitsbedingungen hätten (Erber und Hagemann, 2012).

Eine Weiterentwicklung im Bereich der Informationstechnologie und der Elektronik führte schließlich zur dritten industriellen Revolution. Fokus hierbei war die Automatisierung (Ziegler, 2005; Dombrowski, et al., 2012; Acatech, 2013). Eine Automatisierung der Produktionsprozesse ermöglichte es einerseits zu rationalisieren, andererseits war es nun möglich eine variantenreiche Serienproduktion zu erreichen. Durch eine Weiterentwicklung im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien, aber auch durch das Internet, kam es zu einer weltweiten Verfügbarkeit von Wissen (Erber und Hagemann, 2012).

Die genannten allgemeinen industriellen Revolutionen können zudem auch in industrielle Revolutionen der Automobilindustrie unterteilt werden. Unter die erste industrielle Revolution fallen die Einführung der Fließfertigung und der Taylorismus. Ein Beispiel hierfür ist die Massenproduktion bei Ford, welche es ermöglichte, die Kosten zu senken und die Durchlaufzeiten zu verkürzen. Diese wurde durch die Produktion von Standardprodukten, Einführung von Transport- und Montagebändern und einer Neuordnung der Mitarbeiter und Werkzeuge entlang der Montagelinie erreicht (Womack et al., 1991). Der Taylorismus wurde Ende des 19. Jahrhunderts von Frederik Winston Taylor aufgrund eines Mangels an qualifizierten Arbeitskräften

entwickelt und bildete somit den Grundstein des Denkens in der Produktion des 20. Jahrhunderts (Bullinger und Warnecke, 2003). Taylor erkannte, dass durch Rationalisierung der Arbeit eine Produktivitätssteigerung in der vorindustriellen Werkbankfertigung, bei welcher in der Regel ein Mitarbeiter an einem Arbeitsplatz sämtliche Arbeitsschritte verrichtet, erreicht werden kann. Ziel des Taylorismus war es, die Rationalisierung und Vermeidung von Arbeitszeitverschwendung zu erreichen. Um dies umzusetzen, wurden Methoden wie eine Arbeitsteilung, Vorgabe optimaler Bearbeitungszeiten, Einzelarbeit aber auch Prämienlöhne eingeführt. Die 4 Prinzipien des Taylorismus lauten (Taylor, 1919):

- Definition bzw. Beschreibung aller Arbeitselemente und Ableitung von Regeln.
- Die Arbeiter werden durch deren Vorgesetzten den Arbeiten zugeordnet und geschult.
- Mitarbeiter werden bei der Verbesserung der Arbeitsabläufe beteiligt.
- Die Arbeitslast wird aufgeteilt und es wird versucht, eine Kooperation zwischen dem Management und den Arbeitern zu erreichen.

Die zweite Revolution in der Automobilindustrie beginnt mit der Entwicklung des Toyota Produktionssystems, kurz TPS (Womack et al., 1991). Der Toyotismus entstand nach dem zweiten Weltkrieg bei Toyota aufgrund von fehlendem Kapital für Investitionen in automatisierten Produktionsanlagen und aufgrund der Tatsache, dass der japanische Markt eine hohe Produktvielfalt bei kleinen Stückzahlen forderte (Liker, 2014). Nach einer Forschungsreise, bei welcher Firmeninhaber Eiji Toyota zu Ford in die USA reiste, erkannte er, dass die von Ford angewandten tayloristischen Grundgedanken nicht direkt auf die japanische Industrie übertragen werden konnten (Bullinger und Warnecke, 2003). Dies führte zur Einführung des TPS, mit dem Ziel der Verschwendungsvermeidung, der Einführung kleiner Losgrößen, der Reduzierung des Lagerbestandes und des Erreichens von höchster Qualität bei geringstmöglichen Kosten. Dazu dienten Prinzipien wie „Just in Time“, das „Pull-Prinzip“ oder auch „Kanban“ (Shingo, 1992).

Welche Themen unter die dritte industrielle Revolution der Automobilindustrie fallen ist noch nicht klar definiert. Eine Möglichkeit ist es, die digitale Fabrik als dritte Revolution festzulegen (Haller und Schiller, 2002). Eine andere Möglichkeit hingegen ist es, sie als den Umgang mit einer hohen Variantenvielfalt über die gesamte Wertschöpfungskette zu bezeichnen (Hüttenrauch und Baum, 2008).

Die darauffolgende Revolution ist die so genannte vierte industrielle Revolution, welche auch besser bekannt ist als „Industrie 4.0“ (Kaufmann, 2005).

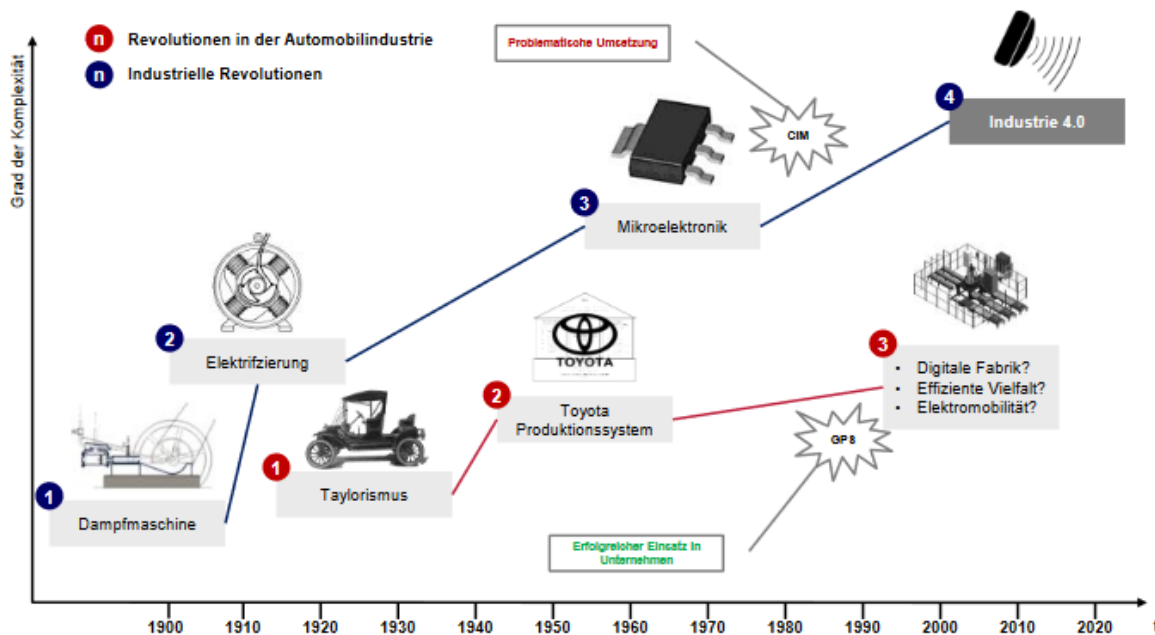


Abbildung 5: Die industriellen Revolutionen (Acatech 2013; Womack et al.,1991; Ziegler 2005; Dombrowski und Wagner, 2014 a) (VDI 2870-1,2012)

2.1.2 Industrie 4.0 Konzepte und Technologien für die Smart Factory der Zukunft

Die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften dient als Beratungsstelle für Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft und präsentiert ihre Projekte in Form von Publikationen und Veranstaltungen. Die Akademie besteht aus zahlreichen Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen aus den Bereichen des Ingenieurwesens, den Naturwissenschaften, der Medizin und aus den Geistes- und Sozialwissenschaften. Finanziert wird sie von privaten und öffentlichen Mitteln. Am 8. April 2013 wurde der Abschlussbericht über die Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 des Arbeitskreises Industrie 4.0 veröffentlicht. In diesem Bericht wurde unter anderem deren Vision von Industrie 4.0 dokumentiert. Es geht darum, dass das Internet der Dinge in allen Bedarfsfeldern eingesetzt werden kann und somit Veränderungen in der Energieversorgung mit sogenannten „smart Grids“, in neuartigen Mobilitätskonzepten, der sogenannten „smart Mobility“, aber auch in der Gesundheit und der Pflege, „smart Health“, mit sich bringen wird. Ein weiterer wichtiger Baustein ist die intelligente Fabrik, welche auch als „smart Factory“ bezeichnet wird. Ziel dieser ist es, eine Fabrik zu schaffen, welche weniger stör anfällig ist, Komplexität beherrscht und eine höhere Produktivität bzw. Effizienz ermöglicht. In der Fabrik der Zukunft werden die Produkte eine künstliche Intelligenz besitzen und somit den Fertigungsprozess unterstützen. Diese „smart Products“ enthalten zum Beispiel Informationen über die nachfolgenden Fertigungsprozesse oder auch über den Auslieferungsort und -datum. Somit ist es möglich, das Produkt jederzeit zu identifizieren und zu lokalisieren. Da das Produkt bereits Wissen über den Herstellungsprozess verfügt, kann es gewissermaßen eigenständig die jeweiligen Produkti-

onsstationen ansteuern. Das ermöglicht es, dass eine vollkommen neue Wertschöpfungskette entsteht und neue Geschäftsmodelle entwickelt werden können.

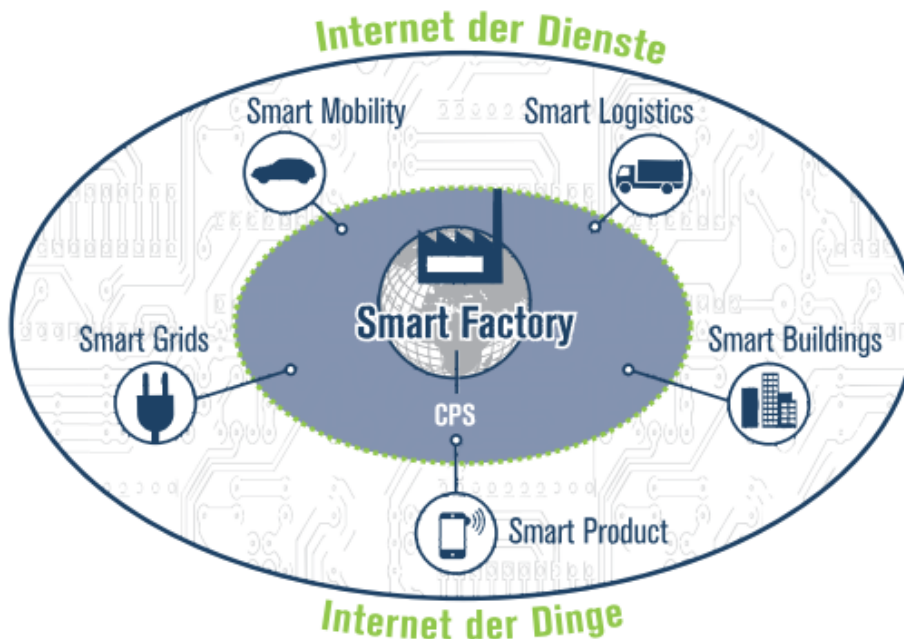


Abbildung 6: Smart Factory als Teil des Internet der Dinge und Dienste (Acatech, 2013)

Eine derartige Digitalisierung bis hin zur Umsetzung von Industrie 4.0 geschieht jedoch nicht von heute auf morgen, sondern ist ein langwieriger, schrittweiser Prozess. Bei der Umsetzung spricht man von horizontaler und vertikaler Integration. Unter Ersterem versteht man die Integration von verschiedensten IT-Systemen auf horizontaler Ebene, das heißt, von Prozessschritten in der Produktion, zwischen denen Material und Informationsflüsse verlaufen, sei es innerhalb des Unternehmens, als auch über mehrere Unternehmen hinweg. Von vertikaler Integration hingegen spricht man bei der Integration von IT-Systemen auf den verschiedenen Hierarchieebenen. Diese reichen von der Steuerungs- bis zur Unternehmensplanungsebene.

Ein weiteres Phänomen, das in Deutschland auftritt, ist der demografische Wandel. Deutschland ist neben Japan das Land mit der zweitältesten Bevölkerung und hat ein Durchschnittsalter der erwerbstätigen Personen von Mitte 40. Zudem herrscht ein Fachkräftemangel und die Zahl der jungen Erwerbstätigen nimmt zunehmend ab. Um die Produktivität trotzdem hoch zu halten bzw. zu steigern, können auch hier Aspekte von Industrie 4.0 angewendet werden. Eine wesentliche Rolle spielt dabei der Paradigmenwechsel in der Mensch-Umgebung und Technik-Mensch-Interaktion. Dabei werden Arbeitskräfte von Assistenzsystemen, Sensorik, bedienungsfreundlichen Oberflächen und neuartigen kollaborativen Technologien unterstützt. Auch das Bildungswesen wird mit neuen Herausforderungen konfrontiert, da für Beschäftigte angepasste Lernmodelle angeboten werden müssen.

CPS Plattformen werden in jener Art entstehen, dass sie in der Lage sind, Geschäftsprozesse und Netzwerke zu unterstützen und auf die Bedürfnisse der Smart Factory zugeschnitten werden können. Diese auf Service basierten Echtzeit-Plattformen bieten eine vollständige, verlässliche und sichere Abdeckung der Geschäftsprozesse, unterstützen mobile Endgeräte, kollaborative Produktions-, Dienstleistungs- und Prognoseverfahren und punkten mit einer simplen Verteilung und Inbetriebnahme.

Die Integration bzw. Anwendung dieser neuen Systeme und Technologien führt jedoch auch zu Problemen, die es zu überdenken gibt. Insbesondere Themen wie Vertrauen, Echtzeitanalyse, Verlässlichkeit, Sicherheit, Konvergenz der Betriebssysteme und Prognose müssen überarbeitet werden.

Der Weg zu Industrie 4.0 wird in diesem Abschlussbericht als ein evolutionärer Prozess beschrieben, welcher in Unternehmen mit verschiedener Geschwindigkeit umgesetzt werden wird. Anfang 2013 haben die Verbände BITKOM, VDMA und ZVEI eine Umfrage über die Perspektive von Industrie 4.0 durchgeführt, dessen Ergebnis in folgender Abbildung ersichtlich ist.

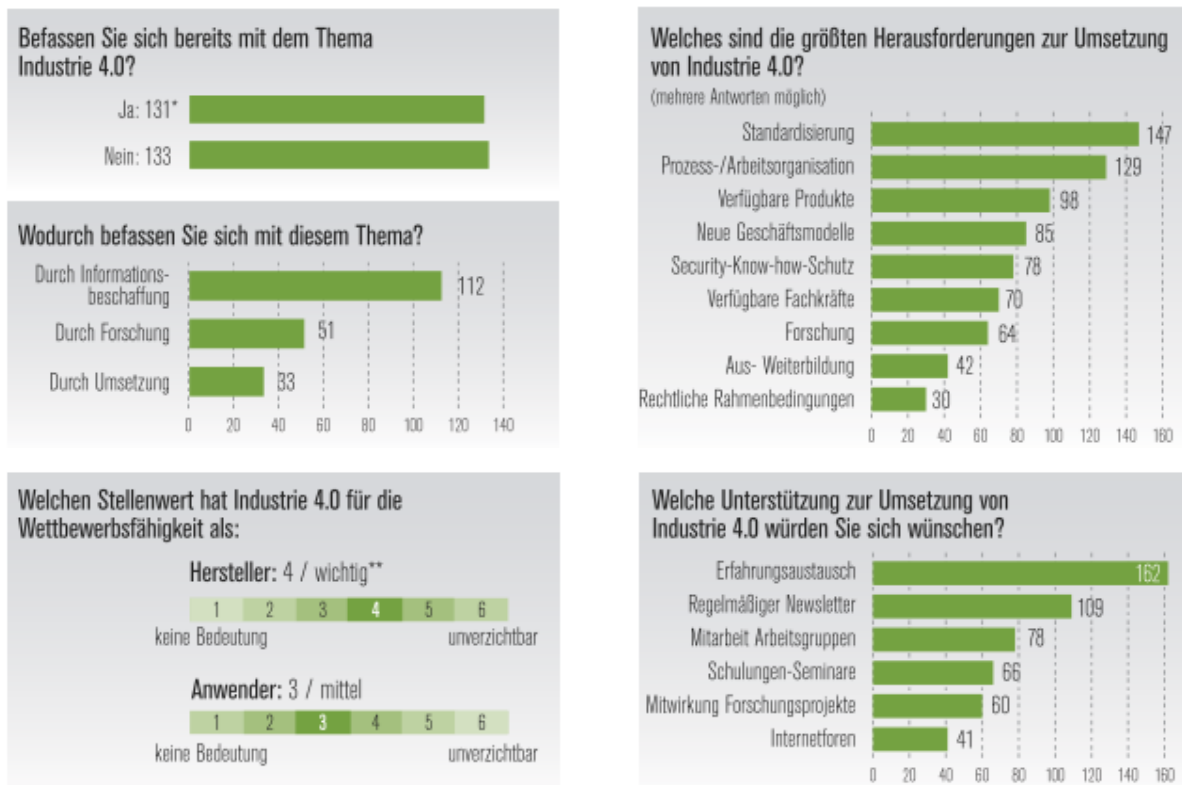


Abbildung 7: Ergebnisse der Tendenzbefragung (BITKOM, VDMA, ZVEI, 2013)

An dieser Umfrage beteiligten sich rund 278 Unternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau, worunter 205 der befragten Unternehmen weniger als 500 Mitarbeiter beschäftigten. Zudem erwähnt der Arbeitskreis für Industrie 4.0 eine duale Strategie in der Umsetzung von Industrie 4.0 Konzepten. Diese gliedert sich in einen Leitmarkt und eine Leitanbieterschaft. Unter Ersteres fällt der Einsatz von CPS Systemen in der Produktion und Letzteres beschäftigt sich mit dem Verkauf von CPS-Technologien und Produkten zur Stärkung der deutschen Ausrüsterindustrie.

Dennoch sieht der Arbeitskreis für Industrie 4.0 einen hohen Forschungsbedarf vor, welcher weitgehend in den Unternehmen selbst erfolgen wird. Zudem hat eine Gruppe von deutschen und internationalen Industrieunternehmen in Zusammenarbeit mit öffentlichen Institutionen den „Academy Cube“ gegründet. Dieser hat das Ziel, sowohl Fachkräften, als auch Akademikern eine Qualifizierung in Form einer Cloud basierten Plattform zu bieten und erste Kontakte zwischen Unternehmen und Arbeitssuchenden zu knüpfen. In folgender Abbildung ist ein Vergleich des Umsatzes im Maschinenbau unterschiedlicher Länder ersichtlich.

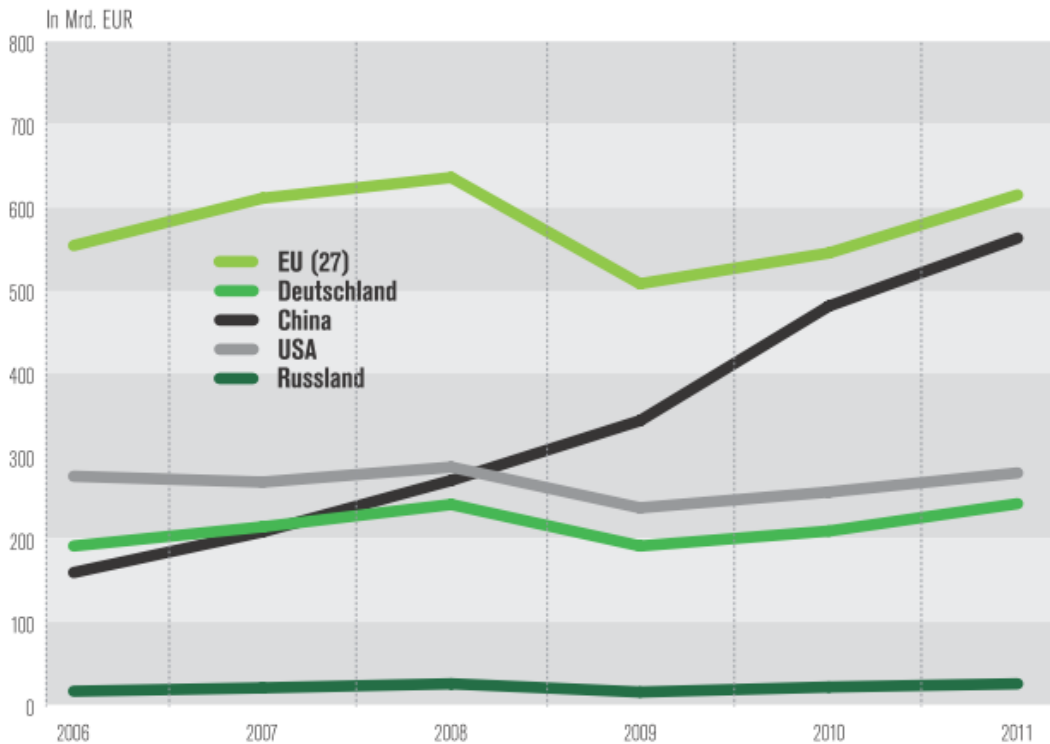


Abbildung 8: Umsatz im Maschinenbau (VDMA, 2012)

Im internationalen Vergleich ist ersichtlich, dass Deutschland immer noch eines der führenden Länder im Maschinenbausektor ist, jedoch massiv unter der Wirtschaftskrise in den Jahren 2008 – 2009 zu kämpfen hatte. Zudem fällt auf, dass vor Allem China enorme Anstrengungen unternimmt, um im Maschinenbausektor technologisch gesehen aufzuholen und seine Marktposition auszubauen. Laut dem 12. Fünfjahresplan (2011 – 2015) soll eine Abhängigkeit von ausländischen Unternehmen reduziert und eine globale Technologieführerschaft erreicht werden. Um dies zu erreichen, werden liquide Mittel, Subventionen, Steuererleichterungen und weitere Zuschüsse zur Verfügung gestellt. Der Fokus liegt bei intelligenten Steuerungssystemen, intelligenten Fertigungsanlagen und dem Internet der Dinge, über welches jährlich eine Konferenz stattfindet. Auch die USA beschäftigt sich wieder vermehrt im Maschinenbausektor, mit dem Ziel, neue Arbeitsplätze zu schaffen und die Produktion in die USA zurück zu verlagern. Unter Obama wurde zum Beispiel die AMP (Advanced Manufacturing Partnership) gegründet, mit dem Ziel, neue Technologien im Engineering Bereich zu entwickeln. Der Bereich der CPS und das Internet der Dinge werden seit 2006 staatlich gefördert und es wird zunehmend Kapital für Produktionsforschung zur Verfügung gestellt. Auf EU Ebene wird die Erforschung des Internets der Dinge verstärkt gefördert und es gibt bereits mehrere Initiativen, dies in die industrielle Produktion zu integrieren. Unternehmen wie Siemens oder SAP sind in diesen Initiativen beteiligt.

Zusammenfassend kann man erkennen, dass neben Deutschland auch in anderen Ländern die Initiative ergriffen wird, das Internet der Dinge in die Produktion zu integrieren und verstärkt Investitionen getätigt werden (Acatech, 2013).

2.2 Trend in Richtung Lernfabriken

Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über das Konzept und die grundsätzliche Idee, die hinter einer Lernfabrik steht. Einleitend wird erläutert, wie es zu der Entstehung von Lernfabriken kam und weshalb die Notwendigkeit zur Errichtung von Lernfabriken in letzter Zeit unter Industrie 4.0 stetig gestiegen ist (Acatech, 2013). Anschließend werden diverse Ziele einer Lernfabrik aufgelistet und ein Einblick in bereits bestehende Einrichtungen gewährt. Ferner wird noch detailliert über das Smart Mini Factory Labor für Industrie 4.0 der Freien Universität Bozen berichtet.

2.2.1 Entstehung und Entwicklung von Lernfabriken

Die Industrie steht laufend neuen Herausforderungen gegenüber. Diese reichen von der Integration von neuen Technologien, bis hin zum demografischen Wandel. Unter Ersteres fällt in letzter Zeit vor allem der Übergang zu einem selbstlernenden, dezentralen und echtzeitfähigen Cyber-physischen-Produktionssystem. Damit Unternehmen im Zeitalter der Digitalisierung überleben können, müssen diese vor allem die Fähigkeit besitzen, sich schnellstmöglich an neue Marktsituationen anzupassen. Diese Fähigkeit ist hauptsächlich von den Mitarbeitern abhängig und deren Fähigkeit, selbstständig mit neuen Herausforderungen zurecht zu kommen und kreative Lösungen zu finden (Abele und Reinhart, 2011; Adolph et al., 2014). Herkömmliche Lernmethoden im Produktionsbereich zeigen diesbezüglich noch Schwächen (Cachay et al., 2012). Um diesen Herausforderungen gewachsen zu sein, müssen neue Lernmethoden entwickelt werden, die es ermöglichen, den Lernprozess zu modernisieren, indem dieser näher in eine realistische Industriepraxis eingebunden wird. Dabei geht es unter anderem auch darum, dass neue Methoden und Technologien im Industriebereich gelehrt werden und dadurch die Fähigkeiten junger Ingenieure zu fördern (Deloitte, 2012). Universitäten, aber auch Ausbildungszentren werden diesbezüglich mit neuen Herausforderungen konfrontiert, indem sie ihr Bildungsprogrammkonzept anpassen müssen. Ein Konzept, das aus diesem Kontext entstanden ist, ist jenes der Lernfabriken. Der Begriff der „learning factory“ wurde erstmals 1994 von der National Science Foundation in den USA verwendet, welcher eine Vereinigung ernannte, um genau so eine Lernfabrik zu entwickeln (Jorgensen et al., 1995). In letzter Zeit wurden auch in Europa vermehrt Lernfabriken errichtet, um mehr praktisches Wissen zu vermitteln (Wagner et al. 2012). Diesbezüglich wurde 2014 eine „CIRP Collaborative Working Group on Learning Factories“ gegründet. Ziel dieser Organisation ist es (Abele et al., 2014).:

- Global an Themen hinsichtlich Lernfabriken zu forschen.
- Ein gemeinsames Verständnis für Begriffe in diesem Kontext zu schaffen.
- Wissen im Stand der Technik von Lernfabriken zu sammeln.
- Die Zusammenarbeit zwischen Industrie- und Bildungseinrichtungen zu stärken.
- Einen Überblick über die Basics, dem Stand der Technik aber auch über zukünftige Herausforderungen und Forschungsfragen aufzuzeigen.

Seit der Entstehung der ersten Lernfabrik gibt es zahlreiche Definitionen einer Lernfabrik. Eine der ersten Definitionen ist aus dem Jahr 1995 und beschreibt die Lernfabrik als eine Einrichtung für Produkt- und Prozessrealisierung, welche für akademische Zwecke genutzt werden kann (Jorgensen et al., 1995). Die Autoren Abele, Tenberg, Wennermer und Cachay basieren deren Definition auf nahezu denselben Annahmen, fügen jedoch hinzu, dass eine Lernfabrik realitätsgetreu gestaltet werden muss (Abele et al., 2010). Eine generell akzeptierte Definition stammt von CIRP. Diese besagt, dass eine Lernfabrik im engeren Sinn eine Lernumgebung ist und durch folgende Eigenschaften definiert wird (Abele, 2016):

- Die Prozesse müssen authentisch sein, mehrere Stationen miteinbeziehen und technische, als auch organisatorische Aspekte enthalten.
- Die Ausstattung muss veränderbar sein und eine realistische Wertschöpfungskette darstellen.
- Die Herstellung eines physischen Produktes.
- Ein didaktisches Konzept beinhalten.

Ziel einer Lernfabrik ist es also, Auszubildenden bzw. Studierenden eine Möglichkeit zu bieten, in einem realitätsgetreuen Umfeld Aufgaben und Inhalte zu erarbeiten und diese praktisch umzusetzen. Die Lernfabrik bietet eine industrieähnliche Umgebung und ermöglicht es somit, Situationen wie im realen Arbeitsleben zu simulieren. Dies geschieht mit Verwendung von neuesten Methoden und Technologien (Abele et al., 2010). Durch die derzeit laufende vierte industrielle Revolution werden sich die Aufgaben und die notwendigen Kompetenzprofile der Mitarbeiter zunehmend verändern. Um den Weg hin zu Industrie 4.0 zu erreichen, ist es erforderlich, neue Lern-techniken und ein praxisnahes Lernen zu gewährleisten (Acatech, 2013).

Die technische Universität Wien hat aufgrund dieser neuen Anforderungen im Jahr 2016 die erste Industrie 4.0 Lernfabrik in Österreich als Pilotprojekt gegründet. Ziel dieser ist es, einerseits als Forschungsplattform, aber andererseits auch für Lern- und Weiterbildungszwecke für zukünftige Produktionssysteme zu dienen. Studierende erhalten in der Lernfabrik einen Einblick über die gesamte Wertschöpfungskette eines Unternehmens, diese beginnt mit einer Kundenanfrage und endet mit der Lieferung des produzierten Produktes (Jaeger et al., 2013). Die Hauptziele der Lernfabrik an der TU Wien sind (Erol et al., 2016):

- Forschung im Bereich der smarten Produkte zu betreiben und zusammen mit Software-, IT- und Technologieanbietern an neuen Konzepten, Methoden und Technologien im Umfeld der Lernfabrik zu arbeiten.
Zugang zu neuen Technologien zu gewährleisten und, insbesondere, Konzepte von Industrie 4.0 aufzuzeigen. Hierbei liegt der Fokus hauptsächlich bei KMUs, welche keine eigenen Forschungseinrichtungen besitzen. Falls notwendig, können Forschungsexperten aus verschiedensten Bereichen KMUs in deren Forschungsaktivitäten unterstützen.
Die Möglichkeit einer Auftragsfertigung. Die Idee besteht darin, z.B. Startups, besondere technologische Kompetenzen zur Verfügung zu stellen und Produktions- bzw. Montagekapazitäten für die Herstellung von Prototypen oder auch Kleinserien bereitzustellen.
- Studenten kann mit Hilfe einer innovativen Laborausstattung ermöglicht werden, theoretische Konzepte anzuwenden und praktische Erfahrung zu sam-

meln. Zudem sollen Studenten mit Forschungsergebnissen aus der Lernfabrik konfrontiert werden. Fachleuten aus der Industrie soll insbesondere im Zeitalter der Digitalisierung mit Hilfe von Seminaren und Workshop eine Weiterbildung ermöglicht werden.

Beispiel der Lernfabrik 4.0 Bietigheim- Bissingen

Die Lernfabrik 4.0 in Bietigheim-Bissingen besteht aus einer vollautomatisierten Produktionsanlage zur Herstellung von Modellautos. Die Lernfabrik wurde nach Industrie 4.0 Prinzipien konzipiert und bietet unter anderem MES Rechner, kollaborative Robotik, QR Scanner und Markierlaser. Der Produktionsprozess startet damit, dass Chassis aus dem Magazin entnommen werden und anschließend mit Hilfe eines Trumpf Markierlasers die Seriennummer und ein QR- Code auf der Unterseite des Chassis angebracht werden. Im nächsten Schritt werden die Achsen durch eine Portalzuführung auf dem Chassis positioniert und eine kollaborativer Roboter der Marke Kuka sorgt dafür, dass die auftragsbezogene richtige Karosserie aufgesetzt wird. Schlussendlich werden die Bauteile verpresst und mithilfe einer Industriekamera auf Qualitätsmerkmale überprüft. Durch die Verwendung einer elektropneumatischen Sortiereinrichtung können fehlerhafte Modellautos aussortiert werden. Dieser Produktionsprozess wird auf folgender Grafik dargestellt und erläutert (Lernfabrik Bietigheim- Bissingen, 2018).

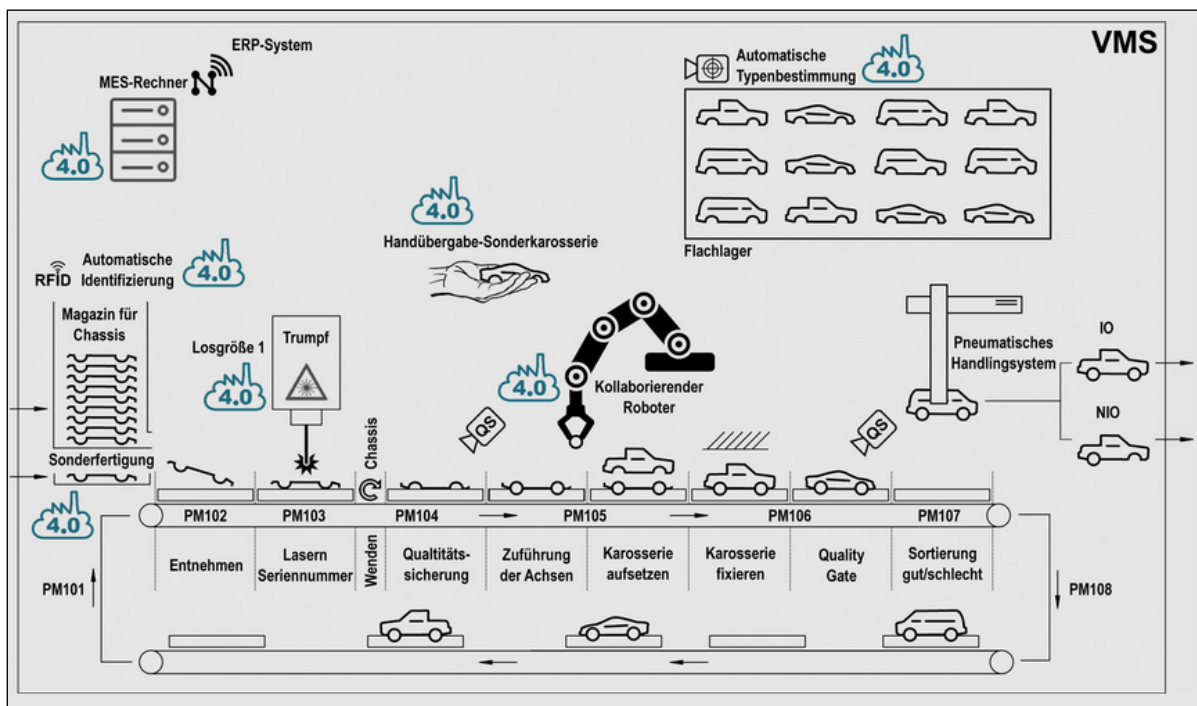


Abbildung 9: Produktionsprozess der Lernfabrik 4.0 Bietigheim- Bissingen (Lernfabrik Bietigheim-Bissingen, 2018)



Abbildung 10: Layout der Lernfabrik 4.0 in Bietigheim- Bissingen (Lernfabrik Bietigheim- Bissingen, 2018)

Beispiel der Industrie 4.0 Modellfabrik der HTW Dresden

Mit der Industrie 4.0 Modellfabrik, dem „Industrial Internet of Things (IIoT) Test Bed“ wurde in Dresden eine Lernfabrik für IoT- Lösungen im Fertigungsumfeld errichtet. Die Modellfabrik 4.0 dient neben Forschungs- und Entwicklungszwecken unter anderem auch zu Informations- und Demonstrationszwecken. Ein weiteres Angebot ist ein „Track and Trace Theatre“, welches AutoID Herstellern die Möglichkeit bietet, ihre industriellen Lösungen Interessenten in einer realen Umgebung zu präsentieren. Hierbei handelt es sich vor Allem um Technologien zur Verfolgung von beweglichen Objekten, wie RFID Technik, Sensorik- und Echtzeitlokalisierungssystemen. Die Lernfabrik verfügt über Technologien wie FTS, Pick by light Systemen, additive Fertigung für 3D Druck, Hochregallagern, CNC- Fräsen, RFID, eKanban, Augmented-Virtual Reality Lösungen, MES, ERP, Simulationssoftware, Cloud Lösungen und vielem mehr. Das Layout bzw. Konzept der Industrie 4.0 Modellfabrik ist in folgender Abbildung ersichtlich (HTW Dresden, 2018).

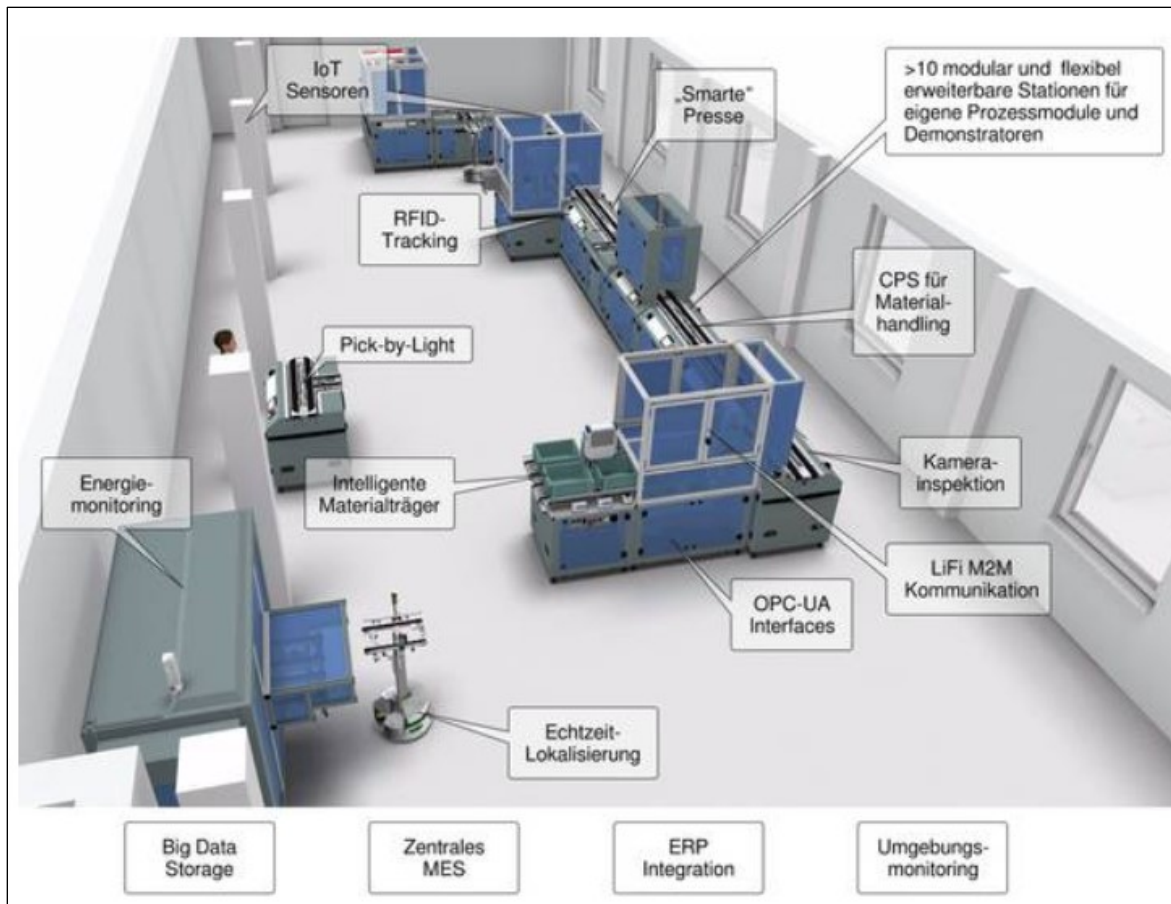


Abbildung 11: Layout der Industrie 4.0 Modellfabrik Dresden (HTW Dresden, 2018)

2.2.2 Das Smart Mini Factory Labor für Industrie 4.0

Das Smart Mini Factory Labor für Industrie 4.0 ist das Lernfabriklabor an der Freien Universität Bozen. Dieses beschäftigt sich überwiegend mit der Forschung und Simulation von neuartigen Methoden, Konzepten, aber auch Produktionstechnologien, welche im Zuge der vierten industriellen Revolution auf die Unternehmen zukommen werden. Dabei wird besonders auf klein- und mittelständigen Unternehmen, kurz KMU, und auf deren Anforderungen an eine hybride Montage, Robotik, Automation oder auch an menschenzentrierte Produktions- und Montagesysteme eingegangen. Ziel ist es, ein Bindeglied zwischen Industrie, Forschung und Studenten zu schaffen, um einen ständigen Wissensaustausch zwischen Industrie und Forschung zu gewährleisten. Das Lernfabriklabor der Freien Universität Bozen hat sich mehrere Forschungsschwerpunkte gesetzt, auf welche im folgenden Abschnitt kurz eingegangen wird (Smart Mini Factory, 2018).

- Hybride Montagesysteme: In hybriden Montagesystemen wird versucht, manuelle und automatisierte bzw. teilautomatisierte Arbeitsstationen zu kombinieren. Die Forschung der hybriden Montagesysteme geht in Richtung der menschenzentrierten Produktionssysteme, wessen Ziel es ist, das Produktionssystem bzw. den Arbeitsplatz so zu gestalten, dass die Fähigkeiten des Menschen bestens eingesetzt werden können.

- Elektrische Antriebe und Mechatronik: Dieser Forschungsschwerpunkt beinhaltet Konzepte wie intelligente Sensoren, präventive Wartung oder auch die Automation von Maschinen. Weiterhin beschäftigt man sich hierbei mit der Erforschung von elektrischen Antrieben, die nicht nur Bewegungssteuerung, sondern auch eine Sensorik- und Kommunikationsstruktur zur Verfügung stellen. Mit Hilfe dieser will man die Mensch-Maschine-Interaktion erleichtern.
- Virtual und Augmented Reality: Bei diesem Schwerpunkt wird erforscht wie Virtual und Augmented Reality in verschiedensten Sektoren eingesetzt werden kann. Beispiele hierfür ist die Verwendung von Augmented Reality im Labor, in der Fertigung und Montage, im Bauwesen oder in der Montage. Zudem wird erprobt wie Augmented Reality in Kombination mit Simulationssystemen verwendet werden kann, um eine Fabrik- Prozessplanung durchzuführen. Ein Konzept, das in diesen Bereich hineinfällt, ist das Building Information Modeling System.
- Baumanagement 4.0: Dieser Forschungsschwerpunkt beschäftigt sich mit Optimierungsmaßnahmen im „Engineer to Order“ Bereich. Spezieller Fokus wird dabei auf die Baubranche gerichtet. Hierbei gilt es, die Prozesse und Abläufe in der Bauablaufplanung zu optimieren und zu digitalisieren. Konzepte, die darunterfallen, sind eine echtzeitfähige Planung und Steuerung der Baustelle, eine intelligente Vernetzung der Baustellenprozesse, das Datenmanagement in Bauprojekten und Assistenzsysteme.
- Automation und Robotik: Hierbei werden Methoden und Technologien zur Leistungssteigerung und der angewandten Forschung durchgeführt. Ersteres beschäftigt sich mit Konzepten wie Energieeinsparung, Sicherheit, Zeitersparnis oder auch Schwingungsdämpfung. Letzteres hat sich Themen wie das Soft Gripping, Qualitätsprüfung oder auch die Automatisierung von komplexen, nicht standardisierten Prozessen zum Ziel gesetzt.
- Industrie 4.0 Lernfabriken: Im Zeitalter von Industrie 4.0 werden Lernfabriken vermehrt eingesetzt, um Studenten neben dem theoretischen Wissen auch praktische Inhalte in einer fabrikähnlichen Umgebung bieten zu können. Die Forschung beschäftigt sich hierbei hauptsächlich mit der Frage, wie Lernfabriken in Zukunft gestaltet werden müssen, um Methoden und Technologien von Industrie 4.0 zu lehren.
- Mensch- Maschine Kollaboration: Dieser Forschungsbereich beschäftigt sich mit der kollaborativen Robotik, d.h. mit der Mensch-Maschine oder Mensch-Roboter-Interaktion. Dabei gilt es die kollaborativen Arbeitsplätze so zu gestalten, dass sie für den Menschen ergonomisch und sicher sind. Zudem wird versucht, intuitive Methoden zu entwickeln, um Roboter und Maschinen anzu-steuern.
- Assistenzsysteme für die Produktion: Der Fokus liegt hier in der Erforschung und Studie von smarten Systemen, welche die menschliche Arbeit erleichtern. Assistenzsysteme können es ermöglichen, dass die Fehlerquote in der Produk-

tion sinkt und die Effizienz steigt. Durch diese Systeme kann die Arbeitsbelastung des Menschen physisch oder auch mental verringert werden.

Um diese Forschungsschwerpunkte erreichen zu können, arbeitet das Smart Mini Factory Labor mit verschiedensten internationalen Forschungspartnern zusammen. Zu diesen Partnern zählen unter anderen die Fraunhofer Italia Research s.c.a.r.l, die Montanuniversität Leoben, das WPI Worcester Polytechnic Institute, die Technical University of Kosice, das Massachusetts Institute of Technology, die Chiang Mai University und das SACS MAVMM Engineering College.

Das Smart Mini Factory Labor versucht im ständigen Kontakt mit Industrieunternehmen zu sein, um einerseits Forschungsergebnisse der Industrie zu präsentieren und, um andererseits die Forschungsthemen nach den Anforderungen der lokalen Industrie zu gewährleisten. Um dies zu erreichen, ist es möglich, dass Unternehmen über eine Auftragsforschung die Kompetenzen im Labor oder die Laborausstattung selbst nutzen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass Unternehmen und das Smart Mini Factory Labor eine Projektpartnerschaft eingehen, um zusammen an Forschungsförderungsprogrammen wie EFFRE, EU H2020 oder INTERREG teilzunehmen. Ein weiteres Angebot des Lernfabriklabors richtet sich an die Mitarbeiter der Unternehmen. Diesen wird die Möglichkeit geboten, an Seminaren über Methoden und Technologien rund um Industrie 4.0 teilzunehmen. Unternehmen, welche an einem spezifischen Forschungsthema interessiert sind, haben zudem die Möglichkeit Doktorandenstellen zu finanzieren. Ein derzeit laufendes Industrieprojekt beschäftigt sich mit der Validierung von Schweißprozessen durch einen kollaborativen Roboter.

Neben der Forschung, bietet das Smart Mini Factory Labor Studenten der Freien Universität Bozen der Studiengänge für Industrie und Maschineningenieurwesen der Fakultät für Naturwissenschaften und Technik die Möglichkeit, das erlernte Wissen in Form von Übungen im Labor umzusetzen. In den verschiedensten Lehrveranstaltungen sind hierfür Übungsstunden im Smart Mini Factory Labor vorgesehen. Zudem wird den Studenten Angeboten ihre Abschlussarbeit im Labor abzuwickeln.

Das Smart Mini Factory Labor ist mit unterschiedlichen Ausrüstungen in der Robotik, mit digitalen Assistenz- und intelligenten Produktionssystemen ausgestattet. Folgende Ausstattung ist verfügbar (Smart Mini Factory, 2018):

- Der „Adept Quattro s650H parallel robot“ ist ein Vier-Arm-Roboter, welcher in X-, Y- und Z-Richtung bewegt werden kann. Eine Rotation des Roboterwerkzeugs ist auch möglich. Einsatz findet dieser Roboter hauptsächlich in der Verpackung, der Montage, der Produktion und dem Handling von Produkten. Ein Hauptmerkmal des Roboters sind seine hohen Bearbeitungsgeschwindigkeiten.
- Der „Adept Cobra i600 SCARA“ ist ein Vier-Achs-SCARA-Roboter. Der Begriff SCARA steht für Selective Compliant Assembly Robot Arm, da der Roboterarm in der Z-Achse fest und in der X- und Y-Achse nur geringfügig bewegt werden kann. Haupteinsatz findet dieser Roboter in der Montage, dem Handling von Gegenständen, der Verpackung, dem Schrauben und überall dort, wo schnelle und genaue Automation benötigt wird.

- Bei dem „ABB IRB 120“ handelt es sich um einen anthropomorphen, d.h. menschenähnlichen Roboter. Durch seine Leichtbauweise und leistungsstarken Motoren kann dieser sehr genau und mit hoher Geschwindigkeit bewegt werden. Der ABB IRB 120 findet Anwendung im Handling von Gegenständen, der Verpackung und der Montage.
- Der „Universal Robots UR3“ ist ein kollaborativer Roboter für die Montage und Produktion, welcher Mitarbeitern bei manuellen Arbeitstätigkeiten unterstützt. Hierbei kommt es zu einer sogenannten Mensch-Maschine-Interaktion, wobei die Fähigkeiten des Menschen mit jenen des Roboters kombiniert werden können. Einsatz findet der UR3 hauptsächlich in Mensch-Roboter-Arbeitsstationen für die Montage von relativ leichten Produkten.
- Der „Universal Robots UR10“ ist der große Bruder des UR3 und verfügt somit über dieselben Eigenschaften. Der Unterschied liegt darin, dass dieser größer und robuster ist und damit höhere Lasten bewegen kann.
- Der „Ulixes Assistent A600“ ist ein Assistenzsystem für manuelle Fertigungsstationen, basierend auf einem Projektor und Sensoren, welche überprüfen, ob zum Beispiel ein Teil aus dem richtigen Behälter genommen wird oder nicht. Das System kann den Montagefortschritt eigenständig erkennen und unterstützt den Mitarbeiter bei der Fertigstellung des Produktes.
- Die „FlexSim Software“ ist ein Analyse Tool mit Hilfe dessen es möglich ist, ein dreidimensionales Computermodell eines Industriesystems darzustellen. FlexSim verfügt über eine Simulationsfunktion und gibt Feedback über mögliche Verbesserungsmaßnahmen, um eine optimale Lösung zu finden.
- Die „Oculus Rift“ ist eine Virtual-Reality-Brille aus dem Hause Oculus CR mit einem integrierten Positions- und Ortungssystem.
- Die „Bosch Rexroth Assembly Tables“ sind ergonomische Arbeitsstationen von Bosch Rexroth, die Prinzipien des Lean Management in deren Design miteinbeziehen. Diese Montagetablets finden ihren Einsatz vor allem in der manuellen und hybriden Montage.
- Der „Smart Touch Table“ ist ein Multi-Touch-Display für kollaborative Planungsversammlungen.
- Der „Kuka KMR iiwa“ ist ein fahrerloses mobiles Transportsystem. Dieser besteht aus einer mobilen und autonomen Plattform in Verbindung mit einem „LBR iiwa Leichtgewicht Roboter“.

Die Laborausstattung bietet derzeit keine Möglichkeit zur Verkettung der hybriden Montagestationen und zur flexiblen Automatisierung, welches der Hauptfokus dieser Bachelorarbeit ist (Smart Mini Factory, 2018).

In Kapitel 3.1 wird die derzeitige Ausrüstung des Smart Mini Factory Labors nochmals genauer beschrieben. Zudem wird ein Einblick in das aktuelle Layout gewährt.

2.3 Wandel in Richtung intelligenter Prozess- und Transportlösungen für Industrie 4.0

Dieses Kapitel gibt einen Einblick über den Einfluss von Industrie 4.0 auf den innerbetrieblichen Transport. Um ein besseres Verständnis zu ermöglichen, werden einleitend Methoden und Konzepte im Rahmen von Industrie 4.0 aufgegriffen, die in der Intralogistik Anwendung finden. Unter dem Begriff Logistik 4.0 erhält der Leser unter anderem einen Überblick über die Zukunftsvision der Logistik. Der zweite Abschnitt bietet eine Veranschaulichung grundlegender Steuerungskonzepte aus Produktion und Montage und gibt Aufschluss über den zukünftigen Trend der kollaborativen Robotik. Anschließend werden intelligente Transportlösungen aufgezeigt und erläutert. Darunter fällt auch das Konzept eines Werkstückträger-Transfersystems, welches Fokus dieser Arbeit ist.

2.3.1 Lösungen und Konzepte für Smart Intralogistics

Die Ausgangssituation von Smart Intralogistics bildet größtenteils die Grundlage von Industrie 4.0. Darunter fallen technologische Entwicklungen, die sich mit „intelligenten, sich selbst steuernden Objekten“ befassen (Spath et al., 2013). Die Vision von Industrie 4.0 besteht darin, eine intelligente Fabrik zu schaffen, die aus vernetzten Anlagen, Behältern und Bauteilen besteht. Die Nutzung intelligenter Objekte und neuester Informationstechniken soll es somit ermöglichen, dass sich Produkte selbstständig durch die gesamte Wertschöpfungskette steuern (Fleisch, 2005).

In diesem Kontext spricht man auch von Logistik 4.0, unter welchem eine Informatisierung der Logistikbranche zu verstehen ist. Die Informatisierung soll dazu führen, dass objektbezogene Informationen jederzeit zur Verfügung stehen und Eigenschaften wie Identifikationsnummer, Größe oder aktuelle Position ausgelesen werden können. Ist dies der Fall, so spricht man von einer Vernetzung der Objekte mit ihrer Umgebung. Die Vernetzung soll mit Hilfe des Internet der Dinge erfolgen (Bousonville, 2017).

In der innerbetrieblichen Logistik werden dafür Technologien wie RFID oder GPS eingesetzt. Die Vorteile von RFID liegen darin, dass Daten ohne direkten Sichtkontakt erfasst werden können, mehrere RFID Transponder gleichzeitig und durch Verpackungsmaterial hindurch gelesen werden können. Durch die Verwendung von zusätzlichen Sensoren und Kommunikationstechnologien sollen intelligente Objekte in der Lage sein, ihre Umgebung selbstständig wahrzunehmen, die entsprechenden Daten zu sammeln und diese an die Produktionslogistik weiterzuleiten (Fleisch, 2005). Von Selbststeuerung spricht man dann, wenn eine Einheit oder ein System eigenständig bzw. ohne direkte Anweisung ein zuvor definiertes Ziel erreicht. Ein bereits bekanntes selbststeuerndes System ist das KANBAN-Prinzip (Bousonville, 2017).

Ein intelligenter Behälter ist ein Kleinladungsträger, der in der Lage ist, seinen Bestand selbstständig zu ermitteln und, in Abhängigkeit eines definierten Verbrauchs und einer bekannten Wiederbeschaffungszeit, selbstständig Material nachbestellt. Ein Beispiel eines solchen intelligenten Behälters ist der von Würth entwickelte iBin für das Management von C-Teilen. Dieser Behälter ist mit einer Infrarot-Kamera ausgestattet und kann somit automatisch den aktuellen Bestand ermitteln. Ein integriertes

Wireless Modul übermittelt den Inhalt des Behälters in definierten Abständen an einen Access Point und kann über eine Software abgerufen werden (Bousonville, 2017).

Um das Potential von Industrie 4.0 nochmals zu verdeutlichen, wird in die Vision einiger Ingenieure des Fraunhofer Institutes genauer eingegangen. Ein immer volatiler werdendes Produktions- und Handelsumfeld hat zur Folge, dass sich der Ort eines Produktionssystems nicht mehr dauerhaft bestimmen lässt. Aufgrund dessen muss ein logistisches Netzwerk in der Lage sein, sich und seine Knoten kontinuierlich an Veränderungen anzupassen. Der ideale Standort, wie wir ihn heute kennen, wird in Zukunft nur noch über einen geringeren Zeitraum geltend sein. Der innerbetriebliche Transport wird von unzähligen autonomen Fahrzeugen durchgeführt werden und ermöglicht es, dass die Anordnung der verschiedenen Arbeitsstationen jederzeit veränderbar ist. Die Intelligenz dieser Fahrzeuge ermöglicht es ihnen, untereinander zu kommunizieren und voneinander zu lernen. Dadurch können Informationen über die Standorte neuer Lagerplätze und Arbeitsstationen ausgetauscht oder Aufträge und Wegerechte untereinander verhandelt werden. Diese Fahrerlosen Transportsysteme (FTS) verketteten einerseits die Arbeitsstationen, andererseits sind sie auch dafür zuständig, den Lagerbestand zu verwalten, indem sie Paletten oder Behälter ein- und auslagern. Die Behälter bzw. Kisten werden, wie schon vorhin angesprochen, zu einem cyber-physischen System. Die Bestandsführung wird somit nicht mehr durch den Menschen durchgeführt, sondern durch den Behälter selbst, indem er die Bestände erfasst und selbständig nachbestellt. Eine stationäre Fördertechnik wird in dieser Vision größtenteils von FTS abgelöst. Übergeordnet liegt eine cloudbasierte Verwaltung, in der Bestellungen ausgelöst oder Kundenaufträge verwaltet werden. Der Mensch wird durch ein sogenanntes „Production Assistant Device“ über einen Avatar mit der virtuellen Welt verbunden. Somit wird dem Mensch ermöglicht, Entscheidungen zu treffen, zu kontrollieren und Hand in Hand mit autonomen Robotern zu arbeiten (Bauernhansl et al., 2014).

In Kapitel 2.3.3 wird das Konzept von intelligenten Transportsystemen nochmals in Detail aufgegriffen.

2.3.2 Dezentrale Steuerungskonzepte in der Fertigung und Montage

Grundsätzlich bestehen industriell hergestellte Produkte aus einer Vielzahl von Einzelteilen, die mit Hilfe von verschiedenen Fertigungsverfahren zu unterschiedlichsten Zeiten hergestellt werden. Ziel der Montage ist es, in einer bestimmten Zeit ein Produkt mit den gewünschten Funktionalitäten zusammenzubauen (Warnecke, 1997). Eine immer fortschreitende Globalisierung und die Tatsache, dass sich die Kundenanforderungen in letzter Zeit stark geändert haben, führen letztendlich auch zu Veränderungen in der Montagetechnik. Dies hat zur Folge, dass die Fertigung und Montage mit Problemen wie verkürzten Produktlebenszyklen, zunehmenden Produktvarianten, kleiner werdenden Losgrößen, höheren Qualitätsstandards, dem Zwang zu JIT oder JIS Lieferungen und mit der Notwendigkeit zur Reduzierung der Herstellkosten konfrontiert werden (Lotter und Wiendahl, 2012). Die Gestaltung eines zukünfti-

gen Montagesystems sollte auf folgenden Grundsätzen aufgebaut werden (Lotter und Wiendahl, 2012):

- Ein Montagesystem muss grundsätzlich flexibler gestaltet werden. Die Flexibilität hängt dabei von der Anpassungsfähigkeit des Systems auf sich verändernde Produktionsanforderungen, Produktionsbedingungen oder auch von Veränderungen in der Art und Menge der zu produzierenden Artikel ab (Schmidt, 1992).
- Bei der Auswahl der Komponenten einer Montagelinie muss darauf geachtet werden, dass der Großteil dieser für eine nachfolgende Nutzung eingesetzt werden kann. Das kann am besten mit der Verwendung von neutralen Grundsystemen und standardisierten Baugruppen erreicht werden (Lotter und Wiendahl, 2012).
- Die Bildung von Varianten muss so spät wie möglich erfolgen (Wiendahl et al., 2004).
- Die Planstückzahl eines Montagesystems muss so schnell wie möglich erreicht werden. Dieser Grundsatz gilt einerseits für einen Erstanlauf, aber auch nach der Umstellung auf ein neues Produkt oder auf eine neue Variante.
- Die Montagekosten, welche sich aus Investitionskosten und Personalkosten zusammensetzen, gilt es zu reduzieren.
- Aufgrund der hohen Anzahl an Varianten und den JIS Auslieferungen, wird die Teilebereitstellung zu einem Zeit-, Qualitäts- und Kostenengpass der automatisierten Montage und hat Einfluss auf die Intralogistik und die Werkstückträgergestaltung.

Grundsätzlich spricht man von drei verschiedenen Montagekonzepten. Die Auswahl des geeigneten Montagekonzeptes hängt von den Anforderungen an die Produktivität, der Variantenvielfalt, der Flexibilität und der Stückzahl ab.

Die einfachste Art der Montage ist die manuelle Montage. Bei einer manuellen Montage werden die Montagevorgänge durch den Menschen ausgeführt. Dieses Montagekonzept stellt den Menschen in den Mittelpunkt und nutzt dessen Intelligenz, Fingerfertigkeit und Hände in Kombination mit verschiedensten Hilfsmitteln wie zum Beispiel Werkzeugen. Die Effizienz ist dadurch hauptsächlich von der Leistungsfähigkeit des Menschen abhängig. Beeinflusst wird diese von den unterschiedlichsten Faktoren wie vom Klima, Lärm, internen Betriebsklima oder auch von seiner persönlichen Bereitschaft. Zudem gilt es anzumerken, dass die Leistungsfähigkeit eines Menschen über eine Schicht verteilt Unregelmäßigkeiten aufweist. Um die Arbeitsleistung dennoch über längere Zeit aufrecht zu erhalten, gibt es verschiedene Möglichkeiten wie eine ergonomische Gestaltung des Arbeitsplatzes, die Optimierung der Greifwege oder eine einfachere Teilehandhabung. Eine manuelle Montage kann in zwei Montageablaufvarianten unterteilt werden. Von einer stückweisen Montage spricht man, wenn zunächst alle Montagevorgänge am ersten Produkt ausgeführt werden und das zweite erst dann in Angriff genommen wird, wenn das erste vollkommen zusammengebaut wurde. Bei einer verrichtungsweisen oder satzweisen Montage hingegen wird der erste Montagevorgang an allen vorliegenden Produkten durchgeführt und der nächste Montagevorgang erst dann begonnen, wenn der erste bei allen vorliegenden Produkten abgeschlossen wurde.

In einem hybriden Montagesystem werden Automatikstationen mit Handarbeitsplätzen kombiniert. Der Einsatz dieser richtet sich unter anderem nach der Komplexität und dem Arbeitsinhalt eines Montagevorgangs. Zeitgleich steigt kontinuierlich deren Bedeutung mit zunehmender Produktvielfalt und kürzer werdenden Produktlebenszyklen. In der Planungsphase eines hybriden Montagesystems muss auf ein richtiges Verhältnis zwischen manuellen und automatischen Einrichtungen geachtet werden, um einerseits den Menschen im Mittelpunkt der Montageaktivitäten zu stellen und, andererseits zu verhindern, dass dieser nicht als Lückenbüßer dient. Ein wesentliches Merkmal dieser Systeme ist eine zeitliche Bindung zwischen Mensch und Maschine. Diese kann sowohl mit, als auch ohne Taktzwang durch die Verwendung eines Puffers zwischen manueller und automatischer Montagestation erfolgen. Ein Hybridsystem kann modular oder auch starr verknüpft sein und manuell bzw. automatisch umrüsten. Die Arbeitsstationen können kreis-, linien- oder karreeförmig angeordnet werden.

Die dritte Form der Montage ist die automatische Montage, die insbesondere in der Massenproduktion zum Einsatz kommt. Hier kommen hochautomatisierte Anlagen, die meist für ein Produkt individuell angepasst wurden, zum Einsatz. Die Schwierigkeit in der Automatisierbarkeit von Verfahren liegt hauptsächlich in der Handhabung und dem Fügen von Gegenständen. Zusätzlich gilt es die Kosten, Zuverlässigkeit, Genauigkeit und Zeitdauer einer Montageoperation zu berücksichtigen (Lotter und Wiendahl, 2012).

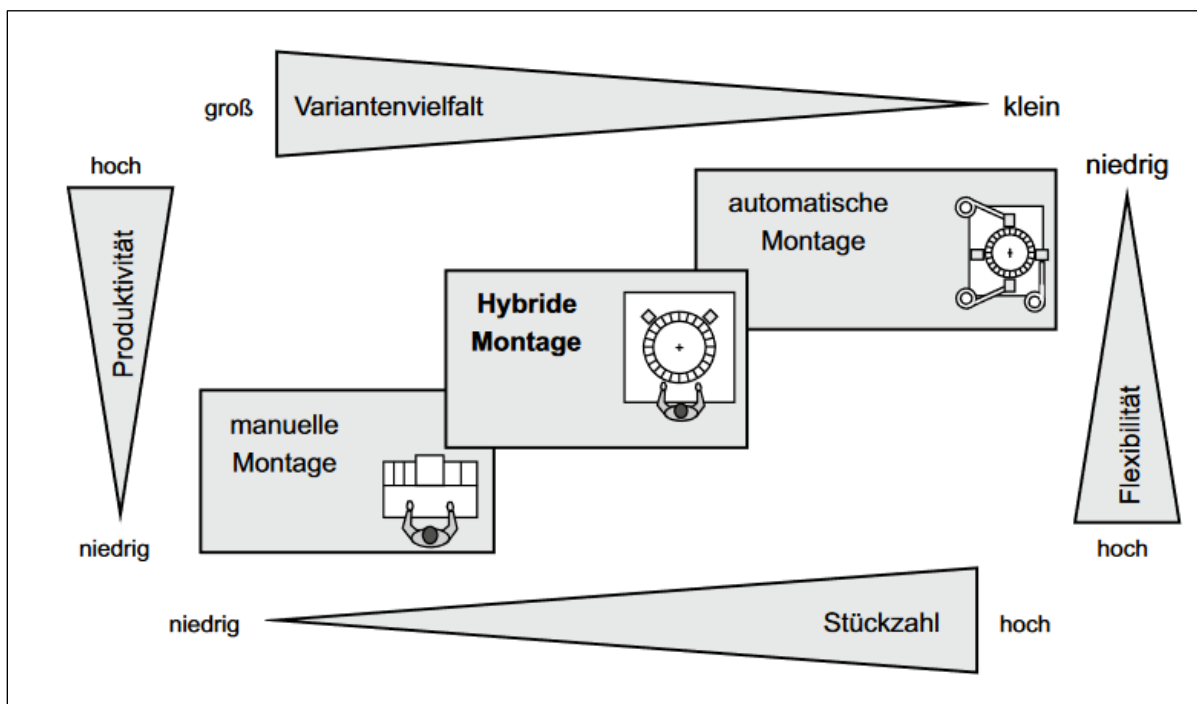


Abbildung 12: Manuelle, hybride und automatische Montage (Lotter et al., 1998)

Aufgrund von neuen Technologien in der Robotik, die unter anderem auch unter Industrie 4.0 entstanden sind, ist zu erwarten, dass die Roboterdichte in der industriellen Produktion kontinuierlich zunehmen wird. Diese roboterbasierte Automation führt zu Veränderungen in der Beziehung zwischen Mensch und Maschine und kann in mehrere Stufen unterteilt werden. In einer vollautomatisierten Roboterzelle wird der Roboter durch die Verwendung von fest installierten Schutzzäunen vom Men-

schen getrennt. Der Mensch befindet sich während der Produktion außerhalb des Schutzzaunes, weshalb es zu keiner Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine kommt. Ein direkter Kontakt mit dem Roboter findet nur während der Programmierung, einer Instandhaltung oder bei der Inbetriebnahme des Roboters statt. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Schutzzaun durch eine Zutrittsbeschränkung zu ersetzen. Beispiele hierfür sind Trittmatten oder Lichtgitter. Diese bieten einerseits den Vorteil, dass der Mensch die Roboterzelle betreten oder in diese hineingreifen kann. Andererseits führen sie aber auch dazu, dass der Roboter während dieser Zeit stillgesetzt wird. In einer nächsten Stufe wird der gesamte Arbeitsbereich des Roboters mit Sensoren ausgestattet. Dadurch kann ein möglicher Aufenthalt des Menschen in der Gefahrenzone detektiert werden, welches zu einer Reduzierung der Arbeitsgeschwindigkeit des Roboters führt. Die Reduzierung der Geschwindigkeit ist vom Abstand zwischen Mensch und Roboter abhängig und führt bis zu einem kompletten Stillstand. Die neue Generation von Industrierobotern sind die sensitiven Roboter. Diese sind in der Regel kleiner, leichter und mit Sensoren ausgestattet, um eine Berührung mit der Außenwelt zu verhindern. Ein Schutzzaun ist somit nicht notwendig und der Mensch kann ohne Weiteres in den Arbeitsbereich des Roboters eindringen. Hierbei spricht man unter anderem von Assistenzrobotern. Diese Art von Roboter erlaubt einen direkten Kontakt zwischen Mensch und Maschine und kann dem Mensch wie eine dritte Hand assistieren. Der Roboter wird dabei nicht wie üblich über Handbedienungsgeräte gesteuert, sondern über Gesten oder durch den Menschen, indem er ihn direkt in die gewünschte Position bewegt. In kollaborativen Systemen teilen sich Mensch und Roboter einen Arbeitsplatz und sind ständig in direktem Kontakt, um gemeinsam eine Arbeit zu verrichten. Dies ermöglicht es, dass sowohl die Fähigkeiten des Menschen als auch jene des Roboters genutzt werden können. In zukünftigen Kollaborationsformen werden Roboter eine eigene Intelligenz, Wissensbasis und Autonomie verfügen. Dies ermöglicht es, dass ein Roboter selbständig seinen Aufenthalt ändert und Schlussfolgerungen durchführt (Botthof und Hartmann, 2015).

2.3.3 Kategorisierung von intelligenten Transportsystemen

Grundlegend können Transportsysteme bzw. Fördermittel in „Stetigförderer“ und in „Unstetigförderer“ unterteilt werden (Hompele et. al, 2018).

Stetigförderer erzeugen einen kontinuierlichen Fördergutstrom bei Beibehaltung der Förderrichtung. Dabei wird das Fördergut auf einem festgelegten Förderweg von einer Aufgabestelle zu einer Abgabestelle stetig im Takt oder mit wechselnder Geschwindigkeit bewegt (Hompele et. al, 2018).

Unstetigförderer hingegen charakterisieren sich durch einen unterbrochenen Fördergutstrom. Diese arbeiten in einzelnen Arbeitsspielen mit fest definierten Spielzeiten, fördern in einzelnen Intervallen oder auch nur dann, wenn Güter zu befördern sind. Die Besonderheit dieser Fördermittel liegt darin, dass sie Leerfahrten haben können (Hompele et. al, 2018).

Zudem kann man Fördermittel in flurgebundene und flurfreie Transportsysteme unterscheiden. Erstere verkehren am Boden oder nutzen Einrichtungen, welche am Boden oder im Boden selbst installiert sind. Letztere verkehren an der Hallendecke oder nutzen Schienen, die in der Hallendecke verbaut sind (Hompele et. al, 2018).

Intelligent werden diese erst dann, wenn sie mit neuartigen und smarten Technologien ausgestattet bzw. kombiniert werden. Transportsysteme werden zum Beispiel mit Laserscannern, RFID oder Infrarotsensoren ausgestattet, um somit ihre Umgebung eigenständig zu erfassen und sich autonom zu bewegen (Intralogistik, 2018).

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die einzelnen Fördermittel, die nach den oben genannten Kriterien kategorisiert sind.

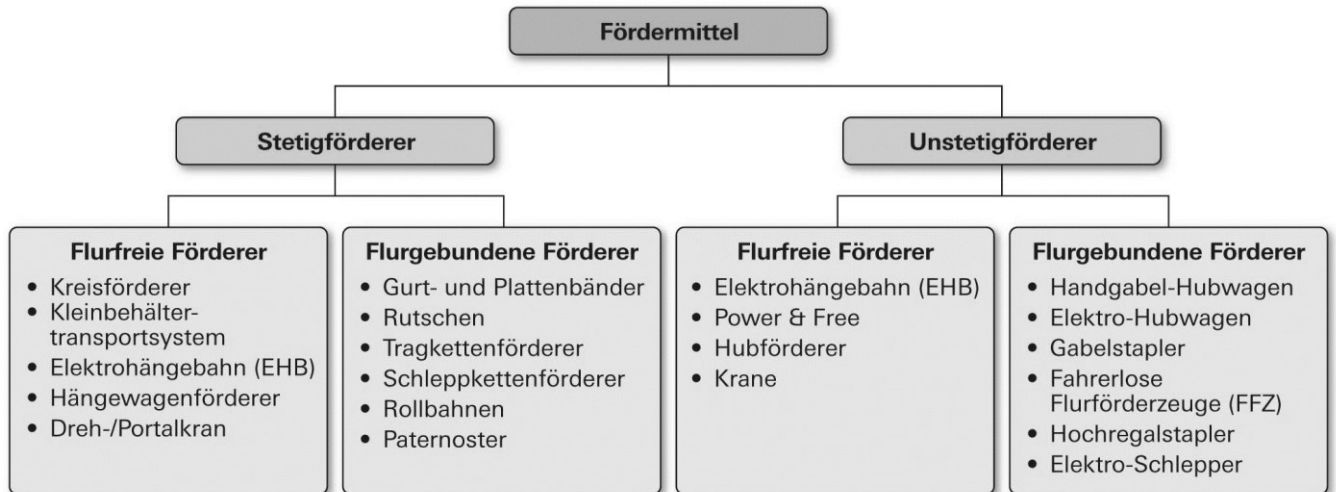


Abbildung 13: Einteilung von Transport- Fördermitteln (card2brain, 2019)

Eine Typologie von intelligenten Transportsystemen ist jene der fahrerlosen Transportfahrzeuge, kurz FTS. Wenn man darüber nachdenkt, dass ca. 75% der Betriebskosten eines Staplers auf Personalkosten zurückzuführen sind, stellt sich zunächst die Frage, wie diese Kosten gesenkt werden können. Eine mögliche Antwort darauf kann lauten, den Fahrer des Flurförderzeuges durch ein fahrerloses Transportfahrzeug zu ersetzen (Martin, 20016). Der Fachausschuss des Vereines Deutscher Ingenieure definiert ein Fahrerloses Transportsystem als ein flurgebundenes, innerbetriebliches System aus automatisch gesteuerten Transportfahrzeugen. FTS werden zum Transport von Gütern eingesetzt und sind ortsgebunden (Logistikknowhow, 2018).

Die Vorteile eines solchen Systems liegen darin, dass (Martin, 2016):

- Eine flexible Fahrkursführung ermöglicht wird und die Transportkapazität einfach erhöht werden kann.
- Die Transportwege frei bleiben und eine bessere Zugänglichkeit von Maschinen erreicht wird.
- Der Materialfluss automatisiert wird.
- Die Arbeitsbedingungen verbessert werden.
- Die Fluchtwege erhalten bleiben.
- Ein nachträglicher Einbau problemlos erfolgen kann.
- Die Anforderungen an den Fußboden relativ gering sind.
- Ein schonender, termingenauer, sicherer und wirtschaftlicher Transport geboten wird.

Die Navigation solcher Systeme kann durch die Verwendung unterschiedlichster Technologien erfolgen. Eine der einfachsten Methoden ist die Nutzung einer induktiven Lenkung. Hierfür gibt es unterschiedliche Methoden. Eine davon ist die induktiv passive Zwangslenkung. Diese erfolgt mit Hilfe von Magnetfeldsensoren, die auf der Unterseite des Fahrzeuges angebracht sind und einem 5 bis 10 cm breiten Metallband, das am Boden angebracht wird. Eine weitere Methode ist die sogenannte optische Zwangslenkung. Dafür wird am Boden eine kontrastierende Farbspur aufgemalt, die durch Kameras und einem Bildverarbeitungssystem erfasst werden kann. Bei einer induktiv aktiven Zwangslenkung wird ein isolierter Leitdraht in geschlossenen Schleifen in eine gefräste Fuge im Boden verlegt. Dieses System ermöglicht, im Gegensatz zu den anderen Methoden, einen glatten Boden (Bauernhansl et al., 2014).

Von Navigation wird erst bei einer drahtlosen Zwangslenkung gesprochen, die mit Marken im Fußboden, Lasern und GPS arbeitet. Bei einer aktiven Erkennung wird der Weg vom fahrerlosen Transportfahrzeug selbstständig ausgewählt. Bei einer passiven Erkennung werden feste Merkmale in der Umgebung definiert um das FTF zu lenken. Die zuvor beschriebenen Methoden basieren allesamt auf dem Prinzip eines Leitdrahts, der unter anderem eine Einschränkung der Flexibilität mit sich bringt. Bei einer Laserlenkung werden rund um das Fahrzeug Laserstrahlen ausgesendet. Das Fahrzeug kann durch fest angebrachte Peil- Merkmale an Wänden und Säulen die Position und Richtung im Raum erkennen. Durch die Verwendung einer Lasertechnologie ist eine freie Navigation möglich, Bodeninstallationen können vermieden werden und Layout Änderungen können ohne größere Aufwendungen durchgeführt werden (Bauernhansl et al., 2014)

Da es in der Regel aus wirtschaftlichen und physischen Aspekten nicht immer möglich ist, ein Produkt mit Intelligenz auszustatten, wird die nächst größere Transporteinheit verwendet. In der Stückguttechnik führt dies zu der Entwicklung von intelligenten Werkstückträgern (Bauernhansl et al., 2014). Ein Werkstückträgersystem oder Transfersystem dient dazu, Montageobjekte von einem Montagearbeitsplatz zum Nächsten zu befördern. Der Werkstückträger wird durch eine Stoppvorrichtung am Arbeitsplatz angehalten und ermöglicht somit ein Ausführen des Montagevorgangs. Grundsätzlich kann man zwischen einer kontinuierlichen und einer intermittierenden Montage unterscheiden. Bei einer kontinuierlichen Fließmontage ist das Objekt während der Montage in ständiger Bewegung. Bei einer intermittierenden hingegen, ist das Objekt während des Montagevorgangs stationär. Letzteres wird nochmals in getaktete und ungetaktete Systeme unterteilt. In einem getakteten System ist der Werkstückträger, anders wie bei einem ungetakteten, fest mit dem Transfersystem verbunden. Ungetaktete Systeme bieten den Vorteil, dass die Verweilzeit an jeder Montagestation frei wählbar ist und zwischen den Stationen eine bestimmte Anzahl an Werkstückträgern angesammelt werden kann. Der Transport des Werkstückträgers von Station zu Station kann durch folgende Technologien erfolgen (Lotter und Wiendahl, 2012):

- Doppelgurtförderer funktionieren durch zwei parallel angeordnete und ständig umlaufende Gurte, auf welchen der WT aufliegt. Das Stoppen des Werkstückträgers geschieht mit Hilfe eines Stoppers. Da die Gurte in ständiger Bewegung sind gleiten diese unter dem WT hindurch.

- Kettentransferanlagen funktionieren über eine Antriebskette. Abhängig von der Masse und der Größe des Transportobjektes können Ein- oder Doppelspur-Fördersysteme eingesetzt werden.
- Staurollenförderer verwenden eine Kette, die mit Laufrollen in Profilirinnen geführt wird.
- Ein linearmotorischer Antrieb ermöglicht es, den WT beliebig an jeder Position ohne Verwendung von mechanischen Hilfen zu stoppen. Zudem ist es möglich, jeden einzelnen Werkstückträger individuell zu steuern, indem dessen Richtung, Beschleunigung, Geschwindigkeit und Position vorgegeben werden kann.

Ein intelligenter Werkstückträger kann digitale Informationen zu Arbeitsplänen, Qualitätsanforderungen, Prüfplänen und Stücklisten enthalten. Außerdem verfügt ein solcher WT Informationen über schon beendete oder noch auszuführende Montageschritte. Verschiedenste Sensoren und Kommunikationstechnologien ermöglichen es zum Beispiel, eine Mengenerfassung oder eine Gewichtserfassung durchzuführen und mit anderen Systemen zu kommunizieren (Jodlbauer, 2018).

Der Fokus in dieser Arbeit liegt auf der Flexibilisierung von Transfersystemen.

3 Marktrecherche für Transfersysteme im Smart Mini Factory Labor

In diesem Kapitel wird eine Ist-Aufnahme des Smart Mini Factory Labors durchgeführt indem das aktuelle Layout und die bestehende bzw. zu integrierende Laborausstattung analysiert wird. Nach Definition der Zielsetzung wird eine Marktrecherche durchgeführt um mögliche Lieferanten und Systeme zu ermittelt. Die ermittelten Systeme werden mit Hilfe von qualitativen und quantitativen Kriterien bewertet, welches letztendlich zur Auswahl des favorisierten Systems führt.

3.1 Ausgangssituation und Zielsetzung

In diesem Abschnitt wird das derzeitige Layout des Smart Mini Factory Labors der Freien Universität Bozen analysiert. In einem zweiten Schritt wird die zu integrierende Ausstattung ermittelt und aufgelistet. Für die Ermittlung des Soll-Layouts wird die Methode von Axiomatic Design zu Hilfe genommen.

3.1.1 Ist-Analyse Layout

Folgende Abbildung gibt einen Überblick über das aktuelle Layout des Smart Mini Factory Labors der Freien Universität Bozen. Im äußeren Bereich des Labors befinden sich derzeit 10 Arbeitsstationen in Form von einfachen Schreibtischen, die den Labormitarbeitern, Forschern und Professoren zur Verfügung stehen. Ein weiterer Bestandteil ist der Smart Touch Table, der für kollaborative Planungsversammlungen verwendet wird. Das Zentrum hingegen bildet einen fest definierten Bereich, der für Lehrveranstaltungen und Seminare genutzt wird. Dort befindet sich eine hybride Montagestation, bestehend aus Bosch Rexroth Assembly Tables, welche die Prinzipien des Lean Management in deren Design miteinbeziehen. Die Montagetische werden im derzeitigen Layout von Studenten verwendet, um einen Pneumatikzylinder zusammenzubauen. Dieser wird in Kapitel 4.1.1 im Detail beschrieben. Ein weiterer Bestandteil der hybriden Montagestation ist der kollaborative Roboter UR3, welcher dem Menschen bei der Montage des Pneumatikzylinders assistiert. Im Eingangsbereich hingegen befindet sich der ABB IRB 120, der Adept Cobra i600 SCARA und der Adept Quattro s650H. Das aktuelle Layout bietet keine Möglichkeit zur flexiblen Verkettung der verschiedenen Roboterstationen und ist Ziel dieser Arbeit. In Kapitel 3.1.2 ist jene Ausstattung aufgelistet, die in das zukünftige Layout integriert werden soll. Diese war während der Analyse des Ist-Layout entweder noch nicht verfügbar oder hatte keinen fest definierten Stellplatz.

3 - Marktrecherche für Transfersysteme im Smart Mini Factory Labor

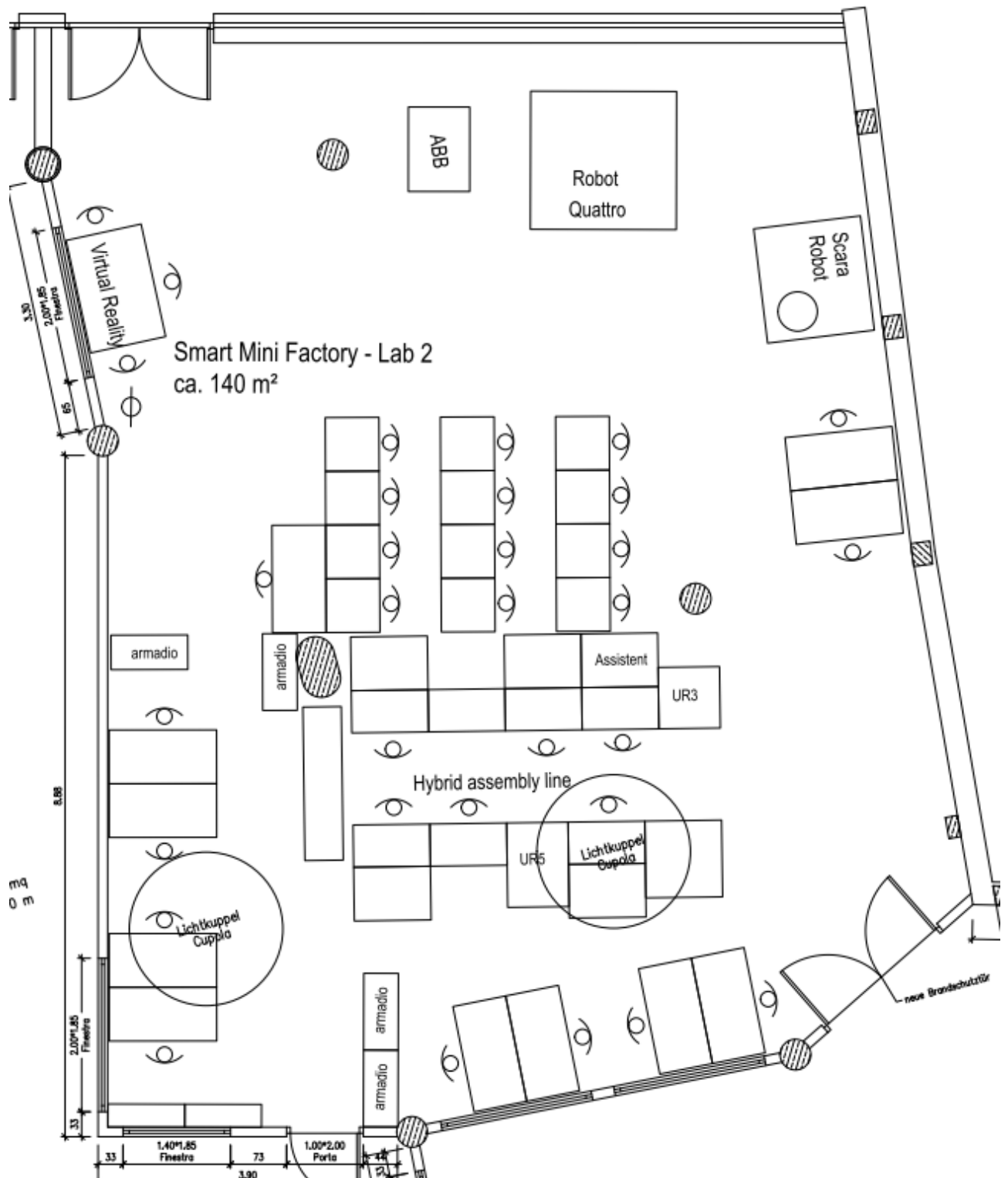


Abbildung 14: Ist- Layout Smart Mini Factory

3.1.2 Zu integrierende Ausstattung

Um die Soll-Layout Planung des Transfersystems zu ermöglichen, ist es zunächst notwendig, die zu integrierende Ausstattung zu definieren. Nachfolgend sind jene Anlagen aufgelistet, die durch das Transfersystem verkettet werden oder sich im indirekten Kontakt mit diesem befinden.

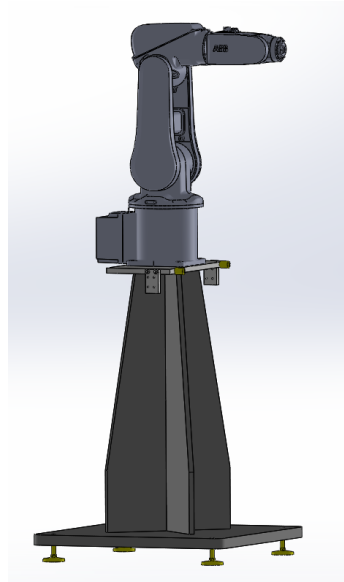


Abbildung 15: ABB IRB 120 (ABB, 2018)

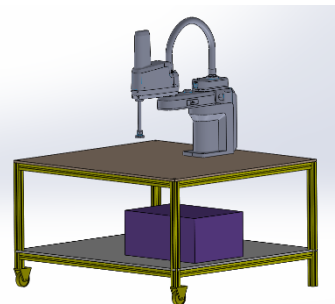


Abbildung 16: Adept Cobra i600 SCARA (adept, 2018)



Abbildung 17: Adept Quattro s650H parallel Robot (adept, 2018)

Der „ABB IRB 120“ ist ein 6-achsiger Kleinroboter mit einem Eigengewicht von 25 kg. Die Handhabungskapazität des Roboters liegt bei 3 kg, bei vertikalem Handgelenk kann diese bis zu 4 kg betragen. Die maximale Reichweite liegt bei 580mm. Zusätzlich ist ein Arbeiten bis zu 112 mm unterhalb seiner Basis möglich. Die Leichtbauweise aus Aluminium, die leistungsstarken Motoren und die ABB Steuerungstechnik ermöglichen es, den Roboterarm präzise und mit hohen Geschwindigkeiten zu bewegen. Somit lässt sich eine Wiederholgenauigkeit von 0,01 mm erreichen. Der Hauptanwendungsbereich dieses Roboters liegt in der Handhabung bzw. im Handling von Objekten und in der Verpackung. Seine Bauweise macht ihn zum idealen Roboter für die Anwendung in Bereichen mit geringen Platzangebot (ABB, 2018).

Der „Adept Cobra i600 SCARA“ ist ein autark arbeitender Roboter, der ohne die Verwendung von externen Controllern zurechtkommt. Der i600 ist ein 4-Achs Roboter und verfügt über ein Bildverarbeitungssystem. Die maximale Tragkraft liegt bei 4 kg und die Reichweite bei 600 mm. Die Wiederholgenauigkeit ist richtungsabhängig und liegt bei mindestens 0,017 mm. Das Einsatzgebiet dieses Roboters liegt im High-Speed Pick & Place, in Palettieraufgaben, der Montage oder im Verschrauben (adept, 2018).

Bei dem „Adept Quattro s650H parallel Robot“ handelt es sich um einen Vier-Arm-Roboter, der speziell für die Verpackungsindustrie entwickelt wurde. Dieser ermöglicht sowohl eine Bewegung in X-, Y- und Z-Richtung, als auch eine Rotation. Die Hauptmerkmale des Adept Quattro sind eine maximale Tragkraft von 6 kg, ein Arbeitsbereich von 1300 mm und ein Hub von 500 mm. Die Besonderheit bei diesem Roboter liegt darin, dass er sehr hohe Geschwindigkeiten erreichen kann. Im Detail sprechen wir von einer maximalen Geschwindigkeit von 10 m/s und einer Beschleunigung von 150 m/s². Trotz dieser hohen Geschwindigkeiten ist

eine Wiederholgenauigkeit von 0,1 mm möglich. Zudem verfügt er Adept Quattro über ein Bildverarbeitungssystem. Die Anwendungsbereiche liegen in der Verpackung, im Handling, der Fertigung und Montage (adept, 2018).

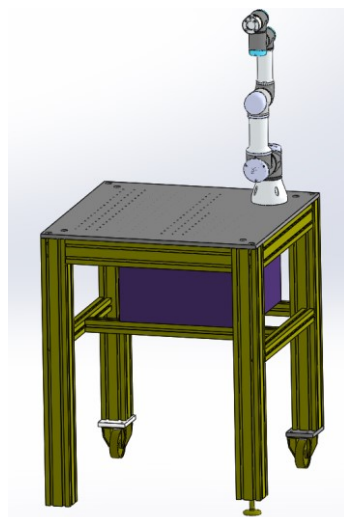


Abbildung 18: Universal Robots UR3 (Universal Robots, 2018)

Der „UR3 von Universal Robots“ ist der kleinste kollaborative Roboter aus der UR-Familie und dient dem Menschen als „dritte Hand“. Dieser Tischroboter kann all seine 6 Gelenke um 720 Grad rotieren, jenes an der Werkzeugschnittstelle ist ein endlos rotierendes Gelenk. Die Tragkraft des Roboters liegt bei 3 kg und der Arbeitsradius bei 500 mm. Die Wiederholgenauigkeit liegt bei 0,1 mm. Zu den Stärken des UR3 zählt seine einfache und intuitive Programmierung. Der UR3 ist der perfekte Begleiter für leichte Montagetätigkeiten und Arbeiten die eine hohe Präzision voraussetzen. Er kann zum Beispiel in der Qualitätskontrolle verwendet werden, indem er mit einer Inspektionskamera ausgestattet, fehlerhafte Teile identifiziert, bevor diese versendet werden. Zudem kann er für Schraub-, Klebe-, Dosier- oder Schweißprozessen verwendet werden und bietet gleichbleibende Qualitätsstandards, Wiederholgenauigkeit und Konsistenz (Universal Robots, 2018).

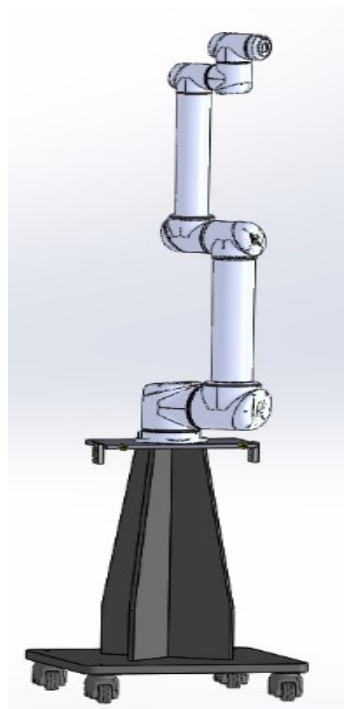
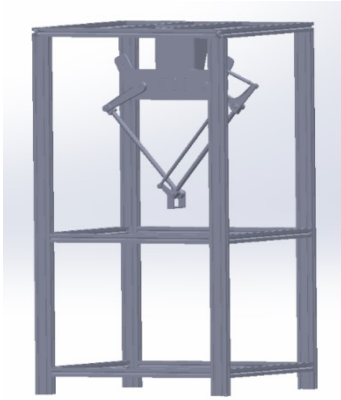


Abbildung 19: Universal Robots UR10 (Universal Robots, 2018)

Der „UR10“ ist der größte kollaborative Roboter aus der UR-Reihe und funktioniert nach denselben Prinzipien wie der UR3. Aufgrund der längeren und massiveren Roboterarme liegt die maximale Tragkraft bei 10 kg und die Reichweite bei 1300 mm. Die 6 Gelenke sind wiederum jeweils um 270 Grad rotierbar, jenes an der Werkzeugschnittstelle ist endlos rotierbar. Die Wiederholgenauigkeit liegt trotz des größeren Eigengewichtes von 28,9 kg und der Dimensionen immer noch bei 0,1 mm. Aufgrund seines Arbeitsradius wird der UR10 für Prozesse in der Verpackung, der Palettierung, Montage, Pick and Place oder grundsätzlich überall dort wo größere Lasten über einen größeren Abstand bewegt werden müssen. Der Lärmpegel eines solchen Roboters liegt bei unter 65 dB. Die Sicherheitsfunktionen der UR-Serie sind zudem vom TÜV NORD geprüft und entsprechen den ISO Richtlinien, um im direkten Kontakt mit dem Menschen ohne Verwendung eines Schutzzauns zu arbeiten (Universal Robots, 2018).



Der in der Abbildung dargestellte „parallel Roboter TFO“ ist das Ergebnis eines Projektes an der technischen Fachoberschule Max Valier in Bozen. Das Design des Roboters wurde unter Berücksichtigung der Festigkeit des Materials von den Schülern selbstständig entworfen. Ziel des Projektes war es, einen Roboter zu konstruieren, der für zukünftige Lehrveranstaltungen in der Programmierung und Steuerung von Robotersystemen eingesetzt werden kann. Zukünftig soll dieser in die Ausstattung des Smart Mini Factory Labors aufgenommen werden (Smart Mini Factory, 2018).

Abbildung 20: Parallel Roboter TFO



Abbildung 21: Kuka KMR iiwa (kuka, 2018)

Der „Kuka KMR iiwa“ ist ein autonomer, MRK-fähiger und mobiler Roboter. In diesem ortsunabhängigen System werden die Fähigkeiten des sensitiven Leichtbauroboters LBR iiwa mit jenen einer mobilen und autonomen Plattform verbunden. Der Leichtbaurobter hat eine maximale Tragkraft von 14 kg, eine Reichweite von bis zu 820 mm und ist direkt auf der Plattform montiert. Die Wiederholgenauigkeit liegt bei 0,1 mm. Die mobile Plattform hat eine Länge von 1,080 mm, eine Breite von 630 mm, eine Höhe von 700 mm und eine Tragkraft von maximal 200 kg. Die Positionsgenauigkeit der Plattform liegt bei 5 mm. In Längsrichtung kann eine maximale Geschwindigkeit von 3,6 km/h und in Querrichtung von 2 km/h erreicht werden. Die Arbeitsumgebung wird durch einen eingebauten Laserscanner überwacht. Für die Navigation der Plattform wird eine integrierte Steuerungssoftware verwendet. Mögliche Anwendungsbereiche liegen in der Kommissionierung, dem Einlegen oder Bestücken und dem handhaben von Gegenständen. Zudem wird durch den Kuka KMR iiwa ein positionsunabhängiger Produktionsassistent geboten (kuka, 2018).

3.1.3 Anwendung von Axiomatic Design zur Ermittlung des Soll-Designs

Axiomatic Design ist eine Designmethode, die von Professor Suh am Massachusetts Institute of Technology entwickelt wurde (Suh, 1990). Die Grundidee von Axiomatic Design besteht darin, eine strukturierte Methode zur Verfügung zu stellen, um geeignete Lösungen für zuvor definierte Anforderungen zu finden und diese zuzuordnen. Darin spricht man von vier verschiedenen Domänen: der Kundendomäne, der funktionalen, der physischen und der Prozessdomäne.

In der Kundendomäne werden die Kundenanforderungen ermittelt und anschließend definiert. Anhand der Kundenanforderungen ist es somit möglich, die funktionalen Anforderungen an das System zu bestimmen.

Die funktionalen Anforderungen, kurz FR werden in der Funktionsdomäne definiert.

Im nächsten Schritt, der physischen Domäne versucht man Designparameter, DP zu definieren mit Hilfe dessen es möglich ist, die funktionalen Anforderungen an das System bzw. Produkt zu erfüllen.

Im letzten Schritt, der Prozessdomäne, werden die Designparameter einer Prozessvariable zugeordnet, die charakteristisch für das Produkt oder des Prozesses sind. Dieser Prozess wird als „mapping“ definiert.

Anschließend wird eine Design Matrix kreiert, welche quadratisch sein muss. Ziel dieser Matrix ist es die Beziehung zwischen FR und DP sowie Abhängigkeiten zu bestimmen (Park, 2007).

Die funktionalen Anforderungen, die an das Transfersystem gestellt werden, die notwendigen Designparameter und die Designmatrix sind in folgenden Abbildungen ersichtlich. Diese wurden in Acclaro DFSS, einer Software für Axiomatic Design, erarbeitet.

3 - Marktrecherche für Transfersysteme im Smart Mini Factory Labor

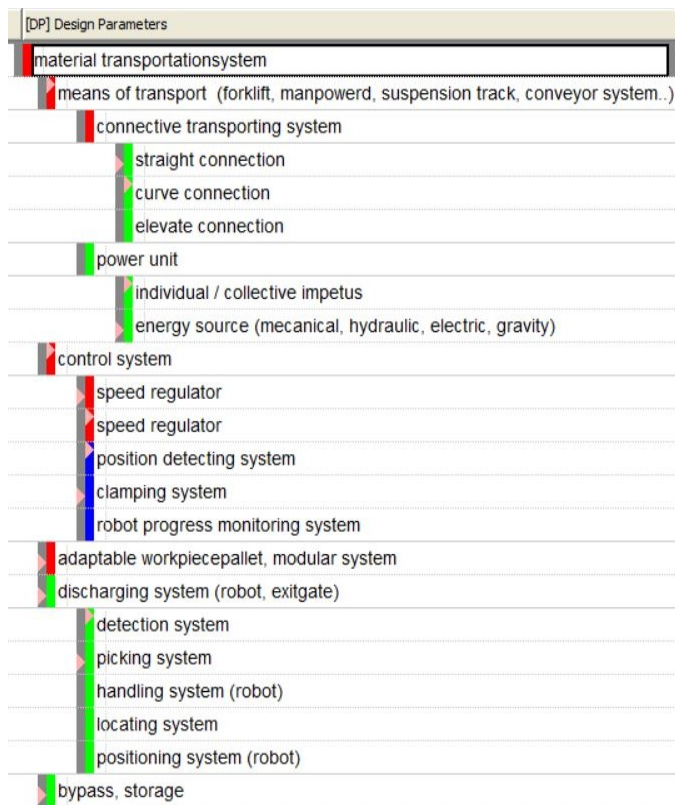
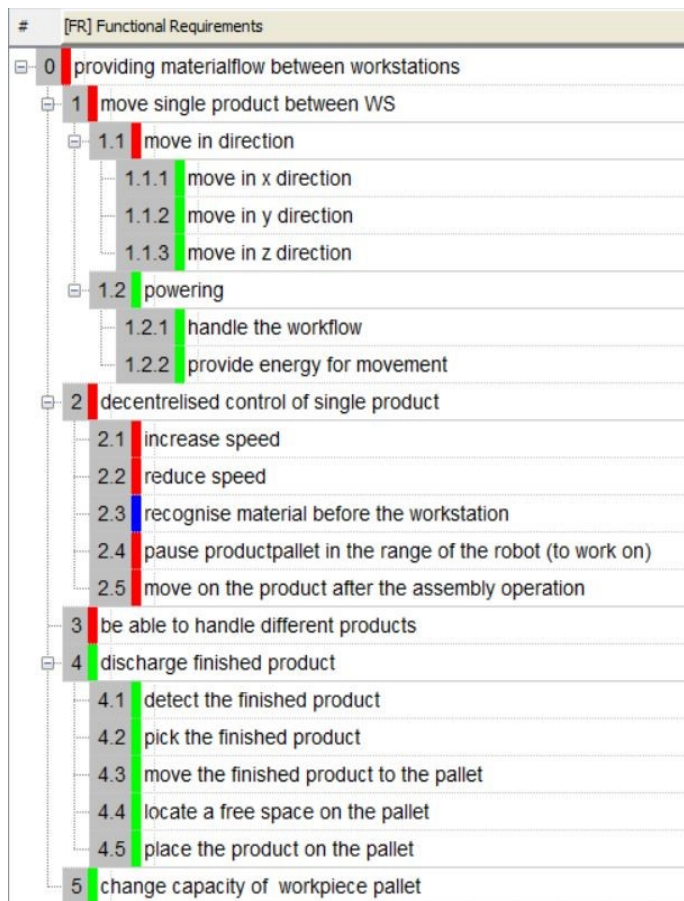


Abbildung 22: FR-DP Decomposition (Acclaro DFSS)

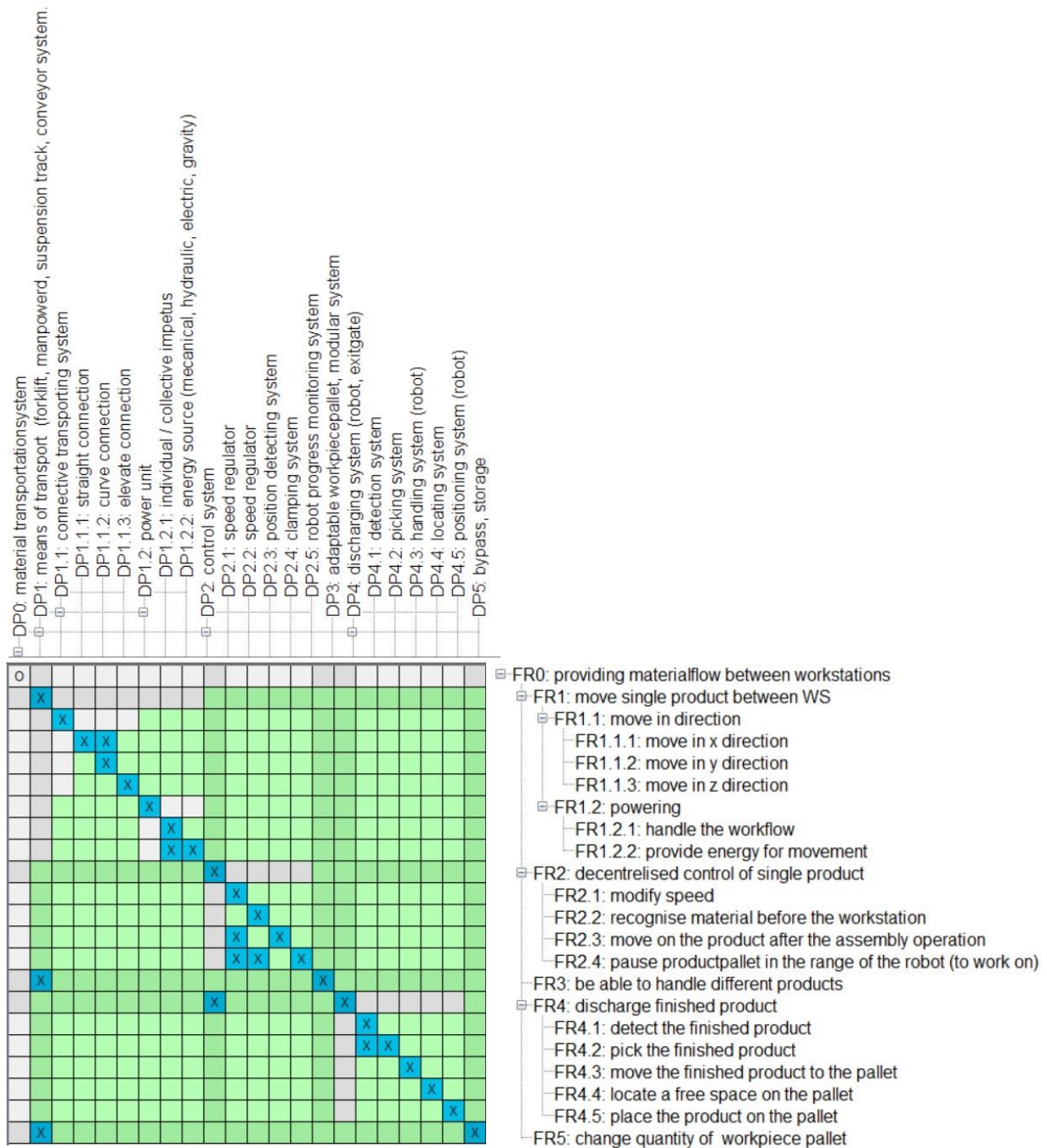


Abbildung 23: Design Matrix (Acclaro DFSS)

3.2 Marktrecherche von Transfersystemen

Der folgende Abschnitt beinhaltet mögliche Lieferanten von Transfersystemen und gibt einen Überblick über die angebotenen Systeme. Dabei wird einleitend kurz in die Geschichte des Unternehmens eingegangen und einige aussagekräftige Informationen werden angeführt. Anschließend werden die verschiedenen Systeme beschrieben und deren Spezifikationen aufgelistet. Die verschiedenen Anbieter und Systeme sind das Resultat einer durchgeführten Internetrecherche und der Ausarbeitung verschiedenster Produktkataloge.

3.2.1 Bosch Rexroth AG

Die Bosch Rexroth AG ist ein weltweit agierendes Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau und ist einer der führenden Spezialisten für Antriebs- und Steuerungstechnologien.

Derzeit beschäftigt das Unternehmen weltweit über 30.500 Mitarbeiter und konnte im Jahr 2017 einen Umsatz von rund 5,5 Mrd. Euro erzielen. Davon sind etwa 3,16 Mrd. Euro auf das Absatzgebiet Europa, 0,97 Mrd. Euro auf Amerika und die restlichen 1,37 Mrd. Euro auf Asien, Pazifik und Afrika zurückzuführen.

Die Unternehmensgeschichte beginnt bereits im Jahre 1795 mit der Entwicklung eines wassergetriebenen Eisenhammers, welcher von Georg Ludwig Rexroth im Elsavatal (Spessart – DE) entwickelt wurde. Das Unternehmen hat in den folgenden Jahren ausschlaggebende Leistungen in der Entwicklung von Hydraulikkomponenten wie Pumpen oder Ventile erbracht und wurde im Jahre 1975 zu 100% von der Mannesmann Ag übernommen. Unter dem Namen Mannesmann Rexroth Ag wurde im Jahre 1979 der weltweit erste wartungsfreie Servomotor entwickelt, welcher den Maschinenbau nachhaltig veränderte. Die Bosch Rexroth Ag entstand dann im Jahre 2001 durch den Zusammenschluss der Mannesmann Rexroth Ag und der Bosch Automationstechnik.

Gegenwärtig bietet die Bosch Rexroth Ag Lösungen in folgenden Bereichen (Bosch Rexroth, 2018):

- Montagetechnik
- Elektrische Antriebe und Steuerungen
- Getriebetechnik
- Industriehydraulik
- Lineartechnik
- Mobilhydraulik
- Form- und Gießtechnik
- Widerstandsschweißen
- Schraubtechnik
- Produktionsassistenten

Im folgenden Abschnitt werden die angebotenen Transfersysteme aufgelistet und detailliert beschrieben. Die genannten TS sind modular aufgebaut, dies ermöglicht eine schnelle Planung und Projektierung des Systems und garantiert somit die gewünschte Flexibilität.

Transfersystem TS 1

Das TS 1 ist das kleinste Transfersystem in der Produktpalette und somit bestens für die Fertigung kleiner Produkte oder Baugruppen geeignet. Typische Einsatzgebiete sind die Medizintechnik, Elektrotechnik, Optik- und Feinmechanik. Das TS 1 bietet standardisierte Baueinheiten wie Förderstrecken, Hub-Quereinheiten und Kurven, welche beliebig kombiniert werden können. Das Produkt wird auf einem Werkstückträger, kurz WT, transportiert. Der WT wird mit Hilfe eines Fördermediums über Reibung mittransportiert. Das TS 1 verfügt über folgende Eigenschaften (Bosch Rexroth, 2018):

- zulässige Werkstückträgerlast WT abhängig bis zu 3 kg
- WT Dimensionen: 80 x 80mm, 120 x 120mm, 160 x 160mm
- zulässige Streckenlast: 30 kg
- geeignet für den Einsatz in elektrostatisch geschützten Bereichen
- Möglichkeit zur Ausschleusung
- Wiederholgenauigkeit von $\pm 0,01$ mm
- Hub über Transportniveau: 50 mm
- zulässiger Reversierbetrieb
- zulässige Prozesskraft von 100 N
- Druckluftanschluss erforderlich
- geeignet für den Einsatz in Trockenräumen mit einer relativen Luftfeuchtigkeit bis zu ca. 1%
- geeignet für den Einsatz in Reinräumen bis zu ISO 7 Klasse
- mögliche Fördermedien: Zahnriemen, Rundriemen, Gurt oder Drehscheibe

Der WT ist mit einem Datenträger ausgestattet, welcher Informationen über Ziele und Bearbeitungsschritte speichert. An den verschiedenen Bearbeitungsstationen wird der WT durch einen sogenannten Vereinzeln angehalten, während das Fördermedium weiterläuft. Dies ermöglicht die Bildung von Puffern (Bosch Rexroth, 2018).

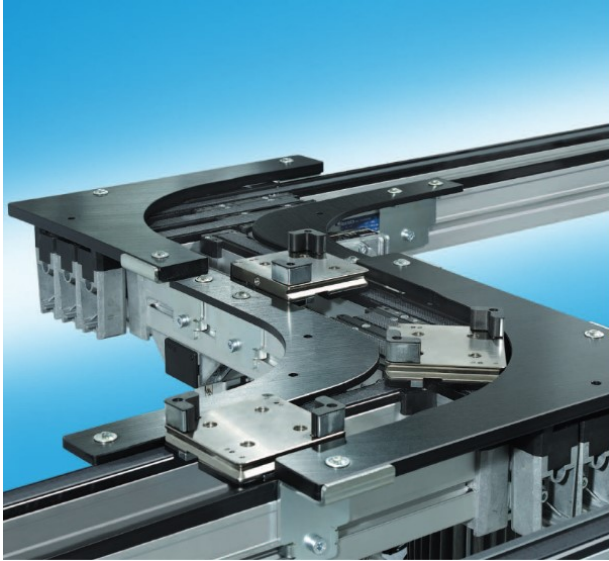


Abbildung 24: Transfersystem TS1 (Bosch Rexroth, 2018)

Transfersystem TS 2 plus

Beim TS 2 plus handelt es sich wiederum um ein modular aufgebautes Transfersystem, welches nach einem Baukastenprinzip individuell nach Kundenwünschen zusammengestellt werden kann. Das TS2 plus findet hauptsächlich Anwendung in der Automobilindustrie, in der Medizintechnik, im sanitären Bereich und in der Elektrogeräteindustrie. Grundsätzlich kann man sagen, dass dieses nach demselben Prinzip funktioniert wie das TS 1 und ähnliche Eigenschaften aufweist, jedoch größer und robuster ist. Der WT ist in Dimensionen von 160 x 160 mm bis hin zu 1.200 x 1.200 mm erhältlich und kann abhängig von der Dimension des WT und des Fördermediums Lasten bis zu 240 kg aufnehmen. Als Fördermedien stehen Gurt, Zahnriemen, Kunststoff-Flachplattenkette, Kunststoff-Staurollenkette, Staurollenkette Vplus, Duplexkette oder Rundriemen zur Verfügung. Die spezifische Förderlast variiert nach Art des Fördermittels und kann maximal 2,0 kg/cm betragen. Die möglichen Fördergeschwindigkeiten betragen 6, 9, 12, 15 und 18 m/min (Bosch Rexroth, 2018).

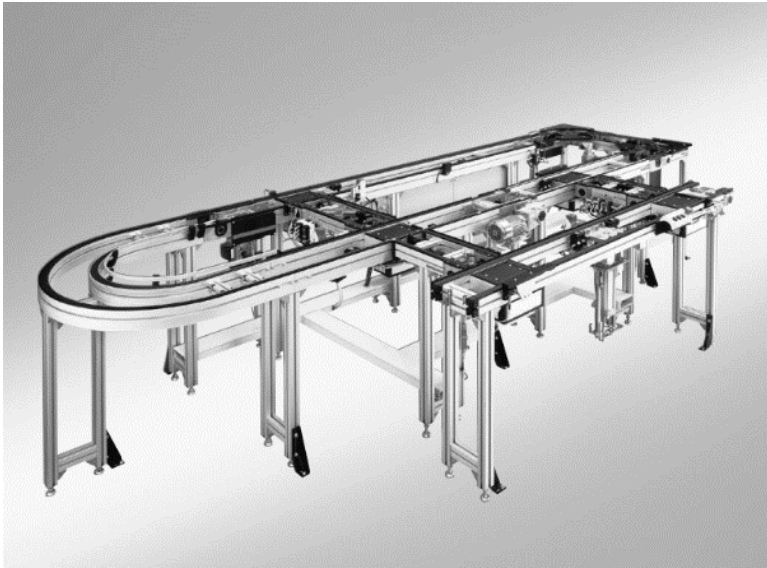


Abbildung 25: Transfersystem TS2 (Bosch Rexroth, 2018)

Linearmotorisches Transfersystem ActiveMover

Linearmotorische Transfersysteme ermöglichen es jeden Werkstückträger einzeln zu programmieren bzw. steuern und bieten somit eine erhöhte Flexibilität und Anpassbarkeit an die jeweiligen Prozesse. Das ActiveMover bietet folgende technischen Spezifikationen (Bosch Rexroth, 2018):

- Geschwindigkeiten bis 150 m/min
- Beschleunigung bis zu 4g
- Wiederholgenauigkeit bis zu $\pm 0,01$ mm (komponentenabhängig)
- Zuladung pro Werkstückträger bis zu 10 kg
- Reversierbetrieb
- Synchron- und Asynchronbetrieb
- Werkstückträgerbreite 165 mm
- Aufnahmebreite bis zu 500 mm
- individuell steuerbar
- geringer Wartungsaufwand
- integrierte Sensoren für beliebige Positionierung des WT



Abbildung 26: ActiveMover (Bosch Rexroth, 2018)

Zusätzlich bietet Bosch Rexroth noch das Transfersystem **TS 2pv** an, welches speziell für die Solarindustrie entwickelt wurde. Dies ermöglicht es, dass Photovoltaikmodule oder Siliziumzellentechnik direkt auf dem Transfersystem aufliegend befördert werden kann. Ein weiteres Transfersystem ist das **TS 5**, welches es ermöglicht Lasten über 400kg zu befördern (Bosch Rexroth, 2018).

3.2.2 mk Technology Group

Die mk Technology Group, als Dachmarke der Maschinenbau Kitz GmbH, ist eines der führenden Unternehmen im Bereich der Profiltechnik bzw. Fördertechnik und bietet Systemlösungen für Fabrikautomation. Das Unternehmen verzeichnete 2017 einen Umsatz von 68 Mio. Euro und beschäftigt derzeit rund 460 Mitarbeiter. Die mk Technology Group wurde 1966 in einer Garage in Deutschland gegründet und beschäftigte sich zunächst mit der Herstellung von Maschinenteilen und einfachen Geräten. Bereits 1971 wurde der erste mk Förderer ausgeliefert und es entstand das erste standardisierte Förderserienprogramm. Heutzutage ist das Unternehmen international tätig und besitzt Tochterunternehmen in Deutschland, Österreich, Schweiz, Niederlande, Spanien und in den USA. Das Unternehmen bietet Lösungen im Bereich der Profiltechnik (Profilsysteme, Schutzeinrichtungen, Industriearbeitsplätze, Treppen, Podeste), der Fördertechnik (Lineartechnik, Drehtische, Fördersysteme) und Systemlösungen an (mk Technology Group, 2018).

Versamove

Das Versamove ist ein modulares Transfersystem und in drei verschiedenen Varianten erhältlich. Diese unterscheiden sich nur in deren Größe und der möglichen Werkstückträgerlast. Unterteilt wird in das Versamove standard mit einer WT Last von 40

kg, das Versamove plus mit einer WT Last von 100 kg und das Versamove ultra mit 300 kg WT Last. Das Funktionsprinzip bzw. die Methode, mit welcher der WT bewegt wird, ist mit jenem von Bosch Rexroth zu vergleichen. Das TS ist flexibel erweiterbar und kompatibel mit anderen Transfersystemen wie z.B. dem TS 2 von Bosch Rexroth. Typische Einsatzgebiete sind die Automobilindustrie der sogenannten „weißen Ware“, Aerospace oder der Spielzeugindustrie. Das Versamove von mk Technology Group bietet folgende Eigenschaften (mk Technology Group, 2018):

- WT Dimensionen: 240 x 240 mm bis 1200 x 1200 mm
- Mögliche Fördermedien: Flachplattenförderer, Zahnriemenförderer, Staurollenförderer
- Geschwindigkeiten: 6, 9, 12, 15 und 18 m/min
- Trägerplatte aus Aluminium oder Stahl
- Hub über Transportniveau
- Möglichkeit zur Rotation des WT
- Möglichkeit zur Ausschleusung
- Optionale induktive Positionsabfrage
- Druckluftanschluss erforderlich
- Wiederholgenauigkeit bis zu $\pm 0,1$ mm (Komponentenabhängig)
- Ungedämpftes oder gedämpftes Stoppen

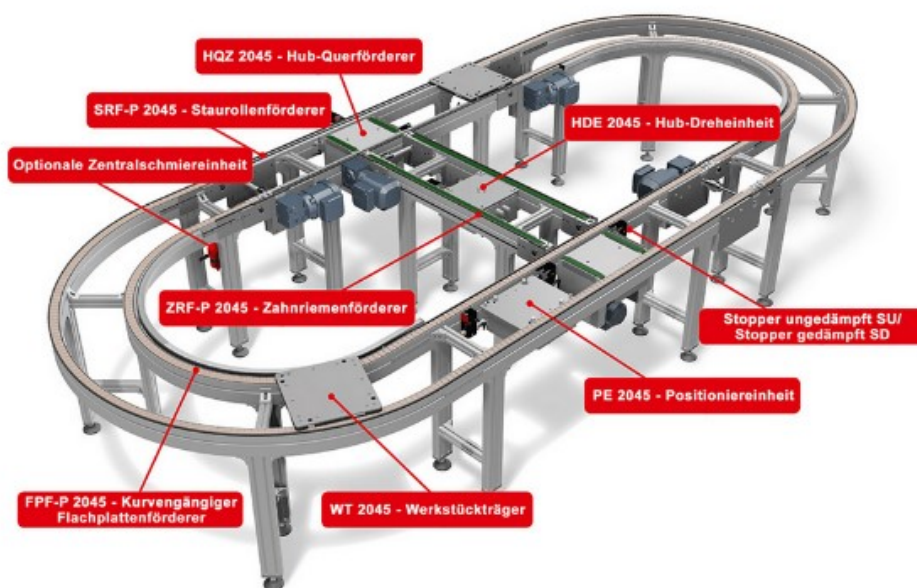


Abbildung 27: Versamove (mk Technology Group, 2018)

3.2.3 Stein Automation GbmH & Co KG

Die Stein Automation GmbH und Co Kg ist ein in Deutschland ansässiges Familienunternehmen mit über 40-jähriger Tradition. Das Unternehmen wurde 1969 von Josef Stein gegründet und beschäftigte sich anfänglich mit der Herstellung von Einrichtungen bzw. Werkzeugen für Drehmaschinen. Im Bereich der Transfersysteme wird das

Stein 300 und das Stein 500 angeboten. Ersteres wurde bereits im Jahre 1992 und letzteres im Jahre 2003 auf dem Markt eingeführt. Mittlerweile liegt der Hauptfokus des Unternehmens in der Herstellung von modularen Transfersystemen für die Montage. Das Unternehmen ist auf dem internationalen Markt tätig und besitzt Vertretungen in Italien, Tschechien, den Niederlanden und in den USA. Die Stein Automation GmbH & Co KG konnte bereits für zahlreiche bekannte Unternehmen wie zum Beispiel Continental, Braun, Playmobil, Vorwerk, Miele oder Hilti arbeiten (Stein Automation, 2018).

Stein 300

Das Stein 300 transportiert das jeweilige Produkt über einen Werkstückträger, welcher über einen Transportriemen angetrieben wird. Der WT ist ab einer Größe von 160 x 160mm erhältlich und kann Lasten bis zu 20 kg transportieren. Stein verwendet ein RFID System und speichert die WT Informationen in der Stein Control Datenbank. Das RFID System ermöglicht es, dass Daten „on the fly“ gelesen bzw. abgespeichert werden ohne den WT zu verlangsamen. Grundsätzlich ist das TS modular aufgebaut und verfügt über verschiedene Module wie z.B. Bandedemente, Radiusbahnen, Klappenelemente, Umsetzer, Hub-Dreheinheiten und Stopper. Das Stein 300 bietet folgende Eigenschaften (Stein Automation, 2018):

- Bandgeschwindigkeiten motorabhängig
 - mit AC Motor 6,9; 9,1; 13,7; oder 18,3 m/min
 - mit EC Motor variabel von 2 bis 25 m/min
- Klappenelemente um Zugang zu Offline- Plätzen zu gewährleisten
- Hub über Transportniveau
- Möglichkeit zur Rotation des WT
- Stoppen des WT durch Verwendung verschiedener Stoppvorrichtungen
- Anlagensteuerung über Stein Control
- Stein Softmove – schonender und energieeffizienter Transport der WT
- Spurenbreite ab 160 mm rasterfrei
- Bandlängen von 300 bis 3000 mm
- Wiederholgenauigkeit bis zu $\pm 0,2$ mm (komponentenabhängig)
- Möglichkeit zur Ausschleusung
- Verfügbarkeit von Pufferlösungen mit einer WT Kapazität von 30 – 54 Stk.

Für den Transport von Werkstückträgern bis zu 100 kg bietet sich das **Stein 500** an. Dieses hat dieselben Qualitäten wie das Stein 300 und bietet Werkstückträgergrößen von 450 x 450mm bis 1200 x 800 mm (Stein Automation, 2018).



Abbildung 28: Stein 300 (Stein Automation, 2018)

3.2.4 IEF Werner GmbH

Die IEF Werner GmbH wurde im Jahre 1980 als Entwicklung und Ingenieurbüro mit drei Mitarbeitern in Deutschland gegründet und vertreibt heute modulare Komponenten für die Automatisierung von Handhabungsproblemen jeglicher Art. 1999 begann das Unternehmen Standardpalettierer zu vertreiben und präsentierte erstmalig das Transportsystem posyART, welches sich heute noch unter der Produktpalette von IEF Werner befindet. Mittlerweile beschäftigt das Unternehmen rund 160 Mitarbeiter und bietet Servopressen, Transportsysteme- Bänder, Palettierer, Drehtische und mehrere Antriebstechnologien an. In der Rubrik der Transfersysteme hat IEF Werner das posyART und das smallFLEX im Angebot (IEF Werner, 2018).

posyART

Das posyART ist auf eine Baukastensystematik aufgebaut und kann somit individuell nach Kundenwünschen zusammengebaut werden. Das Prinzip des Transfersystems beruht wiederum auf einem Werkstückträger, welcher durch Riemen angetrieben wird. Das Transfersystem von ESF Werner besitzt folgende Produkteigenschaften (IEF Werner, 2018):

- Werkstückträger in Größen von 160 x 160 mm bis 400 x 400mm
- Bandstrecke bis zu 4000 mm

3 - Marktrecherche für Transfersysteme im Smart Mini Factory Labor

- Spurbreite bis zu 400 mm
- Bandgeschwindigkeiten zwischen 6, 8, 13, 16 m/min
- Maximale Werkstückträgerlast 200 N
- Flachriemen oder Zahnriemenband verfügbar
- Druckluftanschluss erforderlich bei 4 – 6 bar
- Nennleistung zwischen 0,045 und 0,18 kW
- Stoppen des WT durch Verwendung verschiedener Stoppvorrichtungen
- Wiederholgenauigkeit bis zu $\pm 0,5$ mm durch Zentrierstation bis zu $\pm 0,04$ mm
- RFID Erkennungssystem integrierbar
- Kipp und Drehfunktion
- Hub über Transportniveau bis zu 100 mm

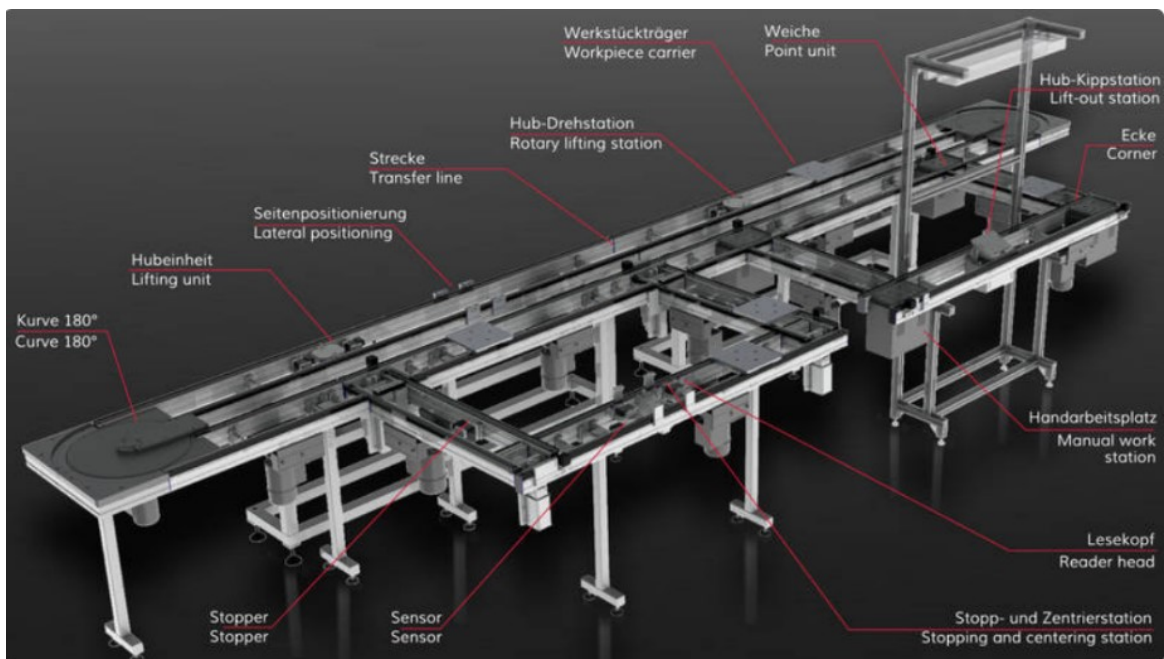


Abbildung 29: posyART (ESF Werner, 2018)

Ein weiteres Transfersystem von IEF Werner ist das **smallIFLEX**. Dieses ermöglicht es, dass das System gewartet, umgerüstet oder Module ausgetauscht werden können während das TS in Betrieb ist. Um dies zu erreichen, sind sämtliche Komponenten mit RFID ausgestattet und werden über eine dezentrale Logistiksteuerung bedient. Das smallIFLEX eignet sich bestens für Produktionsstrukturen mit geringer Raumverfügbarkeit. Die Werkstückträger sind in einer Größe von 80 x 80 mm verfügbar, das TS findet dadurch hauptsächlich in der Mikro- und Feinwarentechnik Anwendung (IEF Werner, 2018).

3.2.5 Montech Ag

Die Montech Ag ist ein in der Schweiz ansässiges Unternehmen und Anbieter für Komponenten bzw. Systemen zur Automatisierung von Transport, Montage und Produktionsprozessen. Die heutige Montech Ag wurde 1964 unter dem Namen Ermanno Tech AG gegründet und war vorerst im Anlagenbau für die Uhrenindustrie tätig. Eines der ersten Erfolgsprodukte war der Ratiomatic 1, ein Montagehalbautomat für die Uhrenindustrie. 1974 agierte das Unternehmen dann unter dem Namen Montech Ag und entwickelte mit der Ratiomatic 5 die ersten selbstgebauten Rundtische. 2012 wurde das Transfersystem LT 40 eingeführt, auf welches anschließend noch detaillierter eingegangen wird. BMW, Volvo, Rolex oder auch Swatch zählen zu Kunden von der Montech Ag (Montech, 2018).

Transfersystem LT 40

Das LT 40 ist ein modular aufgebautes Transfersystem und befördert die Produkte über Werkstückträger. Diese werden über einen Doppelzahnriemen angetrieben.

Technische Daten des LT 40 (Montech, 2018):

- Werkstückträger in Größen von 200 x 200mm bis 320 x 480mm
- Transportgeschwindigkeiten von 6 m/min bis zu 21 m/min
- Maximale Zuladung je nach WT von 7 kg bis 16,8 kg
- Wiederholgenauigkeit bis zu $\pm 0,02$ mm
- Schalldruckpegel < 60 dBA
- Maximale Dauerbelastung bei Förderbetrieb (65 – 100 kg)
- und bei Staubetrieb (40 – 60 kg)
- Maximale Länge pro Förderband bis 6m
- Druckluftanschluss erforderlich, Betriebsdruck zwischen 5 und 6 bar
- Werkstückträger in Polyethylenterephthalat (PET)
- Antrieb des Förderbandes über Antriebsrollen mit einer Leistung von 50W oder einer Leistung von 90W
- Stoppen des WT durch Verwendung eines druckluftbetriebenen Stoppers
- Möglichkeit zur Aus- Einschleusung
- RFID Ausstattung der WT möglich
- Keine Hub- Drehvorrichtungen



Abbildung 30: Transfersystem LT 40 (Montech, 2018)

Längentransfersystem LTE

Das Längentransfersystem LTE ist ein auf Baukastenprinzip aufgebautes TS und ist daher flexibel gegenüber nachträglichen Anpassungen und erlaubt eine schrittweise Automatisierung. Das LTE ist ein asynchrones Transfersystem und funktioniert wiederum über ein Werkstückträgersystem. Ein asynchrones TS arbeitet mit Hilfe von Bypässen. Diese ermöglichen es, die Bandstrecke vor zeitkritischen Prozessen aufzuteilen und somit den nachfolgenden Prozess zu splitten. Der Werkstückträger wird auf Förderbändern mit Hilfe eines Gurtes transportiert.

Technische Daten des Längstransfersystems LTE (Montech, 2018):

- Werkstückträger in Größen von 80 x 80 mm bis 225 x 225 mm
- Transportgeschwindigkeiten von 0,5 m/min bis zu 19 m/min
- Maximale Zuladung je nach WT von 2,3 kg bis 4,3 kg
- Schalldruckpegel < 70 dBA
- Antriebsleistung von 90W bis 120W
- Werkstückträger in Polyethylenterephthalat (PET)
- Wiederholgenauigkeit bis zu $\pm 0,05$ mm
- Maximale Länge pro Förderband bis 10 m
- Möglichkeit zur Aus- und Einschleusung
- Druckluftanschluss erforderlich
- Über brüstenlose DC-Motoren oder Drehstrommotoren angetrieben
- Keine Hub-Drehvorrichtungen
- Stoppen des WT durch Verwendung eines druckluftbetriebenen Stoppers
- Chassis breite von 105 – 250 mm



Abbildung 31: Längentransfersystem LTE (Montech, 2018)

3.2.6 FF di Falconi – Flexlink

FF di Falconi ist ein in Italien (Brescia) ansässiges Unternehmen im Bereich der Automatisierung und Fördertechnik. Das Unternehmen wurde 1985 gegründet und ist ein strategischer Partner der Flexlink Ag (FF di Falconi, 2018).

Die Flexlink Ag ist weltweiter Anbieter von Fördersystemen und entwickelte bereits 1980 das noch immer meistverkaufte Produkt, das Fördersystem XL. Gegenwärtig besitzt die Flexlink AG Niederlassungen und Vertriebspartner in der ganzen Welt und ist von der Coesia Gruppe übernommen worden (Flexlink, 2018).

Die Coesia Gruppe setzt sich aus achtzehn international tätigen Unternehmen im Bereich der Industrie- und Verpackungstechnik zusammen und hat ihren Hauptsitz in Bologna. Die Mitglieder der Coesia Gruppe sind führend im Bereich der Präzisionsgetriebe, Industrieller Prozesslösungen und der Herstellung von hochentwickelten automatisierten Maschinen und Verpackungslösungen. Die Gruppe beschäftigt rund 1700 Mitarbeiter und ist in 32 Ländern vertreten. Der Jahresumsatz im Jahr 2017 betrug 1.586 Mio. Euro (Coesia, 2018).

Einspuriges Palettensystem X85

Das Palettensystem X85 ist ein einspuriges, auf Standardmodule aufgebautes Transfersystem und transportiert Produkte über Werkstückträger. Hauptanwendung findet das Transfersystem für Körperpflegeprodukte, Haushaltsreinigungsprodukte oder

auch für sekundäre Verpackungen. Das X85 bietet folgende Eigenschaften (Flexlink, 2018):

- Werkstückträgergrößen von 160 x 100 mm bis zu 160 x 225 mm
- verschiedene Motoren von 230/400V, 50 Hz und 230/460 V bis 330/575V, 60 Hz
- Profilbreite von 85 mm
- maximale Förderlänge 30 m
- maximale Last auf dem Förderer 200 kg
- maximale Werkstückträgerlast 10 kg
- Fördergeschwindigkeiten je nach Antriebseinheit von 5- 120 m/min
- RFID Identifikation der WT
- Wiederholgenauigkeit bis zu $\pm 0,1$ mm
- Möglichkeit zur Aus- und Einschleusung
- Druckluftanschluss erforderlich
- Stoppen des WT durch Verwendung eines druckluftbetriebenen Stoppers
- Verwendung einer Förderkette
- Keine Drehvorrichtungen
- Verfügbarkeit eines WT Lift

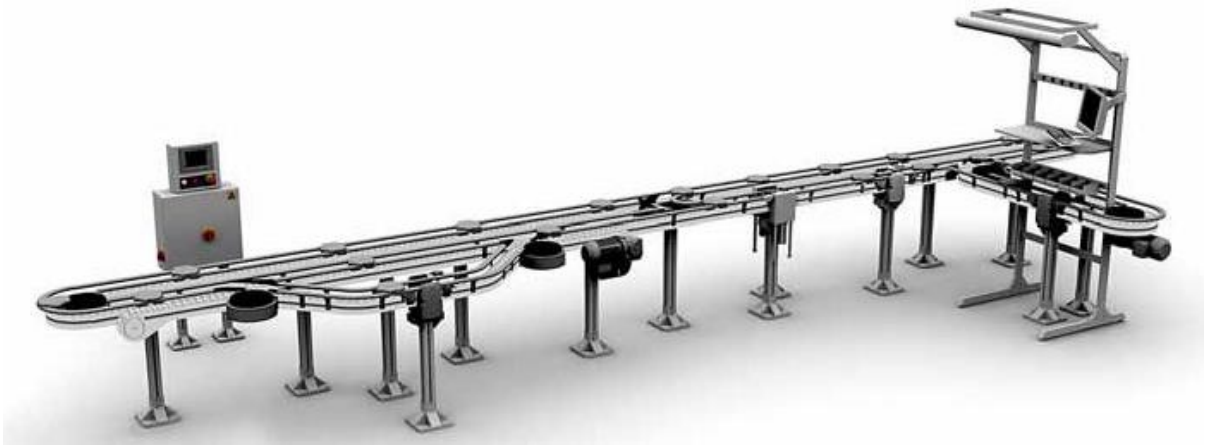


Abbildung 32: Einspuriges Fördersystem X85 (Flexlink, 2018)

Zusätzlich zu dem genannten einspurigen Fördersystem gibt es noch das **X65** mit einer WT Größe von 100 x 128 mm und einer Höchstlast von 3 kg und das **XKP** mit WT Größen von 200 x 150 mm und 300 x 300 mm und einer Höchstlast von 30 kg. Das Funktionsprinzip und die möglichen Baumodule sind ähnlich wie jene des X85.

Zweispuriges Palettensystem XT

Das zweispurige Fördersystem XT ist ein modularer Werkstückträgerförderer, welcher den WT über eine flexible Kunststoffkette antreibt. Dieses System findet beispielsweise in der Automobil- und Elektroindustrie Anwendung. Zu den Charakteristiken des XT zählen (Flexlink, 2018):

- Werkstückträgergrößen von 240 x 240 mm bis zu 640 x 640 mm
- maximale Werkstückträgerlast 13 – 24 kg
- maximale Förderlänge 4m
- Hub- und Dreheinheiten
- Profilbreite 55 mm
- maximale Fördergeschwindigkeit von 20 m/min
- verschiedene Motoren von 230/400V, 50 Hz und 230/460 V bis 330/575V, 60 Hz
- Stoppen des WT durch Verwendung eines druckluftbetriebenen Stoppers
- Wiederholgenauigkeit bis zu $\pm 0,05$ mm

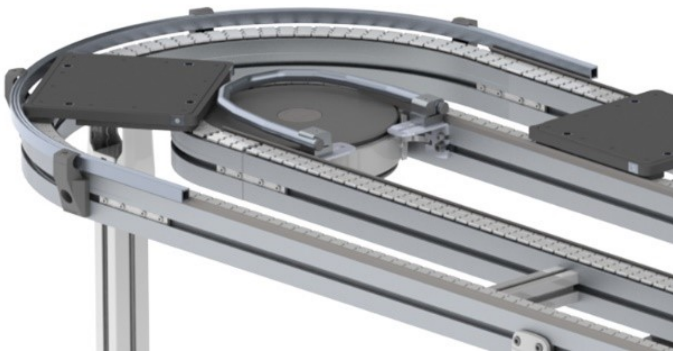


Abbildung 33: Zweispuriges Fördersystem XT (Flexlink, 2018)

Das zweispurige Transfersystem **HU** bietet indessen Werkstückträgergrößen bis zu 1040 x 1040 mm und eine WT Höchstlast von 200 kg.

Flexlink bietet zudem ein Mono-Schienen-Transportsystem namens **Montrac** mit selbstfahrenden Shuttles. Das System ist in WT Größen bis zu 300 x 550 mm ausgelegt und kann Lasten bis zu 24 kg Transportieren ist jedoch nur in den USA erhältlich (Flexlink, 2018).

3.2.7 Broich Systemtechnik GmbH

Die Broich Systemtechnik GmbH ist ein in Deutschland ansässiges mittelständiges Unternehmen im Werkstück- und Werkstückträgertransport und bietet Lösungen für die Automatisierung von Produktionsabläufen. Unter deren Produkten befinden sich Förderbänder, Rollenbahnen, Scharnierförderer, Speichersysteme, Mehrspurförderer, aber auch Werkstückträgersysteme (Broich Systemtechnik, 2018).

easyflow Flex

Das easyflow Flex ist ein modulares Staurollenkettensystem und findet Anwendung in der Automobil-, Elektro- oder auch in der Haushaltsindustrie. Der Transport

der Produkte erfolgt wiederum durch die Verwendung eines Werkstückträgers. Das easyflow Flex bietet folgende Ausstattung (Broich Systemtechnik, 2018)

- Chassis aus eloxierten Aluminiumprofilrahmen
- Staurollen in Stahl oder Kunststoff
- Werkstückträger über Kugellager geführt
- Direkt- Mittelantrieb
- Stoppen des WT durch Verwendung eines Stoppers (pneumatisch oder elektromotorisch)
- Hub- und Drehvorrichtungen
- Möglichkeit zur Aus- und Einschleusung
- Indexierstation mit Wiederholgenauigkeit bis zu $\pm 0,1$ mm
- Beschleunigungssegment



Abbildung 34: Transfersystem easy flow flex (Broich Systemtechnik, 2018)

Easylane

Das Easylane ist ein Werkstückträgersystem für den Transport von kleinen bis mittelgroßen Produkten. Die modulare Bauweise ermöglicht es, Lieferzeiten und Kosten zu reduzieren. Zudem sind folgende Punkte zu nennen (Broich Systemtechnik, 2018):

- 265 mm breite Chassis aus eloxierten Aluminiumprofilrahmen
- Verwendung einer Gleitkette
- Stoppen des WT durch Verwendung eines Stoppers (pneumatisch, manuell oder elektromotorisch)
- Indexierstation mit Wiederholgenauigkeit bis zu $\pm 0,15$ mm
- Möglichkeit zur Aus- und Einschleusung durch Verwendung einer sogenannten Weiche
- Keine Hub- und Drehvorrichtungen

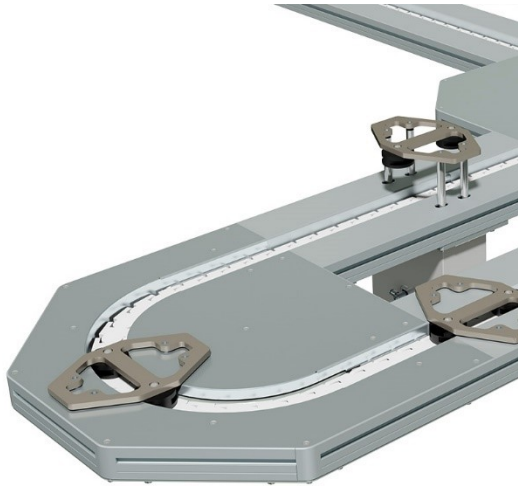


Abbildung 35: Transfersystem easylane (Broich Systemtechnik, 2018)

3.2.8 Montratec GmbH

Die Montratec GmbH wurde 2017 mit Sitz in Niederschach als Ausgliederung der Schmid Group (deutsches Maschinenbau und Technologieunternehmen) gegründet. Derzeit beschäftigt das Unternehmen um die 130 Mitarbeiter und verzeichnet weltweit über 2.000 installierte montrac Systeme. Die Montratec GmbH beschäftigt sich hauptsächlich in der Intralogistik und somit mit der intelligenten Verkettung von Prozessen bzw. Montageplätzen. Zu den Kunden gehören zahlreiche namhafte Unternehmen wie zum Beispiel Bose, BMW, Volkswagen, ABB, Ferrero oder auch Continental (Montratec, 2018).

Montrac

Das Montrac ist ein monoschielen Transportsystem, bei welchem das Produkt mit Hilfe von sogenannten Shuttles transportiert wird. Dem Shuttle ist wiederum ein Werkstückträger übergeordnet, auf welchem das Produkt positioniert wird. Das System ist modular aufgebaut und besteht aus verschiedenen Systemkomponenten, welche beliebig konfiguriert werden können. Montrac ermöglicht es, dass jedes Shuttle durch eine sogenannte smarte Logistik Technology einzeln gesteuert werden kann und wiederum eine gewisse Intelligenz besitzt, um zu wissen, wohin das Produkt transportiert werden muss (Montratec, 2018).

- Shuttleangetrieben
- Geschwindigkeiten je nach Shuttle von 30 – 85 m/min
- Geräuschpegel unter 57 dB
- Keine pneumatischen Komponenten
- Kein Gurtantrieb
- Motor läuft nur wenn das Shuttle fährt

3 - Marktrecherche für Transfersysteme im Smart Mini Factory Labor

- Werkstückträgergrößen bis 500 x 750 mm
- Maximale Zuladung je nach WT und Shuttle bis zu 50 kg
- Möglichkeit zur Aus- Einschleusung
- Hub über Transportniveau
- Tracswitch ermöglicht es Shuttles, von einer Fahrspur auf 2 zu verteilen und umgekehrt
- Positioniervorrichtung für Bearbeitungen (max. Lastaufnahme von 4000N)
- Tracdoor ermöglicht es die Schiene anzuheben bzw. zu rotieren, um Zugang innerhalb der Anlage zu erhalten
- TracControl zur Steuerung und Überwachung der Anlage

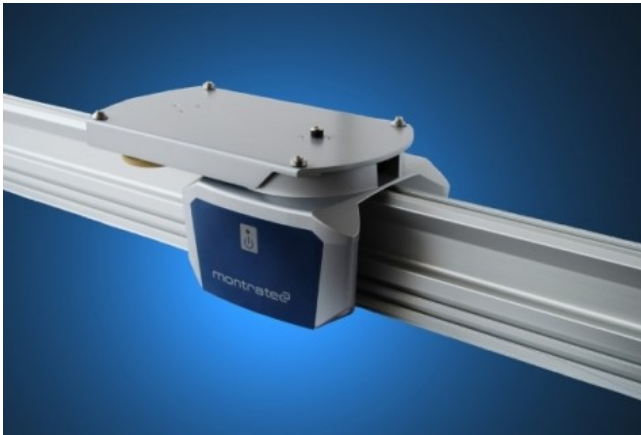


Abbildung 36: Montrac Shuttlefahrzeug (Montratec, 2018)



Abbildung 37: Montrac monoschiene-Transportsystem (Montratec, 2018)

3.2.9 Festo

Festo ist ein international tätiges Unternehmen, welches 1925 gegründet wurde. Zu seinen Geschäftsbereichen zählt die Automatisierungstechnik, aber auch Consulting und Training. Der Konzern beschäftigt weltweit um die 20.100 Mitarbeiter und verzeichnete im Jahr 2017 einen Umsatz von 3,1 Mrd. Euro. Zu den Produkten von Festo gehören unter anderem pneumatisch elektromechanische Antriebe, Handling-systeme, Vakuumtechnik, Ventile, Sensoren, Steuerungstechnik und Vieles mehr (Festo, 2018).

Multi carrier system MCS

Das MCS von Festo ist im Gegensatz zu den meisten anderen Transfersystemen auf Linearmotorbasis und ermöglicht es dadurch, jeden WT frei zu bewegen. Der Werkstückträger ist mit einer Magnetplatte ausgestattet und kann somit durch ein wanderndes Magnetfeld angetrieben werden. Das Magnetfeld wird durch die elektrischen Wicklungen des Motors beim Bestromen erzeugt. Zudem ist es möglich, das MCS mit einem Transfersystem auf Basis eines Doppelgurtförderers der Firma Elcom oder einem Kunststoffkettenförderer von Flexlink zu verbinden. Das multi carrier system bietet folgende Vorteile (Festo, 2018):

- Werkstückträger frei gestaltbar für Doppelgurtförderer, Kunststoffkettenförderer und geschlossene Umlaufsysteme
- WT können frei, als Gruppe oder synchron zum Prozess bewegt werden
- Vorschub abhängig von Stromstärke und Magnetfeld
- Beliebige Stoppen möglich
- Nutzlast bis zu 4kg (plus WT Gewicht von 1,3 kg)
- Wiederholgenauigkeit je nach Fördermedium bis zu $\pm 0,05$ mm
- Maximalgeschwindigkeit 4 m/s
- RFID – Tag als Optional erhältlich
- Maximalbeschleunigung 50m/s²



Abbildung 38: Multi Carrier System in Kombination mit einem Transfersystem von elcom (Festo, 2018)

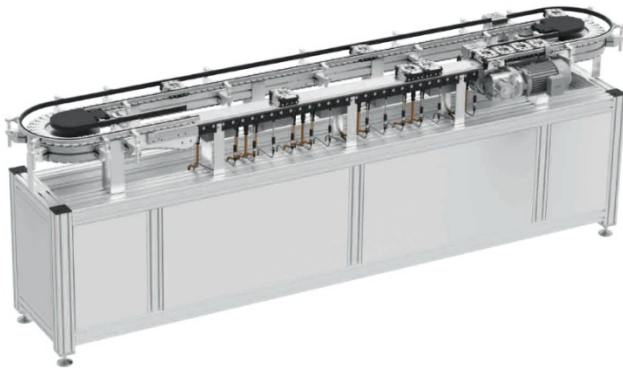


Abbildung 39: Multi-Carrier-System in Verbindung mit einem Kunststoffkettenförderer der Firma FlexLink (Festo, 2018)

3.2.10 Schnaithmann Maschinenbau

Die Schnaithmann Maschinenbau GmbH ist ein im Jahr 1985 gegründetes Familienunternehmen mit Sitz in Remshalden Deutschland. Das Unternehmen ist im Bereich der Automatisierungstechnik tätig und bietet Systemlösungen in der Montage, dem Materialfluss und der Handhabungstechnik. Zu den Branchen des Unternehmens gehört die Automobil-, Elektronik-, Konsumgüter-, Werkzeugmaschinen- und Automobilzuliefererbranche. Der Unternehmensgründer Karl Schnaithmann verfolgte als Kernidee eine Standardisierung und Vereinheitlichung von verkettbaren Komponenten mit dem Ziel, ein Baukastensystem zu schaffen, das mit den gängigsten am Markt erhältlichen Transferanlagen und Automationssystemen kompatibel ist. Das Unternehmen besteht heute aus rund 267 Mitarbeitern und beliefert Kunden wie zum Beispiel Daimler oder auch Siemens und Schaeffler. Die Schnaithmann Maschinenbau GmbH bietet eine Reihe von verschiedenen modularen Transfersystemen, darunter fallen das MTS1, MTS2 und das MTS3.

MTS Lösungen

Die MTS Lösungen von Schnaithmann bestehen alle aus modularen Bauteilen, die flexibel und frei erweiterbar sind. Das MTS1 ist ein TS, das grundsätzlich für alle Transportaufgaben verwendet werden kann. Das MTS 2 hingegen wurde speziell für den spanenden Bereich entwickelt. Das MTS 3 wird hauptsächlich im Montagebereich verwendet.

MTS 1

- als Bandförderer oder mit Friktions- Rollenbahnen erhältlich
- Transportmedium: Gurt oder Kunststoffgliederkette

- Rollenbahnen aus Kunststoff oder Stahl
- Der Bandförderer eignet sich zum Transport von leichten Transportgütern oder Kartons und kann mit oder ohne Werkstückträger verwendet werden.
- Die Rollenbahnen eignen sich zum Transport oder der Materialbereitstellung von Behältern, Kisten, Kartons oder empfindlichen Werkstücken.
- Bandförderer eignen sich je nach Gurttyp für Gewichte von 5 kg/m bis 150 kg/m
- Bandgeschwindigkeiten je nach Gurttyp von 5,5 m/min – 8,2 m/min
- Bandbreiten von 25 – 1000 mm
- Friktions- Rollenbahn für größere Gewichte
- Rollenbreiten von 100 – 600 mm
- Geschwindigkeiten der Rollenbahn von 5,0 m/min

MTS 3

- Transportmedium: Gurtband, Zahnriemen oder Staurollenkette
- Eignet sich zum Puffern, Transportieren und Entkoppeln von Werkstückträgern
- Werkstückträger auf Euronorm, Rahmenmodul aus Kunststoff, Trägerplatte aus Stahl und Positionsbuchse aus Stahl
- Werkstückträgergrößen von 160 x 160 mm bis zu 560 x 480 mm
- Werkstückträgergewicht bis zu 100 kg
- Möglichkeit eines stirnseitigen Antriebs oder Mittenantrieb.
- Bandgeschwindigkeiten von 9 – 16 m/min
- Hubvorrichtungen in Form eines Lifts mit Hubhöhe bis zu 5000 mm und maximalem Hubgewicht von 100 kg



Abbildung 40: Schnaithmann MTS (Schnaithmann, 2018)

Zudem bietet die Schnaithmann Maschinenbau GmbH die Möglichkeit eines hybriden Transfersystems. Dieses kombiniert die Eigenschaften eines Stetigförderers mit jenen eines dynamischen, multifunktionalen Multi-Carrier-System. Die Kombination von traditionellen Bandsystemen mit modernster Linearmotortechnik bringt verschiedene Mehrwerte mit sich. Ein solches System ermöglicht es unter anderem, die Taktzeiten

an die Produktionsprozesse anzupassen, den Werkstückträger an jeder beliebigen Position zu stoppen und eine Positioniergenauigkeit von 0,05 mm (Schnaithmann, 2018).

3.3 Auswahl- und Bewertungsmethodik

Der folgende Abschnitt beschäftigt sich mit der Auswahl und der Bewertungsmethodik der einzelnen Systeme. Dabei werden verschiedenste qualitative und quantitative Kriterien definiert mit Hilfe dessen die Bewertung der einzelnen Systeme durchgeführt wird und letztendlich die Auswahl des Favoriten durchgeführt wird.

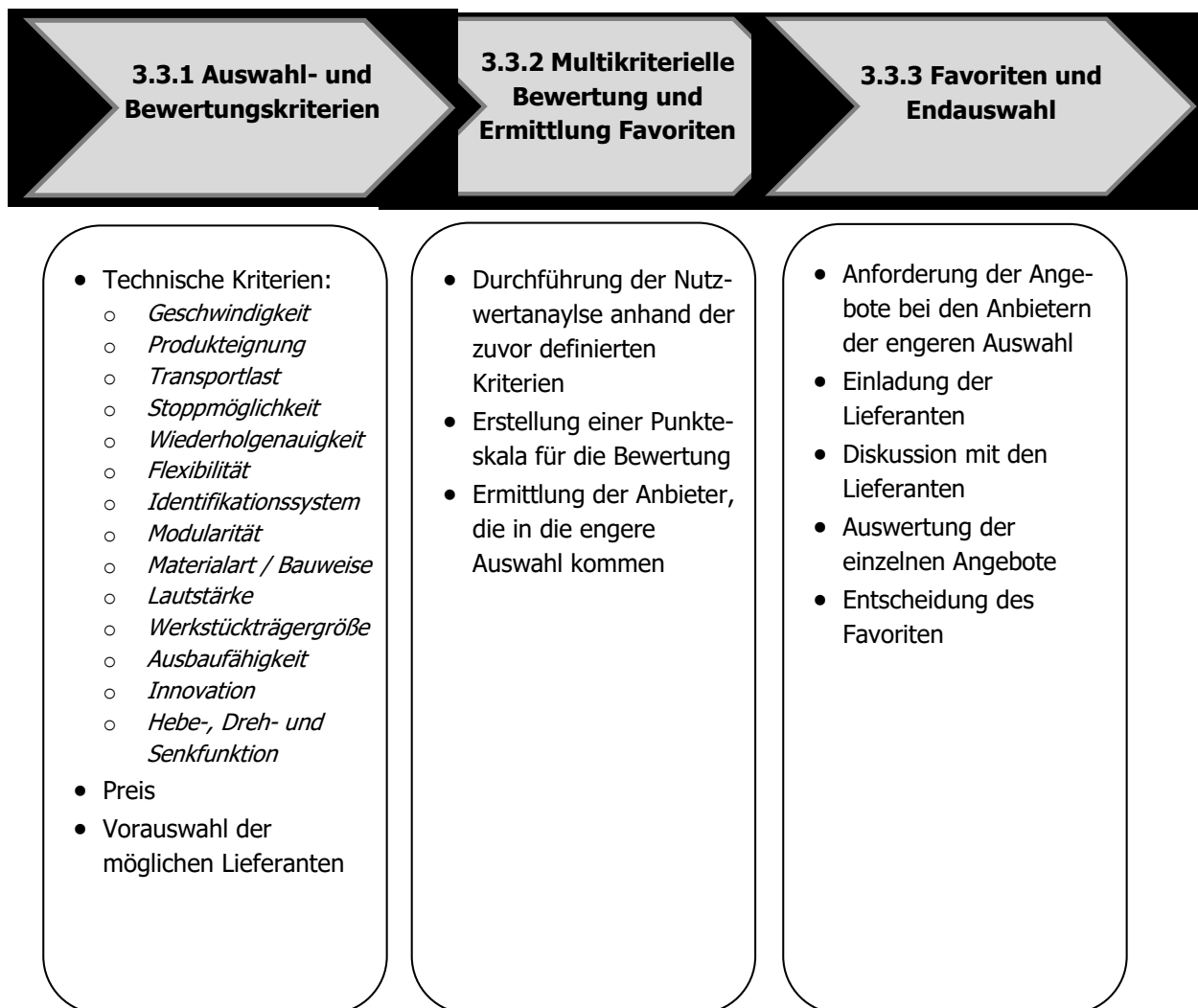


Abbildung 41: Übersicht Auswahl und Bewertungsmethodik

3.3.1 Auswahl- und Bewertungskriterien

Die Bewertung der einzelnen Transfersysteme erfolgt anhand einer Nutzwertanalyse und führt schlussendlich auch zur Auswahl des bevorzugten Systems. Die Analyse basiert auf zuvor definierten Bewertungskriterien, die je nach Wichtigkeit bzw. Relevanz für das Smart Mini Factory Labor gewichtet werden. Für die Bewertung der einzelnen Kriterien wird eine Punkteskala von 1 bis 3 eingeführt, wobei 3 die beste und 1 die schlechteste Note darstellt. Um die Bewertung durchzuführen, wurden qualitative und quantitative Bewertungskriterien berücksichtigt, die wie folgt aufgelistet sind.

- **Geschwindigkeit der WT-Regulierbarkeit:** Dieses Kriterium beinhaltet einerseits die Möglichkeit die Geschwindigkeit des Werkstückträgers frei zu regulieren und die maximale WT Geschwindigkeit aber andererseits auch die Möglichkeit die Geschwindigkeit individuell für jeden WT anzupassen.
- **Eignung für kleine bis mittlere Produkte:** In diesem Kriterium soll bewertet werden ob das Transfersystem für klein bis mittlere Produkte geeignet ist. Hierfür spielt die verfügbare Werkstückträgergröße eine ausschlaggebende Rolle.
- **Transportlast:** Dieses Kriterium bewertet die maximale Transportlast des Werkstückträgersystems in kg unter Berücksichtigung der Relevanz für das Smart Mini Factory Labor.
- **Beliebiges Stoppen des WT:** Dieses Kriterium bewertet die Möglichkeit bzw. die Methode mit, welcher der Werkstückträger entlang der Montagelinie gestoppt wird.
- **Wiederholgenauigkeit:** Beinhaltet die Wiederholgenauigkeit des Transfersystems in mm, um eine automatisierte Montage mit verschiedenen Roboterstationen zu ermöglichen.
- **Flexibilität:** In diesem Kriterium soll die Flexibilität des Transfersystems bewertet werden, indem die Vielseitigkeit in der Anwendung und die Wiederverwendbarkeit des Transfersystems für zukünftige Beispielprodukte berücksichtigt wird.
- **RFID oder andere Identifikationssysteme:** Hiermit soll die Verfügbarkeit von RFID oder anderen Identifikationssystemen entlang des Werkstückträgersystems berücksichtigt werden.
- **Modularität:** Dieses Kriterium berücksichtigt die Modularität des TS um einerseits aus einem Katalog von verschiedensten Standardmodulen auswählen zu können und um andererseits dadurch die Lieferzeit des Systems zu verkürzen.

3 - Marktrecherche für Transfersysteme im Smart Mini Factory Labor

- Materialart bzw. Bauweise: Hiermit wird die Bauweise des Systems bewertet indem dessen Materialart und die Konstruktion bzw. die einzelnen Baukomponenten berücksichtigt werden.
- Lautstärke: Dieses Kriterium berücksichtigt die Lautstärke des TS in dB.
- Werkstückträgergröße: Mit diesem Kriterium wird die Verfügbarkeit von verschiedensten Werkstückträgergrößen berücksichtigt.
- Ausbaufähigkeit: Mit Hilfe von diesem Kriterium soll die Ausbaufähigkeit des Systems bzw. die Möglichkeit für eine zukünftige Erweiterung berücksichtigt werden.
- Innovation: Hiermit soll berücksichtigt werden, welche Technologien und Methodiken das Transfersystem beinhaltet und ob diese dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Dadurch soll garantiert werden, dass das System den Bedingungen von Industrie 4.0 entspricht.
- Hebe-, Dreh- und Senkfunktion: Dieses Kriterium berücksichtigt die Möglichkeit den Werkstückträger zu heben, zu senken und zu drehen.
- Preis: Hiermit soll schlussendlich der quantitative bzw. der Kostenpunkt des Systems bewertet werden.

Im Laufe des Bewertungsvorgangs wurden zunächst alle Kriterien außer dem Preis bewertet, um dadurch in einer Vorauswahl jene Lieferanten zu bestimmen, die in die engere Auswahl fallen. Bei den daraus ermittelten Favoriten wurden anschließend die Angebote eingeholt. Für die Anfrage der Angebote wurde den Systemanbietern das 3D Modell und weitere ausschlaggebende Informationen wie eine Werkstückträgergröße von ca. 320 x 320 mm, eine mögliche Transportlast von 20 kg, eine Arbeitshöhe von ca. 1000 mm und die Möglichkeit zur Integration der einzelnen Roboterstationen übermittelt. Nach Erhalt der verschiedenen Angebote wurde letztendlich auch der Preis, in der Nutzwertanalyse berücksichtigt.

3.3.2 Multikriterielle Bewertung und Ermittlung Favoriten

Nachfolgend ist die Nutzwertanalyse der einzelnen Transfersysteme unter Berücksichtigung der einzelnen Kriterien und der Punkteskala ersichtlich.

Bewertung der Funktionseignung	Gew	Bosch TS1		Bosch TS2	
	Funkt	B	TNw	B	TNw
Geschwindigkeit WT - Regulierbarkeit	10%	1	0,1	3	0,3
Eignung für klein bis mittlere Produkte	10%	2	0,2	3	0,3
Transportlast	5%	1	0,05	3	0,15
beliebiges Stoppen des WT	8%	2	0,16	2	0,16
Wiederholgenauigkeit	7%	3	0,21	3	0,21
Flexibilität	10%	2	0,2	2	0,2
RFID oder andere Identifikationssysteme	5%	3	0,15	3	0,15
Modularität	6%	3	0,18	3	0,18
Materialart bzw. Bauweise	4%	3	0,12	3	0,12
Lautstärke	3%	2	0,06	2	0,06
Werkstückträgergrößen	5%	1	0,05	3	0,15
Ausbaufähigkeit	7%	3	0,21	3	0,21
Innovation	7%	2	0,14	2	0,14
Heben / Drehen / Senken	3%	3	0,09	3	0,09
			0		0
	90%		1,92		2,42

Abbildung 42: Nutzwertanalyse Bosch TS1/ TS2

Bewertung der Funktionseignung	Gew	Versamove		Stein 300	
	Funkt	B	TNw	B	TNw
Geschwindigkeit WT - Regulierbarkeit	10%	2	0,2	2	0,2
Eignung für klein bis mittlere Produkte	10%	3	0,3	3	0,3
Transportlast	5%	2	0,1	2	0,1
beliebiges Stoppen des WT	8%	2	0,16	2	0,16
Wiederholgenauigkeit	7%	3	0,21	3	0,21
Flexibilität	10%	2	0,2	2	0,2
RFID oder andere Identifikationssysteme	5%	0	0	3	0,15
Modularität	6%	2	0,12	3	0,18
Materialart bzw. Bauweise	4%	2	0,08	3	0,12
Lautstärke	3%	2	0,06	2	0,06
Werkstückträgergrößen	5%	2	0,1	3	0,15
Ausbaufähigkeit	7%	2	0,14	3	0,21
Innovation	7%	2	0,14	2	0,14
Heben / Drehen / Senken	3%	3	0,09	3	0,09
			0		0
	90%		1,9		2,27

Abbildung 43: Nutzwertanalyse Versamove/ Stein

3 - Marktrecherche für Transfersysteme im Smart Mini Factory Labor

Bewertung der Funktionseignung	Gew	posyART		LT 40	
	Funkt	B	TNw	B	TNw
Geschwindigkeit WT - Regulierbarkeit	10%	2	0,2	3	0,3
Eignung für klein bis mittlere Produkte	10%	2	0,2	3	0,3
Transportlast	5%	1	0,05	2	0,1
beliebiges Stoppen des WT	8%	2	0,16	2	0,16
Wiederholgenauigkeit	7%	1	0,07	3	0,21
Flexibilität	10%	2	0,2	2	0,2
RFID oder andere Identifikationssysteme	5%	3	0,15	3	0,15
Modularität	6%	3	0,18	3	0,18
Materialart bzw. Bauweise	4%	2	0,08	3	0,12
Lautstärke	3%	2	0,06	3	0,09
Werkstückträgergrößen	5%	2	0,1	3	0,15
Ausbaufähigkeit	7%	3	0,21	3	0,21
Innovation	7%	2	0,14	2	0,14
Heben / Drehen / Senken	3%	3	0,09	0	0
			0		0
	90%		1,89		2,31

Abbildung 44: Nutzwertanalyse posyART/ LT40

Bewertung der Funktionseignung	Gew	LTE		X85	
	Funkt	B	TNw	B	TNw
Geschwindigkeit WT - Regulierbarkeit	10%	2	0,2	3	0,3
Eignung für klein bis mittlere Produkte	10%	3	0,3	3	0,3
Transportlast	5%	1	0,05	1	0,05
beliebiges Stoppen des WT	8%	2	0,16	2	0,16
Wiederholgenauigkeit	7%	2	0,14	3	0,21
Flexibilität	10%	2	0,2	2	0,2
RFID oder andere Identifikationssysteme	5%	0	0	3	0,15
Modularität	6%	3	0,18	3	0,18
Materialart bzw. Bauweise	4%	2	0,08	2	0,08
Lautstärke	3%	2	0,06	2	0,06
Werkstückträgergrößen	5%	2	0,1	1	0,05
Ausbaufähigkeit	7%	3	0,21	3	0,21
Innovation	7%	2	0,14	2	0,14
Heben / Drehen / Senken	3%	0	0	1	0,03
			0		0
	90%		1,82		2,12

Abbildung 45: Nutzwertanalyse LTE/ X85

3 - Marktrecherche für Transfersysteme im Smart Mini Factory Labor

Bewertung der Funktionseignung	Gew	XT		easyflow Flex	
	Funkt	B	TNw	B	TNw
Geschwindigkeit WT - Regulierbarkeit	10%	2	0,2	2	0,2
Eignung für klein bis mittlere Produkte	10%	3	0,3	3	0,3
Transportlast	5%	2	0,1	2	0,1
beliebiges Stoppen des WT	8%	2	0,16	2	0,16
Wiederholgenauigkeit	7%	2	0,14	1	0,07
Flexibilität	10%	2	0,2	2	0,2
RFID oder andere Identifikationssysteme	5%	0	0	0	0
Modularität	6%	3	0,18	2	0,12
Materialart bzw. Bauweise	4%	2	0,08	2	0,08
Lautstärke	3%	2	0,06	2	0,06
Werkstückträgergrößen	5%	2	0,1	1	0,05
Ausbaufähigkeit	7%	3	0,21	2	0,14
Innovation	7%	2	0,14	2	0,14
Heben / Drehen / Senken	3%	3	0,09	3	0,09
			0		0
	90%		1,96		1,71

Abbildung 46: Nutzwertanalyse XT/ easyflow Flex

Bewertung der Funktionseignung	Gew	Easylane		Montrac	
	Funkt	B	TNw	B	TNw
Geschwindigkeit WT - Regulierbarkeit	10%	2	0,2	3	0,3
Eignung für klein bis mittlere Produkte	10%	3	0,3	3	0,3
Transportlast	5%	2	0,1	3	0,15
beliebiges Stoppen des WT	8%	2	0,16	3	0,24
Wiederholgenauigkeit	7%	1	0,07	2	0,14
Flexibilität	10%	2	0,2	3	0,3
RFID oder andere Identifikationssysteme	5%	0	0	2	0,1
Modularität	6%	2	0,12	3	0,18
Materialart bzw. Bauweise	4%	1	0,04	3	0,12
Lautstärke	3%	2	0,06	3	0,09
Werkstückträgergrößen	5%	1	0,05	2	0,1
Ausbaufähigkeit	7%	2	0,14	3	0,21
Innovation	7%	1	0,07	3	0,21
Heben / Drehen / Senken	3%	0	0	2	0,06
			0		0
	90%		1,51		2,5

Abbildung 47: Nutzwertanalyse Easylane/ Montrac

3 - Marktrecherche für Transfersysteme im Smart Mini Factory Labor

Bewertung der Funktionseignung	Gew	MCS		MTS	
	Funkt	B	TNw	B	TNw
Geschwindigkeit WT - Regulierbarkeit	10%	2	0,2	2	0,2
Eignung für klein bis mittlere Produkte	10%	3	0,3	3	0,3
Transportlast	5%	1	0,05	3	0,15
beliebiges Stoppen des WT	8%	3	0,24	3	0,24
Wiederholgenauigkeit	7%	1	0,07	2	0,14
Flexibilität	10%	3	0,3	3	0,3
RFID oder andere Identifikationssysteme	5%	3	0,15	0	0
Modularität	6%	3	0,18	3	0,18
Materialart bzw. Bauweise	4%	2	0,08	2	0,08
Lautstärke	3%	2	0,06	2	0,06
Werkstückträgergrößen	5%	3	0,15	2	0,1
Ausbaufähigkeit	7%	3	0,21	3	0,21
Innovation	7%	3	0,21	3	0,21
Heben / Drehen / Senken	3%	0	0	2	0,06
			0		0
	90%		2,2		2,23

Abbildung 48: Nutzwertanalyse MCS/ MTS

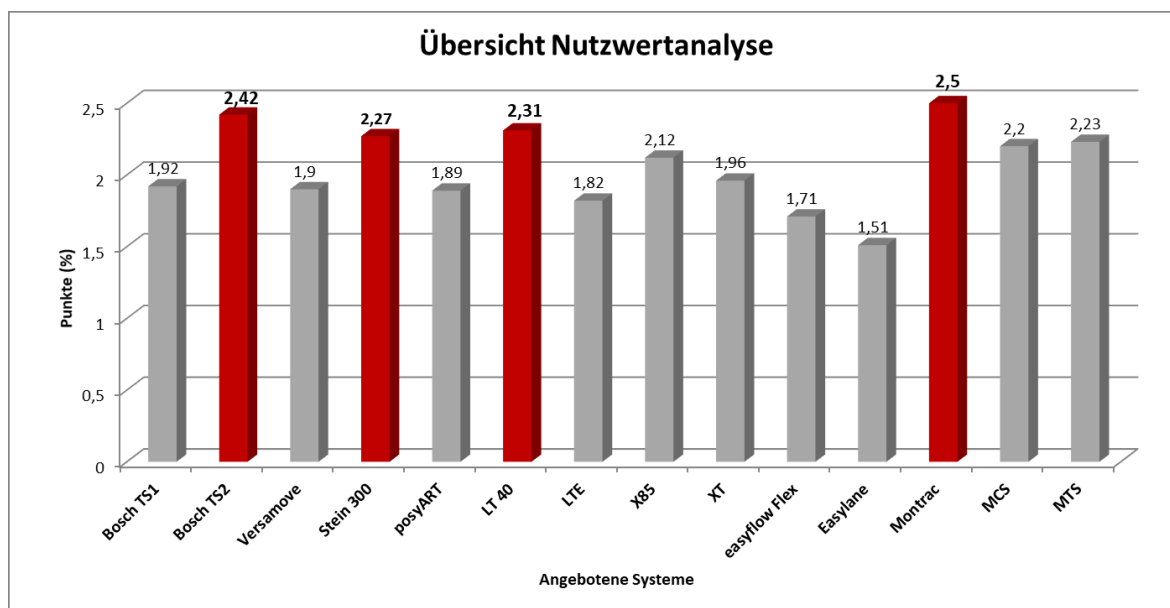


Abbildung 49: Übersicht Nutzwertanalyse

Mit Hilfe dieser Bewertungsmethodik konnten somit die bevorzugten Lieferanten bzw. Systeme ermittelt werden. Diese sind:

- das „TS2“ von Bosch Rexroth
- das „Stein 300“ von Stein Automationstechnik
- das „LT40“ von Motech
- das „Montrac“ von Montratec.

Dies sind jene Systemanbieter bzw. Lieferanten, bei denen ein detailliertes Angebot eingeholt wurde und somit in eine engere Auswahl kamen.

3.3.3 Favoriten und Endauswahl

Nach der Bewertung und der Ermittlung der Favoriten wurden die Angebote bei den bevorzugten Lieferanten eingeholt.

Bosch Rexroth empfiehlt das Werkstückträgersystem TS2, bestehend aus einzelnen und autonomen Modulen, die in ihrer Länge und Breite individuell konfigurierbar sind und eine maximale Traglast von 60 kg aufweisen. Das System wird schlüsselfertig übergeben und kann mit Aufpreis mit einem RFID 200 System zur Datenspeicherung und Identifizierung des Werkstückträgers verwendet werden. Die Module für die genaue Stoppfunktion und Positionierung des Werkstückträgers sind ebenfalls mit Aufpreis erhältlich. Für die Integration des KUKA KMR iiwa ist ein weiteres Modul erforderlich, das auf dem Roboter selbst montiert werden müsste. Die Standardlieferung beinhaltet 12 Werkstückträger und eine Lieferzeit von 12 Wochen. Der Gesamtpreis inklusive aller Optionals beläuft sich auf insgesamt € 82.878,74 (Angebot A2).

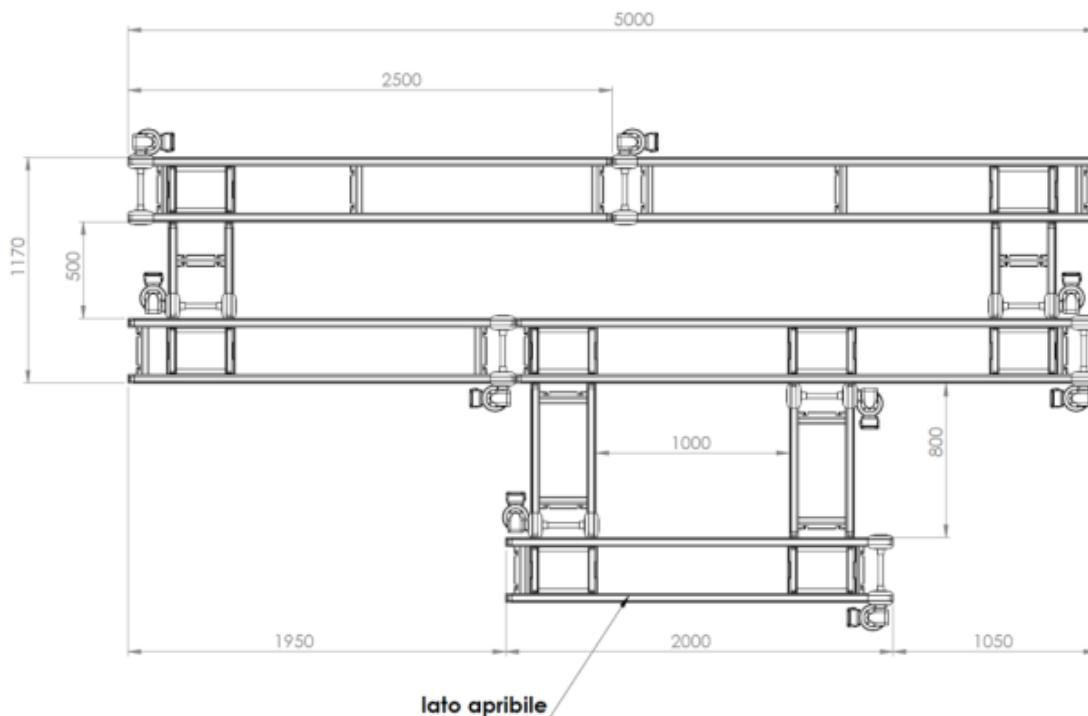


Abbildung 50: Bosch Rexroth TS2 (Angebot A2)

Die Firma Stein Automation hingegen empfiehlt das STEIN 300, das ohne Elektropneumatik-Anlage und ohne Steuerungssoftware STEIN CONTROL ausgeliefert wird. Das Standardsystem beinhaltet 15 Werkstückträger, 2 Module zum ungefähren Stoppen bzw. Positionieren und weitere 4 zum genauen Positionieren bzw. Stoppen.

3 - Marktrecherche für Transfersysteme im Smart Mini Factory Labor

Daraus ergibt sich ein Basispreis von € 69.000. Die Lieferzeit der Anlage liegt bei rund 6 – 8 Wochen (Angebot A1).

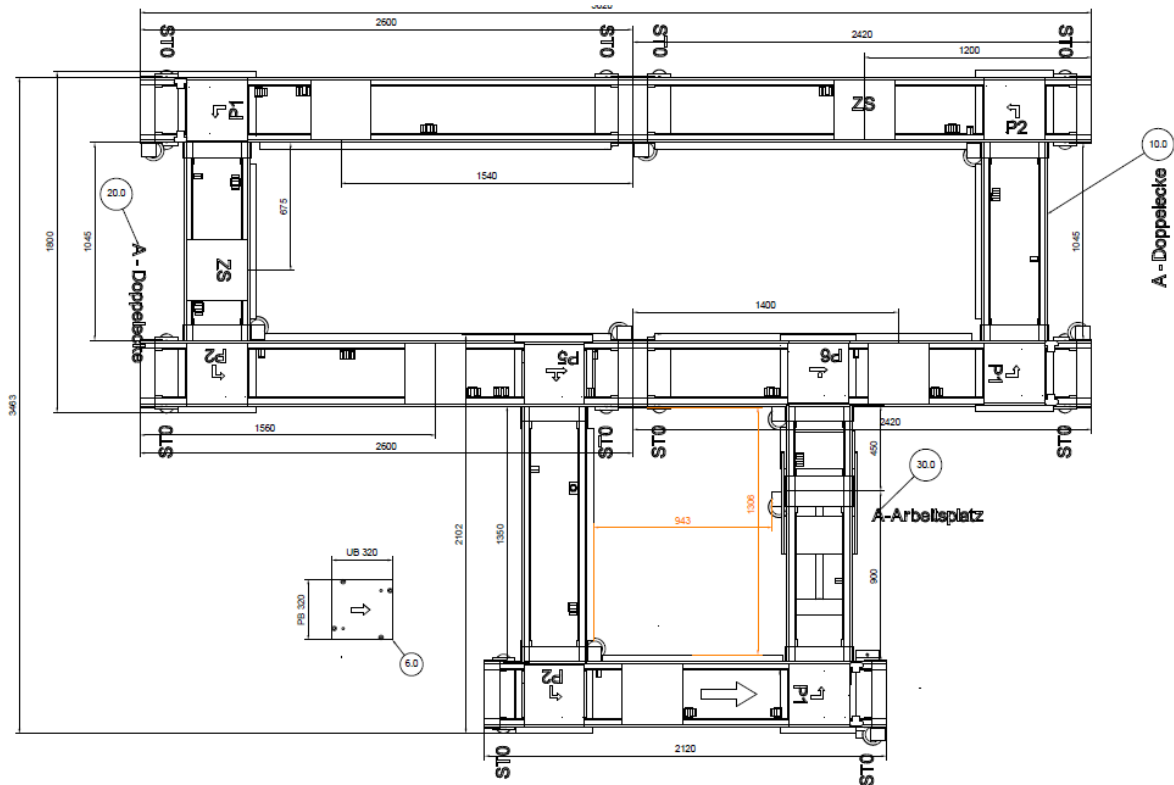


Abbildung 51: Stein 300 (Angebot A1)

Die Montech AG empfiehlt das Transfersystem LT40 mit einer maximalen Werkstückträgerlast von 11.2 kg. Angetrieben wird das System von einem 24 V DC, 50 W Motor und erreicht somit Geschwindigkeiten von bis zu 18 m/min. Die Standardausstattung des LT40 beinhaltet 24 Werkstückträger, 9 Module, um den WT ungefähr zu stoppen bzw. zu positionieren und 6 Module für ein genaues Positionieren bzw. Stoppen. Somit kann eine Genauigkeit von 0.05 mm erreicht werden. Das System ist wiederum modular aufgebaut und kann pro Modul 40 kg aufnehmen. Das Transfersystem von Montech kommt somit auf einen Gesamtpreis von € 44.601,60 und kann innerhalb von 7- 9 Monaten geliefert werden (Angebot A3).

Die Firma Montratec empfiehlt ihr Shuttletransfersystem Montrac, das über autonome Motoren verfügt und eine Sensorik zum Stoppen des Werkstückträgers verwendet. Somit wird ermöglicht, dass jedes Shuttle einzeln gesteuert wird. Das System kann mit einachsigen Shuttlen und einer Traglast von bis zu 15 kg oder gegen Aufpreis mit zweiachsigen Shuttlen und einer Traglast von bis zu 30 kg ausgestattet werden. Für die Positionierung und das Stoppen des Werkstückträgers sind wiederum eigens dafür vorgesehene Module zu verbauen. Der Gesamtpreis des Systems beläuft sich auf € 76.899,00 (Angebot A4).

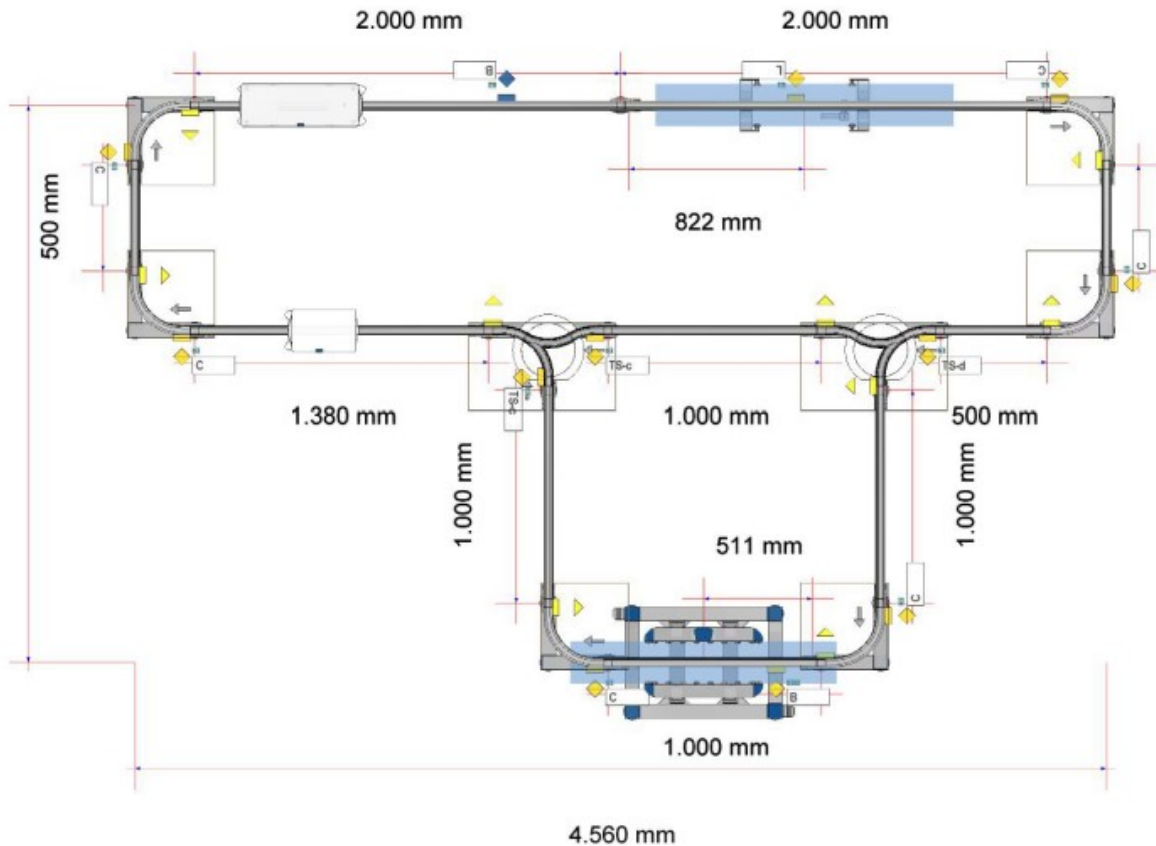


Abbildung 52: Montratec Montrac (Angebot A4)

Die detaillierten und originalen Angebote der Lieferanten sind im Anhang dieser Arbeit ersichtlich.

Anhand der verschiedenen Angebote der Lieferanten konnte nun auch das quantitative Kriterium, der Preis, bewertet werden. Das schlussendliche Ergebnis der Nutzwertanalyse ist in folgenden Tabellen ersichtlich.

Bewertung der Funktionseignung	Gew	Bosch TS2		Stein 300	
	Funkt	B	TNw	B	TNw
Summe qualitativer Kriterien			2,42		2,27
Preis	10%	2	0,2	2	0,2
	100%		2,62		2,47

Abbildung 53: Endresultat der Nutzwertanalyse

3 - Marktrecherche für Transfersysteme im Smart Mini Factory Labor

Bewertung der Funktionseignung	Gew	LT 40		Montrac	
	Funkt	B	TNw	B	TNw
Summe qualitativer Kriterien			2,31		2,5
Preis	10%	3	0,3	3	0,3
	100%		2,61		2,8

Abbildung 54: Endresultat der Nutzwertanalyse

Aus der durchgeführten Nutzwertanalyse resultiert, dass das System Montrac vom Anbieter Montratec als Favorit hervorgeht, da es den Anforderungen im Smart Mini Factory Labor der Freien Universität von Bozen am besten entspricht.

4 Detaillierte Prozessplanung zur Integration des Transfersystems

Transfersystems

Dieses Kapitel beinhaltet eine technische Beschreibung des Beispielproduktes, einen Pneumatikzylinder, indem dessen Bestandteile und der Montagevorranggraph beschrieben werden. Im weiteren Verlauf wird das Soll- Layout ermittelt und eine 3D Darstellung dessen aufgezeigt. Schlussendlich wird eine Prozessplanung für die Montagelinie durchgeführt und die Materialbereitstellung entlang der Linie definiert.

4.1 Beispielprodukt Pneumatikzylinder

Als Beispielprodukt im Smart Mini Factory Labor dient ein Pneumatikzylinder der Marke Kuhnke. Dieser besitzt einen Durchmesser von 32 mm und hat einen Hub von 50 mm. Der Zylinderdeckel besteht aus einem lackierten Aluminiumdruckguss, während die Kolbenstange aus einem verchromten C45 Stahl besteht. Das Zylinderrohr ist aus einer eloxierten Aluminiumlegierung gefertigt und fasst einen aus Aluminiumdruckguss gefertigten Kolben mit Endlagendämpfung. Die Zugstangen sind aus Fe 37 gefertigt, während die Einstellschraube der Endlagendämpfung aus vernickeltem Messing besteht. Die Kolbenstangendichtung ist aus Polyurethan 94 SH A gefertigt, jene des Kolbens aus NBR 70 SH A. Das Medium des Pneumatikzylinders ist gefilterte Luft, welche geölt oder ungeölt sein kann. Der Druckbereich liegt zwischen 0,5 und 10 bar. In folgender Grafik ist der Aufbau des doppelwirkenden Pneumatikzylinders ersichtlich. Dieser besteht aus rund 22 Komponenten (Kuhnke, 2018).



Abbildung 55: Pneumatikzylinder (Kuhnke, 2018)

4 - Detaillierte Prozessplanung zur Integration des Transfersystems

Nachfolgend die Auflistung der einzelnen Komponenten inklusive der benötigten Menge, die für die Montage des Pneumatikzylinders notwendig ist.

Nr.	Bauteile	Menge
1	Kolbenstangenmutter	<i>1</i>
2	Kolbenstangendichtung	<i>1</i>
4	Zylinderdeckel vorne	<i>1</i>
5	Zugstangenmutter	<i>4</i>
8	Dämpfungsdichtung	<i>2</i>
12	Kolbenstange	<i>1</i>
13	Zylinderrohr	<i>1</i>
14	Zugstange	<i>4</i>
15	O-Ring	<i>1</i>
16	Kolbendichtung	<i>1</i>
18	Führungsband Kolben	<i>1</i>
19	Kolben	<i>1</i>
20	Scheibe	<i>1</i>
21	Befestigungsschraube Kolben	<i>1</i>
22	Zylinderdeckel hinten	<i>1</i>

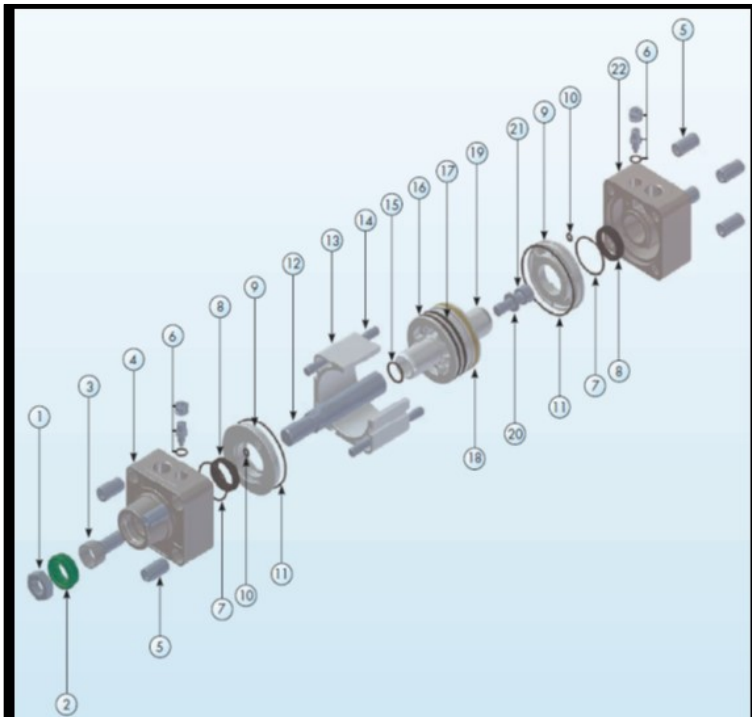


Abbildung 56: Explosionsdarstellung Pneumatikzylinder (Kuhnke, 2018)

4 - Detaillierte Prozessplanung zur Integration des Transfersystems

All jene Komponenten, die sich nicht in der Tabelle befinden, sind bereits als verbauter Teil vorhanden und müssen somit nicht mehr bei der Montage berücksichtigt werden. Dazu zählt die Einstellschraube der Endlagendämpfung (Nr.6), welche bereits im vorderen Zylinderdeckel verbaut ist. Die restlichen Komponenten sind im hinteren Zylinderdeckel verbaut. Hierbei handelt es sich um die Führungsbüchse der Kolbenstange, einem O-Ring, einem Anschlagring, und zwei weitere O-Ringe (Nr. 3, 7, 9, 10, 11).

Um den Pneumatikzylinder vollständig zusammenzubauen, sind folgende Montageabläufe notwendig.

- Dämpfungsdichtung in den vorderen Zylinderdeckel einsetzen
- Kolbenstangendichtung aufsetzen und einpressen
- Dämpfungsdichtung in den hinteren Zylinderdeckel einsetzen
- Befestigungsschraube und Scheibe zu einem Ganzen zusammenfügen
- O-Ring auf Kolbenstange platzieren
- Kolben über den zuvor platzierten O-Ring schieben
- Befestigungsschraube zur Fixierung des Kolbens an der Kolbenstange festziehen
- Kolbendichtung an Kolben anbringen
- Führungsband an Kolben anbringen
- Kolben in Gehäuse einschieben
- Zylinderdeckel vorne auf Gehäuse anbringen
- Zylinderdeckel hinten auf Gehäuse anbringen
- Zugstangen einführen
- Zugstangenmutter einlegen und anziehen
- Kolbenstangenmutter ansetzen und bis zur Mitte aufdrehen
- Schutznetz über den Zylinder ziehen
- In Fertigteilkiste legen
- Auf EPAL Palette platzieren.

Der dargestellte Montagevorranggraph dient dazu, die Vorrangbeziehungen im Montageprozess zu veranschaulichen bzw. vereinfacht darzustellen, und wird anschließend verwendet, um die Prozessplanung für die Montagelinie durchzuführen.

4 - Detaillierte Prozessplanung zur Integration des Transfersystems

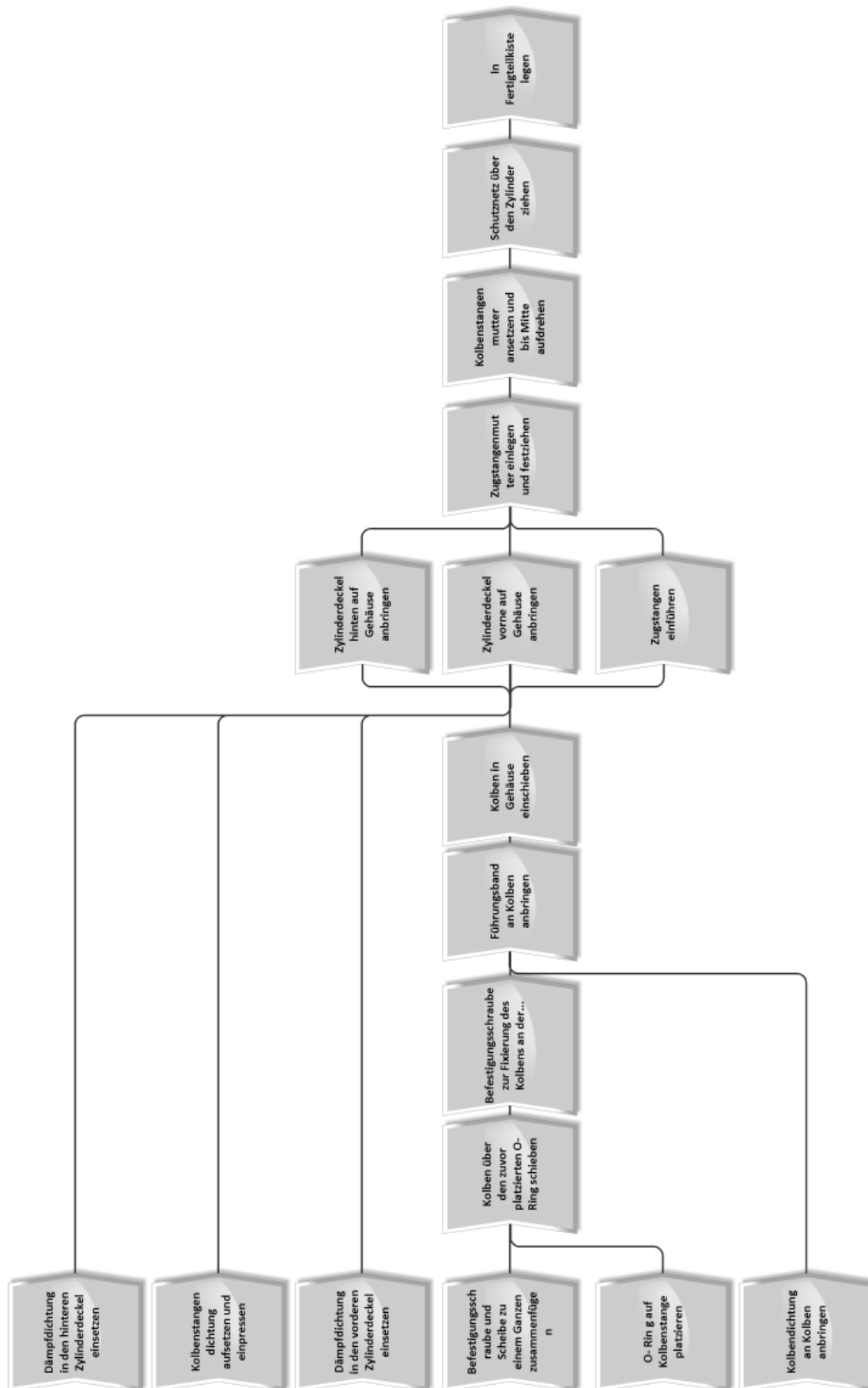


Abbildung 57: Montagevorranggraph Pneumatikzylinder

4.2 Ermittlung Soll- Layout

Um die Prozessplanung für die Montagelinie durchzuführen, wird zunächst das Soll-Layout des Transfersystems definiert und im Detail erläutert. Ziel ist es, die bestehenden Roboter in das zukünftige Transfersystem zu integrieren und diese flexibel miteinander zu verketteten. Bei der Ermittlung des Soll-Layouts wurden folgende Aspekte berücksichtigt:

- die räumlichen Gegebenheiten des Smart Mini Factory
- die Arbeitssicherheitsvorgaben
- die technischen Gegebenheiten der Roboter (Reichweite, Arbeitshöhe usw.)
- die Integration bzw. Andockstation für den Kuka KMR iiwa
- die Ergonomie am Arbeitsplatz
- die Integration des UR3 mit der Möglichkeit zur Mensch Maschinen Kollaboration
- die Zugangsmöglichkeit zu allen Robotern für mögliche Störfälle und kontinuierliche Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten
- die Möglichkeit, die Roboter einzeln und unabhängig vom Transfersystem zu nutzen
- eine hohe Flexibilität in der Nutzbarkeit des Systems (für eventuelle neue Produkte)
- die Integration einer manuellen Arbeitsstation.

Um die Dimensionen des Transfersystems zu ermitteln, wurde zunächst die Größe des Werkstückträgers auf 320 x 320 mm festgelegt. Mithilfe der Produktkataloge konnte somit die Breite und die Höhe des Transfersystems berechnet werden, die für die Layoutplanung benötigt wird.

Ausgehend von diesen Grundvoraussetzungen und unter Berücksichtigung der technologischen Machbarkeit wurden einige Layoutvarianten, die in folgenden Abbildungen ersichtlich sind, konzipiert. Diese geben Überblick über eine mögliche Anordnung der Roboterstationen bzw. Auslegung des Transfersystems, welches in grüner Farbe dargestellt ist.

4 - Detaillierte Prozessplanung zur Integration des Transfersystems

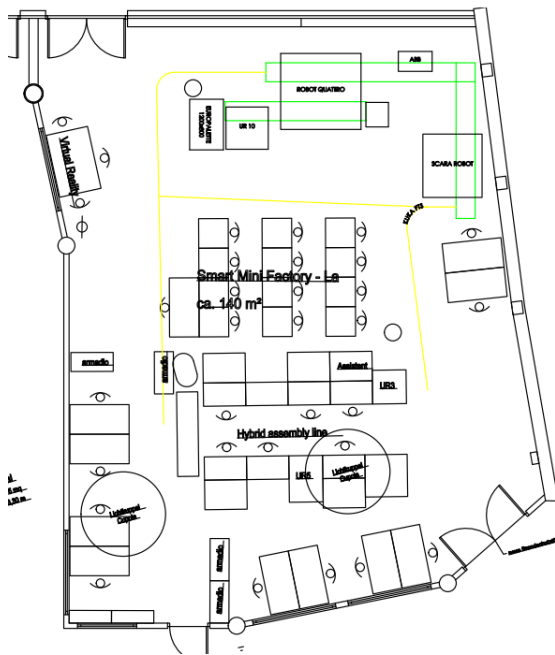


Abbildung 59: Layoutvariante 1

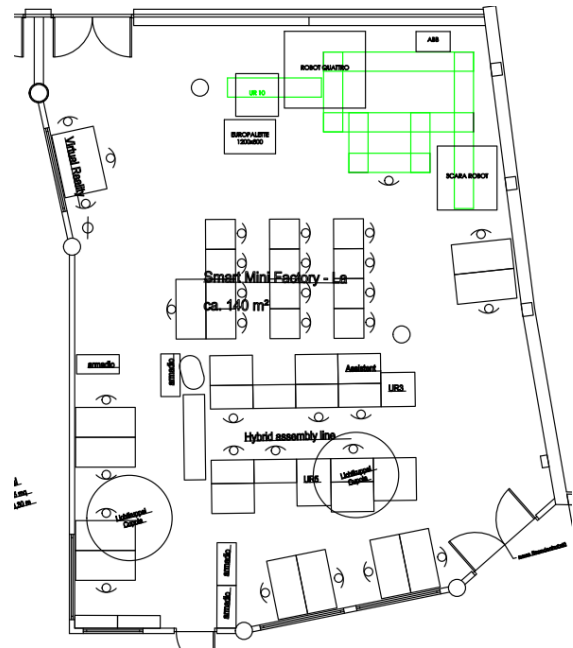


Abbildung 58: Layoutvariante 2

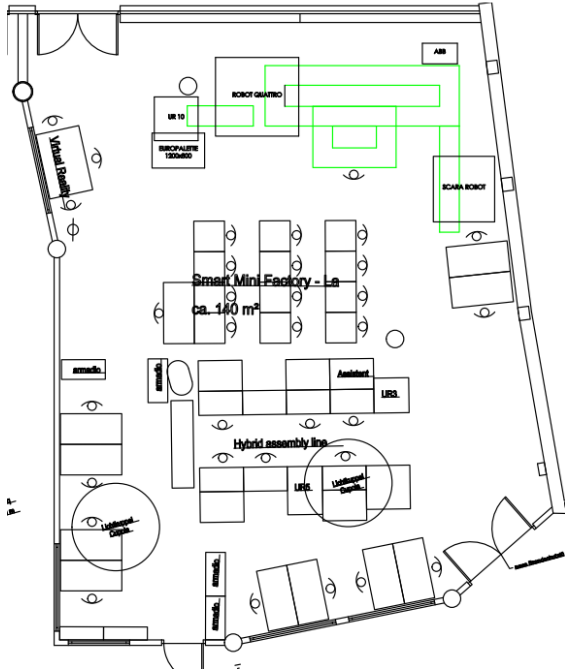


Abbildung 61: Layoutvariante 3

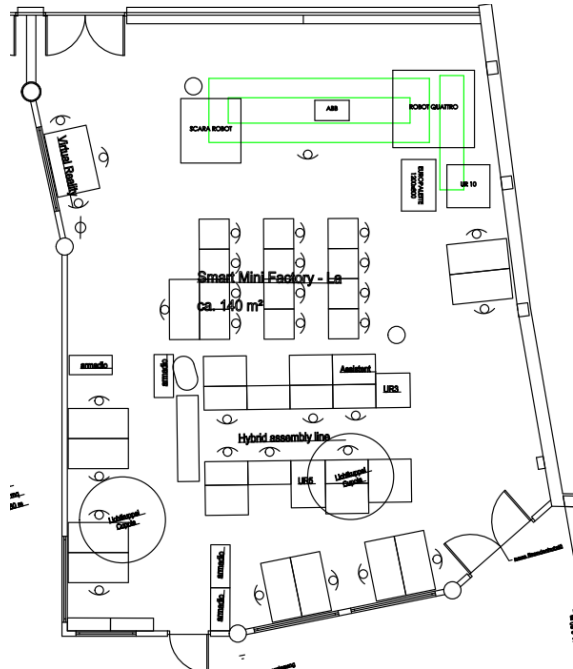


Abbildung 60: Layoutvariante 4

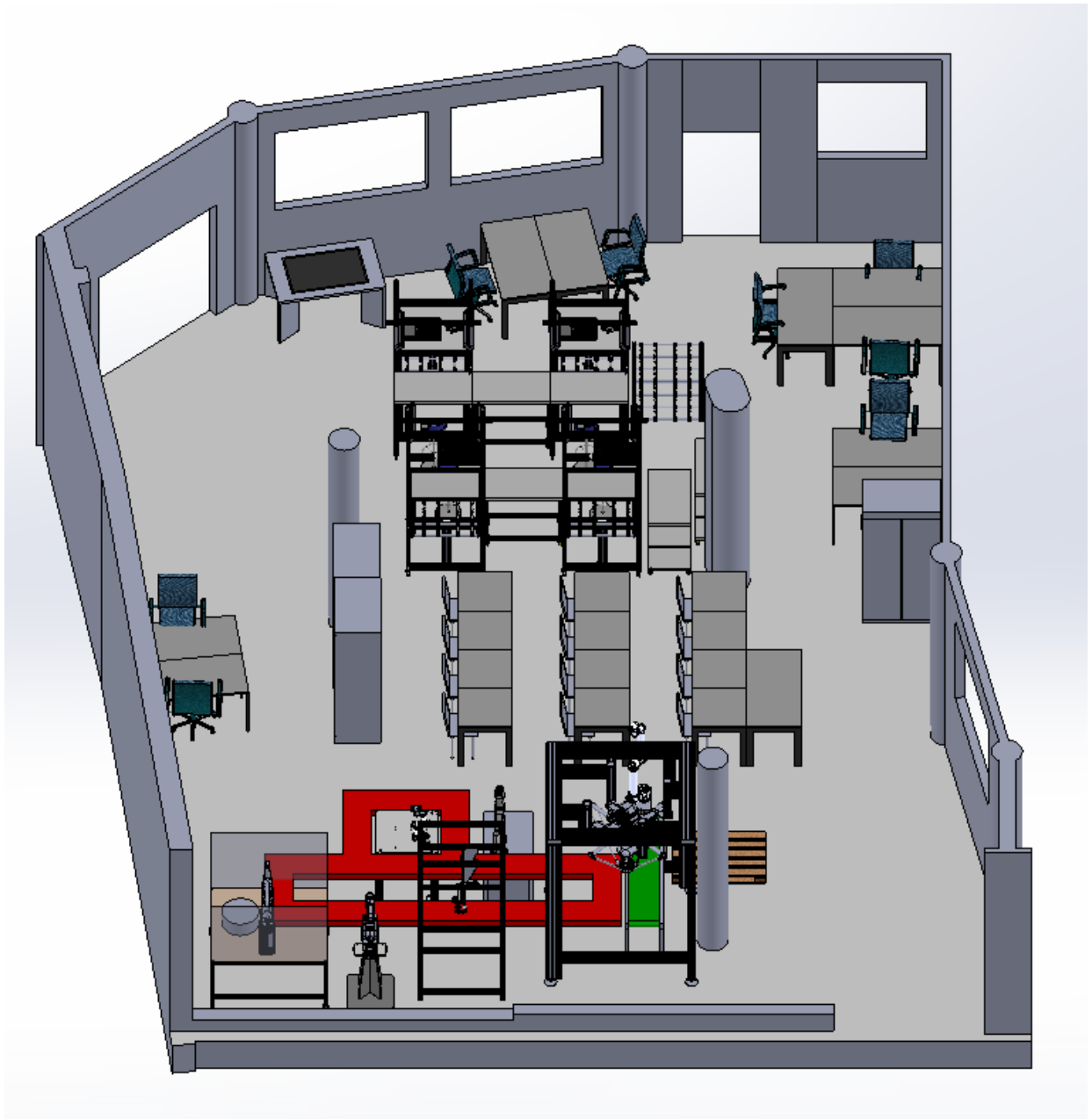


Abbildung 64: 3D Layout Smart Mini Factory

4 - Detaillierte Prozessplanung zur Integration des Transfersystems

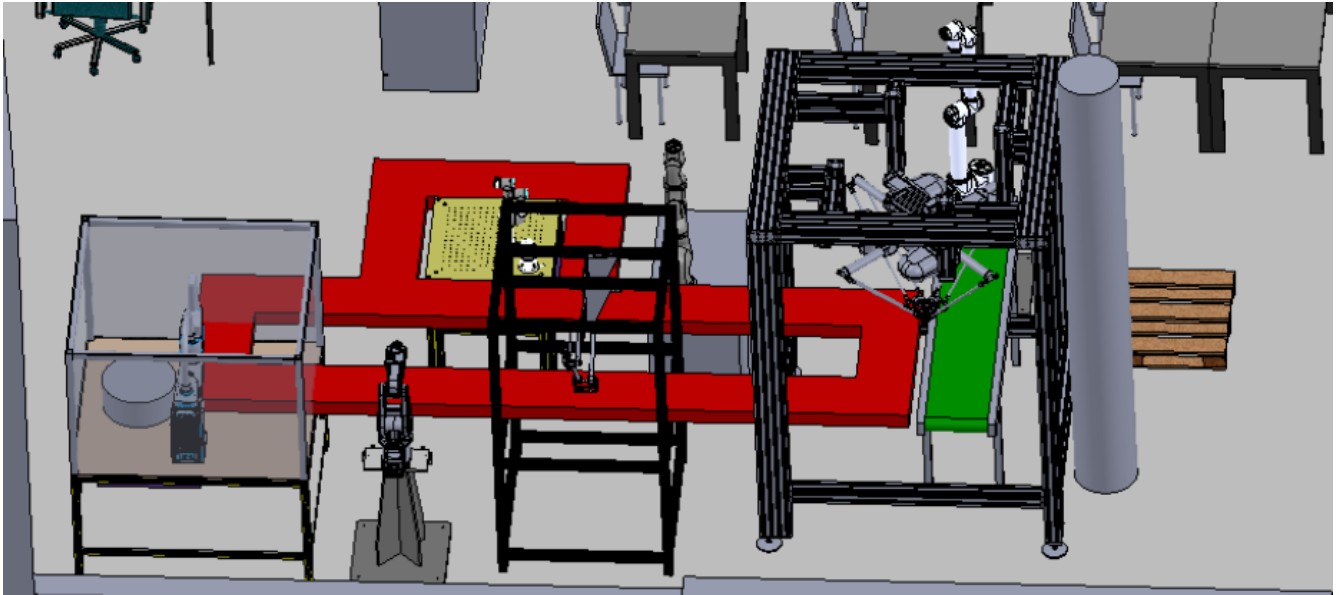


Abbildung 65: 3D Modell Transfersystem Bosch

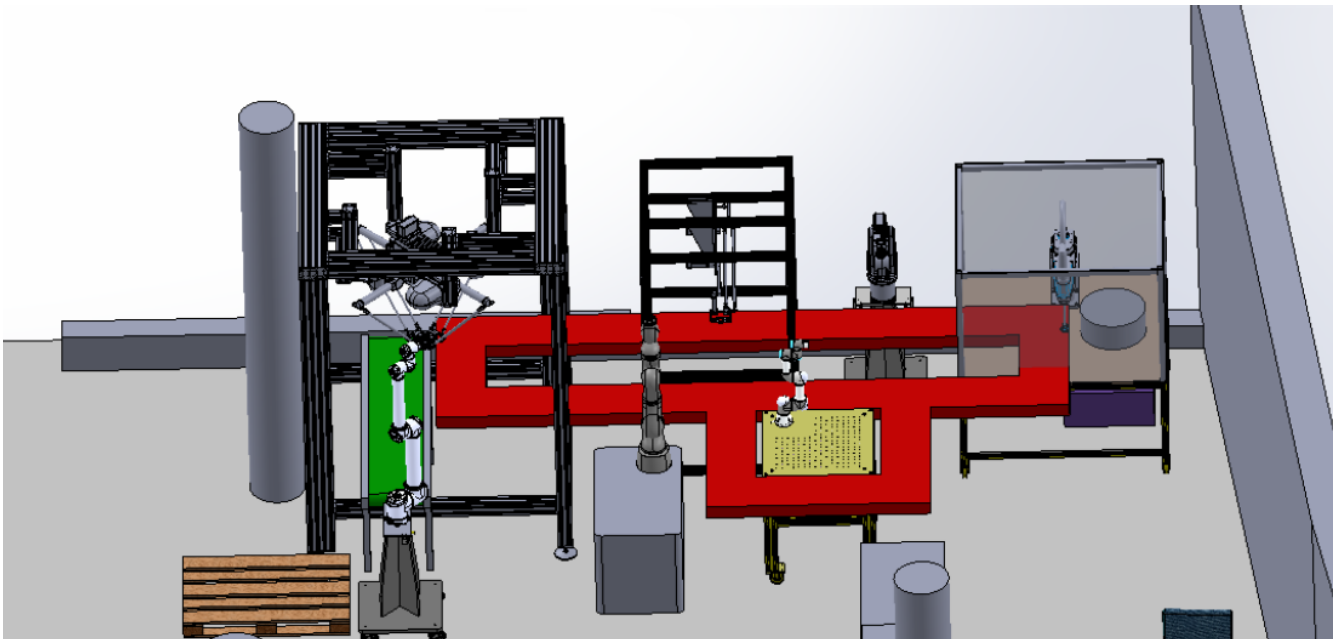


Abbildung 66: 3D Modell Transfersystem Frontansicht

4 - Detaillierte Prozessplanung zur Integration des Transfersystems

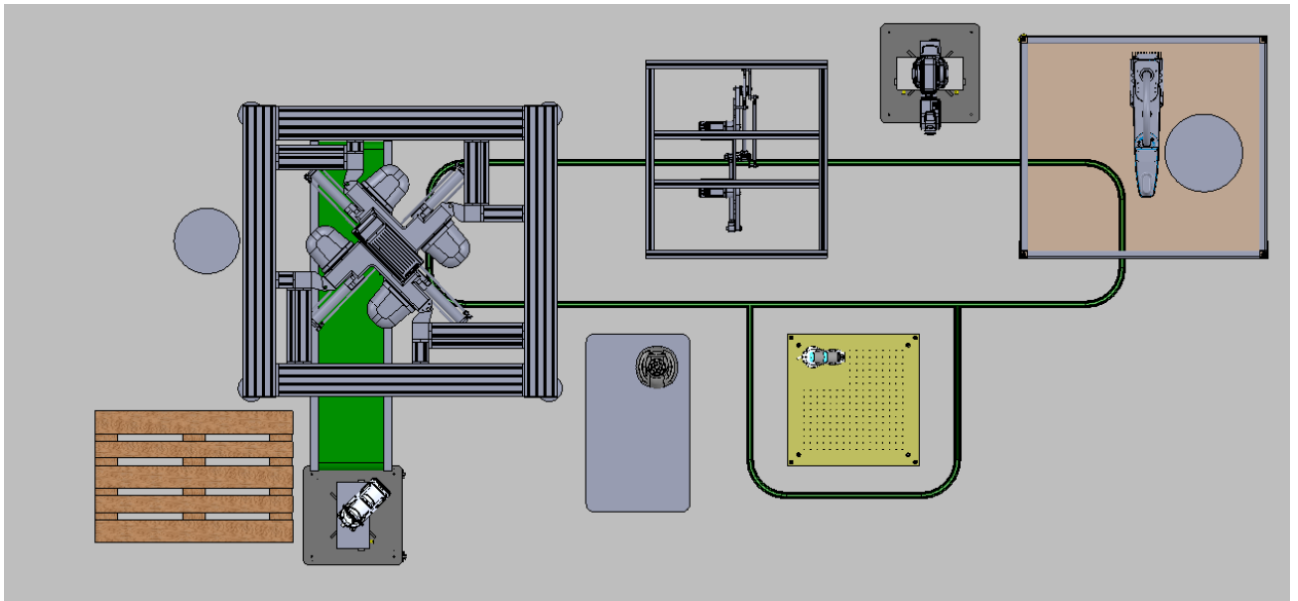


Abbildung 67: 3D Modell Monoschienensystem Draufsicht

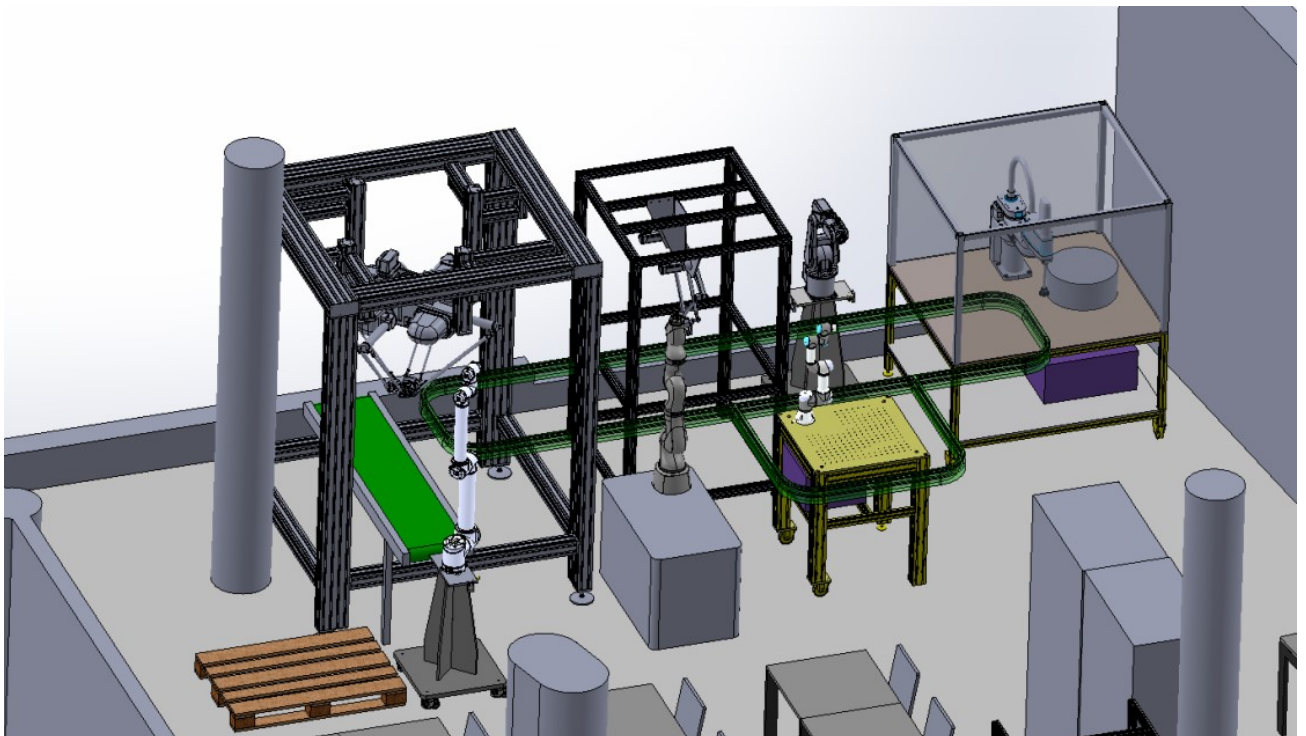


Abbildung 68: 3D Modell Monoschienensystem

4.3 Prozessplanung für die Montagelinie und Materialbereitstellung

Für die Prozessplanung entlang der Montagelinie wird zunächst eine Analyse durchgeführt, in der die Durchführbarkeit der einzelnen Montagevorgänge auf den verschiedensten Arbeitsstationen geprüft wird. Das Resultat dieser Analyse ist in der nachfolgenden Abbildung ersichtlich.

Roboterstationen	Arbeitskraft (Mensch)	Kuka KMR iiwa	parallel Robot TFO	UK.LU	UK3	Adept Quattro s650H	Adept Cobra i600 SCARA	ABB IRB 120
Montageschritte								
Dämpfungsichtung in den vorderen Zylinderdeckel einsetzen	👍	👎	👎	👎	👎	👎	👎	👎
Kolbenstangendichtung aufsetzen und einpressen	👍	👎	👎	👎	👎	👎	👎	👎
Dämpfungsichtung in den hinteren Zylinderdeckel einsetzen	👍	👎	👎	👎	👎	👎	👎	👎
Befestigungsschraube und Scheibe zu einem Ganzen zusammenfügen	👍	~	👎	~	~	~	~	~
O- Ring auf Kolbenstange platzieren	👍	👎	👎	👎	👎	👎	👎	👎
Kolben über den zuvor platzierten O-Ring schieben	👍	👎	👎	👎	👎	👎	👎	👎
Befestigungsschraube zur Fixierung des Kolbens an der Kolbenstange festziehen	👍	👎	👎	~	~	~	~	~
Kolbenrichtung an Kolben anbringen	👍	👎	👎	👎	👎	👎	👎	👎
Führungsband an Kolben anbringen	👍	👎	👎	👎	👎	👎	👎	👎
Kolben in Gehäuse einschieben	👍	👎	👎	👎	👎	~	~	👎
Zylinderdeckel vorne auf Gehäuse anbringen	👍	👎	👎	👎	👎	~	~	👎
Zylinderdeckel hinten auf Gehäuse anbringen	👍	👎	👎	👎	👎	~	~	👎
Zugstangen einführen	👍	~	~	~	~	~	~	~
Zugstangenmutter einlegen und anziehen	👍	~	~	~	~	~	~	~
Kolbenstangenmutter ansetzen und bis zur Mitte aufdrehen	👍	~	~	~	~	~	~	~
Schutznetz über den Zylinder ziehen	👍	👎	👎	👎	👎	👎	👎	👎
In Fertigteilkiste legen	👍	👎	👎	👎	👎	👎	~	👎
Auf EPAL Palette platzieren	👍	👎	👎	👎	👎	👎	👎	👎
Stempel anbringen	👍	👎	👎	👎	👎	👎	👎	👎
LEGENDE:								
👍 möglich								
👎 nicht möglich								
~ bedingt möglich								

Abbildung 69: Durchführbarkeit der Montagevorgänge

4 - Detaillierte Prozessplanung zur Integration des Transfersystems

Ausgehend von der durchgeführten Analyse wurden die einzelnen Montageschritte den jeweiligen Roboterstationen zugeordnet. Um einen logischen Materialfluss zu definieren, wurde das zuvor ermittelte SOLL-Layout und der Montagevorranggraph berücksichtigt. Daraus ergab sich folgende Verteilung.

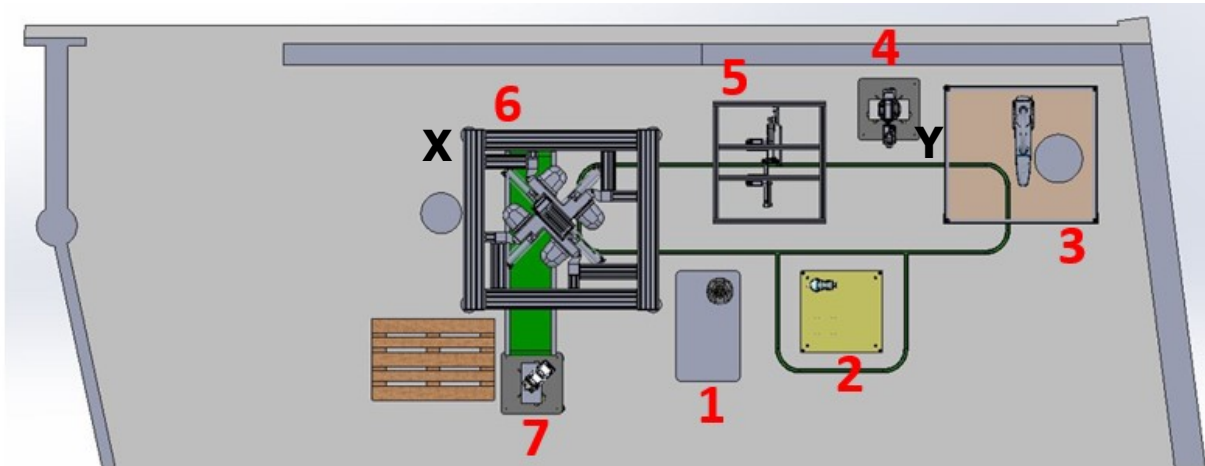




Abbildung 70: Übersicht Montagestationen



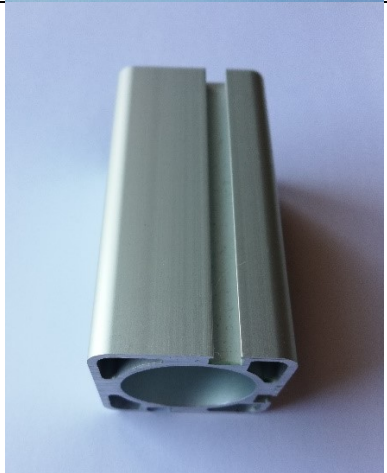

Prozessübersicht für die Montagelinie	
1	<ul style="list-style-type: none"> Fertigteile / Bauteile an die Montagelinie transportieren
2	<ul style="list-style-type: none"> Dämpfungsdichtung in den vorderen Zylinderdeckel einsetzen Kolbenstangendichtung aufsetzen und einpressen Dämpfungsdichtung in den hinteren Zylinderdeckel einsetzen Befestigungsschraube und Scheibe zu einem Ganzen zusammenfügen O-Ring auf Kolbenstange platzieren Kolben über den zuvor platzierten O-Ring schieben Befestigungsschraube zur Fixierung des Kolbens an der Kolbenstange festziehen Kolbendichtung an Kolben anbringen Führungsband an Kolben anbringen Kolben in Gehäuse einschieben Zylinderdeckel vorne auf Gehäuse anbringen Zylinderdeckel hinten auf Gehäuse anbringen Zugstangen einführen Zugstangenmutter einlegen und anziehen Kolbenstangenmutter ansetzen und bis zur Mitte aufdrehen
3	<ul style="list-style-type: none"> Stempel anbringen /alternativ
4	<ul style="list-style-type: none"> Stempel anbringen /alternativ
5	<ul style="list-style-type: none"> Diese Station wird für dieses Produkt nicht verwendet
6	<ul style="list-style-type: none"> In Fertigteilkiste legen
7	<ul style="list-style-type: none"> Auf EPAL Palette platzieren und palettieren

4 - Detaillierte Prozessplanung zur Integration des Transfersystems

Aufgrund der durchgeführten Prozessplanung bzw. der Verteilung der Montage­­tätigkeiten auf die einzelnen Montage­­stationen kann nun die Material­­bereitstellung entlang der Montage­­linie definiert werden. Hierfür werden zunächst die einzelnen Bau­­teile gelistet.

Bauteil	Menge pro Zylinder	Graphische Darstellung
Kolbenstangenmutter	1	
Kolbenstangendichtung	1	
Zylinderdeckel vorne	1	
Zugstangenmutter	4	


4 - Detaillierte Prozessplanung zur Integration des Transfersystems

Dämpfungsdichtung	2	
Kolbenstange	1	
Zylinderrohr	1	
Zugstange	4	

4 - Detaillierte Prozessplanung zur Integration des Transfersystems

O-Ring	1	
Kolbendichtung	1	
Führungsband Kolben	1	
Kolben	1	

4 - Detaillierte Prozessplanung zur Integration des Transfersystems

Scheibe	<i>1</i>	
Befestigungsschraube Kolben	<i>1</i>	
Zylinderdeckel hinten	<i>1</i>	

Prozessbeschreibung Station 1 (KuKa KMR iiwa)

Dieses fahrerlose Transportsystem wird verwendet, um die einzelnen Bauteile bzw. Komponenten des Pneumatikzylinders an der Station 2 bereitzustellen und somit die Materialverfügbarkeit zu garantieren. Die zu transportierenden Komponenten sind in der obigen Grafik ersichtlich. Der Transport der einzelnen Boxen könnte wie folgt gestaltet werden.

Die Kleinteile werden in Boxen, in einem auf Rollenbahnen basierten Durchlaufregal-lager, gelagert und somit dem FTS bereitgestellt. Der Leichtbauroboter LBR iiwa entnimmt die einzelnen Boxen aus dem Lagerregal und positioniert diese auf der mobilen Plattform. Um das Greifen bzw. Anheben der Boxen zu ermöglichen, wurde ein spezieller Gripper und eigens dafür vorgesehene Boxen entwickelt. Damit dieser Vorgang im Smart Mini Factory Labor umgesetzt werden kann müsste ein eigener Greifer für die bestehenden Greifschalen entwickelt werden. Anschließend transportiert die autonom fahrende Plattform die Behälter durch das Labor und liefert sie automatisch an die Arbeitsstation 2. Dort angekommen werden die Behälter auf die Arbeitsstation gehoben und positioniert. Durch die Verwendung einer Halterung mit Einkerbungen in Kistengröße kann eine präzise Positionierung und ein Verrutschen während der Fahrt verhindert werden. Das FTS kann sowohl für die Kommissionierung der Bauteile, als auch für den Transport des Leerguts verwendet werden. Optional können die Boxen mit einem QR-Code ausgestattet werden. Der KMR iiwa kann durch Anbringen eines Scanners den QR-Code lesen und somit die individuelle Position jeder Box bestimmen.

Außerdem kann dieses System für den Transport der Fertigteile verwendet werden, welche an der hybriden Montagestation (bestehend aus Bosch Rexroth Montageti-schen) gefertigt werden. In diesem Fall würden die Fertigteile die Station 2 passieren und direkt die Station 3 ansteuern.

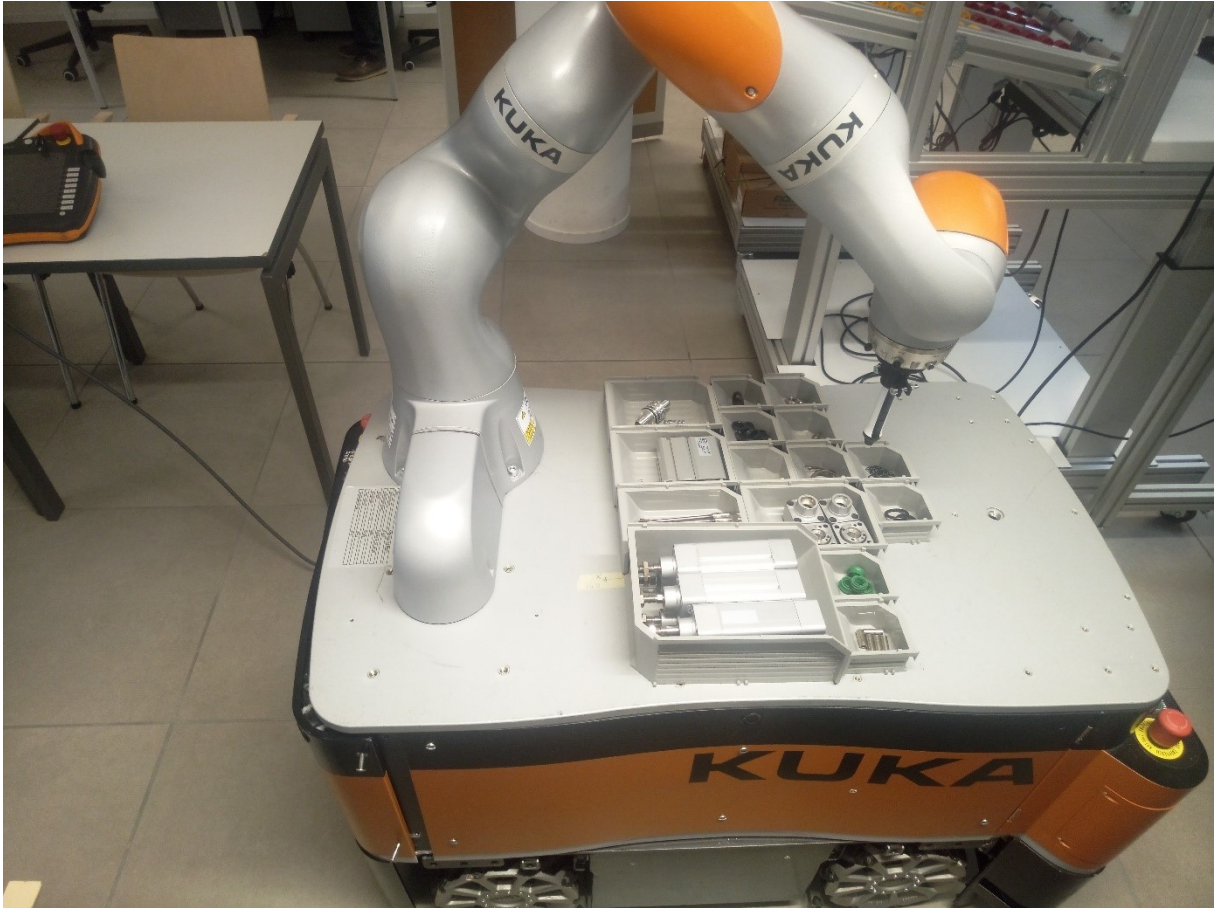


Abbildung 71: Versuchsaufbau Materialtransport Kuka KMR iiwa

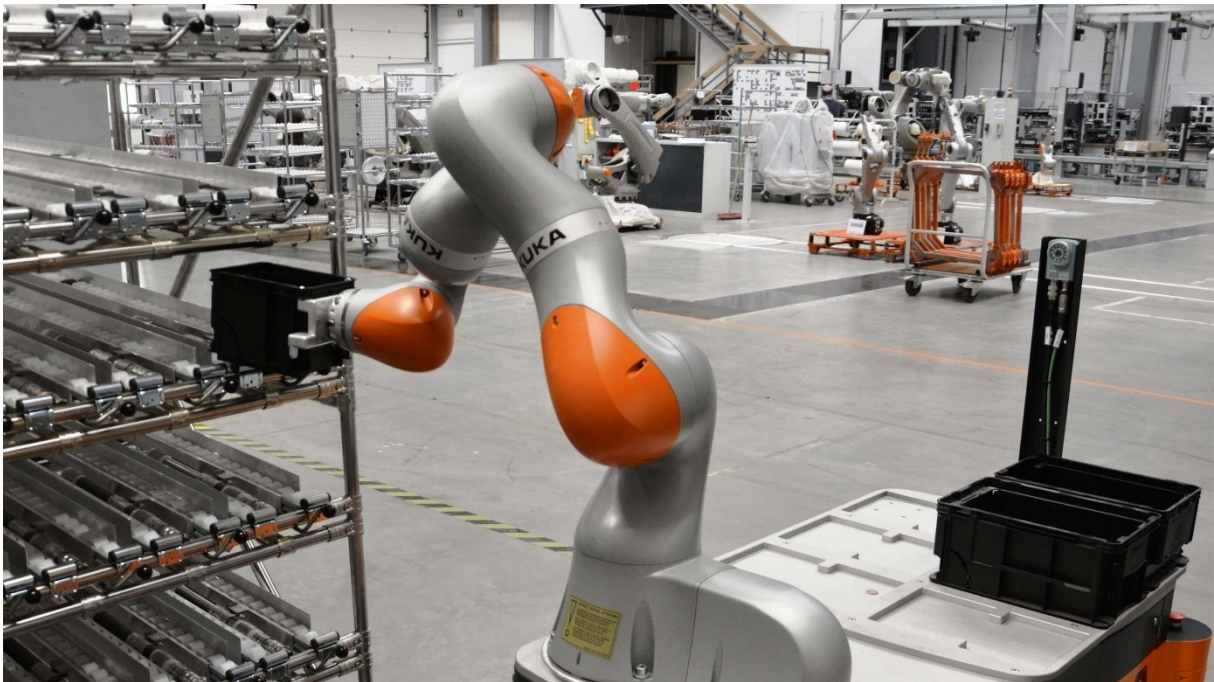


Abbildung 72: Beispiel Materialbereitstellung Kuka KMR iiwa (Kuka, 2019)

Prozessbeschreibung Station 2 (UR3)

An dieser Arbeitsstation arbeitet die Arbeitskraft Hand in Hand mit dem kollaborativen Roboter UR3 zusammen, um den Zylinder zu montieren. Eine detaillierte Analyse der Prozesse dieser hybriden Montagestation wird in einer laufenden Bachelorarbeit mit dem Titel „Hybride Montage am Fallbeispiel eines Pneumatikzylinders im Smart Mini Factory Labor“ durchgeführt. Darin geht es auch um die Anordnung bzw. Bereitstellung der einzelnen Komponenten rund um diesen Arbeitsplatz. Für die Integration dieser Station in das geplante Werkstückträgersystem und die Montage des Pneumatikzylinders entlang der Montagelinie werden rund um diese Station all jene Komponenten benötigt, die in der oben angeführten Grafik ersichtlich sind. Diese werden mithilfe des fahrerlosen Transportsystems der Marke Kuka am Arbeitsplatz bereitgestellt, wie bereits in der vorherigen Arbeitsstation beschrieben. Die einzelnen Bauteile werden rund um diese Arbeitsstation an den eigens dafür vorgesehenen Vorrichtungen positioniert. Somit soll gewährleistet werden, dass sich diese in Reichweite des Menschen bzw. des Roboters befinden.

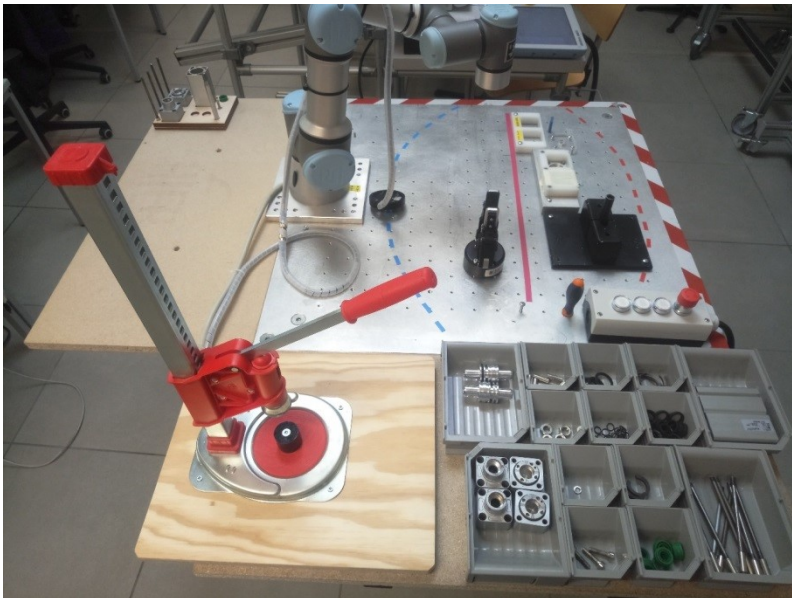


Abbildung 73: Montageaufbau für kollaborativen Roboter UR3

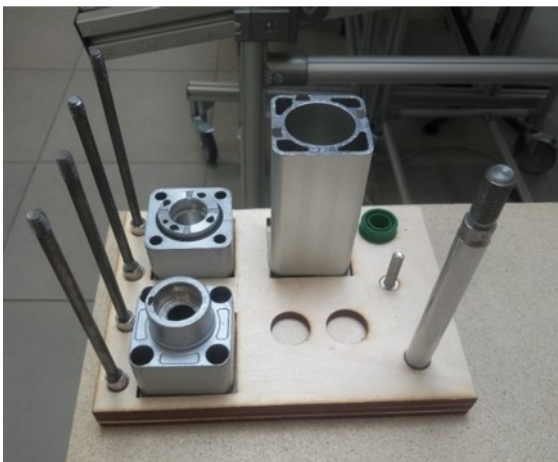


Abbildung 74: Materialbereitstellung für kollaborativen Roboter UR3

Prozessbeschreibung Station 3 (Adept Cobra) und Station 4 (ABB IRB 120)

Diese zwei Stationen können zum Anbringen eines Stempels bzw. Logos der Freien Universität Bozen mittels Tampondruck verwendet werden. Zum Ausführen dieser Tätigkeit muss die genaue Position des Stempelkissens definiert werden. Dieses könnte für den ABB IRB an der Position „Y“ platziert werden. Für den Adept Cobra käme dank seines Bildverarbeitungssystems jede Position innerhalb einer Reichweite von 600 mm in Frage. Zudem müsste der Roboterarm mit einer entsprechenden Tampondruckvorrichtung ausgestattet werden. Das Transfersystem bzw. die einzelnen Shuttles stoppen vor der Arbeitsstation, um den Stempel anzubringen.



Abbildung 75: Beispiel für Tampondruck (Farben Frikell, 2019)

Prozessbeschreibung Station 6 (Adept Quattro)

An dieser Station werden die einzelnen Pneumatikzylinder vom Monoschiene-Transportsystem der Marke Montratec entnommen und in Fertigteilkisten positioniert, um anschließend über ein Förderband zur nächsten Station transportiert zu werden. Hierfür müssen die Fertigteilkisten dem Adept Quattro bereitgestellt werden. Im dargestellten Bild ist ein solcher Vorgang im Food Bereich ersichtlich. Die Bereitstellung der Fertigteilkisten kann manuell (Arbeitskraft) oder mit Hilfe eines Kistenstaplers (Puffer), der an der Position „X“ platziert werden könnte, erfolgen. Folgende Grafik gibt einen Überblick über einen solchen Kistenstapler.

4 - Detaillierte Prozessplanung zur Integration des Transfersystems



Abbildung 76: Verpackungsvorgang eines Adept Quattro s650H (Acessyoutube, 2019)



Abbildung 77: Sichtlagerkiste (Engels,2019)



Abbildung 78: Kistenstapler (modular-automation, 2019)

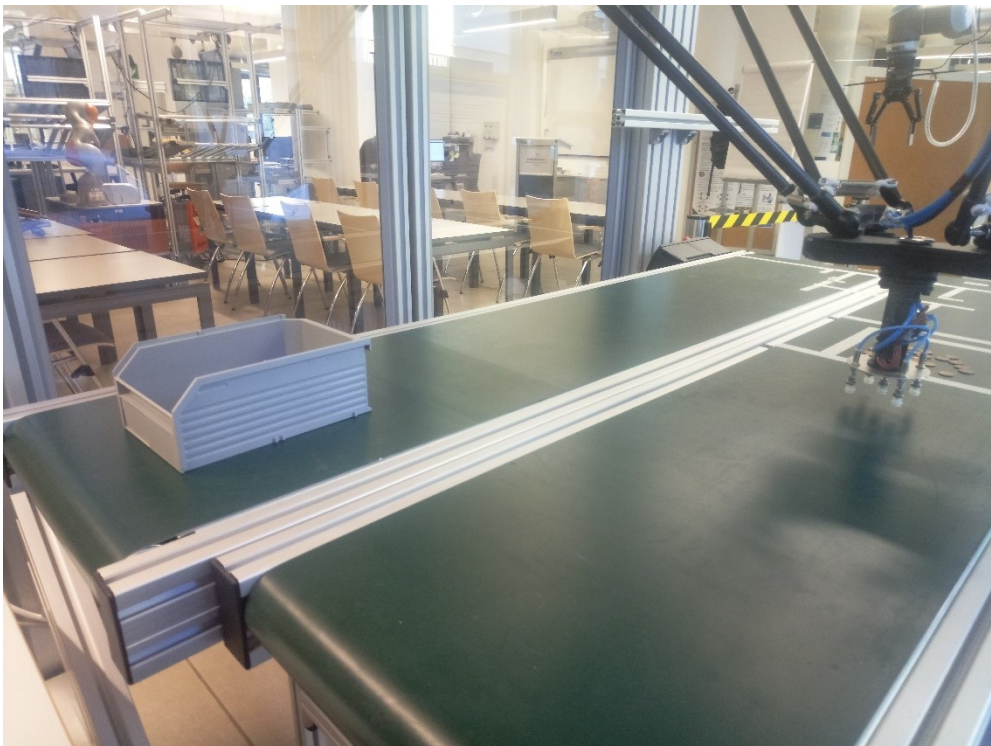


Abbildung 79: Adept Quattro mit Fertigteilkiste

Prozessbeschreibung Station 7 (UR10):

An dieser Station werden die Fertigteilkisten vom Förderband entnommen und auf EPAL- Paletten gestapelt. Um einen fehlerfreien Stapelvorgang zu gewährleisten, müssen sich die bereitgestellten Paletten im Arbeitsraum des Roboters befinden und die Fertigteilkisten präzise entlang des Förderbandes positioniert werden. Dieser Prozess wird in einer separaten Studie von Schülern der technischen Fachoberschule Bozen analysiert und im Detail geplant. Die folgende Abbildung dient zur Veranschaulichung eines solchen Palettiervorgangs.



Abbildung 80: Palettiervorgang UR10 (Konstruktionspraxis.Vogel, 2019)

5 Detaillierte Kostenplanung des ausgewählten Systems

Aus Kapitel 3 geht hervor, dass sich das System Montrac vom Anbieter Montratec bestmöglichst in die bestehende Struktur des Smart-Mini-Factory-Labors integriert und die gestellten Anforderungen am besten erfüllt. Unter anderem ist dies das einzige System, das Energie an Bord des Shuttles zur Verfügung stellt. Aufgrund dessen hat man sich letztendlich für das Montrac Transfersystem entschieden. Um die einzelnen Positionen der Kostenübersicht besser zu verstehen, sind nachfolgend die Funktionen der Hauptkomponenten des Montrac Werkstückträgersystems aufgelistet (Montratec, 2018).

Trac: Monoschiene aus farblos eloxierten Aluminium-Strangpressprofil. Die Stromschienen können links und rechts entlang der Schiene verlaufen, dies ermöglicht ein flexibles Setzen der TracControl Steuerungsmodule.

TracLink: Der TracLink dient als Verbindungselement zwischen zwei verschiedenen Trac Abschnitten und ermöglicht somit eine elektrische Verbindung der Stromschienen. Dieser wird zudem als Einspeisepunkt für das TracSupply verwendet.

TracCurve: Mit Hilfe der TracCurve ist es möglich Richtungsänderungen von 90° oder 45° durchzuführen.

TracSwicht: Die TracSwitch ist eine Weiche, die es ermöglicht, die Shuttles von einer auf zwei Fahrspuren zu verteilen und anschließend eventuell wieder zu vereinen.

Posituoningunit: Wird verwendet, um die Shuttles auf 0,02mm genau zu positionieren und kann beim Bearbeitungsvorgang bis zu 4.000N aufnehmen.

SupoTrac: Der SupoTrac wird bei Handarbeitsplätzen verwendet, um äußere Krafteinwirkungen auf das Shuttle zu verhindern.

TracSet: Das TracSet ist ein höhenverstellbares und modulares System und ermöglicht dank Klemmverbindungen eine schnelle und einfache Montage.

TC1-IRM (Intelligent Routing Module): Dient zum Datenaustausch zwischen den einzelnen Shuttles, der Fahrstrecke und der SPS-Leitsteuerung. Für die Interaktion zwischen den einzelnen Komponenten wird eine Infrarottechnologie verwendet.

Basic-Shuttle: Das Basic Shuttle von Montratec ermöglicht eine maximale Transportgeschwindigkeit von 55 m/min und eine maximale Zuladung von 30 kg.

Insgesamt sind 6 Shuttles, 4 basic Positioniereinheiten und 3 präzise Positioniereinheiten vorgesehen. Diese sind in der unten angeführten Kostenaufstellung miteinzuberechnen, wodurch sich ein Gesamtpreis von € 76.899,00 ergibt.

5 - Detaillierte Kostenplanung des ausgewählten Systems

Beschreibung	Stück	Stückpreis	Gesamtpreis
TRAC (Gerade Monoschiene) L= 560 mm	3	199,02	597,06
TRAC (Gerade Monoschiene) L= 960 mm	2	253,18	506,36
TRAC (Gerade Monoschiene) L= 1040 mm	1	264,02	264,02
TRAC (Gerade Monoschiene) L= 1260 mm	2	293,80	587,60
TRAC (Gerade Monoschiene) L= 1960 mm	1	388,58	388,58
TRAC (Gerade Monoschiene) L= 2060 mm	1	402,12	402,12
TRACLINK (Verbindungselement)	19	99,00	1.881,00
TRACCURVE (Richtungsänderung)	6	296,00	1.776,00
TRACSWITCH - COLLECT L (Weiche)	1	3.818,00	3.818,00
TRACSWITCH - DIVIDE L (Weiche)	1	3.818,00	3.818,00
POSITIONINGUNIT M1-PU4-S550M400-AI	1	2.068,00	2.068,00
SUPOTRAC FOR PLATFORM WIDTH 200 AND 300	1	769,00	769,00
TC1-BASIC KIT (TRACCONTROL TC1-IRM)	1	103,00	103,00
TC1-DOUBLE MODULE KIT (TC1-IRM)	1	179,00	179,00
TC1-DOUBLE SENSOR KIT (TC1-IRM)	1	212,00	212,00
TC1-BASIC KIT (TRACCONTROL TC1-IRM)	2	103,00	206,00
TC1-IRM BASIC SET	2	312,00	624,00
TC1-IRM D-SW SET	1	434,00	434,00
TC1-IRM C-SW SET	1	434,00	434,00
TC1-IRM C-SW-P SET	1	434,00	434,00
TC1-IRM LOCK SET	1	434,00	434,00
TC1-IRM CURVE SET	4	434,00	1.736,00
TC1-CURVE KIT (TC1-IRM)	4	135,00	540,00
BASIC SHUTTLE G4 SHG4-CW-L300-1-1WD-TC1	1	2.999,00	2.999,00
BASIC SHUTTLE G4 SHG4-CW-L550-2-2WD-TC1	1	4.999,00	4.999,00
PLATFORM 200X550X15 WITH 4 INSERTS	1	399,00	399,00
PLATFORM 200X300X15 WITH 4 INSERTS	1	219,00	219,00
PRISM FOR SHUTTLE PLATFORM (INCL. DRAWIN	2	49,00	98,00
TRACSET-BASE FRAME TYPE T	2	924,00	1.848,00
1-Foot Support for TraLink with FW	1	244,00	244,00
TRACSET-BASE FRAME TYPE L	6	809,00	4.854,00
TRACSET-BASE FRAME FOR PU-4 WIDTH 200MM	1	1.611,00	1.611,00
SENSOR INDUCTIVE 4MM D6.5 PNP SCHL KABEL	1	45,00	45,00
PROXIMITY SWITCH M4, PNP WITH CABLE AND	1	119,00	119,00
INDUCTIV SENSOR M8X1/BES001J/ CHECK OUT	7	14,60	102,20
CONNECTING CABLE 5M WITH PLUG ANGLED, M8	7	19,00	133,00
ASSEMBLY GAUGE IRM	1	89,00	89,00
CONNECTING CABLE 5M WITH PLUG STRAIGHT	1	18,00	18,00
EARTHING ELEMENT ERE-40	1	29,00	29,00
DOCUMENTATION CD PROJECT SPECIFIC	1	250,00	250,00
CABLE DUCT KFKM-40 L=2000MM	6	35,00	210,00
CABLE DUCT KFKM-40 L=0025MM	72	2,00	144,00
Engineering (Montratec Service)	1	370,00	370,00
Summe Bauteile			40.991,94
Fracht			505,00
Verpackung			125,00
Steuer			0,00
Totale			41.621,94

Abbildung 81: Eigendarstellung Kostenübersicht (Angebot A4)

6 Gesamtfazit

Im Zuge dieser Arbeit konnte schlussendlich ein Konzept für die Umsetzung bzw. Integration eines Werkstückträger-Transfersystems in die bestehende Struktur des Smart-Mini-Factory-Labors der Freien Universität von Bozen erarbeitet werden. Ausgangspunkt hierfür war eine Ist-Analyse der Laboreinrichtung, um in einem zweiten Schritt die zu integrierende Ausstattung zu ermitteln. Eine zentrale Rolle bei der Auslegung und Planung des Werkstückträgersystems spielte dabei ein Pneumatikzylinder der Marke Kuhnke. Nach einer ausgiebigen Literaturrecherche und einer darauffolgenden Marktanalyse konnten somit erste Notwendigkeiten und Systemanbieter ermittelt werden. Anhand von festgelegten quantitativen und qualitativen Kriterien konnten die einzelnen Systeme sowie deren Anbieter bewertet werden. Daraufhin wurde das System Montratec vom Anbieter Montrac ausgewählt, da es die definierten Kriterien bestmöglich erfüllt und den Richtwerten von Industrie 4.0 entspricht. Eine der größten Herausforderungen war es, die bestehenden Arbeitsstationen und Roboter flexibel, kurz gesagt smart, zu verketten. Nicht nur die unterschiedlichen Arbeitshöhen der einzelnen Stationen, auch die Mobilität eines fahrerlosen Transportsystems, die Integration von den kollaborativen Robotern, die Arbeitssicherheit und die räumliche Verfügbarkeit stellten ein großes Hindernis dar. Nichtsdestotrotz war es möglich ein Soll-Layout zu erstellen, welches allen Anforderungen entspricht und in das bestehende Konzept des Smart Mini Factory Labors integriert werden konnte. Außerdem konnte erreicht werden, dass ein Pneumatikzylinder mit Hilfe der Roboterstationen und menschlicher Arbeitskraft entlang des Werkstückträgersystems montiert werden kann. Dafür wurden die einzelnen Montageschritte des Pneumatikzylinders ermittelt und in einem Montagevorranggraph dargestellt. Um die Prozessplanung zu realisieren, war es notwendig, eine Analyse der Umsetzbarkeit der einzelnen Montagevorgänge auf den Roboterstationen durchzuführen.

Abschließend kann gesagt werden, dass trotz diverser Schwierigkeiten und Herausforderung es möglich war, ein ideales Werkstückträger-Transfersystem zu planen und umsetzen und dieses für den Montagevorgang eines Pneumatikzylinders zu verwenden. Hervorzuheben ist, dass das System auch für zukünftig neue Produkte verwendet werden kann und flexibel erweiterbar ist. Das System hat nicht nur die Funktion eines reinen Transportsystems, sondern soll vielmehr auch als Lernobjekt betrachtet werden. Es soll zukünftigen Studenten und Forscher Einblick in die Konzepte und Technologien von Industrie 4.0 geben und zur Weiterbildung dienen.

7 Zusammenfassung

Nachfolgend die Zusammenfassung der Arbeit in deutscher, italienischer und englischer Fassung.

7.1 Deutsche Fassung

Diese Bachelor-Arbeit entstand aufgrund der Notwendigkeit einer flexiblen Verkettung der bestehenden Arbeitsstationen im Smart-Mini-Factory-Labor der Freien Universität von Bozen. Die Arbeit lässt sich in einen theoretisch-literarischen und in einen praktischen Teil gliedern.

Der erstgenannte Teil bildet die Basis dieser Arbeit. In diesem wird auf den aktuellen Stand der Technik und Forschung von Industrie 4.0 eingegangen und deren Entstehung, der Trend in Richtung Lernfabriken sowie der Wandel in Richtung intelligente Prozess- und Transportlösungen beschrieben. Dadurch wird ein grundlegendes Verständnis zum Thema vermittelt, was für die anschließende Recherche und Ausarbeitung des möglichen Transfersystems und deren Anbieter im Smart-Mini-Factory-Labor unerlässlich ist.

Im zweiten Teil hingegen, dem Herzstück der Arbeit, liegt der Fokus auf der konkreten Ausarbeitung des Transfer- bzw. Werkstückträgersystems für das Smart-Mini-Factory Labor anhand der im theoretischen Teil erworbenen Informationen. Nach der erfolgten Ist-Analyse konnte, unter Berücksichtigung der bestehenden Gegebenheiten des Labors, das Soll-Layout mithilfe von Axiomatic Design definiert und ein 3D-Layout in Solid Works entworfen werden. Auf diesem ist die Verkettung des bestehenden Inventars mit den einzelnen Roboterstationen durch das geplante Transfersystem ersichtlich. Eine wichtige Voraussetzung bei der Auswahl und Planung des Transfersystems war die Flexibilität in deren Nutzung, d.h. die Möglichkeit, das System zukünftig für unterschiedliche Produkte verwenden zu können. Mit einem konkreten Beispiel, ein Pneumatikzylinder, soll das System „getestet“ werden. Dieser soll mithilfe der einzelnen Arbeitsstationen, darunter auch ein kollaborativer Roboter, entlang des geplanten Werkstückträgersystems montiert werden. Dazu wurde eine detaillierte Prozessplanung für die Montagelinie sowie der Materialbereitstellung durchgeführt.

Anhand der gewonnenen Informationen über das zukünftige Layout, mit Bezug auch auf den Pneumatikzylinder, und den Ergebnissen von Axiomatic Design wurde eine Erhebung auf dem Markt durchgeführt, um mögliche Lieferanten bzw. Systemanbieter zu ermitteln und deren Angebote einzuholen. Für die anschließende Auswahl und Bewertung des Favoriten wurde eine Nutzwertanalyse, die die einzelnen Systeme mittels qualitativer und quantitativer Bewertungskriterien bewertet, durchgeführt. Aufgrund dieser Ergebnisse konnte schließlich der Favorit ermittelt und eine detaillierte Kostenaufstellung erarbeitet werden.

7.2 Italienische Fassung

Questa tesi di laurea è stata elaborata in seguito alla necessità di un collegamento flessibile delle postazioni di lavoro esistenti nel laboratorio "Smart-Mini-Factory" della Libera Università di Bolzano. Il lavoro può essere diviso in una parte teorico-letteraria e una parte pratica.

La prima parte, che costituisce la base di questo lavoro, si occupa dello stato attuale raggiunto delle tecniche e della ricerca dell'Industria 4.0 e della sua evoluzione, la tendenza verso le fabbriche di apprendimento e l'evoluzione verso soluzioni intelligenti per il processo e il trasporto. Questo fornisce una comprensione di base sull'argomento che è essenziale per la successiva ricerca e sviluppo riguardo al possibile sistema di trasporto e dei suoi fornitori per la Smart-Mini-Factory.

Nella seconda parte, che è il cuore del lavoro, si sposta tuttavia l'attenzione allo sviluppo concreto del sistema di trasporto e attrezzature per il movimento dei pezzi nella Smart-Mini-Factory, sulla base delle informazioni acquisite nella parte teorica. A seguito dell'analisi "attuale" del laboratorio, è possibile definire il layout ottimale utilizzando i principi appresi nell' "Axiomatic Design" e creare un layout 3D mediante il programma "Solid Works", tenendo comunque conto delle condizioni di limite esistenti nel laboratorio. Su questo layout si mette in primo piano il legame tra inventario esistente e singole stazioni robotizzate ottimamente pianificate. Un importante prerequisito nella selezione e pianificazione del sistema di trasporto è la flessibilità nel suo utilizzo, cioè la possibilità di adattare questo sistema in futuro anche a diversi prodotti. Concretamente questo concetto è stato testato con un cilindro pneumatico, il quale dovrebbe essere montato lungo la catena di trasporto tra le postazioni di lavoro. Siccome tra queste ultime sono presenti anche stazioni di tipo semiautomatico è stata necessaria un'accurata pianificazione di processo per la catena di montaggio e per la fornitura del materiale.

Sulla base delle informazioni ottenute dal layout futuro, tra le quali anche quelle del cilindro pneumatico, e dei risultati di Axiomatic Design, è stata condotta un'indagine di mercato per identificare potenziali fornitori od offerenti di questo sistema, per richiedere le loro offerte. Per la successiva selezione e valutazione del fornitore scelto, è stata effettuata un'analisi di utilità valutando i singoli sistemi offerti mediante criteri qualitativi e quantitativi. Con i risultati ottenuti è stato determinato il più adatto alle nostre esigenze ed è stata quindi effettuata un'analisi dettagliata dei costi di questo sistema.

7.3 Englische Fassung

This bachelor thesis was created because of the need for flexible linking of existing workstations in the Smart Mini Factory Laboratory of the Free University of Bolzano. The work can be divided into a theoretical-literary and a "practical" part.

The former part forms the basis of this work. It describes the current state of the art and research of Industry 4.0 and the trend towards learning factories as well as the trend towards intelligent process and transport solutions. This provides a basic understanding of the topic, which is essential for the subsequent research and development of the possible transfer system and its providers in the Smart Mini Factory Laboratory.

In the second part, the heart of the work, however, the focus is on the concrete design of the workpiece carrier system for the Smart Mini Factory Laboratory on the basis of the information acquired in the theoretical part. After the analysis of the current situation and by taking into account the existing conditions of the laboratory, the target layout could be defined in an initial status using the principles of Axiomatic Design. Based on these results a 3D layout could be designed in Solid Works. In this layout the concatenation of the individual robot stations is illustrated. An important prerequisite for the selection and planning of the transfer system was the flexibility in its use, in other words, the ability to use the system for different products in the future. The system was designed to produce a real industrial product in the learning factory, which is pneumatic cylinder. It should be assembled using the planned workpiece carrier system with its individual workstations including industrial and collaborative robots. For this purpose, it was necessary carrying out a detailed process planning for the whole assembly line as well as the material supply.

Based on the results of Axiomatic Design and on the information obtained about the future layout, taken into consideration the pneumatic cylinder, too, a market research was conducted to identify potential system suppliers and to request their offers. For the subsequent selection and evaluation of the favorite a multi-criteria analysis was carried out which assesses the individual systems by means of qualitative and quantitative criteria. Based on these results, the favorite was finally determined, and a detailed cost statement could be provided.

8 Begriffe, Definitionen und Abkürzungen

TS	T ransfersystem
WT	W erkstück T räger
M2M	M achine to M achine
CPS	C yber P hysical S ystems
TPS	T oyota P roduktion S ystem
KMU	K lein- M ittelständige U nternehmen
CIRP	C ollaborative W orking G roup on L earning
IoT	I nternet o f T hings
IIoT	I ndustrial I nternet o f T hings
RFID	R adio- F requency I Dentification
CNC	C omputerized N umerical C ontrol
MES	M anufacturing E xecution S ystem
ERP	E nterprise R esource P lanning
FTS	F ahrerloses T ransport S ystem
JIT	J ust I n T ime
JIS	J ust I n S equence
FTF	F ahrerloses T ransport F ahrzeug
MRK	M ensch R oboter K ollaboration
FTS	F ahrerloses T ransport S ystem

9 Literaturverzeichnis

ABB, 2010

<https://new.abb.com/de> (Stand:11.Oktober.2018)

ABELE ET AL., 2010

Abele E. Tenberg R. Wennermer J. Cachay J. Kompetenzentwicklung in Lernfabriken für die Produktion. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF)

ABELE ET AL., 2014

Abele E. Chryssolouris G. Sihn W. Seifermann S. CRIP Collaborative Working Group – Learning Factories for Future Oriented Research and Education in Manufacturing. CRIP, Paris

ABELE UND REINHART, 2011

Abele E. Reinhart G. Zukunft der Produktion. Carl Hanser, München

ABELE, 2016

Abele E. Learning Factory. CIRP Encyclopedia of Production Engineering

ACATECH, 2013

Kagermann H., Wahlster W., Helbig J. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 - Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt/Main

ACATECH, 2014

Smart Service Welt, Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste der Wirtschaft. Berlin: acatech– National Academy of Science and Engineering

ACCESSYOUTUBE, 2019

<https://accessyoutube.org.uk/KeMotion+Packaging%3A+Fastest+robotics+solution+for+the+packaging+industry> (Stand: 16.Februar.2019)

ADEPT, 2018

<https://www.adept.com/home/?region=eu> (Stand:11.Oktober.2018)

ADOLPH ET AL., 2014

Adolph S. Tisch M. Metternich J. Challenges and approaches to competency development for future production. Jounas of International Scientific Publications – Educational Alternatives: 1001 – 10

BARTEL, 1969

Horst Bartel, Sachwörterbuch der Geschichte Deutschlands und der deutschen Arbeitsbewegung. Berlin: Dietz

BAUERNHANSL ET AL., 2014

Bauernhansl T, et al. Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden: Springer; 2014

BOSCH REXROTH, 2018

<https://www.boschrexroth.com/de/de/produkte/produktgruppen/montagetechnik/news/transfersystem-activemover/index> (Stand: 13. August 2018)

BOTTHOF UND HARTMANN, 2015

Botthof A. Hartmann E. A. Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Springer Verlag, Berlin Heidelberg

BOUSONVILLE, 2017

Bousonville T. Logistik 4.0. Die digitale Transformation der Wertschöpfungskette. Springer Verlag, Berlin Heidelberg.

BROICH SYSTEMTECHNIK, 2018

<https://broich-systemtechnik.de/> (Stand: 20. August 2018)

BULLINGER UND WARNECKE, 2003

Bullinger H. J. Warnecke W. Neue Organisationsformen im Unternehmen. Springer Berlin 2003

CACHAY ET AL., 2012

Cachay J. Wennemer J. Abele E. Tenberg R. Study on action oriented learning with a Learning Factory approach. Precedia – Social and Behavioral Sciences

CARD2BRAIN, 2019

<https://card2brain.ch/c2b-images/card/9347625-answer.jpg?v=1550312196506> (Stand: 27. Februar 2019)

COESIA, 2018

<http://www.coesia.com> (Stand: 20. August 2018)

DELOITTE, 2012

Global Manufacturing Competiveness Index 2013

DIAMOND, 2005

Diamond J. Der Kollaps – Warum Gesellschaften überleben oder untergehen. Frankfurt: S. Fischer

DOMBROWSKI ET AL., 2012

Dombrowski U., Schmidtchen K., Hoesslin I. v. (2012). Megatrends – Erfolgreiche Unternehmen denken heute schon an morgen. GPS Symposium. Braunschweig

DOMBROWSKI UND WAGNER, 2014A

Dombrowski U., Wagner T. Mental strain as field of action in the 4th industrial revolution. The 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems Windsor, Canada: CIRP Proceedings

ENGELS-BEHÄLTERTECHNIK, 2019

<https://www.engels-behaeltermtechnik.de/3-360-700-1.html> (Stand: 16. Februar 2019)

ERBER UND HAGEMANN, 2012

Eber G., Hagemann H. Deutschlands Wachstum- und Investitionsdynamik nach der globalen Finanzkrise. DIW Wochenbericht

EROL ET AL., 2016

Erol S. Jaeger A. Hold P. Ott K. Sihn W. Tangible Industry 4.0: a scenario- based approach to learning for the future of production. 6th CIRP Conference on Learning Factories

FARBEN FRIKELL, 2019

<https://www.farben-frikell.de/> (Stand: 25. Februar 2019)

FF DI FALCONI, 2018

<http://www.fffalconi.it/index.html> (Stand: 20. August 2018)

FLEISCH, 2005

Fleisch M. Christ O. Dierkes M. Die betriebswirtschaftliche Vision des Internet der Dinge. Springer Verlag, Berlin Heidelberg

FLEXLINK, 2018

<https://www.flexlink.com/de/home/> (Stand: 20. August.2018)

GLANZ UND BÜSGEN, 2013

Axel Glanz & Marc Büsgen, Machine to Machine Kommunikation. Campus Verlag Frankfurt/ New York 2013

HAHN, 2005

Hahn H. W. Die industrielle Revolution in Deutschland München: Oldenburg

HALLER UND SCHILLER, 2002

Haller E., Schiller E. Die Digitale Fabrik - die dritte Revolution in der Automobilindustrie? Ludwigsburg: Süddeutsche Verlag

HOMPEL ET. AL, 2018

Michael ten Hompel, Thorsten Schmidt, Johannes Dregger. Materialflusssysteme. Förder- und Lagertechnik. Springer Verlag, Berlin Heidelberg

HTW DRESDEN, 2018

<https://www.htw-dresden.de/de/fakultaet-informatikmathematik/forschung/arbeitsgruppen/smart-production-systems/industrie-40-modellfabrik.html> (Stand: 04.Oktober.2018)

HÜTTENRAUCH UND BAUM, 2008

Hüttenrauch, M., Baum, M. Effiziente Vielfalt - Die dritte Revolution in der Automobilindustrie. Berlin: Springer

IEF WERNER, 2018

<https://www.ief-werner.de/start/> (Stand: 16. August 2018)

INTRALOGISTIK, 2018

<https://intralogistik.tips/> (Stand: 25. Dezember 2018)

JAEGER ET AL., 2013

Jaeger A. Mayrhofer W. Kuhlmann P. Matyas K. Sihm W. Total Immersion: Hands and Heads – On Training in a Learning Factory for Comprehensive Industrial Engineering Education,“ The International journal of engineering education, vol. 29, no. 1

JODLBAUER, 2018

Jodlbauer H. Digitale Transformation der Wertschöpfung. W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart

JORGENSEN ET AL., 1995

Jorgensen JE. Lamancusa JS. Zayas- Castro JL. Ratner J. The Learning Factory. Proc. of the Fourth World Conference on Engineering Education

KAUFMANN, 2005

Kaufmann Timothy, Geschäftsmodelle in Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge. Der Weg vom Anspruch in die Wirklichkeit. Springer Fachmedien Wiesbaden 2015

KONSTRUKTIONSPRAXIS.VOGEL,2019

<https://www.konstruktionspraxis.vogel.de/mit-cobots-automatisiert-palettieren-und-verpacken-a-742214> (Stand:16.Februar.2019)

KUKA, 2018

<https://www.kuka.com/> (Stand:11.Oktober.2018)

LERNFABRIK BIETIGHEIM- BISSINGEN

<https://www.lernfabrik-bietigheim.de/anlage/> (Stand: 04.Oktober.2018)

LIKER, 2014

Liker JK. The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. McGraw-Hill, New York

LOGSTIKKNOWHOW, 2018

<https://logistikknowhow.com/> (Stand: 09. Oktober 2018)

LOTTER ET AL., 1998

Lotter B. Hartel M. Menges R. Manuelle Montage wirtschaftlich gestalten. Expert Verlag Renningen

LOTTER UND WIENDAHL, 2012

Lotter B. und Wiendahl H. P. Montage in der industriellen Produktion. Ein Handbuch für die Praxis. Springer Verlag, Berlin Heidelberg

MARTIN, 2011

Martin H. Transport- und Lagerlogistik. Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik. Vieweg+Teubner Verlag, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

MARTIN, 2016

Martin H. Transport- und Lagerlogistik. Systematik, Planung, Einsatz und Wirtschaftlichkeit. Springer Verlag, Berlin Heidelberg

MK TECHNOLOGY GROUP, 2018

<https://www.mk-group.com/> (Stand: 13. August 2018)

MODULAR-AUTOMATION

<https://www.modular-automation.de/en/products/palletizers-palletizing-machines-stacking-systems/container-stackers/> (Stand:16.Februar.2019)

MONTECH, 2018

<https://www.montech.com/> (Stand: 16. August 2018)

MONTRATEC, 2018

<https://www.montratec.de/de/> (Stand: 17. August 2018)

PARK, 2007

Park Gyung-Jin. Analytic Methods for Design Practice. Springer Verlag

PLATFORM I 40, 2018

<https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Home/home.html> (Stand: 24.November.2018)

PRESTIFILIPPO, 2016

Prestifilippo G. Industrie 4.0: Produktion, Automatisierung und Logistik. Springer Verlag, Berlin Heidelberg

SCHMIDT, 1992

Schmidt M. Konzeption und Einsatzplanung flexibel automatisierter Montagesysteme. Springer Verlag, Berlin Heidelberg

SCHNAITHMANN, 2018

<https://www.schnaithmann.de/> (Stand: 27.Oktober.2018)

SHINGO, 1992

Shingo S. Das Erfolgsgeheimnis der Toyota Produktion. Verlag moderne Industrie, Landesberg

SMART MINI FACTORY, 2018

<https://smartminifactory.it/de/> (Stand: 03. Oktober 2018)

SPATH ET AL., 2013

Spath D. Ganschar O. Gerlach S. Hämmerle M. Krause T. Schlund S. Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Fraunhofer Verlag, Stuttgart

STEIN AUTOMATION, 2018

<https://www.stein-automation.de/wp/> (Stand: 14. August 2018)

SUH, 1990

Suh NP, The Principles of Design. Oxford University Press, New York

TAYLOR, 1919

Taylor Frederick Winston, Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsführung. Oldenbourg, München

UNIVERSAL ROBOTS, 2018

<https://www.universal-robots.com/de> (Stand:11.Oktober.2018)

VDI 2870-1,2012

V. D. Ganzheitliche Produktionssysteme. Grundlagen Einführung und Bewertung.
Berlin: Beuth Verlag

WAGNER ET AL., 2012

Wagner U. AlGeddawy T. ElMaraghy H. Müller E. The State of the Art an Pro-
spects of Learning Factories. Procedia CIRP 3

WARNECKE, 1997

Warnecke H J. Montagetechnik. Krauskopf Verlag, Mainz

WIENDAHL ET AL., 2004

Wiendahl H. P. Gerst D. Keunecke L. Variantenbeherrschung in der Montage.
Konzept und Praxis der flexiblen Endstufe. Springer Verlag, Berlin Heidelberg

WOMACK ET AL., 1991

Womack J., Jones D., Roos D., Die zweite Revolution in der Autoindustrie, Konse-
quenzen aus der weltweiten Studie es Massachusetts Institute of Technology.
Frankfurt / Main: Campus Verlag

ZIEGLER, 2005

Ziegler D., Die industrielle Revolution. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesell-
schaft

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verständnis von Industrie 4.0 (Acatech, 2018)	4
Abbildung 2: Bedeutung von Industrie 4.0 im eigenen Unternehmen (Acatech, 2018)	5
Abbildung 3: Chancen von Industrie 4.0 (Acatech, 2018)	6
Abbildung 4: Risiken von Industrie 4.0 (Acatech, 2018)	7
Abbildung 5: Die industriellen Revolutionen (Acatech 2013; Womack et al.,1991; Ziegler 2005; Dombrowski und Wagner, 2014 a) (VDI 2870-1,2012).....	10
Abbildung 6: Smart Factory als Teil des Internet der Dinge und Dienste (Acatech, 2013).....	11
Abbildung 7: Ergebnisse der Tendenzbefragung (BITKOM, VDMA, ZVEI, 2013)	12
Abbildung 8: Umsatz im Maschinenbau (VDMA, 2012)	13
Abbildung 9: Produktionsprozess der Lernfabrik 4.0 Bietigheim- Bissingen (Lernfabrik Bietigheim- Bissingen, 2018)	16
Abbildung 10: Layout der Lernfabrik 4.0 in Bietigheim- Bissingen (Lernfabrik Bietigheim- Bissingen, 2018)	17
Abbildung 11: Layout der Industrie 4.0 Modellfabrik Dresden (HTW Dresden, 2018)	18
Abbildung 12: Manuelle, hybride und automatische Montage (Lotter et al., 1998)	25
Abbildung 13: Einteilung von Transport- Fördermitteln (card2brain, 2019).....	27
Abbildung 14: Ist- Layout Smart Mini Factory	31
Abbildung 15: ABB IRB 120 (ABB, 2018).....	32
Abbildung 16: Adept Cobra i600 SCARA (adept, 2018).....	32
Abbildung 17: Adept Quattro s650H parallel Robot (adept, 2018).....	32
Abbildung 18: Universal Robots UR3 (Universal Robots, 2018)	33
Abbildung 19: Universal Robots UR10 (Universal Robots, 2018)	33
Abbildung 20: Parallel Roboter TFO (.....	34
Abbildung 21: Kuka KMR iiwa (kuka, 2018)	34
Abbildung 22: FR-DP Decomposition (Acclaro DFSS).....	36
Abbildung 23: Design Matrix (Acclaro DFSS)	37
Abbildung 24: Transfersystem TS1 (Bosch Rexroth, 2018)	40
Abbildung 25: Transfersystem TS2 (Bosch Rexroth, 2018)	41
Abbildung 26: ActiveMover (Bosch Rexroth, 2018)	42
Abbildung 27: Versamove (mk Technology Group, 2018).....	43
Abbildung 28: Stein 300 (Stein Automation, 2018)	45
Abbildung 29: posyART (ESF Werner, 2018)	46
Abbildung 30: Transfersystem LT 40 (Montech, 2018)	48
Abbildung 31: Längentransfersystem LTE (Montech, 2018)	49
Abbildung 32: Einspuriges Fördersystem X85 (Flexlink, 2018)	50
Abbildung 33: Zweispuriges Fördersystem XT (Flexlink, 2018).....	51
Abbildung 34: Transfersystem easy flow flex (Broich Systemtechnik, 2018)	52
Abbildung 35: Transfersystem easylane (Broich Systemtechnik, 2018).....	53
Abbildung 36: Montrac Shuttlefahrzeug (Montratec, 2018).....	54
Abbildung 37: Montrac monoschiene-Transportsystem (Montratec, 2018).....	54
Abbildung 38: Multi Carrier System in Kombination mit einem Transfersystem von elcom (Festo, 2018)	55
Abbildung 39: Multi-Carrier-System in Verbindung mit einem Kunststoffkettenförderer der Firma FlexLink (Festo, 2018).....	56
Abbildung 40: Schnaithmann MTS (Schnaithmann, 2018)	57
Abbildung 41: Übersicht Auswahl und Bewertungsmethodik.....	58
Abbildung 42: Nutzwertanalyse Bosch TS1/ TS2	61
Abbildung 43:Nutzwertanalyse Versamove/ Stein	61
Abbildung 44: Nutzwertanalyse posyART/ LT40	62
Abbildung 45: Nutzwertanalyse LTE/ X85.....	62
Abbildung 46: Nutzwertanalyse XT/ easyflow Flex	63
Abbildung 47: Nutzwertanalyse Easylane/ Montrac	63
Abbildung 48: Nutzwertanalyse MCS/ MTS	64
Abbildung 49: Übersicht Nutzwertanalyse	64

Abbildung 50: Bosch Rexroth TS2 (Angebot A2)	65
Abbildung 51: Stein 300 (Angebot A1)	66
Abbildung 52: Montratec Montrac (Angebot A4)	67
Abbildung 53: Endresultat der Nutzwertanalyse	67
Abbildung 54: Endresultat der Nutzwertanalyse	68
Abbildung 55: Pneumatikzylinder (Kuhnke, 2018)	69
Abbildung 56: Explosionsdarstellung Pneumatikzylinder (Kuhnke, 2018)	70
Abbildung 57: Montagevorranggraph Pneumatikzylinder	72
Abbildung 58: Layoutvariante 1	74
Abbildung 59: Layoutvariante 2	74
Abbildung 60: Layoutvariante 3	74
Abbildung 61: Layoutvariante 4	74
Abbildung 62: Layoutvariante 5	75
Abbildung 63: Layoutvariante 6	75
Abbildung 64: 3D Layout Smart Mini Factory	76
Abbildung 65: 3D Modell Transfersystem Bosch	77
Abbildung 66: 3D Modell Transfersystem Frontansicht	77
Abbildung 67: 3D Modell Monoschienensystem Draufsicht	78
Abbildung 68: 3D Modell Monoschienensystem	78
Abbildung 69: Durchführbarkeit der Montagevorgänge	79
Abbildung 70: Übersicht Montagestationen	80
Abbildung 71: Versuchsaufbau Materialtransport Kuka KMR iiwa	86
Abbildung 72: Beispiel Materialbereitstellung Kuka KMR iiwa (Kuka, 2019)	86
Abbildung 73: Montageaufbau für kollaborativen Roboter UR3	87
Abbildung 74: Materialbereitstellung für kollaborativen Roboter UR3	87
Abbildung 75: Beispiel für Tampondruck (Farben Frikell, 2019)	88
Abbildung 76: Verpackungsvorgang eines Adept Quattro s650H (Acessyoutube, 2019)	89
Abbildung 77: Sichtlagerkiste (Engels,2019)	89
Abbildung 78: Kistenstapler (modular-automation, 2019)	89
Abbildung 79: Adept Quattro mit Fertigteilkiste	89
Abbildung 80: Palettiervorgang UR10 (Konstruktionspraxis.Vogel, 2019)	90
Abbildung 81: Eigendarstellung Kostenübersicht (Angebot A4)	92

11 Anhang

A1 Angebot ABM Automazioni – Stein Automationstechnik



Via Santi, 9
40011 Anzola dell'Emilia (BO)
Tel: +39 0516508076
Fax: +39 0516425272
P.IVA: 02670791207
Capitale sociale: 10.000 Euro i.v.

Anzola dell'Emilia, 28/09/2018

Spett.le: **Fakultät für Naturwissenschaften und Technik**
Facoltà di Scienze e Tecnologie

Piazza Università, 5
39100 Bolzano

Alla Cortese Att.ne: **Sig. Artur Wieser**

Offerta Nr. 18096.2

LINEA TRASPORTO STEIN 300 WITHOUT CONTROL **Layout 24089.02 Stein**

Buongiorno,
a seguito della Vostra gentile richiesta siamo a formulare la nostra proposta per la fornitura di una linea di trasporto STEIN 300 con le seguenti caratteristiche:
(Vedi layout 24089.02 e descrittiva Stein)

La linea non è comprensiva di impianto elettrico e impianto pneumatico, software di gestione STEIN CONTROL come da Vs richieste durante incontro presso Vs sede.





Via Santi, 9
40011 Anzola dell'Emilia (BO)
Tel: +39 0516508076
Fax: +39 0516425272
P.IVA: 02670791207
Capitale sociale: 10.000 Euro i.v.

OFFERTA

- Stein 300 without control:

Prezzo a Voi riservato € 69'000,00

- Imballo

Al costo

- Trasporto

Franco Sede Stein

Tutti i prezzi si intendono IVA esclusa

VANTAGGI LINEA STEIN

- *Scorrimento cinghie trasporto su rulli folli invece che su profili di scorrimento in materiale plastico e/o acciaio. Ciò riduce fino al 40% la manutenzione.*
- *Soluzione completamente standardizzata, i componenti sono tutti standard; ciò inoltre abbassa notevolmente i tempi di consegna.*
- *Essendo una soluzione modulabile, in futuro l'implemento di altre stazioni di lavoro alla linea è facilmente realizzabile.*



Pagina 2 di 5
www.abmautomazioni.com - info@abmautomazioni.com



Via Santi, 9
40011 Anzola dell'Emilia (BO)
Tel: +39 0516508076
Fax: +39 0516425272
P.IVA: 02670791207
Capitale sociale: 10.000 Euro i.v.

Di seguito Ns. condizioni

La fornitura include:

- Quanto elencato all'interno della descrittiva Stein

La fornitura non comprende:

- Fondazioni ed opere murarie
- Trasporti interni al Vostro stabilimento
- Allacciamenti a reti elettriche, pneumatiche, idriche e canalizzazione cavi
- Modifiche e/o aggiornamenti a macchine di Vs. proprietà
- Quanto non espressamente citato

Validità della presente offerta	30 gg dalla data di emissione
Consegna	6/8 SETTIMANE DA ORDINE, pagamento acconto ed approvazione tecnica (escluso il mese di agosto)
Termini di pagamento	<ul style="list-style-type: none"> • 50% bonifico bancario alla conferma d'ordine • 40% bonifico bancario dopo accettazione preliminare in STEIN AUTOMATION e prima della spedizione • Saldo tramite Rl.BA a 30 gg DFFM ad accettazione presso Vostro stabilimento
Trasporto e assicurazione	Ex-Works factory STEIN AUTOMATION GmbH in VS-Schwenningen GERMANY (ICC 2010)
Ispezione pre-consegna	DA CONCORDARE (senza oneri aggiuntivi)
Installazione presso Vs. stabilimento	Vedere offerta economica
Garanzia	12 mesi dalla data di consegna La garanzia copre la sostituzione di parti difettose (con l'esclusione di danni derivanti dalla spedizione o dall'installazione). La garanzia non copre le parti soggette ad ordinaria usura e i danni causati dall'uso improprio della macchina. La garanzia rimane valida solo se il primo avvio della macchina è stato eseguito da tecnici ABM
Origine delle merci	GERMANY





Via Santi, 9
40011 Anzola dell'Emilia (BO)
Tel: +39 0516508076
Fax: +39 0516425272
P.IVA: 02670791207
Capitale sociale: 10.000 Euro i.v.

RingraziandoVi per la richiesta e in attesa di un Vs. riscontro, restiamo a disposizione per qualsiasi chiarimento in merito e porgiamo i Ns. più cordiali saluti.

Simone Baratta
Mattia Bellanti
ABM Automazioni S.r.l

Per accettazione: _____



Pagina 4 di 5
www.abmautomazioni.com - info@abmautomazioni.com



Via Santi, 9
40011 Anzola dell'Emilia (BO)
Tel: +39 0516508076
Fax: +39 0516425272
P.IVA: 02670791207
Capitale sociale: 10.000 Euro i.v.

CONDIZIONI GENERALI

1. MODALITÀ DELL'OBBLIGO DI FORNITURA

Le condizioni generali di vendita di cui appresso s'intendono sempre applicabili ad ogni ordine del compratore. Si ritiene perciò come non scritta qualsiasi clausola di fornitura contrastante con le presenti condizioni generali scritte dal compratore sui suoi ordini o su qualunque altro documento fatto pervenire al venditore. Il compratore deve inoltrare gli ordini al venditore in forma scritta. Il venditore si riserva la facoltà di accettare ordini telefonici e verbali. L'ordine si intende perfezionato quando perviene al compratore l'accettazione scritta dello stesso (conferma d'ordine) da parte del venditore o, in mancanza, automaticamente dopo 15 gg dal ricevimento dell'ordine da parte del venditore. Tutte le offerte e i prezzi sono indicativi e non impegnativi. Pertanto il venditore si considera vincolato esclusivamente da quanto espresso nelle sue conferme d'ordine

2. TERMINI DI CONSEGNA

Le date di consegna indicate dal venditore nonché quelle riportate sugli ordini del compratore s'intendono indicative e non impegnative e sono subordinate alla fornitura puntuale da parte del compratore di tutte le specifiche, alle variazioni dovute alla disponibilità della merce presso i fornitori o a cause di forza maggiore: ritardi nelle consegne dovute a dette variazioni di disponibilità non sono imputabili al venditore, il quale non è tenuto al risarcimento di eventuali danni subiti dal compratore. Quali cause di forza maggiore sono da considerare anche gli incidenti (sul lavoro, malattie etc) ed ogni altra circostanza dalla quale può dipendere una totale o parziale riduzione di lavoro, nonché la mancanza di materie prime, difficoltà di trasporto etc. Il venditore si riserva altresì la facoltà di sospendere la consegna della merce qualora il compratore non abbia provveduto al saldo di fatture relative ad altre forniture i cui termini di pagamento siano scaduti.

La merce risulterà a tutti gli effetti consegnata al compratore nel momento in cui viene ritirata dal vettore o dal compratore stesso presso il magazzino del venditore.

3. PAGAMENTO E TERMINI DI PAGAMENTO

I pagamenti devono essere effettuati al domicilio del venditore e secondo le condizioni concordate. In caso ritardo le somme dovute comporteranno di pieno diritto l'addebito di interessi sulla base del T.U.R. (tasso ufficiale di riferimento) maggiorato di 5 punti. In caso di mancato pagamento il compratore è da considerarsi in mora senza necessità di alcuna intimazione da parte del venditore. La presenza di eventuali vizi e/o difetti nei prodotti non legittima il compratore a sospendere il pagamento delle fatture. Qualora il cliente dovesse sospendere e/o ritardare i pagamenti, il venditore potrà sospendere le forniture, salva la facoltà di considerare risolto di diritto il contratto e di richiedere i danni.

4. GARANZIA

ABM AUTOMAZIONI garantisce i prodotti realizzati per un periodo di 12 mesi dalla data di consegna.

La garanzia si intende franco stabilimento della ABM AUTOMAZIONI. ABM AUTOMAZIONI garantisce le prestazioni dei propri prodotti in conformità alle istruzioni riportate sui relativi manuali. Per i prodotti su commessa la garanzia è inerente alle specifiche concordate con il cliente. La durata del periodo di garanzia è di 12 mesi data consegna.

Durante il periodo di garanzia ABM AUTOMAZIONI provvederà, a proprio insindacabile giudizio, a riparare o sostituire i pezzi guasti e/o difettosi. La garanzia non copre i materiali di consumo ed altro materiale particolarmente esposto ad ambienti ostili e tutti i materiali danneggiati dal Cliente, anche incidentalmente.

Sono a carico del Cliente, nel periodo di garanzia, i seguenti costi:

- spese di spedizione del materiale
- ore, spese di viaggio, alloggio e spese di trasferta dei nostri tecnici

NOTA BENE

L'intervento per la riparazione e/o sostituzione di materiali, durante il periodo di garanzia, non può implicare alcun prolungamento del periodo stesso.

La garanzia non prevede alcun indennizzo per il periodo di inefficienza dell'impianto. ABM AUTOMAZIONI non riconoscerà alcuna richiesta di risarcimento per danni diretti o indiretti causati o consequenziali alla sua fornitura, quali, ad esempio e non esclusivamente, interruzioni e/o perdite di produzione, mancati o limitati introiti, costi finanziari, ecc.

5. DECADIMENTO DELLA GARANZIA

La garanzia decade nel caso di impiego difforme da quanto previsto nel manuale di istruzioni per l'uso e la manutenzione fornito congiuntamente all'impianto. La garanzia decade altresì nel caso di interventi o modifiche effettuate dal Cliente o da altro personale non espressamente autorizzato da ABM AUTOMAZIONI.

6. RESPONSABILITÀ PER DANNI

La responsabilità del venditore è limitata ai soli obblighi sopra riportati e resta perciò espressamente convenuto che il venditore non assume alcuna responsabilità per danni derivanti da qualsiasi causa connessa all'impiego e all'utilizzazione dei prodotti venduti.

ABM AUTOMAZIONI non è responsabile e non potranno pertanto essere addebitati per nessuna ragione i costi di:

- fermi macchina
- danni diretti o indiretti dovuti al non funzionamento delle apparecchiature
- ore di lavoro per sistemazione di eventuali problemi sulle apparecchiature

7. RISERVA DI PROPRIETÀ

Fino ad avvenuto integrale pagamento di qualsiasi credito derivante da rapporto d'affari, compreso ogni credito accessorio e fino ad avvenuto pagamento degli effetti e degli assegni consegnati, la proprietà della merce resta riservata al venditore

8. PRESTAZIONI TECNICHE

Le prestazioni fornite dal personale tecnico della ABM AUTOMAZIONI sono regolate dalle tabelle edite da ABM AUTOMAZIONI in vigore alla data in cui dette Prestazioni vengono effettuate.

9. FORO COMPETENTE

E' stabilita la competenza esclusiva del foro di Bologna per ogni controversia relativa al presente contratto.

10. LEGGI APPLICABILI

La legge applicabile al presente contratto è da ritenersi quella italiana.
ABM AUTOMAZIONI S.R.L.



A2 Angebot Bosch Rexroth

Bosch Rexroth S.p.A.
S. S. Padana Superiore 11, n. 41
I – 20063 Cernusco s/N MI
Tel. +39 02 92365.1
Fax +39 02 92365. 500
www.boschrexroth.it

Spett.le
Libera Università di Bolzano
Alla c.a. del Prof.re Artur Wieser
artur.wieser@unibz.it
Facoltà di Scienze e Tecnologie
Piazza Università, 5
39100 - Bolzano

Rexroth
Bosch Group

Riferimento: Luigi Conte (DCET/SLI1-IT)

19 agosto 2018

Tel. +39(348)7809063,

e-mail luigi.conte@boschrexroth.it

INDICAZIONE di PREZZO N° 18189_REV00 del 10/08/2018

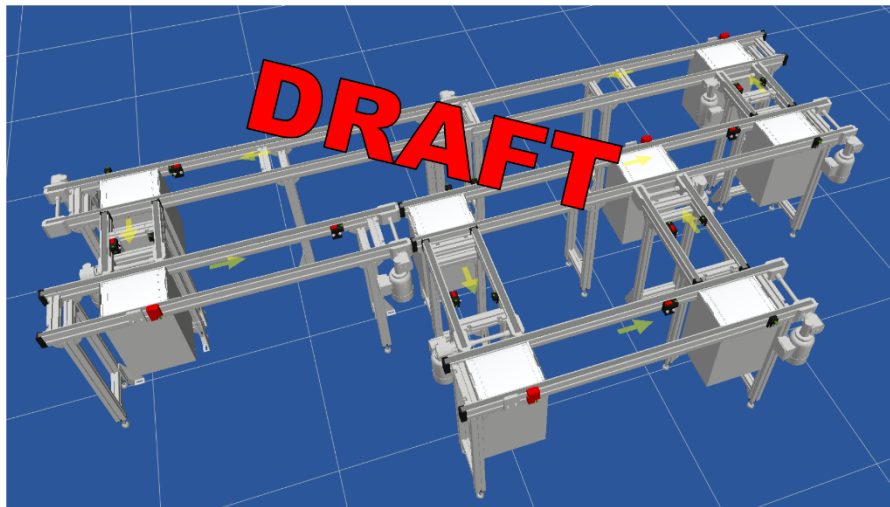
Avvertenza:

Il presente documento non integra offerta contrattuale bensì rappresenta una mera indicazione di prezzo, approssimativa e priva di impegni a dare seguito a prestazioni tecniche e/o economiche. Il contratto di vendita si intenderà valido ed efficace solo alle condizioni riportate sulle conferme d'ordine emesse da Bosch Rexroth S.p.A.

Saremo lieti di approfondire in seguito e più in dettaglio tutte le prestazioni richieste, nonché i limiti di fornitura per:

Bosch Rexroth "Drive and Control Technology"

FORNITURA SISTEMA DI TRASPORTO TS2 per VS. LAB. DIDATTICO



Sede Sociale: 20063 Cernusco Sul Naviglio MI – S. S. Padana Superiore 11, n. 41; Capitale sociale € 4.200.000 i.v. – C.C.I.A.A. Milano
593717 P.IVA 00744460155
Iscritta al No. 114203 Reg. Soc. Canc. Trib. Milano
Bernd Schunk, Presidente, Matthias Göbel, Direttore Generale, Ugo Caratti, Direttore Amministrazione e Finanza

19 agosto 2018

Pagina 2 di 7

Premessa:

si richiede la fornitura chiavi in mano di un sistema di trasporto a pallet da inserire in un laboratorio didattico dove sono già presenti 6/7 stazioni automatiche costituite da robot antropomorfi e sistemi cartesiani.

Per venire incontro alla specifica richiesta di modularità del sistema, l'intero trasporto è costituito da blocchi funzionali ed autonomi, nello specifico tratti denominati **BS2** e facenti parte della tecnologia di trasporto BoschRexroth "TS2 plus". I moduli di trasporto a nastro sono già montati di fabbrica ed hanno lunghezza e larghezza configurabile a piacere*, sono affiancabili sia longitudinalmente che trasversalmente, per costituire il layout desiderato.

L' eventuale modifica del layout richiederà dunque una redistribuzione dei tratti, piuttosto che l'aggiunta o la rimozione di alcuni di essi.

** I tratti a nastro BS2 possono essere configurati con una larghezza variabile da $b=160\text{mm}$ min a $b=1200\text{mm}$ max; ed una lunghezza variabile da $L= 240\text{mm}$ min a $L=6000\text{mm}$ max.*

Il carico max che ogni tratto di BS2 può trasportare è di 60kg.

1.0.0 SEPARATAMENTE VENGONO QUOTATE LE SEGUENTI VOCI :

- 1.1.0 Fornitura chiavi in mano dell'intera linea di trasporto completa di pallet e supporti tratto e di tutti gli accessori e sensoristica per la gestione del ricircolo dei pallet nella linea. (unità di svincolo, stop pallet, sensori e portasensori)
- 1.2.0 Sistema RFID 200 per l'identificazione e memoria dei dati composto da supporto dati mobili, antenne e moduli di comunicazione, adatto per applicazioni con memoria dati sia centrale che decentralizzata.
(per approfondimento si veda lo specifico catalogo "RFID-3842541006_vers4.1.PDF" allegato alla presente offerta)
- 1.3.0 Componentistica per l'indexaggio pallet in stazioni di lavoro automatiche
- 1.4.0 Componentistica per lavorazioni manuali o semi-automatiche su pallet in stazioni di lavoro manuali.
- 1.5.0 Costo di 1 tratto BS2 da mettere su Robot mobile

19 agosto 2018

Pagina 3 di 7

1.1.0 Fornitura linea completa

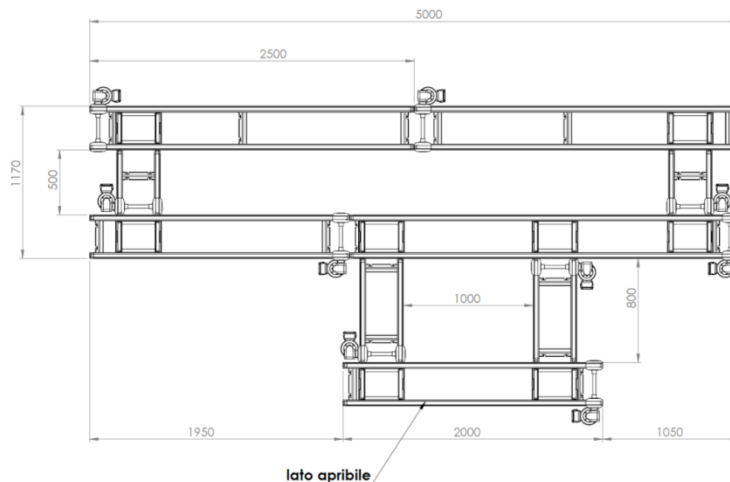


Fig. 1 – quote di massima del layout linea.

La fornitura comprende:

- N. 9 Moduli **BS2** a cinghia dentata configurati come segue -
B= 320mm; V=12m/min; U=400V; F=50HZ (da confermare)
 Quota di scorrimento pallet = 1000mm
- N. 12 **Pallet WT2** 320mm x 320mm
- N. 21 Supporti tratto **SZ2**
- N. 8 Unità di svincolo **HQ2/U** per passaggio pallet da tratti longitudinali a tratti trasversali e viceversa
- N. 4 arresti **WT 2**
- N. 4 bilancieri **W/M**
- N. 5 porta interruttori **SH2/S**
- N. 4 porta interruttori **SH2/U**
- N. 8 porta interruttori **SH2/UV**
- N. 37 sensori induttivi M12
- Ferramenta varia per assemblaggio moduli BS2 e fissaggio dei supporti a pavimento

Il tratto BS2 indicato sopra come tratto apribile, verrà predisposto con un apposito chiavistello per poterlo svincolare dalla linea al fine di accedere velocemente all'area interna al bypass, e ripristinare poi il funzionamento corretto della linea

NB: le unità di svincolo, gli stop pallet ed ogni altro accessorio sono montabili direttamente sui moduli della linea e posizionabili a piacere lungo le cave dei tratti BS2.

Indicazione di Prezzo preventivato punto 1.1.0 € 76.680,48

1.2.0 RFID-200 PER IDENTIFICAZIONE E MEMORIA DATI

Viene valutata di seguito la componentistica per la fornitura del sistema RFID200 dimensionato per n. 6 OP posizionate lungo la linea e così composto:

19 agosto 2018

Pagina 4 di 7

- N. 12 SUPPORTO DATI MOBILE ID 200 MDT 1/2K-H (a bordo pallet)
- N. 6 SET DI MONTAGGIO ID 200
- N. 6 ANTENNA ID 200 /A-HF (13,56 MHz)
- N. 6 CAVO ANTENNA ID 200/K-ANT2-2M
- N. 3 MODULO DI COMUNICAZIONE ID 200 /C-ETH
- N. 3 CAVO DI ALIMENTAZIONE ELETTRICA ID 200/K-VCC-5M
- N. 3 CAVO ETHERNET ID 200/K-ETH M12 - 5M

Indicazione di Prezzo preventivato punto 1.2.0 €5.577,91

1.3.0 INDEXAGGIO PALLET IN OP-AUTOMATICHE

Viene valutata di seguito la componentistica per indexaggio pallet all'interno di una stazione automatica, quindi con tolleranze di: $\pm 0,1\text{mm}$ e forza di reazione max $F=300\text{N}$.

(Sono disponibili unità di posizionamento con forze F di reazione crescenti fino ad un max di 3500N, oppure con il totale disaccoppiamento delle forze di processo e lo scarico delle stesse direttamente a terra.)

Componenti per ciascuna stazione automatica:

- N. 1 UNITÀ DI POSIZIONAMENTO PE 2
- N. 1 SET PER RILEVAMENTO DELLA POSIZIONE PE 2
- N. 2 sensori induttivi M12 per la posizione della PE2
- N. 2 SINGOLARIZZATORE VE 2
- N. 2 PORTA INTERRUTTORE SH 2/UV
- N. 1 PORTA INTERRUTTORE SH 2/S
- N. 3 sensori induttivi M12 per la logica della stazione

NB: la logica di funzionamento prevede che per ogni OP, oltre all'unità di posizionamento ed orientamento completa di sensoristica, vi siano almeno 2 singolarizzatori (1 in stazione ed 1 appena fuori) e 3 sensori (1 per ciascun singolarizzatore ed 1 in stazione per la presenza pallet)

Indicazione di Prezzo preventivato punto 1.3.0 € 1.504,42 = per ogni OP

1.4.0 FERMATA IN POSIZIONE SEMPLICE PER OP MANUALE

Viene valutata di seguito la componentistica per lo stop pallet all'interno di una stazione manuale o semi-automatica, quindi con tolleranze di: $\pm 0,5\text{mm}$ e nessuna forza di reazione.

Componenti per ciascuna stazione automatica:

- N. 1 GUIDA INTERNA PALLET
- N. 2 SINGOLARIZZATORE VE 2
- N. 2 PORTA INTERRUTTORE SH 2/UV
- N. 1 PORTA INTERRUTTORE SH 2/S
- N. 3 sensori induttivi M12 per la logica della stazione

Indicazione di Prezzo preventivato punto 1.4.0 € 401,25 =per ogni OP

19 agosto 2018

Pagina 5 di 7

1.5.0 TRATTO BS2 DA METTERE SU ROBOT MOBILE

BS2 configurata come segue:

- L= 1000mm;
- b=320mm
- V=12m/min;
- U=400V;
- F=50HZ

Senza riduttore ma con il solo riduttore, in modo da poter montare un motore con batteria a 24V **non di nostra fornitura**

Indicazione di Prezzo preventivo punto 1.5.0 € 2.099,34

2.0.0 BORDO MACCHINA

Tutto quanto ciò che è stato descritto al capitolo 1.0.0 verrà preventivamente montato e collaudato prima di essere installato presso la Vostra sede in Bolzano.

Il montaggio sarà completo di bordo macchina elettrico e pneumatico fino ad un quadro realizzato per l'alloggiamento di tutte le EV di comando dei vari stop pallet ed accessori linea. All'interno dello stesso quadro di comando sarà predisposta una morsettieria per il cablaggio elettrico della sensoristica e delle EV di comando, **dal quale sarà di Vostra competenza l'interfacciamento ad un PLC e QE per il successivo controllo e gestione della linea che , al momento, non è oggetto della fornitura.**

In caso di collegamento in Bus di campo si richiede di specificare il protocollo.

3.0.0 DOCUMENTAZIONE

A corredo della fornitura verranno forniti tutti i manuali della componentistica standard BoschRexroth e disegni di assieme con individuazione, tramite esplosi con pallinatura e distinta base, dei sottogruppi di cui è composta la linea con i vari accessori montati.

4.0.0 SICUREZZA: GESTIONE DEL SERVIZIO DI PREVENZIONE E PROTEZIONE E COSTO RELATIVO ALLA SICUREZZA - legge 81 del 2008 -

L'attività comprende :

- Distribuzione dell'analisi dei rischi da Voi elaborata e consegnata (come previsto dalla legge 81/2008)-
- Preparazione, trasmissione, gestione, presso la Vs. sede, della documentazione necessaria alla richiesta dei permessi d'ingresso e dei relativi sub-appalti, ove necessari.
- Formazione del ns. personale circa i rischi residui del luogo di lavoro.
- Materiali e D.P.I. in q.tà sufficiente al completamento delle attività.

Costo complessivo di quanto descritto € 2000,00

**NOTA : IL COSTO RELATIVO ALLA SICUREZZA NON POTRA' ESSERE
OGGETTO DI RIBASSO D'ASTA O TRATTATIVA BILATERALE -**

19 agosto 2018

Pagina 6 di 7

5.0.0 ESCLUSIONI E LIMITI DI FORNITURA :

- Movimentazione dei materiali e loro custodia c/o il cantiere
- Modifiche di qualsiasi genere sulla linea
- Tutti i sistemi di carteratura/impedimento accesso a protezione delle stazioni speciali e della linea
- Quadro Elettrico
- PLC
- Software di controllo e gestione
- Tutto ciò che non è espressamente dichiarato
- **Per qualsiasi ulteriore attività richiesta, non espressamente menzionata nella presente indicazione di prezzo, Bosch Rexroth emetterà regolare offerta**

6.0.0 GARANZIA

12 mesi dalla consegna per merce resa f.co ns. sede, risultante difettosa all'origine e non manomessa. Per i materiali non di nostra costruzione i termini di garanzia sono quelli applicati dalle rispettive case costruttrici. Sono esclusi dalla garanzia i particolari di normale consumo o deterioramento, la mano d'opera per lo smontaggio ed il montaggio dei pezzi sostituiti. Tutto il materiale è conforme alla normativa CE. Bosch-Rexroth S.p.A non risponde dell'errato utilizzo normativo e/o funzionale dei materiali forniti.

La garanzia riguarda, a ns. discrezione, la sostituzione o la riparazione del materiale. In caso di accettazione del reclamo le spese di spedizione saranno a nostro carico. Gli interventi di ns. personale presso lo stabilimento del cliente finale per la verifica di componenti difettosi, indipendentemente dall'accettazione della garanzia, verranno addebitati secondo il tariffario in vigore al momento della richiesta.

19 agosto 2018

Pagina 7 di 7

CONDIZIONI DI FORNITURA - Proposta tecnica rif. N° 18189_REV00

Prezzi	:	Netti IVA esclusa
Consegna	:	12 Settimane da Data Ricevimento Ordine e condivisione finale delle specifiche tecniche.
Imballo	:	compreso
Spedizione	:	a mezzo Vostro
Collaudo	:	Vedi Item specifico
Garanzia	:	Vedi ITEM specifico
Norme applicate	:	La fornitura in oggetto è soggetta alla marcatura del fabbricante e non potrà essere messa in servizio prima di essere completata e/o incorporata in un insieme più complesso e dotato dei dispositivi di sicurezza previsti in conformità ai requisiti essenziali di sicurezza delle relative direttive applicabili. 2006/42/CE – allegato II – punto 1 – lett. B
Assistenza	:	ESCLUSA
Validità offerta	:	30 gg.
Documentazione	:	Standard Bosch-Rexroth Italiano/Tedesco.
Esclusioni	:	vedi item specifico.
Pagamento	:	Solito in uso.

Ringraziamo per la gradita richiesta e cogliamo l'occasione per porgervi distinti saluti.

Bosch Rexroth S.p.A.

Luigi Conte



A3 Angebot Montech



EORI Nr

Freie Universität Bozen -
 Libera Università di Bolzano
 Universitätsplatz 5
 piazza Università - [E2.12]
 39100 Bozen-Bolzano
 Italien



MONTECH AG
 Gewerbestrasse 12, CH-4552 Derendingen
 Fon +41 32 681 55 00, info@montech.com
www.montech.com

Offerta		175897	Pagina 1
Nr./No.	Kd-Nr./C.no.	Datum/Date	Ref.
	39889	11.10.18	msi
Consegna con		Dachser	
Vs. richiesta d'offerta del 04.09.2018			
Vs. rif.: Sig. Artur Wieser			
Ns. rif.: Sig. D. Bassetto / Sig. D. Faiazza			

	RC	Quantità	Prezzo	IVA%	Importo EUR
Vs. richiesta d'offerta del 04.09.2018					
TDLT40					
DATI TECNICI SISTEMA DI TRASPORTO LT40					
- Dimensione pallet 320 x 320 mm					
- Peso massimo sul pallet: 11.2 kg					
- Motore: 24 V DC, 50 W					
- Velocità di trasporto: 0-18 m/min (±10%)					
- Regolatore: senza, elettronica integrata nel rullo/motore					
- Cavo motore: 3 m					
- Cinghia dentata di trasporto: T5S02AA6X25, Cinghia larghezza X = 25 mm, nera antistatica					
- Guide laterale: nere antistatico					
- Precisione di posizionamento nel posizionatore: ± 0.05 mm					
- Forza massima da sopra sul pallet nel posizionatore PV: 1000 N					
- Peso massimo accumulo sul stopper: 27 kg					
- Peso massimo accumulo per nastro: 40 kg					
- Pressione d'esercizio: 5-6 bar					
- Altezza di lavoro: 1000 ±20 mm					
FORNITURA					
Conforme al Layout P175637-1_A					
Pallet porta-pezzo WT40-320x320 (V1)	64638	25	174.00	0	4'350.00
Componenti linea:					
ST40/0320/01640/Z/02/L00-L00	ST40/3/175897/10	1			
Nastro trasportatore di sistema ST40-320					
Lunghezza: L = 1640 mm					
Estremità nastro entrata: longitudinale					
Estremità nastro uscita: longitudinale					
Guida laterale e montaggio inclusivo					
<i>Total</i>					

Schweiz: VAT Nr. CH (Switzerland and non EU countries): CHE-106.020.036 MWST
 D-U-N-S Nr. 48-065-7766

Europa: UID-Nr. DE (EU countries): DE142299163, St.-Nr. 094201/12508
 Zoll-Nr. 5308887, EORI-Nr. DE5308887



EORI Nr

Freie Universität Bozen -
Libera Università di Bolzano
Universitätsplatz 5
piazza Università - [E2.12]
39100 Bozen-Bolzano
Italien



MONTECH AG
Gewerbstrasse 12, CH-4552 Derendingen
Fon +41 32 681 55 00, info@montech.com
www.montech.com

Offerta		175897	Pagina 2
Nr./No.	Kd-Nr./C.no.	Datum/Date	Ref.
	39889	11.10.18	msi
Consegna con		Dachser	
Vs. richiesta d'offerta del 04.09.2018			
Vs. rif.: Sig. Artur Wieser			
Ns. rif.: Sig. D. Bassetto / Sig. D. Faiazza			

	RC	Quantità	Prezzo	IVA%	Importo EUR
ST40/0320/02550/Z/02/Q10-L00 Nastro trasportatore di sistema ST40-320 Lunghezza: L = 2550 mm Estremità nastro entrata: laterale Estremità nastro uscita: longitudinale Guida laterale e montaggio inclusivo		1			
ST40/0320/01612/Z/02/L00-L00 Nastro trasportatore di sistema ST40-320 Lunghezza: L = 1612 mm Estremità nastro entrata: longitudinale Estremità nastro uscita: longitudinale Guida laterale e montaggio inclusivo		1			
ST40/0320/00630/Z/02/Q10-Q10 Nastro trasportatore di sistema ST40-320 Lunghezza: L = 630 mm Estremità nastro entrata: laterale Estremità nastro uscita: laterale Guida laterale e montaggio inclusivo		1			
ST40/0320/02081/Z/02/L00-L00 Nastro trasportatore di sistema ST40-320 Lunghezza: L = 2081 mm Estremità nastro entrata: longitudinale Estremità nastro uscita: longitudinale Guida laterale e montaggio inclusivo		1			
ST40/0320/02081/Z/02/L00-Q10 Nastro trasportatore di sistema ST40-320 Lunghezza: L = 2081 mm Estremità nastro entrata: longitudinale Estremità nastro uscita: laterale Guida laterale e montaggio inclusivo		1			
<i>Total</i>					

Schweiz: VAT Nr. CH (Switzerland and non EU countries): CHE-106.020.036 MWST
D-U-N-S Nr. 48-065-7766

Europa: UID-Nr. DE (EU countries): DE142299163, St.-Nr. 094201/12508
Zoll-Nr. 5308887, EORI-Nr. DE5308887



EORI Nr

Freie Universität Bozen -
Libera Università di Bolzano
Universitätsplatz 5
piazza Università - [E2.12]
39100 Bozen-Bolzano
Italien



MONTECH AG
Gewerbstrasse 12, CH-4552 Derendingen
Fon +41 32 681 55 00, info@montech.com
www.montech.com

Offerta		175897	Pagina 3
Nr./No.	Kd-Nr./C.no.	Datum/Date	Ref.
	39889	11.10.18	msi
Consegna con		Dachser	
Vs. richiesta d'offerta del 04.09.2018			
Vs. rif.: Sig. Artur Wieser			
Ns. rif.: Sig. D. Bassetto / Sig. D. Faiazza			

	RC	Quantità	Prezzo	IVA%	Importo EUR
ST40/0320/01340/Z/02/L00-Q10 Nastro trasportatore di sistema ST40-320 Lunghezza: L = 1340 mm Estremità nastro: 1x longitudinale Estremità nastro: 1x laterale Guida laterale e montaggio inclusivo	ST40/3/175897/16	2			
ST40/0320/00900/Z/02/Q10-Q10 Nastro trasportatore di sistema ST40-320 Lunghezza: L = 900 mm Estremità nastro entrata: laterale Estremità nastro uscita: laterale Guida laterale e montaggio inclusivo	ST40/3/175897/17	1			
Rinvio 90° sinistra UL40-240	66183	3			
Rinvio 90° destra UR40-240	66185	3			
Scambio destra WR40-320	64494	1			
Scambio sinistra WL40-320	64497	1			
Dispositivo di posizionamento PV40-320x320	65228	6			
Dispositivo di posizionamento IV40-320x320	65345	1			
<i>Total</i>					

Schweiz: VAT Nr. CH (Switzerland and non EU countries): CHE-106.020.036 MWST
D-U-N-S Nr. 48-065-7766

Europa: UID-Nr. DE (EU countries): DE142299163, St.-Nr. 094201/12508
Zoll-Nr. 5308887, EORI-Nr. DE5308887



EORI Nr

Freie Universität Bozen -
 Libera Università di Bolzano
 Universitätsplatz 5
 piazza Università - [E2.12]
 39100 Bozen-Bolzano
 Italien



MONTECH AG
 Gewerbstrasse 12, CH-4552 Derendingen
 Fon +41 32 681 55 00, info@montech.com
www.montech.com

Offerta		175897	Pagina 4
Nr./No.	Kd-Nr./C.no.	Datum/Date	Ref.
	39889	11.10.18	msi
Consegna con		Dachser	
Vs. richiesta d'offerta del 04.09.2018			
Vs. rif.: Sig. Artur Wieser			
Ns. rif.: Sig. D. Bassetto / Sig. D. Faiazza			

	RC	Quantità	Prezzo	IVA%	Importo EUR
Cursore d'arresto sinistra SL40		9			
Cadenzatore sinistra VL40		6			
Total Componenti linea:					31'962.00
Sottostruttura Quick-Set:					
Supporto stretto per ST40-320, H=1000mm	65932/1000	4			
Supporto stretto per ST40-320, H=1000mm	66857/1000	8			
Collegamento longitudinale LP-66-40-N L=1504m	67104/1504	1			
Collegamento longitudinale LP-66-40-N L=1090m	67104/1090	1			
Collegamento longitudinale LP-66-40-N L=1066m	67104/1066	1			
Collegamento longitudinale LP-66-40-N L=309mm	67104/0309	1			
Collegamento longitudinale LP-66-40-N L=1369m	67104/1369	1			
Collegamento longitudinale LP-66-40-N L=1761m	67104/1761	1			
Collegamento longitudinale LP-66-40-N L=450mm	67104/0450	1			
Collegamento longitudinale LP-66-40-N L=1623m	67104/1623	1			
Collegamento longitudinale LP-66-40-N L=1440m	67104/1440	2			
Total Sottostruttura Quick-Set:					2'573.00
<i>Total</i>					

Schweiz: VAT Nr. CH (Switzerland and non EU countries): CHE-106.020.036 MWST
 D-U-N S Nr. 48-065-7766

Europa: UID-Nr. DE (EU countries): DE142299163, St.-Nr. 094201/12508
 Zoll-Nr. 5308887, EORI-Nr. DE5308887



EORI Nr

MONTECH
 more than technology

 MONTECH AG
 Gewerbestrasse 12, CH-4552 Derendingen
 Fon +41 32 681 55 00, info@montech.com
www.montech.com

 Freie Universität Bozen -
 Libera Università di Bolzano
 Universitätsplatz 5
 piazza Università - [E2.12]
 39100 Bozen-Bolzano
 Italien

Offerta		175897	Pagina 5
Nr./No.	Kd-Nr./C.no.	Datum/Date	Ref.
	39889	11.10.18	msi
Consegna con		Dachser	
Vs. richiesta d'offerta del 04.09.2018			
Vs. rif.: Sig. Artur Wieser			
Ns. rif.: Sig. D. Bassetto / Sig. D. Faiazza			

	RC	Quantità	Prezzo	IVA%	Importo EUR
Accessori:					
Transizione cassaforma 320		66648	2		
Sensore induttivo IH06-04NPS-VTK		521885	15		
Sensore magnetica per cilindro MZT8-03VPS-KP0		510100	15		
Supporto sensore Ø6.5 per SL40		66309	9		
Supporto sensore Ø6.5 per VL40		66308	6		
Sensore magnetica per cilindro MZC1-2V2PS-KP0		510101	18		
Kit di fissaggio SMBR-10-40		521907	12		
Kit di fissaggio SMBR-10-20		521929	4		
Total Accessori:					2'199.80
Servizio:					
Engineering		504002	1		
Progettista		504003	1		
Montaggio e regolazione		521877	1		
Total Servizio:					3'516.80
Non sono compresi nella nostra fornitura:					
- Fotocellule, morsettiere e cablaggio					
- Trattamento dell' aria, elettrovalvole e tubature					
- Comando elettrico (Hardware/Software)					
- Montaggio e collaudo nella vs. ditta					
<i>Total</i>					

 Schweiz: VAT Nr. CH (Switzerland and non EU countries): CHE-106.020.036 MWST
 D-U-N-S Nr. 48-065-7766

 Europa: UID-Nr. DE (EU countries): DE142299163, St.-Nr. 094201/12508
 Zoll-Nr. 5308887, EORI-Nr. DE5308887



EORI Nr



MONTECH AG
 Gewerbestrasse 12, CH-4552 Derendingen
 Fon +41 32 681 55 00, info@montech.com
www.montech.com

Freie Universität Bozen -
 Libera Università di Bolzano
 Universitätsplatz 5
 piazza Università - [E2.12]
 39100 Bozen-Bolzano
 Italien

Offerta		175897	Pagina 6
Nr./No.	Kd-Nr./C.no.	Datum/Date	Ref.
	39889	11.10.18	msi
Consegna con		Dachser	
Vs. richiesta d'offerta del 04.09.2018			
Vs. rif.: Sig. Artur Wieser			
Ns. rif.: Sig. D. Bassetto / Sig. D. Faiazza			

	RC	Quantità	Prezzo	IVA%	Importo EUR					
<p>----- costi di trasporto e imballo da definire! -----</p> <p>Termine di spedizione: circa 7 - 9 settimane lavorativa da ricezione ordine e chiarezza tecnica.</p> <p>Salvo verifica disponibilità merce a magazzino</p> <p>Per qualsiasi informazione: Sig. D. Bassetto, Tel. 348 4025594</p> <p>MONTECH AG i.A. Daniele Faiazza Project Management Tel: +41 32 681 55 31 daniele.faiazza@montech.com</p> <p>Totale senza IVA</p> <p>La validità dell'offerta è 2 mesi.</p> <p>Condizioni di fornitura: Per tutte le forniture vale: DDP (Incoterms 2010) piu imballo e trasporto</p> <p>Importante: Quest'offerta è soggetto a ns. condizioni di vendita generali, le quali possono essere scaricate su internet www.montech.com.</p>										
<i>Total</i>					44'601.60					

Schweiz: VAT Nr. CH (Switzerland and non EU countries): CHE-106.020.036 MWST
 D-U-N-S Nr. 48-065-7766

Europa: UID-Nr. DE (EU countries): DE142299163, St.-Nr. 094201/12508
 Zoll-Nr. 5308887, EORI-Nr. DE5308887



EORI Nr



MONTECH AG
 Gewerbestrasse 12, CH-4552 Derendingen
 Fon +41 32 681 55 00, info@montech.com
www.montech.com

Freie Universität Bozen -
 Libera Università di Bolzano
 Universitätsplatz 5
 piazza Università - [E2.12]
 39100 Bozen-Bolzano
 Italien

Offerta		175897	Pagina 7
Nr./No.	Kd-Nr./C.no.	Datum/Date	Ref.
	39889	11.10.18	msi
Consegna con		Dachser	
Vs. richiesta d'offerta del 04.09.2018			
Vs. rif.: Sig. Artur Wieser			
Ns. rif.: Sig. D. Bassetto / Sig. D. Faiazza			

	RC	Quantità	Prezzo	IVA%	Importo EUR												
<p>Importo dell'IVA Recap</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>IVA%</th> <th>Base IVA</th> <th>Importo IVA</th> <th>Importo totale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>44'601.60</td> <td>0.00</td> <td>44'601.60</td> </tr> <tr> <td>Totale</td> <td>44'601.60</td> <td></td> <td>44'601.60</td> </tr> </tbody> </table>						IVA%	Base IVA	Importo IVA	Importo totale	0	44'601.60	0.00	44'601.60	Totale	44'601.60		44'601.60
IVA%	Base IVA	Importo IVA	Importo totale														
0	44'601.60	0.00	44'601.60														
Totale	44'601.60		44'601.60														
Pagamento: Bonifico bancario 30 gg. df. fm. Condizioni di consegna: ddp duty and tax paid Bozen-Bolzano Webshop-Nr.					Total	EUR 44'601.60											

Schweiz: VAT Nr. CH (Switzerland and non EU countries): CHE-106.020.036 MWST
 D-U-N-S Nr. 48-065-7766

Europa: UID-Nr. DE (EU countries): DE142299163, St.-Nr. 094201/12508
 Zoll-Nr. 5308887, EORI-Nr. DE5308887

A4 Angebot Montratec



montratec GmbH | P. O. Box 1020 | 78074 Niedereschach

Company
Free University of Bolzano
Piazza Università 1
39100 Bolzano
Italy

Contact: Manuela Nannini
Function: Commercial Sales Administrator
Phone.: +41 32 55 87-54
Fax: +41 32 55 88-799
Mail: M.Nannini@montratec.com

Page 1 of 5

Quotation

Doc.No./Date 20084221 / 11.12.2018	Delivery date 6 weeks after incom. order	Validity period 11.12.2018 to 11.02.2019
Reference no./Date MGI00027 / 11.12.2018	Cust. no. 201521	

Contact: Sig. Artur Wieser
e-mail: artur.wieser@unibz.it
phone: 0039 0471 017018

Item	Material Qty	Description Price Price unit	Value in EUR
000010	MT56926/0560 3 PC	Trac of aluminum L=560mm 199,02 EUR ea. 1 PC	597,06
000020	MT56926/0960 2 PC	Trac of aluminum L=960mm 253,18 EUR ea. 1 PC	506,36
000030	MT56926/1040 1 PC	Trac of aluminum L=1040mm 264,02 EUR ea. 1 PC	264,02
000040	MT56926/1260 2 PC	Trac of aluminum L=1260mm 293,80 EUR ea. 1 PC	587,60
000050	MT56926/1960 1 PC	Trac of aluminum L=1960mm 388,58 EUR ea. 1 PC	388,58
000060	MT56926/2060 1 PC	Trac of aluminum L=2060mm 402,12 EUR ea. 1 PC	402,12
000070	MT65682 19 PC	TRACLINK 99,00 EUR ea. 1 PC	1.881,00

montratec GmbH

Johann-Liesenberger-Str. 7 | 78078 Niedereschach | Germany | Phone +49 7728 9260-0 | Fax -6810 | www.montratec.com | automation@montratec.com

AG Freiburg im Breisgau | Managing Directors/Geschäftsführer: Sven Worm, Martin Claussen | Tax ID Number: DE815 697 757

Bank Details: Unicredit | IBAN: DE72 6802 0186 0024 4588 22 | BIC/SWIFT:HYVEDEMM357

Unicredit (CHF) | IBAN: DE82 6802 0186 0025 1438 50 | BIC/SWIFT:HYVEDEMM357



Ref.no.: 20084221 Page 2 of 5

Item	Material Qty	Description Price Price unit	Value in EUR
000080	MT56095 6 PC	TRACCURVE 90° R220 INSIDE 296,00 EUR ea. 1 PC	1.776,00
000090	MT58734-CL/R 1 PC	TRACSWITCH-COLLECT L ELECTRICITY RIGHT 3.818,00 EUR ea. 1 PC	3.818,00
000100	MT58734-DL/R 1 PC	TRACSWITCH-DIVIDE L ELECTRICITY RIGHT 3.818,00 EUR ea. 1 PC	3.818,00
000110	MT65094 1 PC	POSITIONINGUNIT M1-PU4-S550M400-AI 2.068,00 EUR ea. 1 PC	2.068,00
000120	MT56933 1 PC	SUPOTRAC FOR PLATFORM WIDTH 200 AND 300 769,00 EUR ea. 1 PC	769,00
000130	MT56937 1 PC	TC1-BASIC KIT (TRACCONTROL TC1-IRM) 103,00 EUR ea. 1 PC	103,00
000140	MT56939 1 PC	TC1-DOUBLE MODULE KIT (TC1-IRM) 179,00 EUR ea. 1 PC	179,00
000150	MT56940 1 PC	TC1-DOUBLE SENSOR KIT (TC1-IRM) 212,00 EUR ea. 1 PC	212,00
000160	MT56937 2 PC	TC1-BASIC KIT (TRACCONTROL TC1-IRM) 103,00 EUR ea. 1 PC	206,00
000170	MT56936-BASIC 2 PC	TC1-IRM BASIC SET 312,00 EUR ea. 1 PC	624,00
000180	MT56936-D-SW 1 PC	TC1-IRM D-SW SET 434,00 EUR ea. 1 PC	434,00
000190	MT56936-C-SW 1 PC	TC1-IRM C-SW SET 434,00 EUR ea. 1 PC	434,00
000200	MT56936-C-SW-P 1 PC	TC1-IRM C-SW-P SET 434,00 EUR ea. 1 PC	434,00
000210	MT56936-LOCK 1 PC	TC1-IRM LOCK SET 434,00 EUR ea. 1 PC	434,00

montratec GmbH

Johann-Liesenberger-Str. 7 | 78078 Niedereschach | Germany | Phone +49 7728 9260-0 | Fax -6810 | www.montratec.com | automation@montratec.com

AG Freiburg im Breisgau | Managing Directors/Geschäftsführer: Sven Worm, Martin Claussen | Tax ID Number: DE815 697 757

Bank Details: Unicredit | IBAN: DE72 6802 0186 0024 4588 22 | BIC/SWIFT:HYVEDEMM357

Unicredit (CHF) | IBAN: DE82 6802 0186 0025 1438 50 | BIC/SWIFT:HYVEDEMM357



Ref.no.: 20084221 Page 3 of 5

Item	Material Qty	Description Price Price unit	Value in EUR
000220	MT56936-CURVE 4 PC	TC1-IRM CURVE SET 434,00 EUR ea. 1 PC	1.736,00
000230	MT56938 4 PC	TC1-CURVE KIT (TC1-IRM) 135,00 EUR ea. 1 PC	540,00
000240	MT61712 1 PC	BASIC SHUTTLE G4 SHG4-CW-L300-1-1WD-TC1 2.999,00 EUR ea. 1 PC	2.999,00
000250	MT61717 1 PC	BASIC SHUTTLE G4 SHG4-CW-L550-2-2WD-TC1 4.999,00 EUR ea. 1 PC	4.999,00
000260	MT56948 1 PC	PLATFORM 200X550X15 WITH 4 INSERTS 399,00 EUR ea. 1 PC	399,00
000270	MT91677 1 PC	PLATFORM 200X300X15 WITH 4 INSERTS 219,00 EUR ea. 1 PC	219,00
000280	MT46300 2 PC	PRISM FOR SHUTTLE PLATFORM (INCL. DRAWIN) 49,00 EUR ea. 1 PC	98,00
000290	MT56584-1000 2 PC	TRACSET-BASE FRAME TYPE T 924,00 EUR ea. 1 PC	1.848,00
000300	MT56817-1000 1 PC	1-Foot Support for TracLink with FW 244,00 EUR ea. 1 PC	244,00
000310	MT56818-1000 6 PC	TRACSET-BASE FRAME TYPE L 809,00 EUR ea. 1 PC	4.854,00
000320	MT65395 1 PC	TRACSET-BASE FRAME FOR PU-4 WIDTH 200MM 1.611,00 EUR ea. 1 PC	1.611,00
000330	EB-000001958-000 1 PC	SENSOR INDUCTIVE 4MM D6.5 PNP SCHL KABEL 45,00 EUR ea. 1 PC	45,00
000340	MT520292 1 PC	PROXIMITY SWITCH M4, PNP WITH CABLE AND 119,00 EUR ea. 1 PC	119,00
000350	EB-000002810-000 7 PC	INDUCTIV SENSOR M8X1/BES001J/ CHECK OUT 14,60 EUR ea. 1 PC	102,20

montratec GmbH

Johann-Liesenberger-Str. 7 | 78078 Niedereschach | Germany | Phone +49 7728 9260-0 | Fax -6810 | www.montratec.com | automation@montratec.com

AG Freiburg im Breisgau | Managing Directors/Geschäftsführer: Sven Worm, Martin Claussen | Tax ID Number: DE815 697 757

Bank Details: Unicredit | IBAN: DE72 6802 0186 0024 4588 22 | BIC/SWIFT:HYVEDEMM357

Unicredit (CHF) | IBAN: DE82 6802 0186 0025 1438 50 | BIC/SWIFT:HYVEDEMM357



Ref.no.: 20084221 Page 4 of 5

Item	Material Qty	Description Price Price unit	Value in EUR
000360	MT504929 7 PC	CONNECTING CABLE 5M WITH PLUG ANGLED, M8 19,00 EUR ea. 1 PC	133,00
000370	MT92008 1 PC	ASSEMBLY GAUGE IRM 89,00 EUR ea. 1 PC	89,00
000380	MT504610 1 PC	CONNECTING CABLE 5M WITH PLUG STRAIGHT 18,00 EUR ea. 1 PC	18,00
000390	MT54960N 1 PC	EARTHING ELEMENT ERE-40 29,00 EUR ea. 1 PC	29,00
000400	MT65439 1 PC	DOCUMENTATION CD PROJECT SPECIFIC 250,00 EUR ea. 1 PC	250,00
000410	MT65509/2000 6 PC	CABLE DUCT KFKM-40 L=2000MM 35,00 EUR ea. 1 PC	210,00
000420	MT65509/0025 72 PC	CABLE DUCT KFKM-40 L=0025MM 2,00 EUR ea. 1 PC	144,00
000430	MT54002 1 PC	Engineering (Montratec Service) 370,00 EUR ea. 1 PC	370,00

Items total			40.991,94
Freight			505,00
Packaging			125,00
Sales Tax	0,000	41.621,94	0,00
Final amount			41.621,94

All prices are net, Free Carrier (FCA Incoterm 2010) DE-Niedereschach , without packing, crating, transport, insurance, brokerage, custom duties, taxes etc.

Deliveries and services are only made within the credit limit, insured by our credit-insurance.

Deliveries and services are made based on agreed schedules and the receipt of the agreed payments.

The period of warranty is 12 months from date of delivery.

For technical reasons, there may be color variations. This is not a claim for a complaint.

Due to the delivery of materials/components please be aware of the following:

- the components above are defined as "partly completed machinery" according to Directive 2006/42/EG Article 2,

montratec GmbH

Johann-Liesenberger-Str. 7 | 78078 Niedereschach | Germany | Phone +49 7728 9260-0 | Fax -6810 | www.montratec.com | automation@montratec.com

AG Freiburg im Breisgau | Managing Directors/Geschäftsführer: Sven Worm, Martin Claussen | Tax ID Number: DE815 697 757

Bank Details: Unicredit | IBAN: DE72 6802 0186 0024 4588 22 | BIC/SWIFT:HYVEDEMM357

Unicredit (CHF) | IBAN: DE82 6802 0186 0025 1438 50 | BIC/SWIFT:HYVEDEMM357



Ref.no.: 20084221 Page 5 of 5

Section (g)

- the materials/components must be maintained regularly, according to the montratec specifications
- wear parts must be maintained regularly, according to the montratec specifications
- every material must be used according to its purpose
- software and interfaces must be designed according to montratec specifications
- all staff (assembly, installation and operation) must be trained system-specifically
- assembly and installation must be done according to montratec specification
- for the validity of the warranty it is essential to provide the documentation within 3 months after delivery of the material/components. These documents must show the assembly, installation and commissioning has been done with trained and skilled labor. Further the documentation must show the training of operation staff.

We deliver according to the following conditions:

Terms of payment: Advance payment

40% at confirmation of the order

60% at delivery, 30 days net

Terms of delivery:

FCA Niedereschach

montratec GmbH offers the sale without engagement.

This quotation is subject to montratec GmbH's Terms and Conditions on Delivery that can be viewed and downloaded under www.montratec.com at any time.

This document was issued electronically and is therefore valid without signature.

with best regards

montratec GmbH

montratec GmbHJohann-Liesenberg-Str. 7 | 78078 Niedereschach | Germany | Phone +49 7728 9260-0 | Fax -6810 | www.montratec.com | automation@montratec.com

AG Freiburg im Breisgau | Managing Directors/Geschäftsführer: Sven Worm, Martin Claussen | Tax ID Number: DE815 697 757

Bank Details: Unicredit | IBAN: DE72 6802 0186 0024 4588 22 | BIC/SWIFT:HYVEDEMM357

Unicredit (CHF) | IBAN: DE82 6802 0186 0025 1438 50 | BIC/SWIFT:HYVEDEMM357