



Florian Walser

Standards in der Materialbereitstellung innerhalb der tk steering

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
Diplomingenieur (Dipl.-Ing.)

eingereicht am

Institut für Technische Logistik (ITL)

Betreuer Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Norbert Hafner
Betreuer Moritz Morscher, MSc

Graz, am 28.03.2017

Danksagung

Herzlich bedanken möchte ich mich bei meinem Betreuer Moritz Morscher für die ausgesprochen gute Zusammenarbeit und dafür, dass er stets ein offenes Ohr und Zeit bei jeglichen Fragen gefunden hat. Ebenso möchte ich mich bei meinem Betreuer am Institut für Technische Logistik, Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Norbert Hafner, für die zuvorkommende und reibungslose Betreuung der vorliegenden Masterarbeit seitens der Universität bedanken.

Hauptverantwortliche für das Zustandekommen der vorliegenden Masterarbeit sind Moritz Morscher und Dr. Thomas Gronauer, die das Potential zur Erstellung einer Masterarbeit zum Themenbereich der Standardisierung in der Materialbereitstellung entdeckten.

Dank gebührt auch dem Institutsvorstand Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Jodin dafür, dass ich die Möglichkeit bekam, meinen Abschluss an seinem Institut durchführen zu können.

Es gibt sehr viele Menschen, dessen Namen an der Stelle stehen müssten an dem meiner jetzt steht, allen voran die meiner Eltern Klaus und Daniela Walser, die mir das Studium erst ermöglicht haben. Ebenso mein Bruder Alexander Walser, der mir bei sämtlichen Anliegen und Problemen stets mit guten Ratschlägen zur Seite steht und mich in jeder Lebenssituation unterstützt.

Florian Walser

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

17.03.2017

Datum



Unterschrift

Kurzfassung

Die thyssenkrupp steering mit Hauptsitz in Eschen, Liechtenstein, ist ein weltweit agierender Hersteller von Lenksystemen für die Automobilindustrie. Durch das rapide Wachstum des Unternehmens sind effizient gestaltete interne Planungsprozesse essentiell – eine hilfreiche Methode hierfür ist Standardisierung. Die vorliegende Masterarbeit beschäftigt sich mit der Einführung eines konzernweiten Standards der Materialbereitstellung innerhalb der tk steering. Die Arbeit baut auf theoretischen Grundlagen zu den Themen Logistik und Materialbereitstellung auf, die für die Beurteilung der Ist-Situation im Unternehmen und für die Ausarbeitung von Soll-Konzepten von Bedeutung sind.

Aus der Untersuchung der derzeitigen Situation der Materialbereitstellung in verschiedenen Werken geht hervor, dass es eine starke Variation an Arten der Materialbereitstellung innerhalb der tk steering gibt, teilweise auch innerhalb eines Werkes. Im Rahmen der durchgeführten Experteninterviews zum Thema „Standards in der Materialbereitstellung“ wurde der Einfluss der Logistik auf die Materialbereitstellung untersucht. Dabei wurde auf die Einflussfaktoren Prozess, Verpackung und Materialzuführung sowie zum Kernthema Materialbereitstellung eingegangen. Im Rahmen der Befragung wurden mehrheitlich Kostensenkung durch einheitlichere Bauweisen und einfachere Automatisierbarkeit sowie bessere Berücksichtigung der Materialbereitstellung in der Anlagenplanungsphase als Verbesserungspotential hervorgehoben. Unter Berücksichtigung der Anforderungen an und der Einflussfaktoren auf die Materialbereitstellung, die im Rahmen der Ist-Analyse definiert wurden, wurden Konzepte zur standardisierten Materialbereitstellung ausgearbeitet. Dabei wurden unterschiedliche Konzepte ausgearbeitet, die bei verschiedenen Anlieferungs- (Grossladungsträger oder Kleinladungsträger) und Logistikkonzepten (Gabelstapler, fahrerloses Transportsystem oder Milkrun-Zug) angewandt werden können. Diese Konzepte wurden mit der Abteilung Fertigungsplanung bewertet, wobei aufgrund der vielen Spezialfälle keine eindeutige Entscheidungsfindung erreicht werden konnte. Um eine Hilfestellung bei der Auswahl der entsprechenden Materialbereitstellung zu geben, wurde ein Entscheidungsbaum erstellt. Durch Einführung dieser Standards in der Materialbereitstellung kann die Effizienz in der Anlagenplanungsphase gesteigert, Kosten gesenkt und die Automatisierung von Materialzuführung und –bereitstellung erleichtert werden.

Abstract

Thyssenkrupp steering, headquartered in Eschen, Liechtenstein, is a global manufacturer of steering systems for the automotive industry. Through the rapid growth of the company, efficient internal planning processes are essential - a helpful method for this is standardization. This master thesis deals with the introduction of a group-wide standard of the material supply within the tk steering. The work builds on theoretical foundations on the topics of logistics and material supply, which are important for the assessment of the actual situation in the company and for the elaboration of target concepts.

The investigation of the current situation of the supply of materials in different factories shows that there is a strong variation in the methods of material supply within the tk steering, partly within a factory. The influence of logistics on the supply of materials was investigated within the framework of the interviews with the experts conducted on the subject of "standards in material supply". The focus was on the influencing factors of process, packaging and material feed of the assembly facility, as well as on the core issue of material supply. Within the framework of the survey, the majority of cost reduction was emphasized as a potential for improvement by means of more coherent construction methods and simpler automation as well as better consideration of the material supply during the assembly facility planning phase. Considering the requirements and the influencing factors for the material supply, which were defined within the framework of the actual analysis, concepts for standardized material preparation were developed. Various concepts have been developed which can be applied to various delivery concepts (large-load carriers or small-charge carriers) and to various logistic concepts (forklift trucks, driverless transport systems or milkrun-trains). These concepts were evaluated with the production planning department, whereby no clear decision-making could be achieved due to the many special cases. A decision tree was created in order to provide assistance with the selection of the corresponding material supply. By introducing these standards in material supply, efficiency in the assembly facility planning phase can be increased, costs can be reduced, and the automation of material feed of the assembly facility and the material supply can be relieved.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Unternehmensportrait	1
1.2	Produktportfolio	1
1.3	Problemstellung	3
1.4	Forschungsfrage	4
1.5	Betrachtungsbereich	4
1.6	Zielformulierung	5
1.7	Forschungsdesign und -methode	6
1.7.1	Projektanstoß und theoretische Grundlagen	7
1.7.2	Ist-Analyse: Einflussfaktoren und Referenzprojekte	7
1.7.3	Informationsgewinnung durch qualitative Befragung	7
1.7.4	Soll-Konzept: Ausarbeitung und Bewertung	8
2	Theoretische Grundlagen	10
2.1	Begriffserklärungen	10
2.1.1	Definition und Nutzen von Standardisierung	10
2.1.2	Der Begriff „Logistik“	11
2.1.3	„Materialbereitstellung“ vs. „Materialzuführung“	12
2.2	Grundlagen	13
2.2.1	Der Materialflussprozess	13
2.2.2	Gestaltung von Materialbereitstellungssystemen	15
2.2.3	Materialflusssysteme – Fördertechnik	16
2.2.4	Grundlagen des Lean Management	21
2.2.5	Automatisierung in der Logistik – Industrie 4.0	25
2.2.6	Der Anlagenbeschaffungsprozess	25
2.2.7	Die Flexible Montageanlage und das Hybridsystem	27
3	Ist – Situation bei der tk steering	29
3.1	Einflussfaktoren auf die Materialbereitstellung	29
3.2	Der Anlagenbeschaffungsprozess im Rahmen des mechatronischen Produktlebenszyklus der tk steering	32
3.3	Einfluss der Logistik auf den Anlagenbeschaffungsprozess	34
3.4	Definition verschiedener Anlieferzustände und Bereitstellung von Komponenten	34
3.5	Bereitstellungskonzepte an den Montageanlagen der tk steering	37
3.5.1	Bereitstellung von Grossladungsträgern (GLT) in der tk steering	38
3.5.2	Bereitstellung von Kleinladungsträgern (KLT) in der tk steering	39
3.5.3	Bereitstellung von Schüttgutkomponenten in der tk steering	39
3.5.4	Vereinzelung von Komponenten in der tk steering	40
4	Gestaltung und Auswertung des Fragebogens	42
4.1	Ziele und Mehrwert des Fragebogens	42
4.2	Design	42
4.3	Durchführung	43

4.4	Auswertung.....	43
4.4.1	Prozess.....	43
4.4.2	Verpackung.....	44
4.4.3	Materialbereitstellung	44
4.4.4	Materialzuführung.....	45
5	Soll – Situation bei der tk steering.....	47
5.1	Fokus der Arbeit.....	47
5.2	Anforderungen	48
5.3	Vorgehensweise	50
5.4	Konzeptfindung.....	50
5.4.1	Bereitstellung von GLT an der Montageanlage.....	52
5.4.2	Bereitstellung von KLT an der Montageanlage	67
5.4.3	Bereitstellung von Komponenten als Schüttgut.....	72
5.5	Konzeptbewertung.....	75
5.6	Auswahl der entsprechenden Bereitstellung	77
6	Zusammenfassung und Ausblick	78

Anhang

- Fragebogen
- Abbildungsverzeichnis
- Tabellenverzeichnis
- Literaturverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

AGV.....	Automated Guided Vehicle
C-EPS.....	Column-Electric Powered Steering
ESD.....	Elektrostatische Entladung
GLT.....	Grossladungsträger
KLT.....	Kleinladungsträger
MB.....	Materialbereitstellung
MZ.....	Materialzuführung
R-EPS.....	Rack-Electric Powered Steering
tk.....	thyssenkrupp

1 Einleitung

1.1 Unternehmensportrait

Die thyssenkrupp AG ist ein deutscher Industriekonzern mit Hauptsitz in Essen, Deutschland. Der Konzern entstand im Jahre 1999 durch eine Zusammenlegung der Friedrich Krupp AG mit der Thyssen AG. Die thyssenkrupp AG beschäftigt heutzutage in etwa 155 000 Mitarbeiter weltweit [TKS16].

Der Konzern arbeitet nach der offiziellen Firmenpräsentation in den folgenden sechs Geschäftsfeldern [TKS16]:

- Components Technology
- Elevator Technology
- Industrial Solutions
- Materials Service
- Steel Europe
- Steel Americas

Im Geschäftsfeld der Components Technology agiert unter anderem die tk steering mit Hauptsitz in Eschen, Liechtenstein, welche ein Hersteller von Lenksystemen mit weltweiten Produktions- und Entwicklungsstandorten ist. Verteilt auf weltweit 16 Produktions- und Entwicklungsstandorte besitzt die tk steering eine umfangreiche Produktpalette und ist Technologieführer im Bereich der Lenksysteme. Nach der offiziellen Firmenpräsentation ist es die Vision, dies zu bleiben. Weitere Visionen des Unternehmens sind die ständige Erhöhung der Servicequalität und der Kundenorientierung sowie die Senkung der Kosten [TKP16].

1.2 Produktportfolio

Das Produktspektrum der tk steering setzt sich aus den folgenden Bereichen zusammen [TKS16]:

- Massivumformung
- Lenksäulen
- Lenkgetriebe
- Lenksäulen mit elektro-mechanischer Unterstützung (Column-EPS)

Die oben genannten 4 Firmenbereiche der tk steering sind in Abb. 1 in Anlehnung an die offizielle Firmenpräsentation abgebildet.

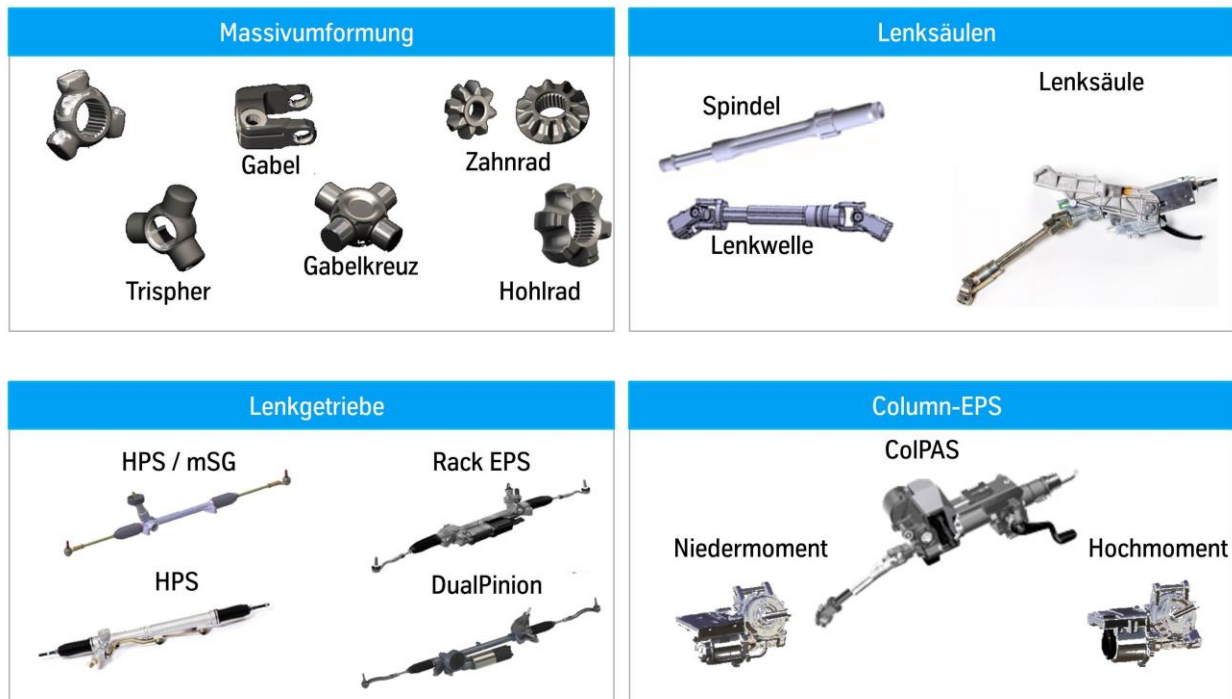


Abb. 1: Produktportfolio der tk steering nach der Firmenbroschüre [TKS16]

Die Massivumformung produziert kaltumgeformte und wärmebehandelte Systemkomponenten in Grossserien sowohl für den Eigenbedarf, als auch zu etwa 5% für externe Kunden. Systemkomponenten für den Eigenbedarf werden zusammen mit den Zukaufteilen an den Fertigungslinien bereitgestellt. Stehen die Systemkomponenten an den Montageanlagen zur Verfügung, werden die Bauteile zu verschiedenen Varianten von Lenksystemen zusammengebaut [TKS16].

Die Vision der Erhaltung der Technologieführung führt dazu, dass immer wieder Innovationen vorangetrieben und somit neue Lenksysteme entwickelt werden. Ein Beispiel dafür ist, dass die Lenksysteme in den Anfängen eine rein mechanische Funktionsweise hatten. Durch den steigenden Einfluss der Elektrotechnik im klassischen Maschinenbau veränderte sich die Funktionsweise der Lenksysteme. Die mechanische Grundstruktur der Lenksysteme ist nach wie vor dieselbe. Durch elektromechanische Komponenten wird die mechanische Grundstruktur unterstützt, die Funktionsweise verfeinert und der Kraftaufwand, den der Fahrer am Lenkrad aufbringen muss, reduziert. Zur Zeit (im Jahr 2017) liegt der Hauptpunkt der Forschung in der „Steer by Wire“ Technologie. Steer by Wire ist ein System, bei dem der Lenkbefehl elektrisch über einen Sensor zu einem Steuergerät übertragen wird. Die mechanische Grundstruktur der Lenksäule entfällt bei

der Steer by Wire Technologie erstmals [TKS16]. In Abb. 2 ist der zeitliche Werdegang der Lenksysteme ersichtlich.

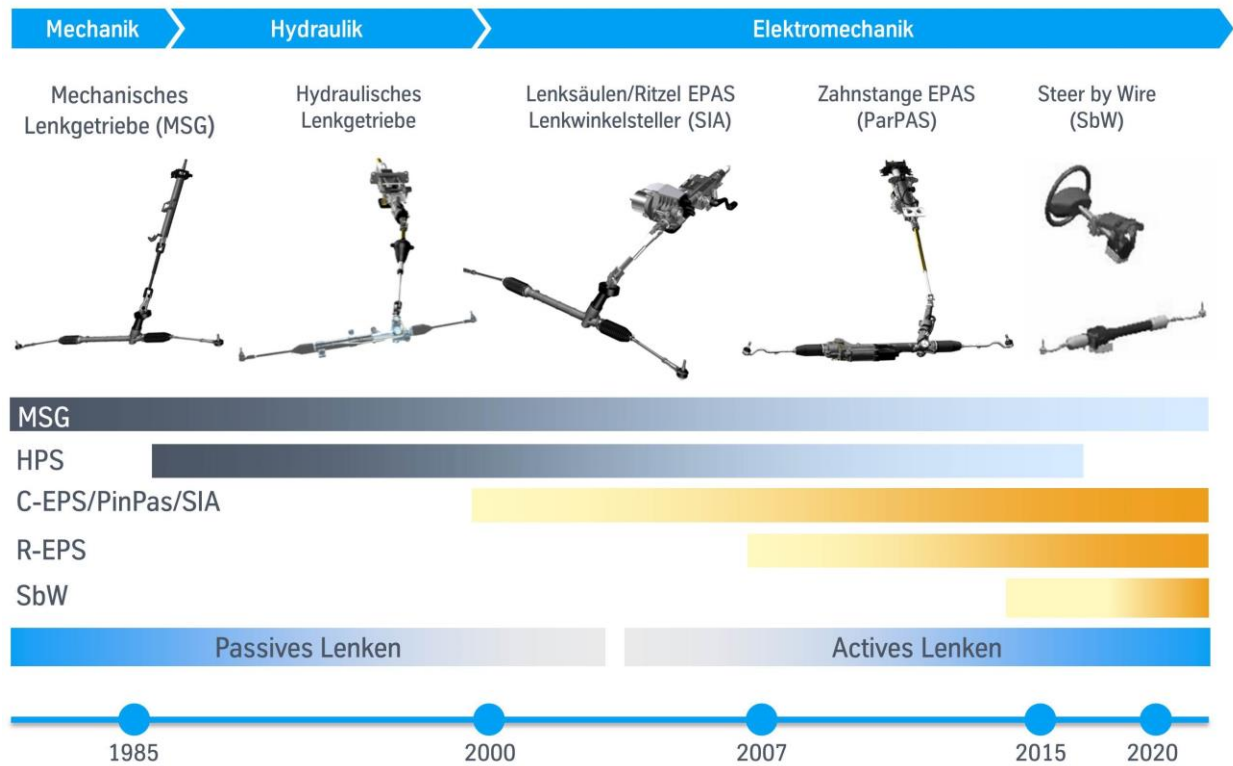


Abb. 2: Technologiewandel der Lenksysteme nach der Firmenbroschüre [TKS16]

In dieser Arbeit werden im Bezug auf verschiedene Projekte die unterschiedlichen Baugruppen der Lenksäulen und der Lenkgetriebe betrachtet. Das Lenksystem bildet in der Automobilindustrie eine der komplexesten und sicherheitstechnisch kritischsten Baugruppen. Je nach Bauart bestehen die Lenksysteme der tk steering aus 300 - 400 Bauteilen und enthalten Software-Code im Umfang von etwa 300 000 Zeilen [TKS16].

1.3 Problemstellung

Durch das schnelle Wachstum des Unternehmens, der Vielseitigkeit und Komplexität der Produkte und der Notwendigkeit, die Montageanlagen so schnell wie möglich auf neue kundenspezifische Aufträge umzurüsten, ist das Streben nach einer Standardisierung in der Zuführung des Materials in die Montageanlage sehr groß.

Da jedoch bisher kein solcher Standard in der tk steering existiert, ergibt sich daraus die Problemstellung der vorliegenden Arbeit – Konzepte zur standardisierten Materialbereitstellung für die tk steering zu erstellen.

1.4 Forschungsfrage

Aus der Problemstellung ergibt sich folgende Forschungsfrage:

Wie können mögliche Konzepte zur standardisierten Materialbereitstellung unter Berücksichtigung wesentlicher Einflüsse aussehen?

Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage bedarf es der Beantwortung folgender untergeordneter Fragen:

- Welche Vor- und Nachteile bietet die standardisierte Materialbereitstellung für die tk steering?
- Welche Einflussfaktoren gibt es? Welche sind relevant für eine optimale Materialbereitstellung?
- Welche Anspruchsgruppen beeinflussen das Thema Materialbereitstellung und -zuführung bzw. werden dadurch beeinflusst?

1.5 Betrachtungsbereich

Der Betrachtungsbereich der vorliegenden Arbeit liegt im Aufbau der Bereitstellungspunkte an den Montageanlagen der tk steering. Die Zwischenlagerung des Materials auf den Bereitstellungspunkten ist eine untergeordnete Aufgabe der Materialbereitstellung. Die restlichen Tätigkeiten des Materialflussprozesses (Abb. 3), wie Wareneingang ins Werk, Lagerung der Ware, Materialzuführung in die Montageanlagen, Endproduktförderung und Warenausgang aus dem Werk liegen nicht im Fokus dieser Arbeit. Für die Auslegung der Konzepte müssen sowohl die Art der Anlieferung der Ware zum Bereitstellungspunkt als auch die Art der Materialzuführung vom Bereitstellungspunkt in die Anlage als Einflussfaktoren betrachtet werden ([SB14], S.280).

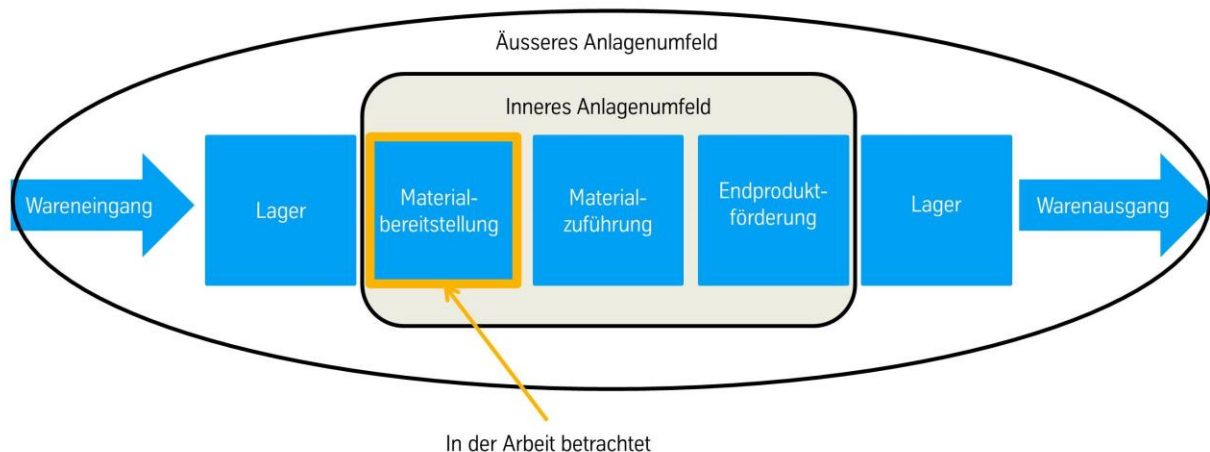


Abb. 3: Materialflussprozess (in Anlehnung an [SB14], S.280)

Unter Materialbereitstellung versteht man den Transport des Materials an einen Speicherort (in weitere Folge Materialbereitstellungspunkt genannt), an dem das Material zwischengelagert wird. Dieser Materialbereitstellungspunkt kann beispielsweise eine einfache Materialrutsche oder auch ein Vorratsbunker eines Materialzuführgeräts sein. Abb. 4 veranschaulicht die Aufteilung der Materialbereitstellung. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich rein mit der Zwischenlagerung und dem Handling des Materials am Materialbereitstellungspunkt ([GOL14], S.29).

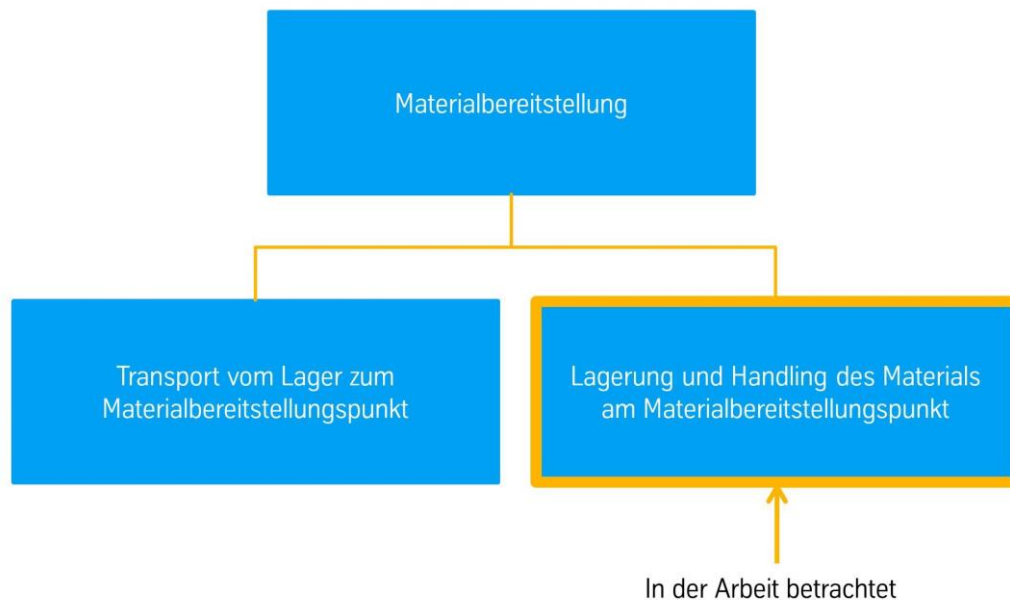


Abb. 4: Materialbereitstellung mit Betrachtungsbereich (in Anlehnung an [GOL14], S.29)

1.6 Zielformulierung

Zielsetzung dieser Arbeit ist die Erstellung eines Katalogs, der zur Auswahl von unternehmensweit standardisierten Materialbereitstellungspunkten bzw. -konzepten für die jeweiligen Komponenten, die auf den Montageanlagen verbaut werden, dient. Der Katalog wird in der Konzepterstellung der Montageanlagen als Hilfestellung verwendet, um den nötigen Platzbedarf der Logistik an den Modulen zu erkennen und diesen in der Anlagenplanung zu berücksichtigen. Die frühzeitige Berücksichtigung des Platzbedarfs der Logistik führt zu einer Verringerung benötigter Umstrukturierungen der Anlagen in der Planungsphase und einer Verringerung erforderlicher Optimierungen an den Modulen nach dem Aufbau der Anlagen im Werk. Diese Umstrukturierungen und Optimierungen sind mit Kosten verbunden, die mithilfe eines solchen Katalogs verringert werden können.

Aufgrund der Globalisierung der tk steering bringt die Gestaltung der Materialbereitstellungspunkte grosse Herausforderungen mit sich. Derzeit sind die einzelnen Standorte selbst für die

Gestaltung der Materialbereitstellungspunkte und –konzepte zuständig. Das Design der Materialbereitstellungspunkte unterscheidet sich sehr stark zwischen den Standorten und teilweise auch zwischen den unterschiedlichen Montageanlagen der Standorte, was die Automatisierung der Materialbereitstellung und –zuführung erschwert. Die weltweite Standardisierung der Materialbereitstellungspunkte hat weiters zum Ziel die allfällige Automatisierung von Materialbereitstellung und –zuführung zu erleichtern.

Aufgrund der Zuständigkeit der Werke die Materialbereitstellungspunkte auszulegen existieren innerhalb der tk steering viele unterschiedliche Konzepte, die für die unterschiedlichen Montageanlagen modifiziert werden. Die Standardisierung der Materialbereitstellungspunkte erspart den Planungsaufwand, den die Werke derzeit beim Bau von neuen Montageanlagen auf sich nehmen müssen. Weiters kann durch die standardisierte Auswahl von Materialbereitstellungssystemen kann ein Lieferant definiert werden, der diese Systeme bei Bedarf fertigt und anliefern. Die Nominierung eines einzigen Lieferanten für standardisierte Materialbereitstellungssysteme bietet wirtschaftliche Vorteile.

1.7 Forschungsdesign und -methode

In diesem Kapitel wird das allgemeine Vorgehen zur Aufgabenbewältigung sowie das Vorgehen, um die vorliegende Arbeit auszuarbeiten beschrieben. Abb. 5 veranschaulicht die Vorgehensweise der Bearbeitung der vorliegenden Arbeit.

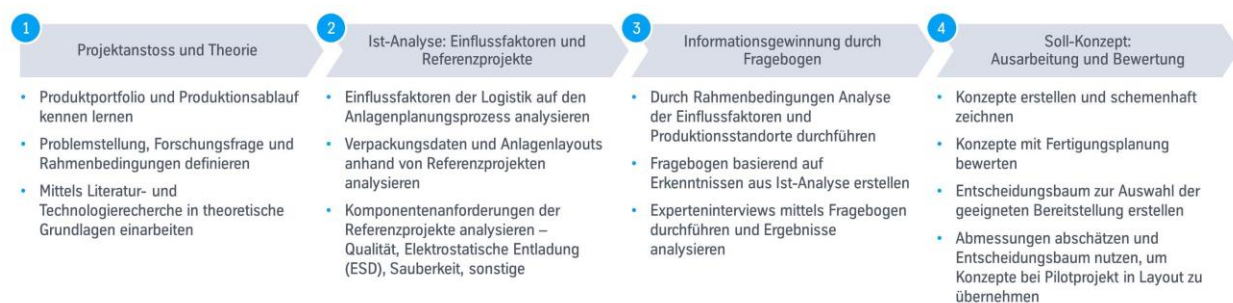


Abb. 5: Forschungsdesign der Arbeit

Im Rahmen der Informationsgewinnung für diese Arbeit wurden Umfeldanalysen – das Kennenlernen des Produktportfolios und des Produktionsablaufs – und Experteninterviews durchgeführt. Im Anschluss daran wurden die Konzepte der standardisierten Materialbereitstellungen, mit Unterstützung von Technologierecherchen und Berücksichtigung der Ergebnisse von Analysen der Standorte und Experteninterviews, erarbeitet.

1.7.1 Projektanstoss und theoretische Grundlagen

Der Projektanstoss erfolgte mit Beginn der Einarbeitung in das Produktportfolio und den Produktionsablauf der tk steering. Im Anschluss daran wurden die Problemstellung und die Forschungsfrage formuliert sowie die Rahmenbedingungen der Arbeit festgelegt. Unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen wurde dann dementsprechend eine Literatur- und Technologierecherche durchgeführt. Die Technologierecherche diente dazu, mit dem aktuellen Stand der Technik in der Materialbereitstellung und –zuführung vertraut zu werden.

1.7.2 Ist-Analyse: Einflussfaktoren und Referenzprojekte

Im Anschluss an die Literatur- und Technologierecherche wurde mit der unternehmensinternen Analyse begonnen. Hierfür wurden zuerst die Einflussfaktoren, die die Logistik auf den Anlagenplanungsprozess ausübt erarbeitet. Nachfolgend konnten bestehende Referenzprojekte mittels diverser Verpackungsdaten und Anlagenlayouts analysiert werden. Die bestehenden Materialbereitstellungskonzepte der Referenzprojekte wurden bewertet. Die Bewertung wurde zum späteren Zeitpunkt der Soll-Konzept-Ausarbeitung berücksichtigt, damit die bestehenden Konzepte durch „Best Practices“ verbessert werden konnten.

1.7.3 Informationsgewinnung durch qualitative Befragung

Die Experteninterviews wurden in den Abteilungen Fertigungsplanung, Supply Chain Development und Werkskoordination der tk steering mittels Fragebogen durchgeführt. Die Erstellung des Fragebogens basierte auf den Erkenntnissen der unternehmensinternen Analyse und der Recherche über Grundlagen zur Erstellung eines Fragebogens. Der Mehrwert des Fragebogens lag in der Informationsgewinnung und dem Erfahrungsaustausch mit erfahrenen Personen in diesem Bereich. Ein weiterer Grund für die Durchführung der Experteninterviews lag in der Bekanntmachung der Thematik bei den Projektleitern, die die standardisierten Materialbereitstellungskonzepte nach Erstellung des Katalogs einsetzen sollten.

Die Recherche ergab, dass es bei dieser Erhebungsmethode essentiell ist, Fragen zu stellen, die inhaltlich passend und auch eindeutig zu beantworten sind. Porst schreibt in seinem Fachwerk ([POR14], S.13):

„Die richtige Antwort, mein lieber Watson, erhalten Sie nur, wenn Sie die richtige Frage stellen!“

Dementsprechend müssen die an der Befragung teilnehmenden Personen die Frage verstehen, Informationen zur Beantwortung dieser abrufen, sich ein Urteil darüber bilden und dies auf Papier bringen können ([POR14], S.19).

Die Anordnung bzw. Reihenfolge der Fragen beeinflusst die Qualität und auch die Vollständigkeit der Antworten. Die Erwartungshaltung des Befragten stützt sich wesentlich auf die erste Frage – sie sollte leicht zu beantworten sein, sich auf den Titel der Befragung beziehen und potentiell bedeutsam für die befragte Person sein. Der Aufbau sollte von einfachen Aussagen zu abstrakten Fragestellungen übergehen und dieselben Themen sollten in, mit Überschriften eingeleiteten, „Fragenblocks“ behandelt werden ([HOL16], S.21ff).

Wichtig ist es auch zwischen den Arten der Fragen klar zu unterscheiden – offen, halboffen und geschlossen. Bei offenen Fragen gibt es keine definierten Antworten – diese sind von der befragten Person mit eigenen Worten zu formulieren. Hierbei ist es die Aufgabe des Interviewers, die Antwort möglichst wörtlich zu protokollieren. Geschlossene Fragen haben eine definierte Anzahl möglicher Antworten, wobei entweder nur eine (Einfachnennung) oder mehrere (Mehrfachnennung) zulässig sind. Halboffene Fragen – dies sind geschlossene Fragen mit einer angehängten Kategorie, die wie eine offene Frage beantwortet wird – kommen aufgrund von Entscheidungsschwierigkeiten des Interviewers häufig vor ([POR14], S.53ff).

Ein Fragebogen muss optisch ansprechend und systematisch aufgebaut sein. Die Gestaltung der Titelseite ist dabei ein Hauptmerkmal – auch ein Buch wird durch einen schönen Einband attraktiver. Die Titelseite sollte zusätzlich zum Titel der Befragung noch Informationen enthalten, die der befragten Person näher bringen womit sie es eigentlich zu tun hat ([POR14], S.33).

1.7.4 Soll-Konzept: Ausarbeitung und Bewertung

Im Anschluss an die Experteninterviews wurde die Soll-Konzept Ausarbeitung mit anschließender Bewertung durchgeführt. Die Materialbereitstellungskonzepte wurden unter Berücksichtigung der Ist-Analyse und der Ergebnisse des Fragebogens erstellt. Aufgrund der Bewertung der Konzepte wurde ein Entscheidungsbaum zur Auswahl der entsprechenden Bereitstellungen er-

stellt. Durch die Hauptabmessungen der Konzepte und durch Anwendung des Entscheidungsbaumes konnte das Layout eines Pilotprojekts an die standardisierte Materialbereitstellung angepasst werden.

2 Theoretische Grundlagen

Die in diesem Kapitel erläuterten theoretischen Grundlagen sind relevant für das Hintergrundwissen zum Verständnis der vorliegenden Arbeit.

2.1 Begriffserklärungen

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Begriffe der vorliegenden Arbeit erläutert und deren Hintergründe erklärt.

2.1.1 Definition und Nutzen von Standardisierung

Der Begriff „Standard“ hat nach dem Fachwerk vom Institut für angewandte Arbeitswissenschaft folgende Definitionen ([IFA16], S.15):

- Normalmass

Das Normalmass ist als ein Durchschnitts-, Richt- oder Bezugswert definiert, der beispielsweise Auskunft über Abmessungen, Aufbau oder Gewicht gibt (z.Bsp: Europalette).

- Richtschnur

Eine mehr oder weniger detaillierte Vorgehensweise, um einen Prozess zu lösen, wird Richtschnur genannt (z.Bsp. Verpackungsaufträge für den Versand).

- Qualitätsmuster

Qualitätsmuster werden hauptsächlich in der Produktion verwendet, um eine qualitative Aussage über die gefertigten Produkte treffen zu können.

- Leistungs- und Qualitätsniveau

Dies ist ein Zustand, den das Produkt unter definiertem Aufwand und Ablauf erreichen muss.

- Normen

Standardmaße und -vorgehensweisen werden in Normen festgehalten, welche im Allgemeinen eine Vorschrift sind, wie etwas hergestellt oder getan werden muss.

Die Standardisierung wird in der Gestaltung von Arbeit und Prozessen in folgenden Formen angewandt ([IFA16], S.17):

- Arbeitsprozesse
- Arbeitsplatzorganisation
- Kompetenzprofile

- Stellenbeschreibungen
- Methoden und Vorgehensweisen
- Verfahrensrichtlinien

Die Arbeitsstandardisierung ist ein Prinzip der Arbeitswirtschaft, wonach Standards für die benötigten Zeiten und Arbeitsschritte in Arbeitssystemen festgelegt werden. Wie genau diese Standards definiert sind, hängt von der Aufgabe, dem Ziel und der Wiederholhäufigkeit des Arbeitsprozesses ab ([IFA16], S.16).

Die vorliegende Arbeit soll als Richtschnur für die Anlagenplanung dienen. Durch das Befolgen der Richtschnur werden die Module an den Montageanlagen standardisiert, ein Qualitätsniveau aufrecht erhalten und Kosten für Planung und Nacharbeit verringert.

2.1.2 Der Begriff „Logistik“

„Logistik“ ist ein Begriff, der im Militärwesen zur Nachschubgestaltung und Truppenbewegung geprägt und anschließend für zivile Bereiche übernommen wurde. Durch das starke Wachstum der Unternehmen im letzten Jahrhundert entstand ein stetiges Streben zur Koordination und Überwachung der Bewegung aller Material- und Güterströme, wodurch logistische Überlegungen auch hier den Einzug erlangten. Von diesem Zeitpunkt an gewann die Logistik zunehmend an Bedeutung und entwickelte sich zu einem wichtigen Werkzeug in der gesamten Grundfunktionskette der Unternehmen vom Einkauf, über die Produktion bis zum Vertrieb ([SCH05], S.2).

Im Fachbuch von Schulte ([SCH05], S.2) wird der Begriff folgendermaßen definiert:

Logistik ist die „marktorientierte, integrierte Planung, Gestaltung, Abwicklung und Kontrolle des gesamten Material- und dazugehörigen Informationsflusses zwischen einem Unternehmen und seinen Lieferanten, innerhalb des Unternehmens sowie zwischen einem Unternehmen und seinen Kunden.“

Ein Unterpunkt der Logistik ist die Materialflusstechnik. Die Fördertechnik lässt sich in die Unterkategorie der Materialflusstechnik einordnen. Abb. 6 stellt die Begriffsabgrenzung zwischen Logistik, Materialfluss und Fördertechnik dar.



Abb. 6: Begriffsabgrenzung von Logistik – Materialfluss – Fördertechnik (nach [KK04], S.378)

Die Fördertechnik ist der Materialflusstechnik untergeordnet. Der Unterpunkt der Fördertechnik dient der physischen Umsetzung des Materialflusses in einem Unternehmen. Zur Umsetzung der Fördertechnik können Hebezeuge, Flurförderer, Stetigförderer, usw. verwendet werden. Der Anteil der Materialbereitstellung, dem in der vorliegenden Arbeit Betrachtung geschenkt wird, ist in der Fördertechnik angeordnet.

2.1.3 „Materialbereitstellung“ vs. „Materialzuführung“

Abb. 7 verdeutlicht die beiden Begriffe und deren Unterschied.

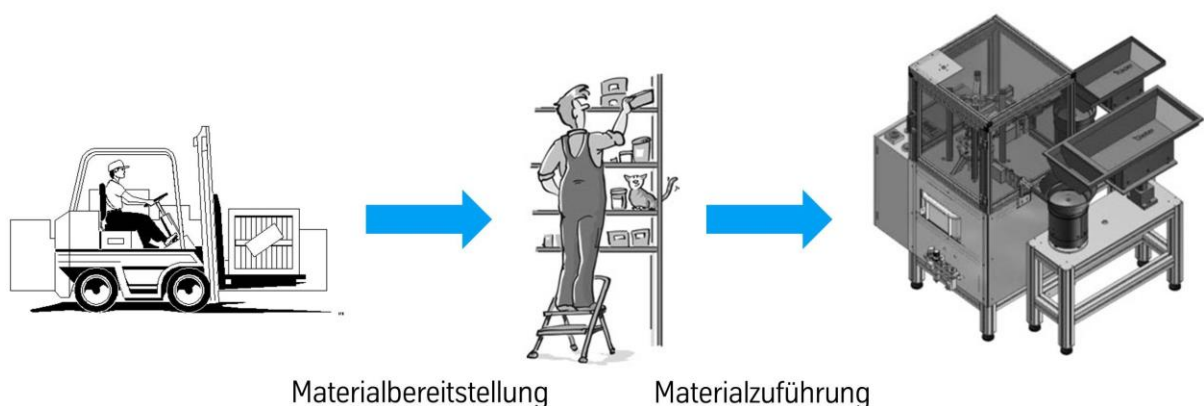


Abb. 7: Abgrenzung von Materialbereitstellung und Materialzuführung

Unter dem Begriff „Materialbereitstellung“ wird in der Arbeit der Replenishment-Prozess von der Warenanlieferung bis zur Bereitstellung des Materials an der Anlage bezeichnet.

„Materialzuführung“ hingegen ist in der vorliegenden Arbeit die Zuführung des Materials von einem Bereitstellungspunkt in die Anlage. Diese kann manuell durch einen Arbeiter, teil- oder auch vollautomatisiert, durch Roboter, erfolgen.

2.2 Grundlagen

In weiterer Folge werden die für die vorliegende Arbeit benötigten theoretischen Grundlagen erläutert.

2.2.1 Der Materialflussprozess

Unter Materialfluss werden allgemein alle Vorgänge zur Gewinnung und der Be- und Verarbeitung von stofflichen Gütern mittels Informationsflussmittel, Steuerungstechnik- und Fördertechnikkomponenten verstanden ([KK04], S.378).

In Abb. 8 ist der Materialfluss eines klassischen Produktionsunternehmens innerhalb der Wertschöpfungskette abgebildet.

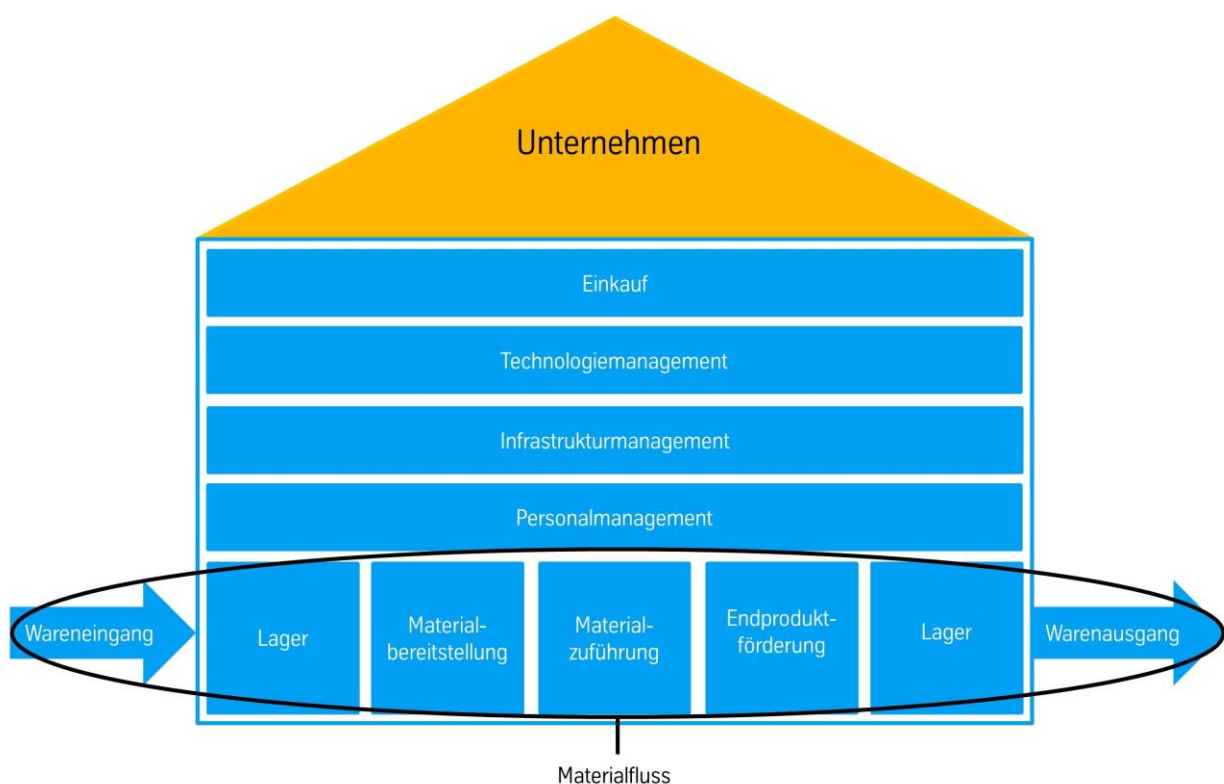


Abb. 8: Materialfluss eines Produktionsunternehmens abgebildet in Wertschöpfungskette (in Anlehnung an [SB14], S.280)

Der Materialfluss ist im Allgemeinen sehr eng mit dem Lagerprozess und dem innerbetrieblichen Transport verknüpft. Messbare und somit direkt zu verbessernde Größen in Materialflussprozessen zur effektiven und fehlerfreien Gestaltung der Intralogistik sind Menge, Zeit, Raum und Kosten ([DIK(+)]08], S.374).

Das Lager in einem Materialflussprozess kann verschiedenste Zwecke erfüllen, wie zum Beispiel Überbrückungsaufgaben, Sicherheitsaufgaben, Anpassungsaufgaben, Bereitstellungsaufgaben und Steuerungsaufgaben, wobei die Hauptaufgabe dieser Anwendungen die Glättung aller Asynchronitäten zwischen Erzeugung und Verbrauch ist ([DIK(+)]08], S.374). Die lagernden Bestände – und somit das Lager selbst – sind jedoch möglichst klein zu halten, da die hohe Mittelbindung geringere Möglichkeiten der Investition darstellen. Das Lean Logistics Konzept, in Kap. 2.2.4 erläutert, dient der Steuerung und Optimierung der Lagerbestände.

Gegenstände die im Materialfluss berücksichtigt werden sind nach der Fachliteratur „Materialflusssysteme – Förder- und Lagertechnik“ ([HSN(+)]07], S.2):

- Güter (Materialien, Stoffe)
- Personen
- Informationen
- Energie
- Materialflussmittel inkl. Güter- und Personentransportmittel
- Produktionsmittel
- Informationsflussmittel
- Infrastruktur

Ein Materialflussprozess ist definiert als die Veränderung eines Systemzustandes dieser Gegenstände, veranschaulicht in Abb. 9.



Abb. 9: Materialflussprozess (nach [HSN(+07], S.3)

Die nötigen Transformationsvorgänge um den Materialflussprozess zu ermöglichen sind:

- das Bearbeiten,
- das Prüfen,
- das Lagern und
- das Transportieren

von Gütern ([DIK(+08], S.371).

In Summe umfasst der Materialfluss alle Bewegungen bzw. Bearbeitungen der Güter im Werk von der Warenanlieferung bis zum Warenausgang.

2.2.2 Gestaltung von Materialbereitstellungssystemen

Kommissionierung ist das Zusammenstellen von Waren nach vorgegebenen Aufträgen. Folgende zwei Kommissioniersysteme sind hierbei zu unterscheiden.

Mann-zur-Ware-Bereitstellung

Diese Bereitstellungsart ist in ihrer Funktionsweise statisch, was bedeutet, dass sich der Arbeiter zum Lagerplatz begibt und die benötigte Ware vor Ort entnimmt. In der Regel erfolgt die Materialentnahme manuell und ohne automatische Hilfsmittel, weshalb es besonders für kleine Auftragsgrößen und für Bauteile mit geringem Gewicht geeignet ist. Der Investitionsaufwand dieser Bereitstellungsart ist gering. Der Nachteil dieser Bereitstellungsart ist der erhöhte Aufwand einer besonderen ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung für den Arbeiter aufgrund der erhöhten Anstrengung bei der Warenentnahme[TUP13-1].

Ware-zum-Mann-Bereitstellung

Bei dieser Bereitstellungsart wird die Ware dem Arbeiter mittels Fördertechnik zugeführt. Sie ist dynamisch und eignet sich für grosse Auftragsgrößen und für Bauteile mit grossem Gewicht. Der Vorteil ist, dass der Arbeiter durch die kurzen Laufwege und geringen körperlichen Belastungen entlastet wird. Die Nachteile liegen in den höheren Investitionskosten für die Regal- und Entnahmesysteme sowie der geringeren Flexibilität bei schwankenden Anforderungen [TUP13-2].

2.2.3 Materialflusssysteme – Fördertechnik

Konstruktive Gesichtspunkte

Aufgrund der grossen Vielfalt an Fördergütern und der Anforderungen an Fördermittel existieren einige unterschiedliche Geräte, welche teilweise in Serie (grösstenteils Fördermittel für Kleinteile) und teilweise als Sonderanfertigung (hauptsächlich Fördermittel für grosse Teile) gefertigt werden. Speziell bei den Sonderanfertigungen ist es wichtig, dass die Konstruktionsparameter durch regelmässigen Kontakt zwischen Konstrukteur und Anlagenbetreiber abgesprochen und die Anforderungen des Lastenhefts eingehalten werden. Der Einsatz von elektronischen Steuerungs- und Regelungseinheiten zur Automatisierung der Fördergeräte erfordert zusätzlich eine Abstimmung mit Fachleuten der Bereiche der Elektronik, Hydraulik, Pneumatik, Steuerungstechnik und Regelungstechnik. Die Anforderung des Konstrukteurs liegt in der Beachtung der Richtlinien, deren Erfüllung sehr wichtig ist. Ein systematisches Hilfsmittel dafür ist die Technik des methodischen Konstruierens, welche bei der Auswahl von Konstruktionsgrößen wie zum Beispiel der Auslegung von tragenden Komponenten Anwendung findet ([HKS09], S.14). In weiterer Folge ist eine Auswahl an Stetigförderern angeführt. Stetigförderer sind gekennzeichnet durch die Erzeugung eines kontinuierlichen Förderstromes, bei dem das Fördergut gleichmässig über die zu fördernde Strecke verteilt ist.

Stetigförderer ohne Zugmittel

Stetigförderer ohne Zugmittel besitzen kein umlaufendes Zugmittel. Die Kraftübertragung zur Bewegung des Fördergutes erfolgt durch die Schwerkraft, Reibungskräfte bzw. Massenkräfte, die auf das Fördergut übertragen werden. Durch die einfache Konstruktion ist der Betrieb und die Wartung dieser Systeme relativ anspruchslos. Die Stetigförderer ohne Zugmittel werden hauptsächlich als Verbindungsglied zwischen einzelnen Förderstrecken und als Beschickungs-

einrichtungen von Maschinen verwendet. Untenstehend sind die klassischen Stetigförderer ohne Zugmittel aufgelistet ([HKS209], S.92).

- Rutschen

Im Falle, dass zwischen der Aufgabe und der Entnahme des Fördergutes ein ausreichend grosser Höhenunterschied zur Verfügung steht kann die Bewegung des Fördergutes durch Rutschen sichergestellt werden. Rutschen können entweder gerade oder als Wendelrutschen ausgeführt sein. Die Bewegung des Fördergutes erfolgt auf Grundlage des Prinzips der schiefen Ebene, wobei der Neigungswinkel grösser sein muss als der Reibungswinkel zwischen Gut und Rutsche ([HKS209], S.92).

- Rollenbahnen

Rollenbahnen sind Schwerkraftförderer, die durch Tragrollen, auf denen Stückgüter mit ebenen, stabilen und ausreichend grossen Auflageflächen gefördert werden können, aufgebaut sind. Die Achsen der Tragrollen befinden sich in Längsträgern. Die Tragrollen sind nicht angetrieben, was bedeutet, dass nur eine reine Abwärtsförderung realisiert werden kann. Die Vielfältigkeit und Komplexität einer Rollenbahn kann zum Beispiel durch den Einsatz von Kurven und Weichen erweitert werden ([RÖM11], S.250). Die Neigung von Schwerkraftrollenbahnen müssen an jeder Stelle das sichere Anlaufen des Fördergutes gewährleisten, die Fördergeschwindigkeit jedoch auf ein begrenztes Ausmass begrenzen. Röllchenbahnen können anstelle der durchgehenden Tragrollen aus vielen Scheibenröllchen, die quer zur Fahrbahn angeordnet sind oder Spurkranzrollen, die an den Seitenprofilen angebracht sind aufgebaut sein. Sie zeichnen sich durch einen geringen Laufwiderstand der Rollen und den geringen Investitionskosten aus. Das Anwendungsgebiet von Röllchenbahnen ist die Förderung von leichten Stückgütern, wobei Rollenbahnen auch zur Förderung von schweren Gütern verwendet werden ([HSN(+07)], S.135).

- Schneckenförderer

Der Schneckenförderer ist ein typischer Schüttgutförderer und gilt als eines der ältesten Fördermittel. Er findet Anwendung zur waagrechten und zur leicht geneigten Förderung des Fördergutes. In Spezialfällen findet der Schneckenförderer auch Anwendung zur senkrechten Förderung. Ein Schneckenförderer arbeitet nach dem Förderprinzip des Gewindes, wobei man sich die Schnecke als Schraube und das Fördergut als Mutter vorstellen kann. Die Konstruktion von Schneckenförderern sowie die Wartung sind relativ einfach. Die kleinen Abmessungen stellen

eine gute Ausnutzung des Förderquerschnittes sicher, der Verschleiss und der Leistungsbedarf der Schnecke und des Troges sind aufgrund der Reibung des Fördergutes jedoch sehr gross. Empfindliches Fördergut ist aufgrund der Beschädigungsgefahr nicht verwendbar ([HKS209], S.97)

- Schwingförderer

Ein Schwingförderer besitzt eine steife Förderrinne, die durch ein Antriebssystem in stationäre Schwingungen versetzt wird. Durch die Schwingungen werden Massenkkräfte auf das Fördergut übertragen, die es vorwärts bewegen. Schwingförderer werden unterteilt in Schüttelrutschen und Schwingrinnen. Schüttelrutschen arbeiten nach dem Gleitverfahren. Der Aufbau ist relativ einfach mit versteiftem Stahlblech, das waagrecht oder leicht geneigt ist zu realisieren. Für den Antrieb sind meist Druckluftkolbenmotore oder Schubkurbelantriebe im Einsatz. Schwingrinnen hingegen arbeiten nach dem Wurfverfahren. Während das Fördergut bei Schüttelrutschen durch den wechselhaften Auf- und Abbau des Reibungsschlusses transportiert wird hebt sich bei den Schwingrinnen durch eine schnelle Vorwärts- und Rückwärtsbewegung das Fördergut von der Rinne ab und wird so transportiert. Schwingrinnen sind komplexer aufgebaut als Schüttelrutschen und benötigen zusätzlich zur Rinne und dem Antriebssystem noch Speicherfedern ([RÖM11], S.235).

- Strömungsförderer

Strömungsförderer eignen sich zum Transport von Schüttgütern. Diese werden anhand von strömenden Fluiden (Flüssigkeiten oder Gasen) in offenen Rinnen oder geschlossenen Rohrleitungen zwischen zwei Punkten bewegt. Strömungsförderer sind benannt nach dem Arbeitsfluid und können in Pneumatische Förderer, Rohrpostanlagen und Hydraulische Förderer unterteilt werden ([RÖM11], S.256).

Stetigförderer mit Zugmittel

Stetigförderer mit Zugmittel sind gekennzeichnet durch ein umlaufendes Zugmittel, das die Kraftübertragung zur Bewegung des Fördergutes bereitstellt. In weiterer Folge ist eine Auflistung der klassischen Stetigförderer mit Zugmittel ([HKS209], S.142).

- Bandförderer

Das Hauptbestandteil eines Bandförderers ist ein umlaufendes Band, das auf Tragrollen, Gleitbahnen oder einem Luftfilm abgestützt ist. Das Band ist das Trag- und Zugmittel des Fördergutes. Neben Rollenförderern bzw. Rollenbahnen sind Bandförderer die am weitesten verbreiteten Stetigförderer. Der Ausbau der Fliessfertigung und der Prozessautomatisierung wurde weitgehend durch den Einsatz von Bandförderern auf den heutigen Stand gebracht. Allgemein wird der Gurtbandförderer am häufigsten verwendet. Das Gurtband wird von mindestens einer Antriebstrommel über Reibschluss angetrieben. Durch die Vorspannung, die zur Sicherstellung des Reibschlusses benötigt wird, wird der Durchhang zwischen den Tragrollen ausreichend klein gehalten ([RÖM11], S.180).

- Tragkettenförderer

Tragkettenförderer sind Stetigförderer, die als lasttragendes Element und als Zugmittel Ketten besitzen. Diese Förderer werden hauptsächlich zum Transport von Stückgut eingesetzt, können aber mit Mitnehmern bestückt werden, um Kleinteile und Schüttgut zu transportieren. Je nach Ausführung dienen sie zur waagrechten oder senkrechten Förderung von Transportgütern. Im Allgemeinen besteht der Aufbau aus mehreren längs verlaufenden Profilen, auf denen die umlaufenden Ketten montiert sind. Die Ketten können auf den Laschen (gleitende Abtragung) oder auf den Gelenken (rollend Abtragung) auf den Schienen gleiten. Tragkettenförderer sind sehr robust und nehmen unterschiedlichste Transportgüter auf. Hauptsächlich werden sie für den Quertransport von Paletten eingesetzt. Der Nachteil dieser Stetigförderer ist, dass sie nur gradeaus fördern können und zur Umlenkung einen Drehtisch benötigen ([HSN(+)]07), S. 139).

- Rollenförderer

Rollenförderer werden ausschliesslich zur Förderung von Stückgut verwendet und bestehen, wie die Rollenbahnen, aus drehbaren Tragrollen, die zwischen zwei Profilen befestigt sind. Im Gegensatz zu den Rollenbahnen sind die Tragrollen der Rollenförderer angetrieben und übernehmen sowohl Antriebs- als auch Tragfunktionen. Die Bauformen lassen sich nach dem Stückgutgewicht in Bauformen für leichtes Stückgut und den Schwerlastbereich einteilen. Der Rollenabstand muss weniger als der Hälfte der Stückgutlänge entsprechen, um die Auflage des Fördergutes auf mindestens zwei Tragrollen zu gewährleisten. Rollenförderer für leichtes Stückgut werden meist über Riemen angetrieben, wobei im Normalfall nicht jede Rolle angetrieben ist. Schwerlastrollenbahnen hingegen werden im Normalfall über Ketten angetrieben, wobei die La-

gerung der Rollen und Antriebselemente aufgrund der Gewichtsbelastung aufwändiger gestaltet ist ([HSN(+)]07], S.131).

- Kettenförderer mit geschobenem Fördergut

Mit Kettenförderern mit geschobenem Fördergut wird ausschliesslich Schüttgut transportiert. Ein Mitnehmer, der an einem oder mehreren Kettensträngen befestigt ist fördert das Schüttgut gleitend in eine Rinne oder einen Trog. Der Aufbau dieser Kettenförderer ist relativ simpel, was diese Förderer billig und robust macht. Die Förderrichtung ist umkehrbar und das Schüttgut kann bei geeigneter Konstruktion an beliebigen Stellen aufgebracht oder weggenommen werden. Aufgrund der Gleitreibung haben Kettenförderer mit geschobenem Fördergut einen hohen Energiebedarf und einen grossen Verschleiss von Mitnehmer und Rinne ([HKS209], S.140).

- Kettenförderer mit gefahrenem Fördergut

Bei Kettenförderern mit gefahrenem Fördergut liegt das Fördergut auf einer endlosen Reihe von Platten oder in kastenförmigen Behältern. Die Platten und Behälter sind meist an zwei Kettensträngen zu einem endlosen Gliederband gekoppelt. Diese Art der Kettenförderer kann sowohl für Stückgut als auch für Schüttgut verwendet werden. Der Einsatz für grössere Steigungen ist ebenso möglich. Der Umlauf des Gliederbandes kann mit Rollen, die entweder in der Kette integriert oder an den Bandedelementen befestigt sind sichergestellt werden. Durch die sehr robuste Bauweise haben diese Kettenförderer eine lange Lebensdauer und können schwere und scharfkantige Fördergüter transportieren. Die robuste Bauweise sorgt jedoch auch für ein grosses Eigengewicht und macht diese Art der Kettenförderer relativ teuer ([HKS209], S.144).

- Unterflur-Schleppkettenförderer

Unterflur-Schleppkettenförderer sind Stetigförderer, die eine sogenannte angetriebene Schleppkette besitzen. Die Schleppkette befindet sich in einer Schiene, die im Boden eingelassen ist. Durch Formschluss mit einem Zapfen oder entsprechende Ausnehmungen der Kette können Wagen, die auf dem Boden gezogen werden eingehängt werden. An der Zielstelle angekommen können die Wagen entweder manuell oder durch beispielsweise magnetgesteuerte Weichen von der Schleppkette getrennt werden. Die Laufebene der Kette ist meist ringförmig ausgeführt, wobei die Rückführung der Kette in einem unterirdischem Kanal erfolgt. Diese Stetigförderer können durch den Einsatz von mehreren Kettensträngen zu komplexen Systemen mit unterschiedlichen Routen vernetzt werden ([HSN(+)]07], S.129).

2.2.4 Grundlagen des Lean Management

Das Toyota Produktionssystem, auch als „Lean Production“ bezeichnet, ist ein Konzept zur Vermeidung jeglicher Art der Verschwendung. Es reicht zurück bis in das Jahr 1897 und wurde seither stetig weiterentwickelt. Erfinder dieses Konzepts ist Toyoda Sakichi, dem es 1926 gelang, einen Webstuhl mit Dampftrieb zu erfinden. Dieser konnte selbstständig einen Fadenriss erkennen und daraufhin automatisch anhalten. Die „autonome Automation“ bildete somit die **erste Säule** des Toyota Produktionssystems ([SCH15], S.35).

Sakichi`s Sohn Kiichiro begann im Jahre 1930 die Spinnfabrik seines Vaters zu räumen und gründete das Toyota Automobilherstellungs-Unternehmen. Aus der Notwendigkeit der Fertigung von kleinen Stückzahlen vieler unterschiedlicher Modelle bei geringer Nachfrage kristallisierte sich in dem Unternehmen die konsequente und gründliche Beseitigung jeglicher Art von Verschwendung heraus. Als **zweite Säule** des Toyota Produktionssystems wurde die „Just-in-Time“ Produktion eingeführt. Just-in-Time bedeutet, dass genau zum richtigen Zeitpunkt, am richtigen Ort die richtigen Bauteile in der richtigen Menge vorhanden sind. Dafür ist es essentiell, die zu diesem Zeitpunkt nicht benötigten Bauteile wegzulassen, was zu einem geringeren Lagerbestand führt ([SCH15], S.37).

Das Risiko eines Stillstandes aufgrund des geringen Lagerbestandes kann durch das, in den 1950er Jahren, eingeführte KANBAN-System verringert werden. Dies ist ein System, wodurch alle Glieder der Just-in-Time Kette verbunden und aufeinander abgestimmt werden, um die Zuliefererkette zu optimieren. Das Schlüsselement dabei ist die sogenannte KANBAN-Karte, die als Informationsträger gilt. Der Verbraucher, der die Übersicht über seine Bestände hat, übergibt, beim Erreichen eines vorher definierten Mindestbestands, die KANBAN-Karte an den Logistiker und meldet somit seinen Bedarf. Das Material wird nun vom Logistiker in der vorgesehenen Zeit und Menge bereitgestellt ([SCH05], S.423).

Die Materialbereitstellung kann beispielsweise mittels Milkrun erfolgen. Dies ist ein wichtiger Baustein der Beschaffungslogistik in der Automobilindustrie. Ein Milkrun ist ein periodisches Transportkonzept, bei dem nacheinander mehrere Fertigungsanlagen mit Material versorgt werden. Der Logistiker tauscht die leeren Behälter oder Paletten gegen volle aus ([GRU15], S.33).

Verbindet man nun das KANBAN-System mit einem Milkrun, kann auf effiziente Art und Weise für die Bereitstellung der richtigen Menge an Material an Fertigungsanlagen gesorgt werden. Diese Steuerung hat jedoch natürliche Grenzen und der Milkrun wird oft nicht optimal ausgelastet, was durch eine intelligente Vernetzung der Produktionssysteme durch die Anbindung dieser an die IT in Kombination mit der Optimierung von Verpackungen und Bestellzyklen verbessert werden kann ([BHV14], S.64).

Zu den Arten der Verschwendung, die es im Toyota Produktionssystem zu verhindern gibt, zählen nach der Fachliteratur von Schäfer ([SCH15], S.38):

- Überproduktion
- überflüssige Bewegungen
- Wartezeiten
- Transporte
- Überarbeitung
- Hohe Materialstände
- Nacharbeit

Diese gilt es durch verschiedene Systeme, wie zum Beispiel Just-in-Time Produktion, Werkplatzordnung und ausgereifte Logistikprozesse zu vermeiden.

Lean Production bezieht sich mehr auf die Materialzuführung, während sich **Lean Logistics** mit der Materialbereitstellung beschäftigt. Die vorliegende Arbeit legt den Fokus auf die Materialbereitstellung und ist somit im Bereich Lean Logistics angesiedelt. Ein Grundkonzept der Lean Methoden ist die strikte Trennung zwischen wertschöpfenden und nicht wertschöpfenden Tätigkeiten. Bei den nicht wertschöpfenden Tätigkeiten gibt es die Unterscheidung zwischen „nicht wertschöpfend aber notwendig“ und „nicht wertschöpfend und auch nicht notwendig“ wie zum Beispiel das Doppel-Handling von Material an Montageanlagen. Die Materialzuführung ist als nicht wertschöpfende, aber notwendige Tätigkeit definiert.

Der Arbeiter an der Anlage soll sich rein mit dem Fertigen, nicht aber mit Logistiktätigkeiten befassen. Aufgrund dessen muss die Materialbereitstellung bis zum Verarbeitungsort reichen und bedarfsgerecht und ergonomisch direkt an der Anlage bereitgestellt werden ([HAR15], S.114).

Die Aufgaben und Ziele der Materialversorgung sind nach Hartel ([HAR15], S.113):

- rollende Materialbereitstellung mit integrierter Leergut-Abführung
- Visualisierung der Umlaufbestände und des Bedarfs
- bedarfsorientierte Bereitstellung
- geringe Bestände und hochfrequente Versorgung
- mitfahrende Teilebereitstellung bei einer Bandversorgung
- ergonomische Entnahme ohne zusätzliches Handling

Die Ergonomie spielt eine Hauptrolle für die Standards der Materialbereitstellung und kann durch verschiedene konstruktive und arbeitsorganisatorische Maßnahmen optimiert werden. Durch die ergonomische Materialbereitstellung können Verschwendung und unnötige Handhabungsvorgänge minimiert und eine reduzierte Mitarbeiterbelastung erreicht werden.

Als Schnittstelle zwischen Materialbereitstellung und Materialzuführung wird meist ein Linienpuffer eingesetzt, der ein sehr hohes Potential für die Fertigungsoptimierung bietet ([HAR15], S.114).

Fazit ist, dass die Standardisierung der Materialbereitstellung ein Konzept darstellt, das die Komplexität der Prozesse und die Anzahl der Handlings Operationen senken kann. Dadurch wird die Produktivität des Arbeiters an der Anlage gesteigert. Ein weiterer Vorteil ist die Kostensenkung, die mit der Standardisierung der internen Logistik verbunden ist.

In Anlehnung an das Toyota Produktionssystem dient das thyssenkrupp Produktionssystem (tkps) innerhalb der tk steering als Wegweiser. Es soll dabei helfen, die Ziele und Mitarbeiter des Unternehmens rund um die wertschöpfenden Prozesse optimal zu organisieren. Zu den Aufgaben des thyssenkrupp Produktionssystems zählen:

- Verbesserung der Kundenzufriedenheit
- Umsetzung des 5-Tage-Lenksystems (Durchlaufzeit vom Rohmaterial bis zum Endprodukt in 5 Tagen)
- Vernetzung von Zielen, Prozessen und vor allem Menschen
- Ausrichtung der Prozesse auf die Kunden und ihren Nutzen
- Grundlage für effektive und abteilungsübergreifende Zusammenarbeit
- Stetiges Streben nach Verbesserungen

In Abb. 10 ist der Navigator des tkps dargestellt. Der Navigator besteht aus drei wesentlichen Elementen:

- einem Kern, den sogenannten SNQAK-Zielen (Sicherheit, Nachhaltigkeit, Qualität Ablieferung und Kosten),
- einem mittleren Kreis, der den PDCA-Zyklus (Planen, Durchführen, Checken und Aktion) beinhaltet und
- einem äusseren Kreis mit den 14 tkps Kernprinzipien



Abb. 10: Die Kernprinzipien des thyssenkrupp Produktionssystems (tkps) (nach [TKS16])

Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt auf der Materialbereitstellung (Lean Logistics). Somit werden die beiden Kernprinzipien Just in Time (JIT) und Arbeitsplatzoptimierung betrachtet.

Lean Transformation in der Praxis

Um realistischen Lean-Transformation-Richtlinien gerecht zu werden müssen die Ist-Leistung der Kundenanforderung, die Leistungen der Wettbewerber und die Unternehmensziele gegenübergestellt werden. Im Anschluss daran gibt es drei wesentliche Strategieansätze, die im Rahmen der Prozessoptimierung für das Lean-Transformation-Management eine Rolle spielen:

- Radikalumbau – ein fundamentaler Prozess- und Strategiewechsel
- Prozessumbau oder Prozessoptimierung
- kontinuierliche Veränderung in mehreren Veränderungsstufen

Bei jedem der drei Ansätze unterliegen alle Prozesse einem dynamischen Wandel, weshalb Lean-Transformation-Projekte der aktuellen Entwicklung des Unternehmens und den strategischen Zielen untergeordnet sind [KRA12].

2.2.5 Automatisierung in der Logistik – Industrie 4.0

Bereits zu Beginn der 1990er Jahre starteten die ersten Überlegungen zur Einbettung von Computern in Alltagsgegenständen. Aus den Überlegungen zur Einbettung des Computers in Alltagsgegenstände bildete sich im Laufe der frühen 2000er im Bereich der Logistik im Zusammenhang mit RFID gestützter Verfolgung von Gütern in der Produktion der Begriff „Internet der Dinge“. Dieser Begriff beschreibt eine Erweiterung des klassischen Internets um die Vernetzung von Alltagsgegenständen, wodurch die Trennung der realen und der virtuellen Welt nahezu aufgehoben wird. Informationen wie Ort, Zustand, Grösse, etc. können im Internet gespeichert und abgerufen werden ([BHV14], S.57).

Die Verschmelzung zwischen realer und virtueller Welt ist das zentrale Ziel von Industrie 4.0. Dafür sind Produktionsmittel mit Sensorik ausgestattet und somit werden alle benötigten Informationen bei Bedarf ausgegeben oder an weitere IT Systeme weitergegeben ([BHV14], S.58).

Die Organisation von produktionslogistischen Prozessen in Unternehmen erfolgt laut dem Fachwerk „Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik“ immer mehr nach den Grundsätzen der „Lean Production“ und der „Lean Logistics“. Dies sind Verfahren, dessen Ziel es ist, jegliche Arten von Verschwendung wie zum Beispiel Ausschuss, hohe Bestände, Bewegung, Transport, Überproduktion und Wartezeiten zu vermeiden. Sie sind auf das Toyota Produktionssystem – siehe Kapitel 2.2.4 – zurückzuführen ([BHV14], S.64).

Die konkreten Vorteile der Automatisierung in der Logistik bestehen somit in der effektiven Vermeidung von Verschwendungen und in der Verschmelzung der virtuellen mit der realen Welt.

2.2.6 Der Anlagenbeschaffungsprozess

Bei der Beschaffung von Montageanlagen ist es notwendig, einen grundlegenden Prozess zu verfolgen. Dieser Prozess wird Anlagenbeschaffungsprozess genannt. Durch die hohen Investitionskosten, die bei der Beschaffung von Montageanlagen entstehen ist der Anlagenbeschaffungs-

prozess geprägt von Unsicherheiten. Diese können durch eine möglichst vollständige Informationssammlung über die relevanten Tatbestände geschmälert werden ([AHR(+)]16], S.165). Um diese Unsicherheiten bestmöglich erkennen und beseitigen zu können wird der Beschaffungsprozess in folgende Phasen gegliedert ([AHR(+)]16], S.165):

- operative Bedarfsmeldung
- einkäuferische Impulse für die vorausschauende Bedarfsbündelung
- Anfragen
- Angebotsbearbeitung
- Vergabeverhandlung
- Bestellentscheidung
- Bestellung
- Auftragsbestätigung

Die Logistik befasst sich hierbei mit Informations- und Materialflüssen im eigenen Unternehmen sowie auch unternehmensübergreifend mit Lieferanten, Kunden, Händlern und Dienstleistern. Durch diese konsequente Ganzheitsbetrachtung bekam die Logistik den hohen Stellenwert, den sie heute hat. Die Beschaffungslogistik zieht sich von der Anlieferung über die Warenannahme bis hin zur Materiallagerung und -bereitstellung ([AHR(+)]16], S.289).

Anlagenintensive Unternehmen trennen durch die Bereiche „technischer Einkauf“ und „Anlagenbeschaffung“ die Beschaffung von Investitionsgütern. Die Anlagenbeschaffung ist ein kostenintensives Investitionsvorhaben, mit dem sich auch die technischen Unternehmensbereiche wesentlich befassen. Das Interesse der Unternehmensleitung an der Anlagenbeschaffung ist aufgrund der hohen Investitionskosten ebenfalls sehr gross ([AHR(+)]16], S.425).

Ein wesentliches Merkmal der Anlagenbeschaffung ist die enge Zusammenarbeit der verschiedenen Unternehmensbereiche. Die Entscheidungsfindung findet abteilungsübergreifend mittels Regelmeetings statt, was jedoch zu einigen Interessenskonflikten zwischen den verantwortlichen Personen führen kann. Diese Konflikte zwischen Technik und Unternehmensleitung bzw. Einkauf sind in Abb. 11 erläutert ([AHR(+)]16], S.425).

Technik	Unternehmensleitung / Einkauf
Leitmotive:	
<ul style="list-style-type: none"> • Funktionsdenken • Sicherheitsdenken 	<ul style="list-style-type: none"> • Versorgungsdenken • Kosten-/Nutzendenken
Konfliktgründe:	
<ul style="list-style-type: none"> • Interesse an modernster Technik & Qualität der Enderzeugnisse • Streben nach schneller Abwicklung nach Vorplanungen • Furcht vor Einschränkung des eigenen Handlungsspielraums durch Vorschriften 	<ul style="list-style-type: none"> • Interesse an Marktforschung & intensivem Wettbewerb der Hersteller • Beachtung der Folgekosten, was zu Änderungen im technischen Konzept führen kann • Vermeidung von Quasimonopolen der Hersteller durch Vorschriften

Abb. 11: Konflikte zwischen Technik und Unternehmensleitung/Einkauf (in Anlehnung an [AHR(+)]16], S.425)

Grundsätzlich kann zwischen drei Arten der Beschaffung von Investitionsgütern unterschieden werden ([AHR(+)]16], S.426):

- Erstkauf
- modifizierter Wiederholungskauf
- unmodifizierter Wiederholungskauf

Beim **Erstkauf** handelt es sich um eine komplett neue Anlage, wobei die Informationsbeschaffung und Betrachtung von Alternativen enorm wichtig ist. Das Risiko und somit die Unsicherheiten bei der Beschaffung einer solchen Anlage sind sehr gross. Der **modifizierte Wiederholungskauf** stellt eine geringere Wichtigkeit der Informationsbeschaffung und Betrachtung von Alternativen dar. Auch die Unsicherheiten vor der Beschaffung halten sich hier in Grenzen. Der **unmodifizierte Wiederholungskauf** ist lediglich die Beschaffung derselben Anlage, die zuvor schon einmal angeschafft wurde und stellt somit keinerlei Anforderung an die Informationsbeschaffung, da diese schon zuvor durchgeführt wurde ([AHR(+)]16], S.426).

2.2.7 Die Flexible Montageanlage und das Hybridsystem

Eine **flexible Montageanlage** ist eine Maschine, mit der unterschiedliche Produkte in einer beliebigen Reihenfolge montiert werden können. Um flexibel zu agieren sind diese mit programmierbaren Handhabungsgeräten sowie Füge- und Prüfeinrichtungen ausgestattet. Im Gegensatz zur manuellen Montage müssen die Einzelteile für den Einsatz der Handhabungsgeräte geordnet bereitgestellt werden ([LW12], S.277).

Da die volle Automation einer Montageanlage enorm kostenintensiv ist, macht es oft Sinn, sich für eine Teilautomatisierung zu entscheiden, bei der manuelle Tätigkeiten in eine geschlossene Montageanlage miteinbezogen werden. Diese Teilautomatisierung wird in der Fachliteratur auch als **Hybridsystem** bezeichnet ([LW12], S.277).

Hybridsysteme erfüllen bei richtiger Dimensionierung eine hohe Stückzahlflexibilität, was auch eine auftragsspezifische Anpassung der Fertigungsstückzahlen ermöglicht. Diese Anpassung kann beispielsweise durch eine Veränderung der Arbeitszuteilung an den Arbeitsplätzen erreicht werden. Ein weiterer Vorteil der Hybridsysteme ist die Anpassung des Automatisierungsgrades, der von den zu produzierenden Stückzahlen abhängig ist ([LW12], S.169).

Hybride Montagesysteme können in unterschiedlichsten Varianten und Formen ausgeführt werden, je nach Grösse der Baugruppen. Bei einem standardisierten Aufbau dieser Systeme kann ein grosser Anteil von Anlagenkomponenten nach Beendigung eines Produktlebenszyklus wiederverwendet und somit weitere Investition vermieden werden ([LW12], S.169).

Die Hybridsysteme und die flexiblen Montageanlagen lassen sich nach der Fachliteratur „Montage in der industriellen Produktion“ wie folgt zusammenfassen ([LW12], S.193):

- Bei flexiblen Montageanlagen werden Montagekosten weitgehend durch Fixkosten bestimmt, bei hybriden Systemen durch variable Kosten.
- Bei Hybridsystemen werden trotz Rationalisierung Menschen beschäftigt.
- Bei Hybridsystemen erfolgt keine Erhöhung des Leistungsdrucks, sondern eine Vermeidung von Sekundäraufwand.
- Die Montagestückkosten einer hybriden Montage sind über einen grossen Stückzahlbereich konkurrenzfähig gegenüber jener der flexiblen Montageanlagen.
- Der Einsatz von hybriden Systemen erfordert geringere Investitionskosten mit stufenweiser Ausbaumöglichkeit, was das Risiko einer Fehlinvestition mindert.
- Der geringere Automatisierungsgrad der hybriden Systeme erhöht den Wiederverwendungswert nach Auslauf eines Produktlebenszyklus.

Bauteile und Zuführung in die Anlage zeit- und prozessoptimiert zu ermöglichen, müssen die Komponenten in der richtigen Reihenfolge bereitstehen. Der Arbeiter muss die Bauteile in einem Fluss und ohne Laufwege erreichen können. Aus logistischer Sicht sollen möglichst keine Um-
packvorgänge des Materials nach der Anlieferung im Unternehmen notwendig sein. Der verfügbare Platz an der Anlage muss demnach schon im Planungsprozess berücksichtigt werden. Da die finalen Verpackungsdaten zu diesem frühen Zeitpunkt jedoch noch nicht zur Verfügung stehen, wird der benötigte Platz an der Anlage basierend auf Referenzprodukten abgeschätzt, was zu Ungenauigkeiten bei der Planung führt.

Anlieferung an die Anlage

Einen weiteren Einflussfaktor stellt die Anlieferung an die Anlage dar. Das Material muss vom Logistiker immer zum richtigen Zeitpunkt in der richtigen Menge an der Anlage angeliefert werden, sodass sich der Arbeiter ohne logistische Zwischenschritte wie Palettenbewegungen, etc., um die Materialzuführung und Vormontage kümmern kann. An der Anlage müssen Puffer verfügbar sein, damit der Arbeiter durch die Materialbereitstellung des Logistikers in seinem Arbeitsfluss nicht unterbrochen wird.

Weiters erfolgt die Anlieferung mittels verschiedenen Methoden. Die Anlieferung zu den Bereitstellungspunkten kann zum Beispiel per Gabelstapler, fahrerlosem Transportsystem oder Milkrun-Zug erfolgen. Bei der Anlieferung per Gabelstapler oder fahrerlosem Transportsystem werden GLT direkt angeliefert. Der Milkrun-Zug stellt Trollies bereit, auf denen sich die GLT befinden. Verschiedene Einflussfaktoren wie Gewicht oder Höhenvariabilität spielen je nach Logistikkonzept eine Rolle zur Auslegung der Bereitstellungspunkte. Die Anlieferung an die Anlage stellt daher hohe Anforderungen an die Planung, um den Arbeitsfluss ergonomisch und gleichzeitig prozessoptimal zu erhalten.

Zuführung in die Anlage

Die Materialzuführung ist ein weiteres Einflusskriterium für die Materialbereitstellung. Die Bauteile können der Anlage manuell, automatisiert oder auch per Mensch-Roboter-Kollaboration zugeführt werden. Aufgrund der Variabilität müssen die Bereitstellungskonzepte bei manueller Anlieferung und Entnahme dafür ausgelegt sein, dass sie bei einer Automatisierung leicht umgebaut werden können. Hierfür ist zum Beispiel eine fixe Positionierung der Behälter erforderlich.

Behälterart

Je nach Lieferant und Standort des Lieferanten wird das Material unterschiedlich angeliefert (z.Bsp. Grossladungsträger, Euro Palette oder ISO Palette). In weiterer Folge haben auch die Kleinladungsträger, die sich auf den Paletten befinden, unterschiedliche Abmessungen und Behältermaterialien. Die Kleinteilbehälter können Einwegverpackungen (z.Bsp. Kartonage) oder Mehrwegverpackungen (z.Bsp. Kunststoff) sein. Der Idealzustand ist, dass das Material nach der Anlieferung im Unternehmen direkt an die Montageanlage gebracht und verbaut werden kann. In der Realität jedoch muss das Material nach der Anlieferung im Unternehmen umgepackt werden, um es in der richtigen Menge und dem richtigen Behältnis an der Anlage bereitzustellen. Das Umpacken bedeutet einen weiteren unnötigen, nicht wertschöpfenden Arbeitsprozess, den es zu vermeiden gilt.

Grösse der Bauteile und Packdichte

Die Grösse der Bauteile hat einen enormen Einfluss auf die Materialzuführung. Kleinteile werden oft als Schüttgut angeliefert, was für Automatisierung die Forderung einer Vorsortierung oder einer Positions- und Lageerkennung hervorruft. Für die manuelle Materialzuführung wird das Schüttgut meist in Puffern bereitgestellt, teilweise muss es jedoch auch vereinzelt werden. Kleinteile, die sich ineinander verhaken, können auch ein Risiko in der Materialzuführung darstellen, wenn sie dadurch beispielsweise das Materialbereitstellungssystem blockieren oder verstopfen. Grosse Bauteile werden oft vereinzelt, teilweise auch in Tiefziehfolien ausgerichtet angeliefert und stellen damit meist keinen zusätzlichen Aufwand der Sortierung und Vereinzlung für eine Automatisierung dar. Die Packdichte stellt einen Einflussfaktor dar, der die Autonomie der Materialbereitstellung beeinflusst. Die Bereitstellung muss so ausgelegt werden, dass eine vernünftige Anzahl an Bauteilen und ein entsprechendes Logistikzeitfenster vorhanden sind.

Empfindlichkeit der Bauteile

Die Empfindlichkeit der Bauteile ist ein entscheidender Faktor für die Auswahl der Materialzuführung. Kleinteile, die in einem Behältnis ungeordnet angeliefert werden, jedoch sehr empfindlich in Bezug auf Oberflächenbeschädigungen sind, dürfen beispielsweise nicht einfach in einen Zwischenpuffer geschüttet werden. Dasselbe gilt für Magnete, die gestapelt in Rohren angeliefert werden, da der magnetische Fluss durch das Ausleeren gestört werden kann. Für eine Automatisierung spielt die Empfindlichkeit auch eine sehr grosse Rolle. Die Kraft von Greifern sowie die Geschwindigkeiten und Beschleunigungen von Robotern müssen auf die Bauteile abgestimmt sein und dürfen diese keinesfalls beschädigen.

Elektrostatistische Entladung (ESD)

Ein weiterer Faktor ist die elektrostatistische Entladung bei Bauteilen wie Elektromotoren, Lenkschlösser und Sensoren. Diese Entladung ist ein Funke, der durch grosse Potentialdifferenz entsteht und für kurze Zeit einen hohen elektrischen Stromimpuls verursacht. In einem elektrischen Gerät können dadurch Komponenten beschädigt werden. Durch den ESD-Schutz kann die elektrische Entladung vermieden werden. Einzelne Punkte des ESD-Schutzes sind das Tragen von ESD-gerechter Kleidung und Handschuhen, die Anlieferung des Materials in Kunststoffbehältern, Bauteilmontage in ESD-Schutzzonen sowie ESD-gerechte Arbeitsoberflächen und Fussbodenbeläge ([BOR16], S.193). Diese Schutzmassnahmen beeinflussen die Arbeitsplatzgestaltung und die Platzverfügbarkeit der Handarbeitsplätze enorm.

3.2 Der Anlagenbeschaffungsprozess im Rahmen des mechatronischen Produktlebenszyklus der tk steering

Der mechatronische Produktlebenszyklus der tk steering besteht in Anlehnung an den allgemeinen Anlagenbeschaffungsprozess, der in Kap. 2.2.6 beschrieben ist, aus den folgenden vier Phasen:

- Konzeptions- und Angebotsphase
- Prototypenphase
- Vorserienphase
- Serienphase

Abb. 13 stellt den mechatronischen Produktlebenszyklus der tk steering dar. Im Gegensatz zum im Kap. 2.2.6 beschriebenen allgemeinen Anlagenbeschaffungsprozess wird bei der tk steering neben der Beschaffung auch die Inbetriebnahme berücksichtigt. Zudem unterscheidet sich die Zuteilung der Aufgaben in die jeweiligen Phasen.

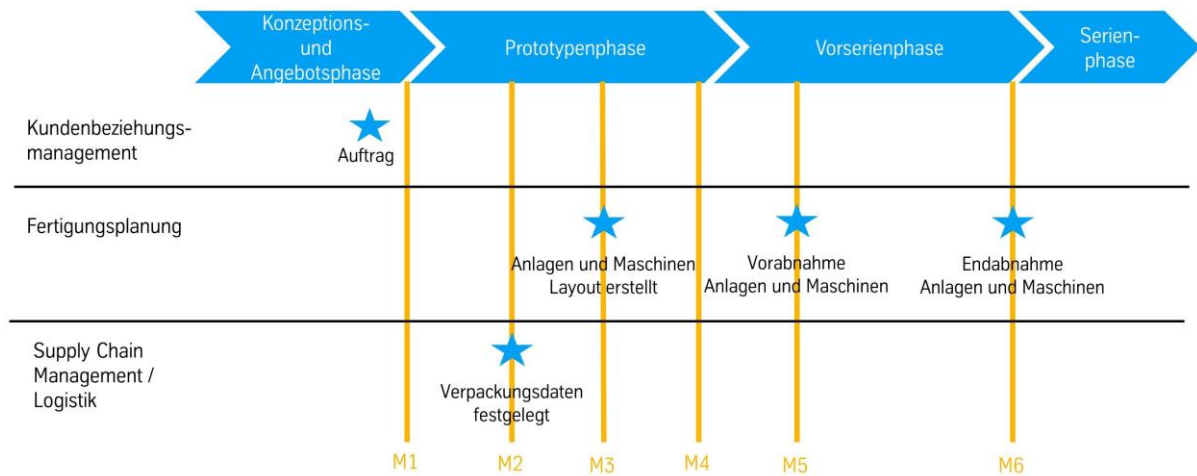


Abb. 13: Mechatronischer Produktlebenszyklus der tk steering mit Meilensteinen

Nach der abgeschlossenen Konzeptions- und Angebotsphase liegt im Unternehmen ein unterschriebener Auftrag zur Fertigung einer Produktserie vor. Der Zeitpunkt, an dem der Auftrag vorliegt, dient als **erster Meilenstein**, in dem ein Abteilungsübergreifendes Regelmeeting stattfindet und ist gleichzeitig der Projektanstoß für die Fertigungsplanung.

Die Prototypenphase enthält drei weitere Meilensteine. Der **zweite Meilenstein** dient der Festlegung der Verpackungsdaten durch die Logistik. Mit den erhaltenen Verpackungsdaten stimmt die Fertigungsplanung zusammen mit der Logistik und dem gewählten Anlagenbauer das Anlagen- und Maschinenlayout darauf ab. Zum Zeitpunkt des **dritten Meilensteins** sind alle Logistik-Parameter bereits definiert und das erste Anlagen- und Maschinenlayout erstellt. Der **vierte Meilenstein** bedeutet den Abschluss der Prototypenphase.

Der **fünfte Meilenstein** schreibt den Zeitpunkt vor, an dem die Maschinen und Anlagen zusammen mit dem gewählten Anlagenbauer vorabgenommen sein muss. Die Vorabnahme wird genutzt, um die Funktionsweisen und Aufteilungen der Materialzuführungen und der Handarbeitsplätze zu definieren. Der Meilenstein bildet den Beginn der Vorserienphase. Der **sechste Meilenstein** der Vorserienphase sieht die Endabnahme der Maschinen und Anlagen vor. Anschließend zur Endabnahme beginnt die Serienphase. Der Einstieg in die Serienphase bedeutet den Anstoß der Grossserienproduktion.

3.3 Einfluss der Logistik auf den Anlagenbeschaffungsprozess

In Abhängigkeit vom jeweiligen Projekt nimmt der Einfluss, den die Logistik auf den Anlagenbeschaffungsprozess hat, einen unterschiedlich hohen Stellenwert ein. Da die Logistik erst mit dem zweiten Meilenstein in das erste Regelmeeting miteinbezogen wird, ist es nicht möglich, dass alle Verpackungsdaten der Lieferanten schon bis zum dritten Meilenstein definiert sind. Die fehlenden Verpackungsdaten werden zur Erstellung des ersten Anlagen- und Maschinenlayout basierend auf Referenzprojekten abgeschätzt. Dadurch wird teilweise zu wenig Platz für die Materialbereitstellung an den Anlagen vorgesehen. Der Konflikt der Fertigungsplanung bei der Erstellung des Anlagen- und Maschinenlayouts besteht darin, dass diese so platzsparend wie möglich sein muss, da der Platz in den Werken beschränkt ist, die Logistik jedoch so viel Platz wie möglich benötigt, um das Material auf effiziente Art und Weise bereitzustellen.

Eine Planung der Materialbereitstellungspunkte ist im mechatronischen Produktlebenszyklus nicht explizit vorhanden, was jedoch zwischen dem zweiten und dritten Meilenstein sinnvoll wäre. Das Logistik und Verpackungs Kick-Off sollte schon zwischen dem ersten und dem zweiten Meilenstein erfolgen, um ein grösseres Zeitfenster für die Beschaffung der Verpackungsdaten zu schaffen.

3.4 Definition verschiedener Anlieferzustände und Bereitstellung von Komponenten

An den verschiedenen Modulen der Montageanlagen der tk steering kommen aktuell unterschiedliche Materialbereitstellungskonzepte zum Einsatz. Diese Konzepte lassen sich nach der Art der Anlieferung an die Montageanlage unterscheiden. Die Verpackungen, die an die Anlage angeliefert werden, sind allgemein in die drei Gruppen unterteilt: **Grossladungsträger**, **Paletten** und **Kleinladungsträger** ([LOC16], S.207).

Die **Grossladungsträger** dienen der Lagerung von grossen Bauteilen. Die Grundflächenabmessungen von Grossladungsträger für die Automobilindustrie sind im Allgemeinen genormt. Diese Normierung ist ein wichtiger Einflussfaktor, der die gesamten Logistikprozesse erleichtert. Aufgrund der weltweiten Präsenz der tk steering und der damit verbundenen Anzahl von unterschiedlichen Unterlieferanten ist die vollständige Normierung aller Grossladungsträger jedoch

nicht gegeben. Grossladungsträger sind im Normalfall stapelbar und mit einem Gabelstapler unterfahrbar. Sie bestehen aus Kunststoff, Holz und/oder Metall ([LOC16], S.207).

Paletten – in der tk steering ebenfalls als Grossladungsträger bezeichnet – dienen zum Transport und der Bündelung von grossen und schweren Bauteilen, die meist stapelbar sind. Bei Stapelung mehrerer Schichten wird zur Anordnung und Trennung der Bauteile oft Tiefziehfolie aus Kunststoff verwendet. Meist haben Paletten ebenfalls Normabmessungen, die die Logistikprozesse erheblich erleichtern. Paletten bestehen meist aus Holz, werden teilweise aber auch aus Kunststoff gefertigt. Dies ist speziell für Produktionen mit erhöhten Sauberkeitsanforderungen relevant. ([LOC16], S.207).

Kleinladungsträger dienen meist als Verpackungseinheit von kleinen Bauteilen und werden in Grossladungsträgern bzw. auf Paletten gelagert und transportiert. Kleinladungsträger sind aufgrund der unterschiedlichen Lieferanten – Lokal und Übersee – als Mehrwegverpackungen aus Kunststoff sowie auch als Einwegverpackungen aus Kartonage ausgeführt ([LOC16], S.208). Die Ausführungen als Einweg- und Mehrwegverpackungen werden in der tk steering jeweils als Kleinladungsträger bezeichnet.

Bauteile können mittels Grossladungsträger oder Kleinladungsträger an die Anlage angeliefert werden. Die Anforderungen, wie die Bauteile in den Ladungsträgern positioniert sind werden hauptsächlich durch qualitative Eigenschaften der Bauteile – Kratzer, Gewinde, Passflächen, Gewicht, etc. – festgelegt. Aufgrund der Anforderungen an die Bauteile ist die Positionierung in den Ladungsträgern in drei Kategorien unterteilt:

- geschüttet (nur bei Kleinladungsträgern)
- lagenweise
- in Tiefziehfolien ausgerichtet (nur bei Grossladungsträgern)

Abb. 14 stellt die verschiedenen Arten von Ladungsträgern in Anlehnung an das Werk „Transport- und Lagerlogistik“ von Heinrich Martin dar. Die Arten der Ladungsträger sind der Anordnung der Bauteile auf den Ladungsträgern gegenüber gestellt und die in der vorliegenden Arbeit betrachteten Ausführungen sind mit einem Kreuz gekennzeichnet. Zur Vollständigkeit, wie in der Behälterklassifizierung von [HEI16] beschrieben, sind in der Abbildung auch Container angeführt, in denen Paletten und Grossladungsträger zum Werk angeliefert werden.

Die Betrachtung der Anlieferungszustände, die mittels Kreuz markiert sind liegt im Fokus der vorliegenden Arbeit, da diese in der tk steering auftreten. Bauteile, die im Kleinladungsträger angeliefert werden und keine hohen qualitativen Anforderungen besitzen, werden im Normalfall als Schüttgut angeliefert. Bei höheren qualitativen Anforderungen wird auf die lagenweise Anordnung verzichtet. Diese Kleinladungsträger werden stattdessen mit Tiefziehfolien, die die ausgerichteten Bauteile enthalten, befüllt. Grossladungsträger hingegen sind in der tk steering nur im Bereich der Massivumformung und in weiterer Folge dem Verbau der Komponenten in Lenkungsbaugruppen mit Schüttgut befüllt. Der Betrachtungsbereich der vorliegenden Arbeit begrenzt sich deshalb auf Grossladungsträger, die lagenweise bzw. mit Tiefziehfolien befüllt sind.

Die Materialbereitstellungskonzepte an der Montageanlage hängen von den einzelnen Kategorien des Anlieferungszustands ab. Kleinladungsträger, die mit Schüttgut gefüllt sind, können meist an der Montageanlage beispielsweise in eine Materialrutsche gekippt werden, aus der die Bauteile entnommen und der Anlage zugeführt werden. Wenn sich die Bauteile im Kleinladungsträger in Tiefziehfolien ausgerichtet befinden, kann dieser nicht in eine Materialrutsche gekippt werden, sondern muss beispielsweise durch Regale oder Rutschen für Kleinladungsträger an der Anlage bereit gestellt werden.

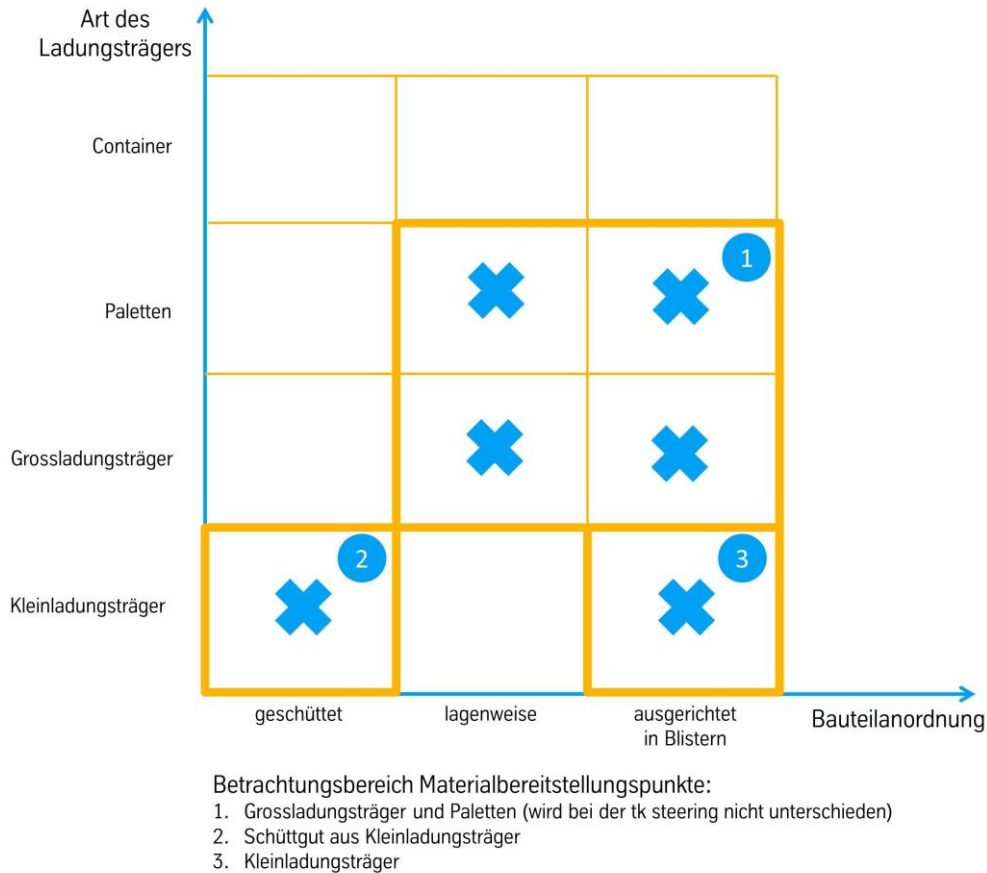


Abb. 14: Unterscheidung der Ladungsträger (in Anlehnung an [HEI16])

Lagenweise Bauteilanordnung im Grossladungsträger bedeutet, dass die Bauteile in mehreren Lagen nebeneinander ausgerichtet sind. Die Lagen sind meist mit Kunststoffschichten voneinander getrennt. Eine weitere Ausführung des Anlieferungszustands ist, wenn sich die Bauteile nicht lagenweise, sondern in Tiefziehfolien ausgerichtet im Grossladungsträger befinden. Dieser Anlieferungszustand ist der teuerste, eignet sich jedoch am besten für eine automatisierte Entnahme mittels Roboter.

3.5 Bereitstellungskonzepte an den Montageanlagen der tk steering

Eine Montageanlage setzt sich aus mehreren Modulen zusammen. Ein solches Modul kann ein Handarbeitsplatz, eine vollautomatische Montagestufe oder ein sich nicht in der geschlossenen Kette befindlicher Vormontageplatz sein. Einzelne Module verschiedener Montageanlagen können je nach Produktreihen – teilweise mit denselben Bauteilen – ähnliche Funktionen erfüllen. Eine unternehmensinterne Analyse von Montageanlagen in verschiedenen Werken ergab, dass Module mit den gleichen oder ähnlichen Bauteilen und Funktionen mit unterschiedlichsten Ma-

terialbereitstellungskonzepten ausgelegt sind. In Anbetracht dessen ist die Standardisierung der Anlagenbereitstellung ein Zustand, den die tk steering erreichen möchte.

3.5.1 Bereitstellung von Grossladungsträgern (GLT) in der tk steering

GLT werden in den Werken der tk steering mittels fahrerlosen Transportsystemen, Gabelstaplern und Milkrun-Zügen zu den Modulen der Montageanlagen befördert. An den Modulen bereitgestellt, ist das Handling der GLT je nach Werk und Montageanlage unterschiedlich gelöst. Ein unternehmensweiter Standard existiert bislang noch nicht. Während dem Arbeiter am Modul, beispielsweise in Frankreich, die GLT häufig mittels Drehtischen, die eine grosse Fläche benötigen, zur Verfügung stehen, bedient sich das Werk in Mexiko häufig an Trolleys. Abb. 15 stellt einige Konzepte dar, die in den verschiedenen Werken verwendet werden, um den Arbeitern die GLT an den Modulen bereitzustellen.



Abb. 15: Übersicht der Bereitstellung von GLT an den Modulen der Montageanlagen der tk steering

3.5.2 Bereitstellung von Kleinladungsträgern (KLT) in der tk steering

Die Bereitstellung der KLT an den Modulen der Montageanlagen ist häufig mittels Regalen oder Plattformen zur Entnahme der Bauteile realisiert. Die Regale, wie zum Beispiel in Abb. 16 ersichtlich, sind nicht immer optimal an die Abmessungen der KLT angepasst, was den Arbeitsfluss des Anlagenbedieners negativ beeinflussen kann. Diese Abweichungen können teils auf ungenaue Informationen in der Planungsphase zurückgeführt werden. Die Standardisierung und Optimierung der KLT-Bereitstellung stellt ebenfalls ein sehr hohes Potential der Kosteneinsparung dar.

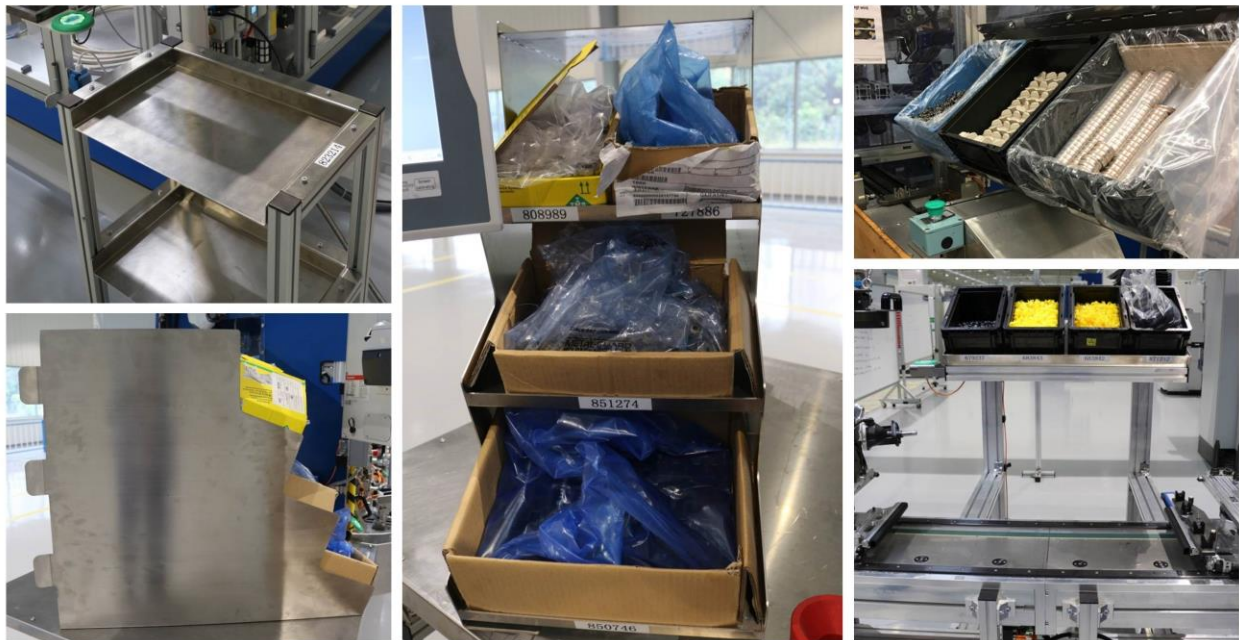


Abb. 16: Übersicht der Bereitstellung von KLT an den Modulen der Montageanlagen der tk steering

3.5.3 Bereitstellung von Schüttgutkomponenten in der tk steering

Schüttgutkomponenten werden in der tk steering hauptsächlich mit zugekauften Materialrutschen bereitgestellt. Materialrutschen sind einfache Stetigförderer, die nach dem Prinzip der Schwerkraft arbeiten. Wenn sie ergonomisch optimal angeordnet und der Behälter ohne zusätzlichen Aufwand in die Rutsche hineingekippt werden kann bietet diese Variante der Bereitstellung eine Erleichterung für den Arbeiter und den Anlagenlogistiker. Die in Abb. 17 dargestellten Materialrutschen, verwendet für Schrauben, Muttern und Sicherungsringe sind für den Anlagenlogistiker nicht optimal gestaltet, weil die Einfüllöffnungen zu klein sind. Durch die Anbringung eines Einfüllstutzens am Ende der Rutschen, wie in der rechten Darstellung ersichtlich kann beispielsweise das Einfüllen des Schüttguts vereinfacht und beschleunigt werden. Ein weiterer Kritikpunkt ist,

dass der Füllstand der Rutschen nicht ersichtlich ist, da es sich um geschlossene Aluminiumprofile handelt. Diese Konzepte können um einen hohen Grad optimiert werden.



Abb. 17: Übersicht der Bereitstellung von Schüttgut an den Modulen der Montageanlagen der tk steering

3.5.4 Vereinzlung von Komponenten in der tk steering

An den Modulen der Montageanlagen existieren verschiedenste Vereinzlungen für ausgewählte Bauteile. Vereinzlungen machen einerseits bei Bauteilen, die klein sind und verhaken können Sinn, andererseits bei sehr grossen Bauteilen, bei denen aus Platzgründen keine GLT an das Modul angeliefert werden können. Die Vereinzlung von grossen Bauteilen findet bei den Lean Lines Anwendung. Sehr effiziente Bereitstellungskonzepte sind zum Beispiel in Abb. 18 in der oberen Bilderreihe ersichtlich. Diese drei Konzepte für Kugellager, Magnete und Sicherungsringe stellen Sonderanforderungen an das Packaging der Lieferanten, damit die Zuführungen ohne wesentlichen Zusatzaufwand nachfüllbar sind. In der unteren Bilderreihe der Abb. 18 sind weitere Konzepte dargestellt. Die seitlichen zwei Bereitstellungskonzepte erfordern ein hohes Mass an Zusatzhandlung, um die Bauteile geordnet in die Zuführungen einzulegen. Nichtsdestotrotz müssen diese Konzepte an den Lean Lines verwendet werden. Die Verringerung von zusätzlichem Aufwand des Logistikers zur Vereinzlung der Bauteile stellt ein hohes Verbesserungspotential dar. Im mittleren Bild der unteren Bilderreihe ist ein Wendelförderer zu erkennen. Wendelförderer werden zur Vereinzlung von Kleinteilen hauptsächlich in Hochlohnländern bei bereits vollautomatisierten Montageanlagen verwendet.



Abb. 18: Übersicht der Vereinzelung von Bauteilen an den Modulen der Montageanlagen der tk steering

4 Gestaltung und Auswertung des Fragebogens

Zur internen Analyse der Ist-Situation und Ideenfindung für zukünftige Konzepte wurde ein Fragebogen ausgearbeitet. Die Interviews dienten auch dazu, Supply Chain Development, die Fertigungsplanung sowie die Werkskoordination der tk steering auf die Standardisierung in der Materialzuführung aufmerksam zu machen und Informationen zu gewinnen.

4.1 Ziele und Mehrwert des Fragebogens

Die Hauptziele des Fragebogens lagen in der Informationsgewinnung und dem Erfahrungsaustausch. Als zusätzlicher Mehrwert des Fragebogens ergab sich die unternehmensinterne Bekanntmachung und Vorstellung der Thematik der vorliegenden Arbeit. Durch Experteninterviews mit Projektleitern der Anlagenbeschaffung wurden diese auf die Erstellung von zukünftigen Standards in der Materialbereitstellung aufmerksam gemacht, was sich auf die spätere Verbreitung und Verwendung der standardisierten Materialbereitstellungskonzepte positiv auswirken kann.

4.2 Design

Aufgrund der durchgeführten Analyse der tk steering wurden einige Fragen bezüglich der Organisation und der internen Planung formuliert. Der Fragebogen umfasst 20 Fragen, welche im Anhang dargestellt sind. Die Fragen sind in folgende vier Untergruppen eingeteilt, welche jeweils einen Einfluss auf die Materialzuführung der Montageanlagen haben:

- Prozess

Hierbei wurden allgemeine Fragen in Bezug auf den Anlagenplanungsprozess gestellt. Die Fragen dienten sowohl der Informationssammlung, als auch der Gestaltung einer lockeren Einleitung für des Interviews.

- Packaging

Der Unterpunkt „Packaging“ befasst sich mit Verpackungsdaten wie Grösse, Material, usw., sowie mit Kriterien, wie Verpackungen ausgelegt werden müssen.

- Materialbereitstellung

Die Materialbereitstellung ist das Kernthema der vorliegenden Arbeit. Die gestellten Fragen handelten von der derzeitigen Situation sowie den Anforderungen der Projektleiter an die Auslegung von zukünftigen Materialbereitstellungspunkten.

- Materialzuführung

Die Fragen, die zur Materialzuführung gestellt wurden, handelten ebenfalls von der derzeitigen Situation im Bezug darauf, wie automatisiert die Materialzuführungen sind. Ebenso wurde abgefragt, inwiefern eine weitere Automatisierung in Hoch- bzw. Niederlohnländern Sinn macht.

4.3 Durchführung

Zur Durchführung der Experteninterviews wurden einige Fachleute der tk steering aus den Abteilungen der Fertigungsplanung, Supply Chain Development sowie Werkskoordination im Zuständigkeitsbereich verschiedener Werke und Baugruppen befragt. Die Interviews wurden mit vorliegendem Fragebogen (siehe Anhang) durchgeführt, der die Struktur des Interviews vorgab.

4.4 Auswertung

Der Fragebogen umfasst 20 Fragen zum Anlagenplanungsprozess im Allgemeinen, den Verpackungen der Materialien, der Materialbereitstellung und schlussendlich der Materialzuführung. In Folge ist eine zusammengefasste Auswertung der internen Experteninterviews, unterteilt nach Bereichen, ersichtlich.

4.4.1 Prozess

Zur Standardisierung der Technologie und deren Anwendungsfälle sind die Aussagen eindeutig – die Standardisierung spielt in der tk steering eine wichtige Rolle. Als Vorteile der Standardisierung zählen:

- bessere Automatisierbarkeit,
- einheitlichere Bauweisen und
- hohes Potential zur Kostensenkung und Prozessoptimierung, insbesondere in der Planungsphase

Aus dem Fragebogen ergab sich die Erkenntnis, dass die Zusammenarbeit der verschiedenen Bereiche im Unternehmen während der Anlagenplanungsphase allgemein als „eher nicht ausreichend“ und „verbesserungswürdig“ erachtet wird. Abteilungsübergreifende Regelmeetings sind standardmässig eingeplant, der Schnittstelle mit der Logistik wird derzeit in der Anlagenplanungsphase jedoch nicht immer die benötigte Betrachtung geschenkt. Speziell die Schnittstelle der Materialbereitstellung wird laut den befragten Personen im Anlagenplanungsprozess zu wenig beachtet.

4.4.2 Verpackung

Laut Experteninterviews werden die Verpackungen des Materials in Abstimmung mit dem Lieferanten bestimmt. Die Anlieferung der Bauteile an die Montageanlagen erfordert jedoch trotzdem in manchen Fällen das Umpacken in Mehrwegladungsträger. Das Umpacken ist eine „nicht wertschöpfende Tätigkeit und muss deshalb vermieden werden.

Die Verpackungen der angelieferten Bauteile haben sehr unterschiedliche Abmessungen. Die Analyse ergab folgende zusätzlichen Einflussfaktoren der Verpackungen und Materialeinteilung an die Anlagenplanung:

- Greifbereiche / -zonen für eine Automatisierung
- Art der Greifer, die verwendet werden können
- Beschleunigungen und Kräfte, die auf das Bauteil ausgeübt werden dürfen
- Angaben bezüglich Handlingsbelastungen
- Zugänglichkeit und Tiefe der Paletten

Aus all den erwähnten Punkten wird die zukünftige Auslegung der Verpackungen mit dem Schwerpunkt der Automatisierbarkeit mit der höchsten Priorität angesehen.

Für das Verständnis der folgenden zwei Punkte ist es essentiell den Unterschied der Betrachtung der Materialbereitstellung und der Materialzuführung in der vorliegenden Arbeit zu kennen. Die Definitionen sind in Kap. 2.1.3 – „Materialbereitstellung“ vs. „Materialzuführung“ – ersichtlich.

4.4.3 Materialbereitstellung

Die Materialbereitstellung in der tk steering erfolgt zur Zeit grösstenteils manuell. Nach Information der Experten durchläuft das Werk in Frankreich derzeit eine Umstellung auf Materialbereit-

stellung mittels fahrerlosen Gabelstaplern. Das Projekt hat einige Herausforderungen aufgedeckt, die aufgrund der unterschiedlichen Abmessungen und Konzepte der Materialbereitstellung entstanden sind. Diese mussten angepasst und optimiert werden. Auch das Werk in den Vereinigten Staaten hat begonnen, auf Basis der Erfahrungen aus Frankreich die Umstellung auf autonome Gabelstapler durchzuführen.

In Hochlohnländern kann eine völlige Automatisierung aufgrund der Einsparungen rentabel sein. Die Rentabilität der völligen Automatisierung in Niederlohnländern ist im Jahr 2016 nicht vorhanden. Dennoch wird die Automatisierung aus anderen Gründen, wie zum Beispiel der Qualität der logistischen Prozesse, in den Niederlohnländern vorangetrieben.

An den Anlagen wird, laut Experten, durch Typenerkennung (meist taktil, selten mit Vision-Systemen) das Einlegen falscher Bauteile erkannt und verhindert. Die Abfrage ist teilweise durch eine doppelte Kontrolle sicherzustellen. Ein Konzept für die 100-prozentige Absicherung der Logistik, wodurch sicher gestellt wird, dass immer das richtige Bauteil an die Maschine angeliefert wird, stellt sehr grosse Herausforderungen und Risiken dar. Die Absicherung bereits in der Logistik würde an Montageanlagen wesentliche Kosteneinsparungen bedeuten.

Die Bereitstellungspunkte des Materials an der Anlage werden in der Anlagenplanungsphase einer neuen Montageanlage nicht mit einem Anlagenbediener abgesprochen, jedoch die Anforderungen aufgrund von „Lessons Learned“ aus Vorprojekten berücksichtigt. Bei Nachbauten von bestimmten Anlagen gibt es Regelmeetings mit den Bedienern, um die Arbeitsplätze bereits in der Planungsphase basierend auf Erfahrungswerten aus der Praxis optimal zu gestalten.

4.4.4 Materialzuführung

Auch die Materialzuführung erfolgt in der tk steering derzeit noch grossteils manuell. In wenigen Fällen erfolgt diese in Hochlohnländern automatisiert, in den Niederlohnländern nahezu gar nicht. Die Unternehmensvision – bezogen auf die Materialzuführung – ist laut den Experten eine komplette Automatisierung, jedoch in kleinen Schritten. Die Arbeiter an den Handhabungsplätzen der Anlage müssen sich im Normalfall nicht mit Logistiktätigkeiten wie zum Beispiel Paletten-Handling oder umpacken befassen. Die Werke beschäftigen dafür Linienlogistiker, die nicht in den Arbeitsfluss des Anlagenbedieners eingreifen. Die Experten sind sich einig darin, dass eine zunehmende Standardisierung der Materialzuführung und der Handarbeitsplätze sinn-

voll ist, da schon in der Anlagenplanungsphase ein sehr hohes Potential der damit verbundenen Kosteneinsparung verborgen liegt. Die Nacharbeiten und das Ausmass der Optimierungen der Handarbeitsplätze nach Inbetriebnahme der Montageanlagen kann durch die Standardisierung ebenfalls gesenkt werden.

5 Soll – Situation bei der tk steering

Das Investitionsvolumen für eine Anlage wird im Rahmen einer Investitionsrechnung insbesondere auf Basis der zu produzierenden Volumen berechnet. Daher lässt es sich aus Rentabilitätsgründen nicht bei allen Montageanlagen vereinbaren, eine Automatisierung der Materialzuführung zu gestalten. Des Weiteren ist es im Rahmen der Unternehmensstrategie und der Unterscheidung zwischen Hoch- und Niederlohnländern nicht immer sinnvoll eine vollständige Automatisierung voranzutreiben. Die Konzepte des Katalogs werden in folgende drei Hauptkategorien eingeteilt:

- Materialbereitstellungskonzepte mit manueller Materialzuführung
- Materialbereitstellungskonzepte mit manueller Materialzuführung mit Möglichkeit zur späteren Automatisierung
- Materialbereitstellungskonzepte mit automatisierter Materialzuführung

Die Materialbereitstellungskonzepte hängen von den in Kap. 3.1 – Einflussfaktoren auf die Materialbereitstellung – genannten Einflüssen ab. Bei der Auslegung der einzelnen Konzepte wurden stets die durch die Experteninterviews erhaltenen Informationen mit einbezogen. Es wurde versucht, auf alle Abteilungen der verschiedenen Unternehmenssparten gleichermassen einzugehen.

5.1 Fokus der Arbeit

Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt in der Ausarbeitung von Materialbereitstellungskonzepten an der Anlage. Dabei wird der Warenanlieferungsprozess vom Werkseingang bis zur Anlieferung am Bereitstellungspunkt sowie der Rücktransport ins Lager nicht betrachtet. Die Hauptunterscheidung der Konzepte liegt in der Art der Anlieferung:

- Bauteile im Kleinladungsträger
- Bauteile im Grossladungsträger

Neben dieser Unterscheidung werden die Einflussfaktoren „Empfindlichkeit der Bauteile“ und „ESD-Schutz“ betrachtet. Beide Einflussfaktoren haben einen sehr grossen Einfluss auf die Anlieferung der Bauteile. Je nach Empfindlichkeit und Grösse der Bauteile werden diese in Gross- bzw. Kleinladungsträger als Schüttgut, geordnet oder ausgerichtet angeliefert (siehe Kap. 3.3). Der ESD-Schutz beeinflusst das Verpackungsmaterial und dementsprechend auch das zu ver-

wendende Material für die Materialbereitstellung. Materialbereitstellungskonzepte für Bauteile, die selbst keine ESD-Anforderungen besitzen, jedoch am selben Modul eingebaut werden, wie ein ESD-Bauteil, müssen ebenfalls ESD tauglich ausgelegt sein. Die Konzepte dieser Arbeit wurden unter Einhaltung dieser Haupteinflussfaktoren ausgelegt.

5.2 Anforderungen

Die Anforderungen an die Materialbereitstellungskonzepte wurden zusammen mit Fertigungsplanung und Logistik ausgearbeitet. Folgende Bewertungsmatrix veranschaulicht die verschiedenen Anforderungen mit den jeweiligen Soll-Zuständen. Die Konzepte wurden anhand dieser Anforderungen eingestuft und im Kap. 5.5 bewertet. Einige Anforderungen sind im Stadium der Konzeptfindung quantitativ noch nicht bewertbar, weshalb die Bewertung eine qualitativ ist.

Kurzz.	Kategorie	Soll-Zustand
A1	Anlagenautonomie	Die Autonomie einer Montageanlage hängt von der Taktzeit der Anlage und von der Menge an Bauteilen ab, die an dem Bereitstellungspunkt vorrätig sind. Die Autonomie sollte möglichst gross sein, wobei es nicht sinnvoll ist, so viele Bauteile wie möglich am Modul zu lagern, sondern abhängig von der Taktzeit und Variantenvielfalt eine sinnvolle Anzahl zu berechnen.
A2	Automatisierbarkeit Materialzuführung	Eine allfällige Automatisierbarkeit der Materialzuführung sollte bei allen Konzepten gegeben sein. Bewertet wird der Aufwand, der betrieben werden muss, um eine Automatisierung der Materialzuführung mit den einzelnen Bereitstellungskonzepten umzusetzen.
A3	Automatisierbarkeit Warenanlieferung (AGV)	Die Automatisierbarkeit der Warenanlieferung an die Materialbereitstellungspunkte durch AGV, automatisierter Milkrun-Zug, etc. und die konstruktive Gestaltbarkeit der Materialbereitstellung für die Automatisierung wird hierbei bewertet.

A4	Baukastensystem oder Sonderanfertigung	Die Komplexität der Bereitstellungskonzepte und die verschiedenen Bauteile, die benötigt werden geben Aufschluss darüber, inwieweit es sich um ein Baukastensystem oder eine Sonderanfertigung handelt. Die kostenoptimale Lösung ist im Normalfall ein Baukastensystem.
A5	Ergonomie	Ziel ist es, Material so am Modul anzuordnen, dass ergonomische und taktzeitoptimale Entnahme durch den Werker möglich ist. Dabei sind Logistiktätigkeiten durch den Anlagenbediener (zum Beispiel manueller Wechsel von GLT) zu beseitigen bzw. auf ein Minimum zu reduzieren.
A6	Kosten	Beim direkten Konzeptvergleich spielen die Kosten eines Bereitstellungskonzeptes eine Teilrolle – je günstiger desto besser. Die endgültige Entscheidung basiert jedoch nicht rein auf den Kosten, da andere Einflussfaktoren wie beispielsweise die Ergonomie vorrangig sind. Das heisst, dass schlussendlich nicht unbedingt das preisgünstigste Konzept optimal ist.
A7	Platzbedarf	Der Platzbedarf an den Modulen der Montageanlagen ist durch das Hallenlayout begrenzt. Im optimalen Fall wird exakt die benötigte Menge an Bauteilen, um ein ausgelegtes Logistikzeitfenster in Abhängigkeit der Anlagentaktzeit sicherzustellen, an den Modulen bereitgestellt.
A8	Reinheit und ESD	Die Reinheits- und ESD-Anforderungen sind im Stadium der Konzeptfindung nur sehr schwer zu bewerten. In Punkto Reinheit spielt der Anlieferungszustand der Bauteile eine wesentliche Rolle, die vor allem die Schüttgutkonzepte betreffen. Die ESD-Anforderungen können durch die richtige Materialwahl in der Konstruktionsphase erfüllt werden.

A9	Robustheit und Verschleiss	Die Robustheit und der Verschleiss der Materialbereitstellungskonzepte hängen stark von den gewählten Materialien ab. Da die Materialien im Stadium der Konzeptfindung noch nicht definiert sind, ist es nicht möglich, diese Bewertung bereits durchzuführen.
A10	Variantenteile	Die Montageanlagen verarbeiten unterschiedliche Produktgruppen, für die teils unterschiedlichen Varianten der Bauteile verbaut werden. Die Bereitstellung der verschiedenen Varianten an den Modulen muss berücksichtigt sein. Diese Berücksichtigung muss (in Abhängigkeit von Behältergrösse und Variantenzahl) über die ständige Bereitstellung aller Varianten oder einer sofortigen Entleerbarkeit und neuen Befüllung des Bereitstellungspunkt erfolgen. Dabei muss Verwechslungsgefahr vermieden werden.

Tab. 1: Anforderungen an die Materialbereitstellung

5.3 Vorgehensweise

Das Vorgehen der Konzeptfindung basierte grösstenteils auf „Best Practice“. Das bedeutet, dass bestehende Materialbereitstellungskonzepte analysiert und anschliessend verbesserte Konzepte ausgearbeitet wurden. Der Vorteil von diesem Vorgehen liegt in der Verwendbarkeit vorheriger Erfahrungen. Nur zum Teil wurden komplett neuartige Konzepte ausgearbeitet.

5.4 Konzeptfindung

Die ausgelegten Konzepte arbeiten auf elektrischer oder elektromagnetischer Funktionsbasis. Hydraulische Systeme, bei denen die Funktionsweise auf Öl basiert, erfordern zusätzliche Aggregate in den Werkshallen. Pneumatische Systeme arbeiten mit Druckluft als Medium. Druckluft ist in den Werkshallen sehr wohl vorhanden, jedoch ist diese, mitsamt der Installation der Versorgung der Module, als teure Ressource anzusehen.

Im Vorfeld an die Konzeptfindung der Zuführungen wurden die Komponenten der unterschiedlichen Baugruppen klassifiziert. Aus bestehenden Verpackungsdaten konnten die derzeitigen Anlieferungszustände und Verpackungsdaten herausgelesen werden. Da die Werke je nach Standort

von unterschiedlichen Lieferanten (lokal / Übersee) beliefert werden, konnte ein beträchtlicher Unterschied von Verpackungsabmessungen, Packdichten und Verpackungsmaterialien (einweg / mehrweg) festgestellt werden. Die Konzepte müssen somit für verschiedene Verpackungsgrößen und Verpackungstypen variabel beziehungsweise verstellbar ausgelegt sein. Aus den Verpackungsdaten ist ebenso ersichtlich, dass dieselben Typen von Komponenten an den Montageanlagen auf unterschiedliche Art angeliefert werden (z.Bsp. Schrauben teilweise in KLT, teilweise in GLT).

Teilweise werden Komponenten an den Anlagen als Schüttgut bereitgestellt, was jedoch nicht in den Verpackungsdaten ersichtlich ist. Durch eine Analyse der Werke in Eschen, Puebla, Shanghai, Changchun und Mülheim konnte festgestellt werden, dass grossteils nur Schrauben, Muttern, Beilagscheiben und Passstifte dem Werker per Materialrutsche bereitgestellt werden.

Mittels interner Absprache mit den Abteilungen Fertigungsplanung und Supply Chain Development wurde anhand der Stücklisten der wesentlichen Produktgruppen eine Analyse der Anforderungen von Komponenten erstellt. In Abb. 19 ist ein Auszug der Analyse dargestellt.

Komponente	ESD	Verpackung Anlieferung an die Anlage	Behälter Menge	Risiko	Bewertung	
	Arbeitsplatz					
Lenkgehäuse	NEIN	- Kartonage mit Trennfolien und Deckel - Zwischenpuffer - 72, 12 Lagen a 6 Lenkgehäuse - ISO-Palette (1140 x 760) - Stretchfolie und Deckel - 14 Varianten	GLT	3	- Partikelverschleppung Kartonage in Lenkgetriebe	gering
Nadelhülse	NEIN	- Kartonage mit Beutel - 500 - 1000 - 30x 500 auf Palette - geölt	KLT	3	- Partikelverschleppung Kartonage in Lenkgetriebe	gering
Sicherungsring	NEIN	- Kartonage mit Beutel - 1500 pro Beutel - 30x 1500 auf Palette	KLT	2	- Partikelverschleppung Kartonage in Lenkgetriebe	gering
Tellerfeder	NEIN	- Kartonage mit Beutel - 2000 pro Beutel - 30x 2000 Auf Paltette - geölt	KLT	2	- Partikelverschleppung Kartonage in Lenkgetriebe	gering
Schrauben Powerpack M6x30	NEIN	- Kartonage, Beutel - 500 pro Beutel -	Schraubenbunker	3	- Partikelverschleppung Kartonage in Lenkgetriebe	gering
ZB Powerpack	JA	- KLT mit Deckel (oberste Lage) - ohne Schutzkappe Motorritzel - ohne Schutzkappen ECU	GLT	3	- Beschädigung Motorritzel - ESD - Schaden	gering

Abb. 19: Auszug aus der internen Absprache zur Baugruppenanalyse anhand der IBK2 Montageanlage

Die Analyse beinhaltet eine Abstufung, welche Bauteile durch die standardisierten Bereitstellungskonzepte beispielsweise zusätzlich per Materialrutsche als Schüttgut zugeführt werden können und welche aus qualitätsrelevanten Gründen (Gewinde, Kratzer, Passflächen,...) weiterhin in KLT zugeführt werden müssen. Weitere Absprachen in der Analyse waren die ESD-

Anforderungen, Sauberkeitsanforderungen, Informationen über die Verpackungen und weitere Bemerkungen der Fachleute der unterschiedlichen Abteilungen.

Nummerierung der Konzepte

Zur besseren Bezug zu den Konzepten in der Nutzwertanalyse wurde eine Nummerierung der Konzepte eingeführt. Die Nummerierung der KLT-Konzepte besteht aus drei Informationen und sieht zum Beispiel wie folgt aus:

K-S-01

- K...steht für KLT
- S, R, F...Schüttgut, Regal/Rollbahn oder Förderband
- 01, 02,...zur Nummerierung

Die Nummerierung der GLT-Konzepte besteht ebenfalls aus drei Informationen und kann wie im unteren Beispiel aussehen:

G-3-01

- G...steht für GLT
- 3, 4, T, D...zur Einteilung des Konzeptes in 3-fach-GLT, 4-fach-GLT, Trolley oder Drehtisch
- 01, 02,...zur Nummerierung

5.4.1 Bereitstellung von GLT an der Montageanlage

Die Bereitstellung von GLT an die Montageanlage erfolgt mittels Gabelstapler, Milkrun-Zug oder fahrerlosem Transportsystem. Damit der Werker bzw. der Roboter störungsfrei arbeiten kann, ist es – abhängig vom Verpackungskonzept – immer erforderlich, mindestens einen vollen, einen in-Arbeit und einen leeren GLT direkt am Modul zu haben. Der volle GLT dient dem direkten Nachschub, wenn der in-Arbeit-GLT leer ist. Der leere GLT wird verwendet, um Verpackungsmaterialien und Abtrennungen zwischen den Schichten der Komponenten zwischenzulagern, da der Logistiker nicht punktgenau an der Anlage sein kann, um diesen abzuholen. Wenn alle Komponenten des in-Arbeit-GLT verbaut sind, wird der leere GLT mit den Verpackungsmaterialien entfernt. Der nun leere in-Arbeit-GLT ersetzt dann den leeren GLT. Ein voller GLT wird an den in-Arbeit-Stellplatz gefördert und die Komponenten nunmehr aus dem neuen in-Arbeit-GLT entnommen und verbaut.

Der Gabelstapler kann, im Gegensatz zum fahrerlosen Transportsystem, nicht jeden GLT exakt an derselben Stelle anliefern. Bei Automatisierung der Komponentenentnahme mittels Roboter erfordert diese Ungenauigkeit eine Vorrichtung zum Ausrichten der GLT. Durch die Vorrichtung ist es des Weiteren möglich, die Zuführung für verschiedene Abmessungen der GLT zu realisieren. Für die Entnahme der leeren GLT mittels fahrerlosem Transportsystem ist es auf der Entnahmeseite ebenso notwendig, die GLT exakt zu positionieren.

In Tab. 2 sind die Grundtypen der erarbeiteten Konzepte mit einigen Vor- und Nachteilen erläutert.

Grundtyp	Vorteile	Nachteile
3-fach-GLT-Bereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> • Geringer Platzbedarf • Materialbereitstellung und –zuführung automatisierbar • Gute Anlagenautonomie • Durch geeignete Materialwahl hohe Robustheit und geringer Verschleiss 	<ul style="list-style-type: none"> • Sonderanfertigung • Hohe Kosten • Für ergonomische Optimierungen hoher Zusatzaufwand notwendig • Zu genaue zeitliche Abstimmung für Realisierung in der Praxis
4-fach-GLT-Bereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> • Materialbereitstellung und –zuführung automatisierbar • Sehr hohe Anlagenautonomie • Durch geeignete Materialwahl hohe Robustheit und geringer Verschleiss 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Platzbedarf • Sonderanfertigung • Hohe Kosten • Für ergonomische Optimierungen hoher Zusatzaufwand notwendig
GLT-Bereitstellung mittels Trolleys	<ul style="list-style-type: none"> • Variable Gestaltung des Anlieferkonzepts • Menge der angelieferten GLT variabel • Kostengünstig • Einfache ergonomische Optimierungen • Geringer Platzbedarf • Baukastensystem 	<ul style="list-style-type: none"> • Materialzuführung schwierig automatisierbar • Manuelles Handling der Trolleys an den Modulen notwendig
GLT-Bereitstellung mittels Drehtisch	<ul style="list-style-type: none"> • Kostengünstig • Baukastensystem • Materialbereitstellung und –zuführung automatisierbar • Einfache ergonomische Optimierungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Platzbedarf, da auch Fläche zum Drehen des Tisches frei sein muss • Nur ein voller GLT am Modul (kein Puffer)

Tab. 2: Grundtypen der GLT-Bereitstellungskonzepte

3-fach-GLT-Bereitstellungskonzept mit Schwenkmechanismus (G-3-01)

Abb. 20 stellt ein Konzept eines 3-fach-GLT-Bereitstellungskonzept dar. Der volle GLT wird angeliefert und anschliessend positioniert. Die Positionierung erfolgt durch ein schwenkbares Gestänge, das mittels Elektrozyylinder angehoben wird. Nach der Positionierung wird der GLT auf einer angetriebenen Rollenbahn oder einem Förderband in den in-Arbeit Stellplatz bewegt. Die Komponenten werden von einem Werker oder mittels Roboter mit zugehörigem Vision System entladen und verbaut. Die Verpackungen und Zwischenschichten werden, wie oben erwähnt, in den Leergut-GLT abgelegt. Nachdem alle Komponenten des in-Arbeit-GLT entnommen wurden, muss der Leergut-GLT abgeholt werden, damit der leere in-Arbeit-GLT von einem zweiten, baugleichen Schwenkmechanismus auf den Stellplatz für den Leergut-GLT befördert werden kann. Der leere in-Arbeit-GLT wird auf der Rollenbahn bis an den Anschlag bewegt, der sich am Ende befindet. Die fahrerlosen Transportsysteme sind aufgrund der Gabelabmessungen nur in der Lage, GLT auf der breiten Seite aufzuheben. Dieser Umstand wird bei dem 3-fach-GLT-Bereitstellungskonzept zum Vorteil genutzt, der ein zusätzliches Ausrichten unnötig macht.

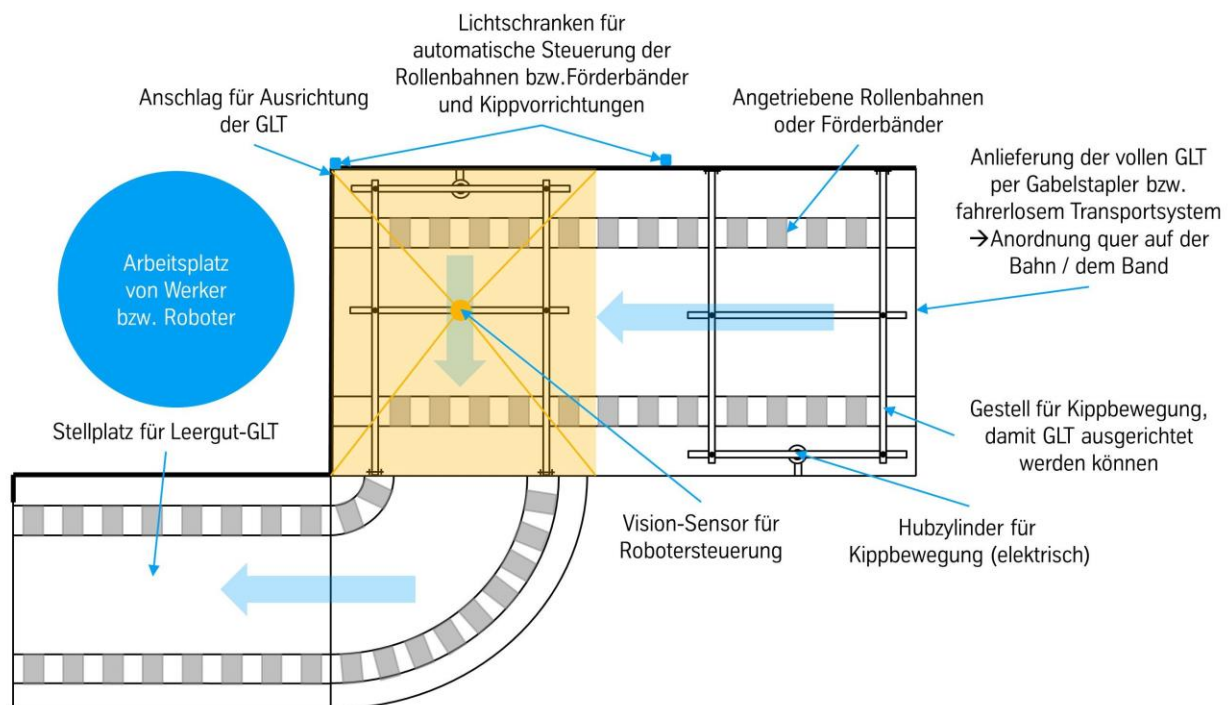


Abb. 20: 3-fach-GLT-Bereitstellungskonzept mit Schwenkmechanismus

3-fach-GLT-Bereitstellungskonzept mit Elektrozyylinder und Schwenkmechanismus (3-G-02)

Ein anderes Konzept eines 3-fach-GLT-Bereitstellungskonzepts ist in Abb. 21 ersichtlich. Die Positionierung nach der Anlieferung des vollen GLT wird bei dem System durch einen Elektrozyylinder ausgeführt. Die 3-fach-GLT-Bereitstellungskonzepte dieser Art sind dafür ausgelegt,

dass sie sich direkt unter der Montagelinie befinden. Die Verschiebebewegung des leeren in-Arbeit-GLT wird bei dem Konzept deshalb, aus Platzgründen, ebenfalls durch den Schwenkmechanismus ausgelöst.

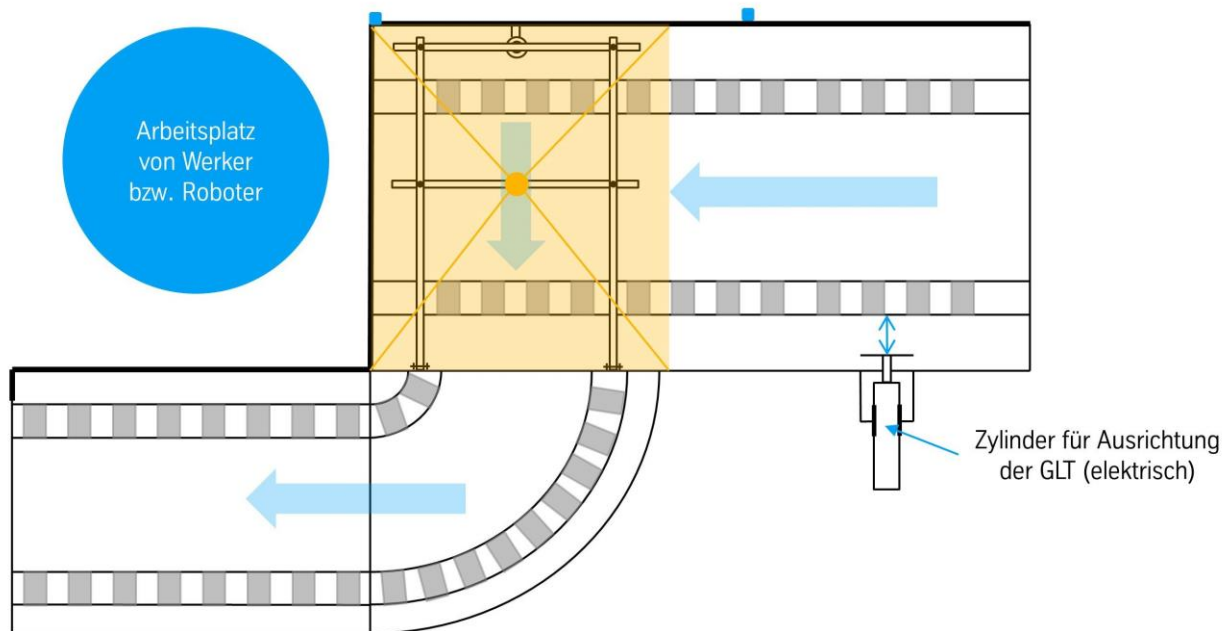


Abb. 21: 3-fach-GLT-Bereitstellungskonzept mit Elektrozyylinder und Schwenkmechanismus

3-fach-GLT-Bereitstellungskonzept mit konstruktiver Ausrichtung (G-3-03)

Abb. 22 stellt ein weiteres Konzept des 3-fach-GLT-Zuführungssystems dar. Die Funktionsweise unterscheidet sich von den oben genannten Konzepten durch die Positionierung der vollen GLT nach der Anlieferung. Die Vorrichtung zur Positionierung kann manuell oder per elektrischem Antrieb individuell auf die Grösse der GLT angepasst werden. Aus Gründen der Variabilität wurde dieses Konzept am Stellplatz des Leergut-GLT um dieselbe Vorrichtung erweitert. Die Positioniervorrichtung soll den leeren GLT direkt an den Anschlag positionieren, um das Abholen des GLT mittels fahrerlosem Transportsystem zu ermöglichen.

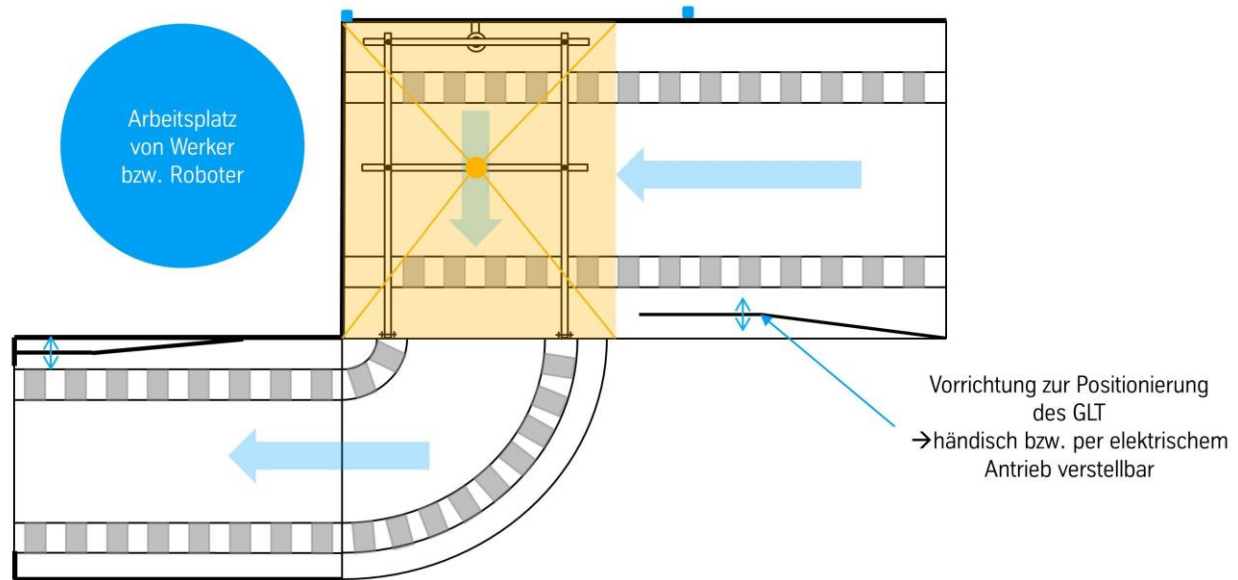


Abb. 22: 3-fach-GLT-Bereitstellungskonzept mit konstruktiver GLT Ausrichtung bei Anlieferung und Abholung

Das Konzept des 3-fach-GLT-Bereitstellungskonzepts erfordert ein hohes Mass an Konstanz der Abholzeiten, damit Stillstände vermieden werden. Eine Abstimmung in diesem Masse ist in der Praxis nur sehr schwer zu erreichen, speziell, wenn der Mensch darauf Einfluss nimmt. In Kombination mit fahrerlosem Transportsystem ist das 3-fach-GLT-Bereitstellungskonzept in der Art leichter realisierbar als mit Gabelstaplern oder Milkrun-Train, da die Anlieferungs- und Abholzeitpunkte durch die Programmierung sehr konstant gewählt werden können. Durch Erweiterung der oben genannten 3-fach-GLT-Bereitstellungskonzepte um einen zusätzlichen Puffer Stellplatz wird das Problem des knappen Abholzeitfensters zwar gelöst, das System beansprucht dadurch jedoch eine deutlich grössere Fläche. Aufgrund des knappen Abholzeitfensters sind die folgenden Konzepte als 4-fach-GLT-Bereitstellungskonzept ausgelegt.

4-fach-GLT-Bereitstellungskonzept mit Schwenkmechanismus und konstruktiver Positionierung (G-4-01)

Abb. 23 zeigt ein Konzept eines 4-fach-GLT-Zuführens. Hierbei wird der volle GLT im Bild rechts oben auf eine angetriebene Rollenbahn oder ein Förderband angeliefert. Die Positionierung erfolgt durch einen manuell oder elektrisch verstellbaren Anschlag. Nach vollständiger Entnahme aller Komponenten aus dem in-Arbeit-GLT wird der nun leere in-Arbeit-GLT mittels Schwenkmechanismus zum Leergut-GLT-Stellplatz gefördert. Der Schwenkantrieb ist auf der unteren Seite gelagert, auf der oberen Seite mittels Elektrozyylinder angehoben. Zusätzlich zum 3-fach-GLT-Bereitstellungskonzept gibt es in dem 4-fach-GLT-Bereitstellungskonzept ein Leergut Puffer Stellplatz. Der Leergut Puffer Stellplatz vergrössert das Zeitfenster für die Abholung

des Leergut-GLT beträchtlich. Eine zusätzliche Ausrichtung des GLT für die Abholung mittels fahrerlosem Transportsystem ist nicht notwendig, da die leere GLT vom Schwenkmechanismus bis an den seitlichen Anschlag und anschliessend mittels Rollenbahn oder Förderband bis an den zweiten Anschlag für die Leergut-Puffer-GLT Ausrichtung transportiert wird. Die Entnahme und der Einbau der Komponenten erfolgt bei dem Konzept ebenfalls wieder manuell oder wird mittels Roboter in Kombination mit einem Vision-System realisiert.

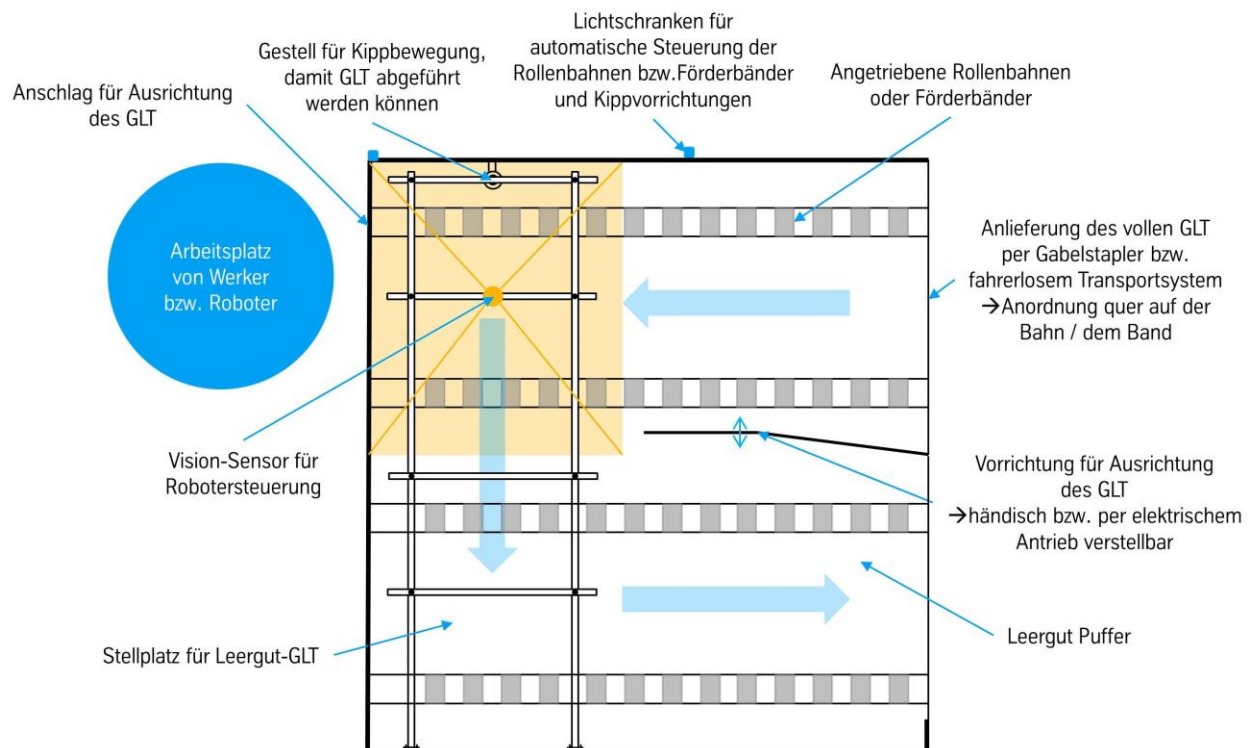


Abb. 23: 4-fach-GLT-Bereitstellungskonzept mit Schwenkmechanismus und konstruktiver Positionierung

4-fach-GLT-Bereitstellungskonzept mit Kippmechanismus und Kettenantrieb (G-4-02)

In Abb. 24 ist ein 4-fach-GLT-Bereitstellungskonzept mit Kettenantrieb dargestellt. Der Kettenantrieb hat die Vorteile, dass er robust gegen Verschmutzungen ist und die Eckenführung mit etwas konstruktionstechnischer Konzeptierung einfach realisierbar ist. Der volle GLT wird auf einen von drei umlaufenden Tischen angeliefert. Auf der Grundfläche der Tische befinden sich Rollenbahnen oder Kugeln, die der Positionierung des vollen GLT dienen. Ein Kippmechanismus, der mittels Elektrozyylinder angetrieben ist, befindet sich für die exakte GLT-Positionierung unter dem Tisch des vollen GLT. Nachdem der volle GLT ausgerichtet wurde, verfährt der Tisch in den in-Arbeit-Stellplatz. Nun werden die Komponenten des GLT von einem Werker oder mittels Roboter entnommen und auf der Montagelinie verbaut. Die Zwischenschichten werden im Leergut-GLT abgelegt. Nach der Entnahme der letzten Zwischenschicht verfährt der Leergut-

GLT-Tisch in Abholplattform Position. Die Abholplattform ist mit demselben Kippmechanismus ausgestattet wie die Position des vollen GLT-Tisches. Mittels Kippmechanismus wird der GLT ausgerichtet, damit es dem fahrerlosen Transportsystem möglich ist, den Leergut-GLT abzuholen. Nun kann der Kreislauf von vorne beginnen.

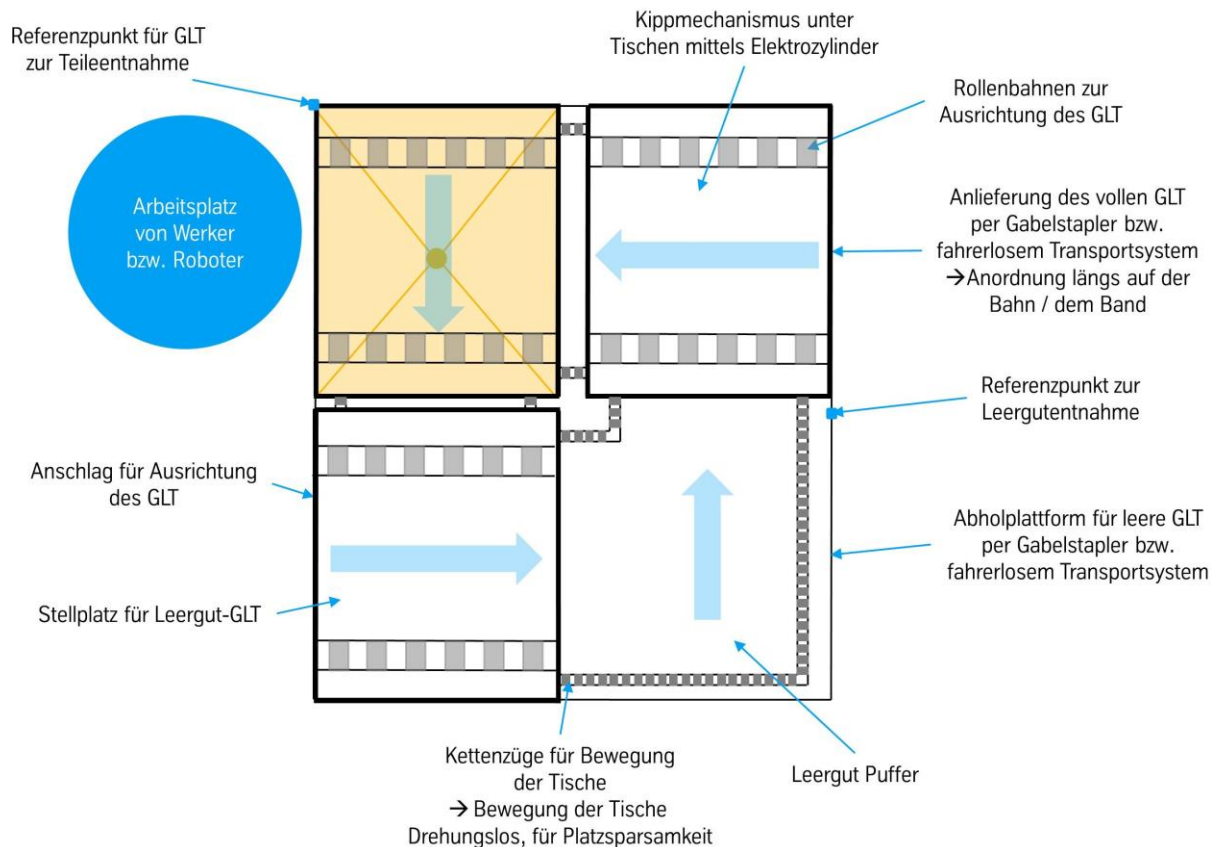


Abb. 24: 4-fach-GLT- Bereitstellungskonzept mit Kippmechanismus und Kettenantrieb

4-fach-GLT-Bereitstellungskonzept mit Kettenantrieb und Positionierung mittels Hebelwirkung (G-4-03)

Abb. 25 veranschaulicht ein 4-fach GLT-Bereitstellungskonzept mit Tischen, die ebenfalls von zwei Kettenantrieben geführt werden. Der Unterschied der beiden Konzepte liegt in der Positionierung des GLT. Die GLT-Positionierung, die beim vorigen Konzept mittels Kippmechanismen ausgeführt wird, ist hier mittels Hebelwirkung ausgeführt. Die Hebelmechanismen bestehen aus einem Gestänge, das gelagert und an der Unterseite mit einem Elektrozyylinder angetrieben ist. Am Stellplatz des vollen GLT sind zwei dieser Mechanismen, die der Ausrichtung des GLT in den Referenzpunkt zur Teileentnahme dient, angebracht. Die Positionierung des GLT in den Referenzpunkt zur Leergutentnahme ist an dem Stellplatz der Leergut-GLT ausgeführt. Die Hebelmechanismen sind so realisiert, dass sie sich im eingefahrenen Zustand unter den Tischen befinden.

den. Das Einfahren ist notwendig, damit die Mechanismen nur an den beiden Stellplätzen (voll und Leergut) benötigt werden. Wäre dies nicht der Fall, bräuhete jeder der drei Tische alle drei Positioniervorrichtungen.

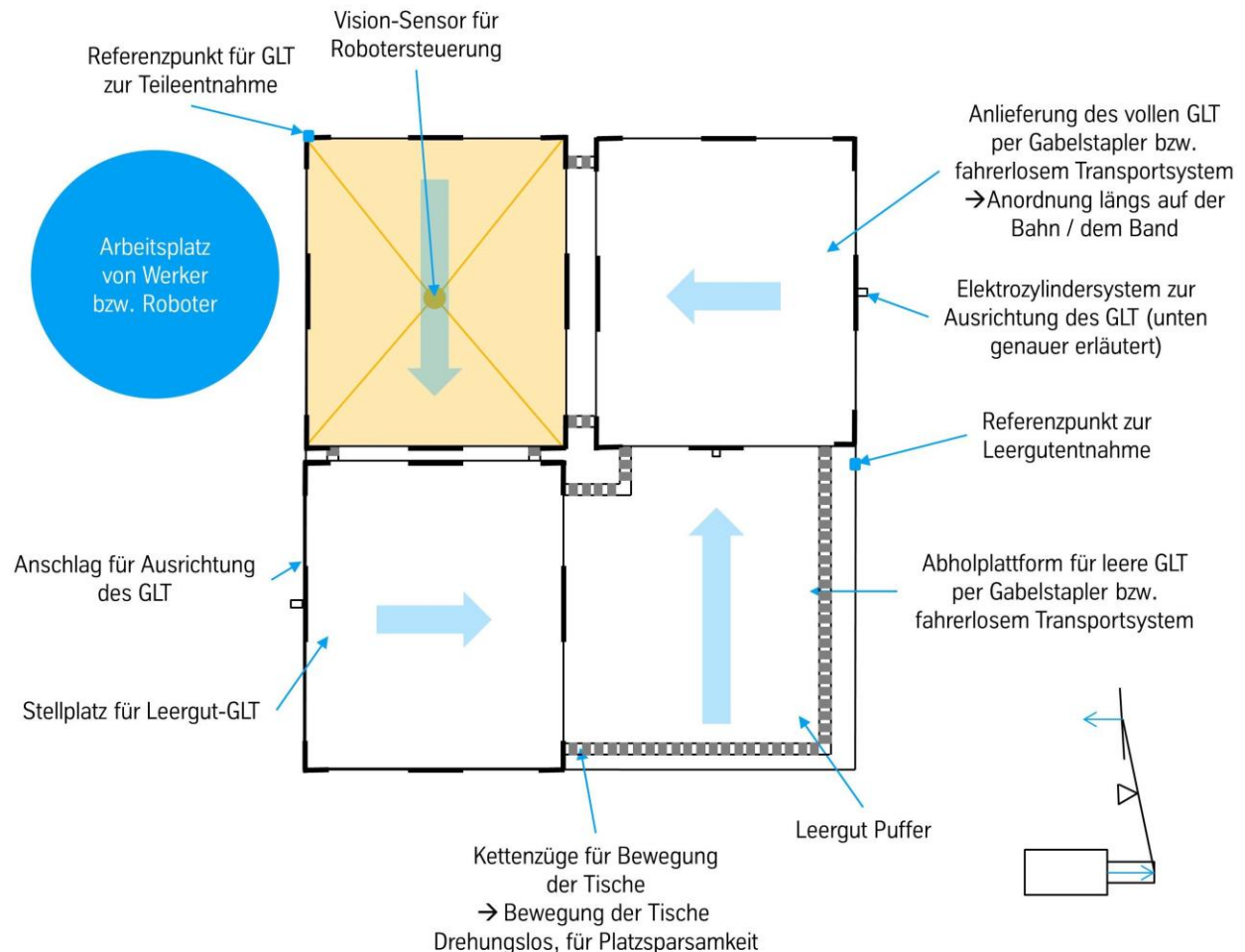


Abb. 25: 4-fach-GLT-Bereitstellungskonzept mit Kettenantrieb und Positionierung mittels Hebelwirkung

4-fach-GLT-Bereitstellungskonzept mit Kettenantrieb-Linearbewegung und Positionierung (G-4-04)

Ein weiteres 4-fach-GLT-Bereitstellungskonzept derselben Bauweise ist in Abb. 26 dargestellt. Bei dem Konzept ist, zusätzlich zur Linearbewegung, die Positionierung der GLT mit Kettenantrieben realisiert. Der Aufbau der Positioniervorrichtung beinhaltet zwei Kettenantriebe seitlich des Tisches angeordnet, die mit einem Profil verbunden sind und mit demselben Elektromotor angetrieben werden. Beim Verfahren der Tische muss sich das Profil in einer Stellung befinden, die unterhalb der Tische ist. Nach der Anlieferung des vollen GLT wird dieser auf der breiten Seite des Tisches ausgerichtet. Nach dem Verfahren des Tisches in den in-Arbeit-Stellplatz wird der GLT entlang der langen Seite des Tisches in den Referenzpunkt zur Teilentnahme positio-

niert. Für die Abholung mittels fahrerlosem Transportsystem wird die Leergut-GLT im Leergut-Puffer-Stellplatz in den Referenzpunkt der Leergutentnahme positioniert.

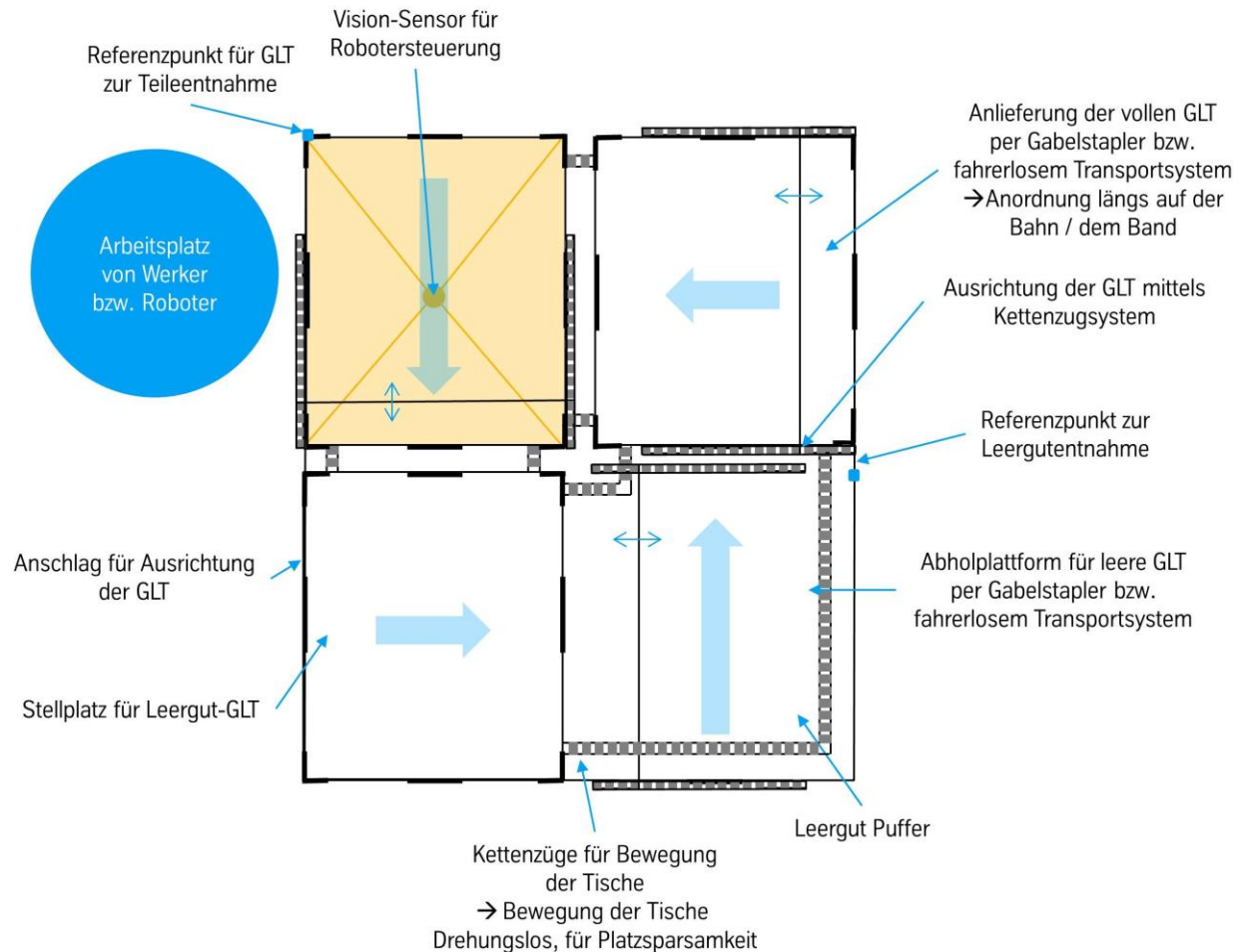


Abb. 26: 4-fach-GLT-Bereitstellungskonzept mit Kettenantrieb-Linearbewegung und -Positionierung

4-fach-GLT-Bereitstellungskonzept mit Kettenantrieb-Linearbewegung, -Positionierung und -Linearführung (G-4-05)

Das in Abb. 27 dargestellte 4-fach-GLT-Bereitstellungskonzept unterscheidet sich von den vorigen auch im Linearantrieb für die Tische. Die Linearbewegung ist mittels Kettenantrieb ausgeführt, die Lage der Tische wird mit zwei rechteckig angeordneten Linearführungen sichergestellt. Die Positionierung der GLT auf den Tischen geschieht mit drei Kettenantrieben. Die Antriebe befinden sich unterhalb der Fahrwege der Tische. Positioniert werden die GLT mit einem Profil, das mit einem Gestänge an der Kette befestigt ist. Zur Linearbewegung der Gestänge mit den Profilen müssen die Tische mit jeweils drei Einfräsungen ausgeführt sein. Die drei Positionier- vorrichtungen sind an unterschiedlichen Stellplätzen angeordnet. Die Positionierung des GLT auf der langen Seite des Tisches wird direkt nach der Anlieferung realisiert. Nach dem Verfahren

des Tisches in den in-Arbeit-Stellplatz wird der GLT auf der breiten Seite des Tisches ausgerichtet und befindet sich somit am Referenzpunkt zur Teileentnahme. Die Ausrichtung des GLT für die Entnahme mittels fahrerlosem Transportsystem findet statt, nachdem der Tisch den Stellplatz des Leergut Puffers erreicht hat. Der Leergut-GLT kann somit direkt nach seiner Positionierung in den Referenzpunkt zur Leergutentnahme abgeholt werden. Während der Bewegung der Tische befinden sich die Gestänge in einer Position unterhalb der Linearführungen, sodass es nicht zu einer Blockierung der Linearbewegung der Tische kommen kann.

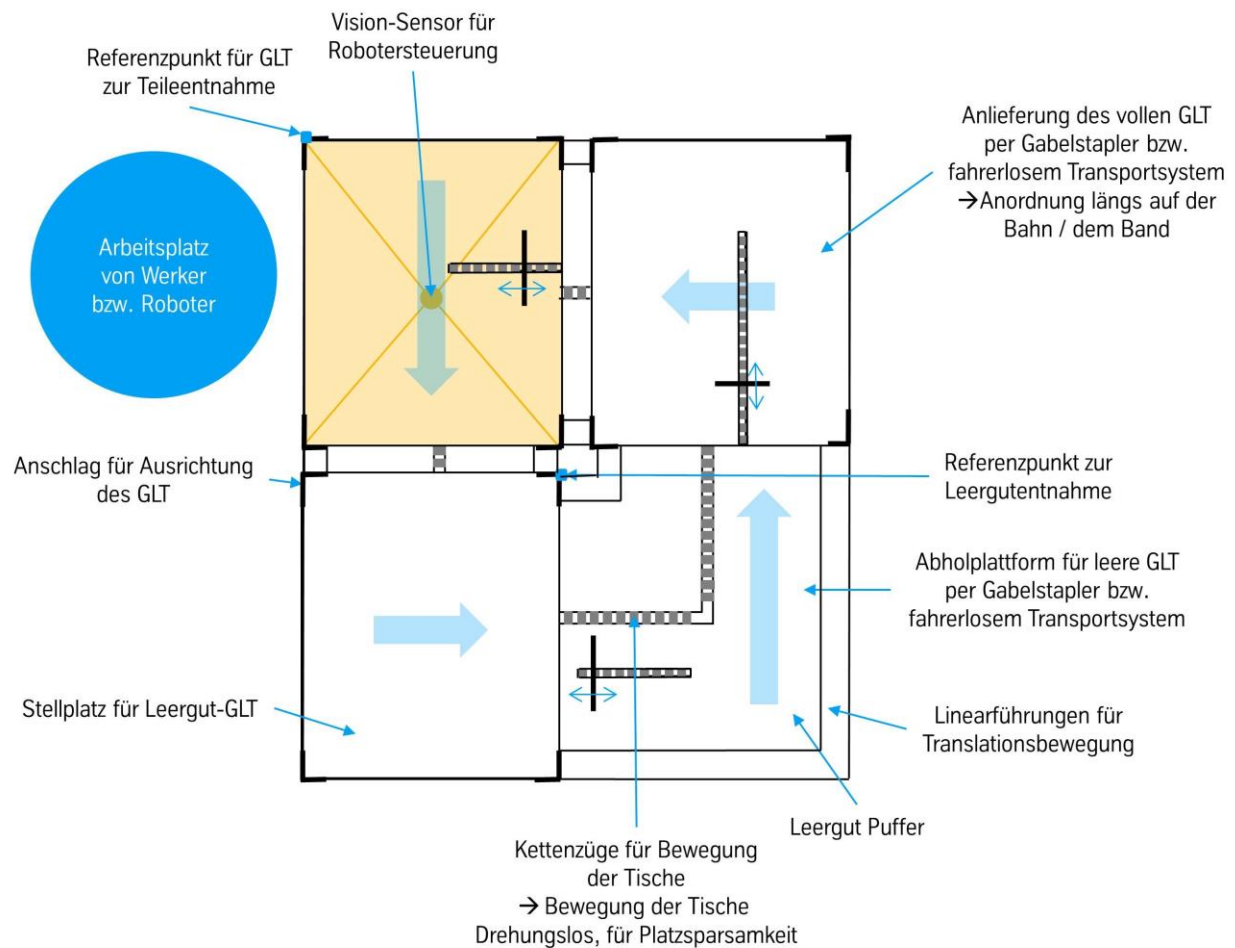


Abb. 27: 4-fach-GLT-Bereitstellungskonzept mit Kettenantrieb-Linearbewegung, -Positionierung und Linearführung

GLT-Bereitstellungskonzept mittels Trollies (G-T-01)

Im Gegensatz zu diesen Sonderkonstruktionen, die für eine allfällige Automatisierung ausgelegt sind, ergibt sich die Variante, die GLT per Trollies (Rollenwagen) bereitzustellen. Zur Materialbereitstellung mittels Trollies besteht die Notwendigkeit, global verteilt mehrere Lieferanten zu finden, die die Werke mit standardisierten Trollies beliefern. Die Abmessungen der Trollies ergeben sich durch die Verpackungen, deren Grösse von den Komponenten abhängig sind. Um einen Trolley zu standardisieren muss dieser für die grösste Verpackung ausgelegt sein und die

kleineren Verpackungen an einem Referenzpunkt aufnehmen können. Die Lösung von standardisierten Trollies mit denselben Abmessungen fordert deshalb teilweise mehr Platz als bei nicht standardisierten Trollies vorhanden sein muss. Aufgrund der Ergonomieanforderungen müssen die Trollies zur manuellen Bauteilentnahme in der Höhe verstellbar sein. Da der Anlagenbediener nach Möglichkeit nicht mit Logistiktätigkeiten belastet wird, jedoch immer vier GLT an dem Modul bereitgestellt werden müssen, ist eine automatisierte Bewegung der Trollies am Modul vorzusehen. Die automatisierte Bewegung der Trollies am Modul kann zum Beispiel mittels Förderband erfolgen, wobei die Rentabilität aufgrund einer Kosten-Nutzen-Abschätzung dagegen sprechen kann.

Aufgrund einer Kosten-Nutzen-Abschätzung hat die automatisierte Bewegung der Trollies in Hochlohnländern mehr Relevanz als in Niederlohnländern, in denen die Automatisierung nicht so weit fortgeschritten ist. Die Höhenverstellbarkeit des in-Arbeit-GLT kann in zwei grundsätzlich verschiedenen Varianten erfolgen. Einerseits können höhenverstellbare Trollies eingesetzt werden, wobei alle Trollies mit dem Modul zur Höhenverstellung ausgestattet sein müssen. Andererseits kann die Höhenverstellbarkeit des in-Arbeit-Stellplatzes durch eine Vorrichtung am Modul der Montageanlage erfolgen. Diese Vorrichtung muss pro Modul einmalig verbaut werden, somit reduziert sich die Anzahl der Vorrichtungen zur Höhenverstellung um rund drei Viertel. Als Vorrichtungen für die Höhenverstellbarkeit zu gewährleisten können zum Beispiel U-Form Hubtische verwendet werden. Um die Ergonomie bei der Entnahme der Bauteile zu optimieren kann eine Kippfunktion in den Hubtischen integriert sein. Sicherheitstechnisch müssen die Hubtische so ausgelegt sein, dass in jeder Lage sichergestellt ist, dass die Trollies keinesfalls von den Hubtischen abrutschen können. Die allfällige Automatisierung der Bauteilentnahme aus den GLT fordert eine exakte Ausrichtung der Trollies am Modul, um einen eindeutigen Handling-Bereich des Roboters sicherzustellen. Die exakte Ausrichtung der GLT ist durch die Position der U-Form Hubtische immer gewährleistet. In Abb. 28 ist ein klassischer U-Form Hubtisch dargestellt. Ein solcher Hubtisch muss aufgrund der benötigten Kippfunktion aus Sicherheitsgründen mit einem Rahmen ausgestattet werden, um ein Abrutschen des beladenen Trollies zu verhindern.



Abb. 28: Beispiel eines U-Form Hubtisches [HAN17]

Der beladene Trolley wird in die Öffnung des U-Form Hubtisches eingefahren und anschliessend kann der positionierte Trolley auf die optimale ergonomische Arbeitshöhe für den Werker eingestellt werden. Abb. 29 stellt einen Trolley dar, der für den Gebrauch in einem U-Form Hubtisches ausgelegt ist.

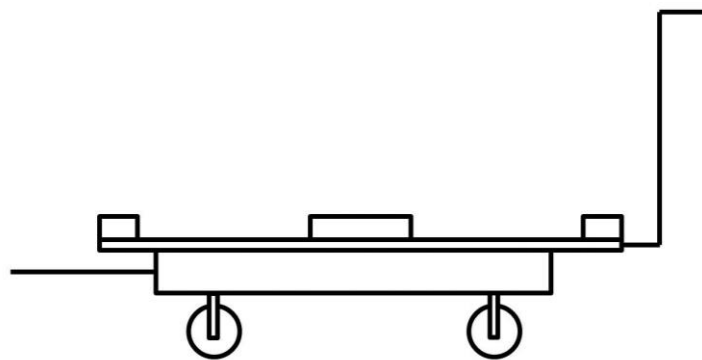


Abb. 29: Schemenbild eines Material-Trolley für einen Milkrun-Zug

Der Trolley muss dafür ausgelegt sein, die verschiedenen GLT-Grössen, die im Werk zum Einsatz kommen aufzunehmen und die Lagesicherung dieser muss gewährleistet sein. Die Plattform, die sich über dem mit Rollen bestückten Rechteckprofil befindet wird vom U-Form Hubtisch angehoben. Der Griff auf der rechten Seite dient der manuellen Bewegung des Trolley. Die Beladung der Trollies kann manuell per Gabelstapler erfolgen.

Zur Vollständigkeit des GLT-Bereitstellungskonzept mittels Trolleys wurde auch ein Konzept zur automatischen Beladung von Trolleys und der Positionierung der GLT erstellt. Dieses Konzept ist in Abb. 30 ersichtlich.

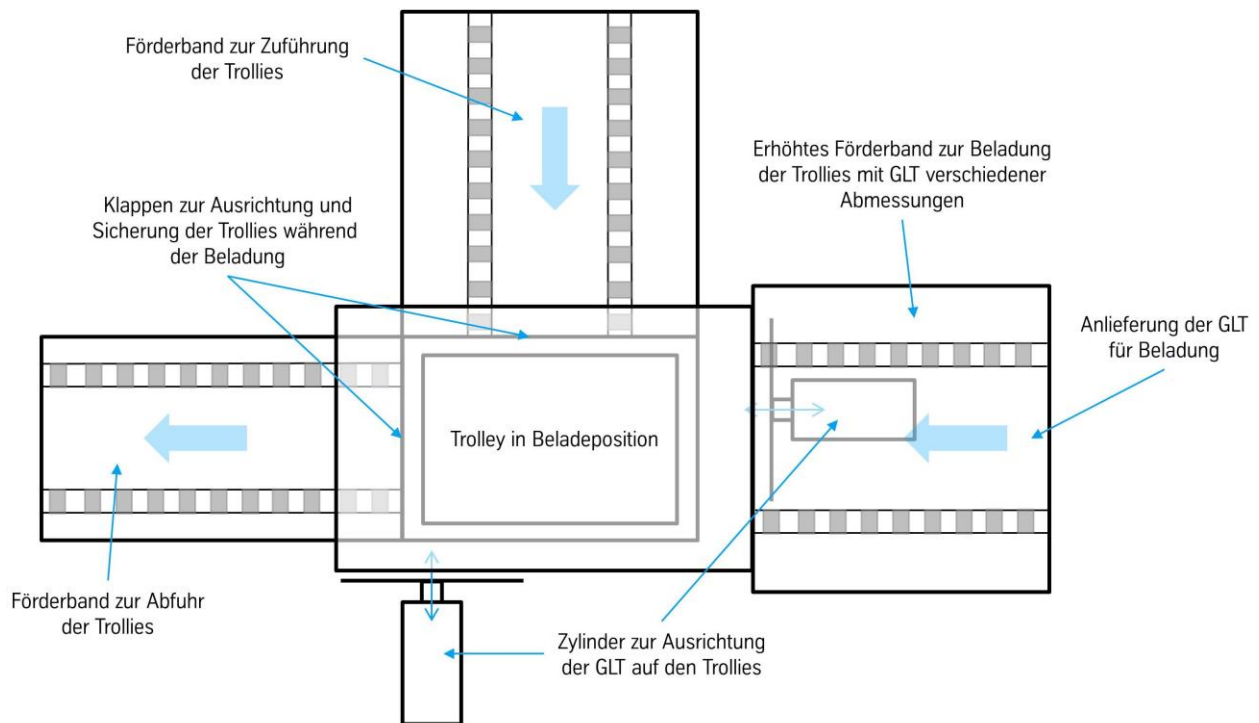


Abb. 30: Automatische Beladestation für die Trolleys

Der Trolley wird von oben durch ein Förderband in Position gebracht. Befindet sich der Trolley in der richtigen Beladeposition, wird die obere Klappe zur Fixierung des Trolley geschlossen. Im Anschluss beginnt das Förderband von rechts mit der Beladung des GLT auf den Trolley. Befindet sich der GLT vollständig auf dem Trolley, wird er von den zwei Zylindern ausgerichtet, so dass sich jeder GLT an derselben Referenzposition befindet, egal welche Grösse er hat. Nach dem Ausrichten des GLT öffnet sich die linke Klappe und der Trolley wird von dem linken Förderband aus der Vorrichtung entfernt. Nun kann der beladene Trolley mittels Milkrun-Zug im Werk verteilt werden.

GLT-Bereitstellungskonzept mittels Drehtischen (G-D-01)

Die Bereitstellung von GLT an den Modulen der Montageanlagen mittels Drehtischen findet beispielsweise im Werk in Frankreich bereits Anwendung. Die Drehtische sind von Anlage zu Anlage unterschiedlich konstruiert, ein Standard existiert nicht. Drehtische sind in der Regel zur Bereitstellung von zwei vollen GLT, wobei aus einem GLT Bauteile entnommen werden und der zweite als Puffer dient. Enthält der in-Arbeit-GLT keine Bauteile mehr, kann der Arbeiter durch Knopfdruck oder manuell, durch das Lösen der Bremse per Fusschalter die Drehung des Ti-

sches einleiten und der volle GLT wird zur Entnahme bereitgestellt. Abb. 31 ist ein Beispiel eines Drehtisches, wie er als Standard eingeführt werden könnte.



Abb. 31: Beispiel eines Drehtisches zur Bereitstellung von zwei GLT [MUE17]

Der Drehtisch hat sowohl die Dreh- als auch eine Hubfunktion zur Sicherstellung der Ergonomie des Arbeitsplatzes. Eine Kippfunktion der GLT besitzt dieser Drehtisch nicht, was aufgrund von eventuellen Ergonomieanforderungen der Arbeiter zu integrieren ist. Die Grösse des Drehtisches ist minimalistisch gewählt, was das Anwendungsgebiet auch an Randpositionen sicherstellen kann. Durch eine andere Auslegung der Plattform des Drehtisches in Abb. 31 können zusätzlich Trollies damit bereitgestellt werden. Dafür könnte die Plattform entweder in U-Form gestaltet werden, wie der Hubtisch aus Abb. 28, oder in Form einer Gabel wie in Abb. 32 schemenhaft dargestellt. Der Hauptvorteil dieses Konzeptes gegenüber dem Hubtischkonzept liegt in der einfachen Automatisierbarkeit der Warenanlieferung und der Materialzuführung.

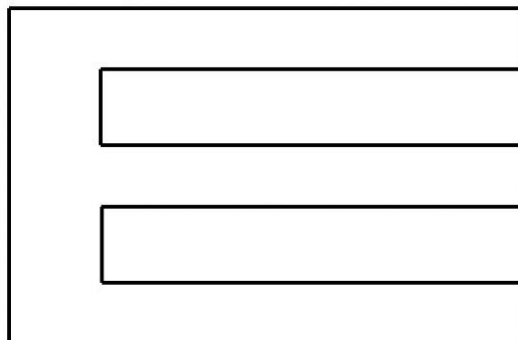


Abb. 32: Schemenhafte Darstellung einer gabelförmigen Plattform für Trollies

5.4.2 Bereitstellung von KLT an der Montageanlage

Die Zuführung der KLT an die Module kann je nach Anlagenbauart auf zwei Arten erfolgen. Die KLT können direkt auf der Seite des Arbeiters oder von der gegenüberliegenden Seite angeliefert werden. Diese beiden Grundtypen können in der Konzeptionierung in ein Regalkonzept und ein Rollenbahnkonzept unterschieden werden. Die Vor- und Nachteile dieser Grundtypen sind in Tab. 3 ersichtlich.

Grundtyp	Vorteile	Nachteile
Regalkonzept	<ul style="list-style-type: none"> • Geringer Platzbedarf • Geringe Kosten • Bei optimierter Platzierung arbeiten direkt aus Entnahme möglich • Gute Anlagenautonomie, da beliebig erweiterbar • Durch geeignete Materialwahl hohe Robustheit und geringer Verschleiss 	<ul style="list-style-type: none"> • Für ergonomische Optimierungen hoher Zusatzaufwand bzw. zusätzlicher Platz notwendig • Automatisierung schwierig
Rollenbahnkonzept	<ul style="list-style-type: none"> • Geringer Platzbedarf • Bei optimierter Platzierung arbeiten direkt aus Entnahme möglich • Gute Anlagenautonomie, da beliebig erweiterbar • Durch geeignete Materialwahl hohe Robustheit und geringer Verschleiss • Automatisierung möglich • Ergonomische Anordnung möglich • Logistik und Produktion getrennt 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Platzbedarf • Höhere Kosten

Tab. 3: Grundtypen der KLT-Bereitstellungskonzepte

Regalkonzept (K-R-01)

In Abb. 33 ist ein manuelles Bereitstellungskonzept ersichtlich, bei der die KLT auf derselben Seite, auf der der Werker arbeitet, zugeführt werden. Die Abmessungen des Regals werden an die Aussenmasse der jeweiligen KLT angepasst. Die Packdichte ist variabel, die Grösse des Regals wird an die Anzahl der benötigten KLT am Modul und die Grösse der KLT angepasst.

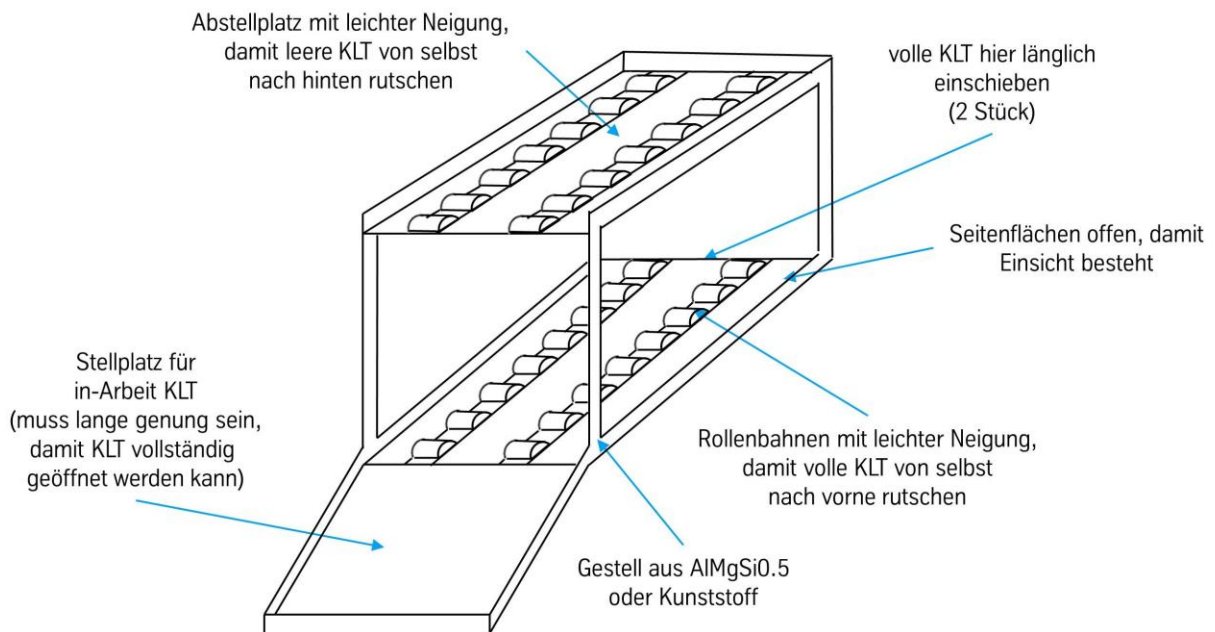


Abb. 33: Zuführung von KLT auf derselben Seite, auf der der Werker steht

Die vollen KLT werden an der Hinterseite des Regals eingeschoben. Aufgrund der Neigung der Rollenbahn rutschen die KLT von selbst nach. Die Abstellplattform des in-Arbeit-KLT muss gross genug sein, damit allenfalls ein Deckel komplett geöffnet werden kann. Auf der Oberseite des Regals befindet sich eine horizontal ausgeführte Plattform, die die Grösse hat, um zwei oder mehr leere KLT aufzunehmen. Die leeren KLT werden zeitgleich abgeholt, wie die vollen KLT angeliefert werden.

Die Anordnung der Regale erfolgt nach dem freien Platz an den Modulen. Teilweise können die Regale seitlich an den Modulen angebracht werden. Falls dieser Platz belegt ist, werden die Regale auf nachfahrbaren und höhenverstellbaren wa Tischen angeordnet, um die Position und Höhe der Arbeitsfläche ergonomisch an die Anlagenbediener anzupassen. Bei Modulen, an denen es nicht möglich ist mit den Regalen eine ergonomische Arbeitsplatzposition zu erreichen, sind zusätzliche Abstellplätze für den in-Arbeit-KLT am Modul vorgesehen.

Manuelles Konzept einer Rollenbahn (K-R-02)

Eine Variante der Zuführung der KLT von der gegenüberliegenden Seite des Arbeiters ist in Abb. 34 ersichtlich. Diese KLT-Rutschen werden durch Halterungen seitlich an den Modulen angebracht. Die vollen KLT werden von hinten in die Rutsche eingelegt, wo sie auf den geneigten Rollenbahnen durch das Eigengewicht nach vorne rutschen. Der Stellplatz für den in-Arbeit-KLT ist durch Scharniere mit einem Sperrmechanismus, die die Verstellung der Plattform in eine ergonomische Position für den Werker ermöglichen.

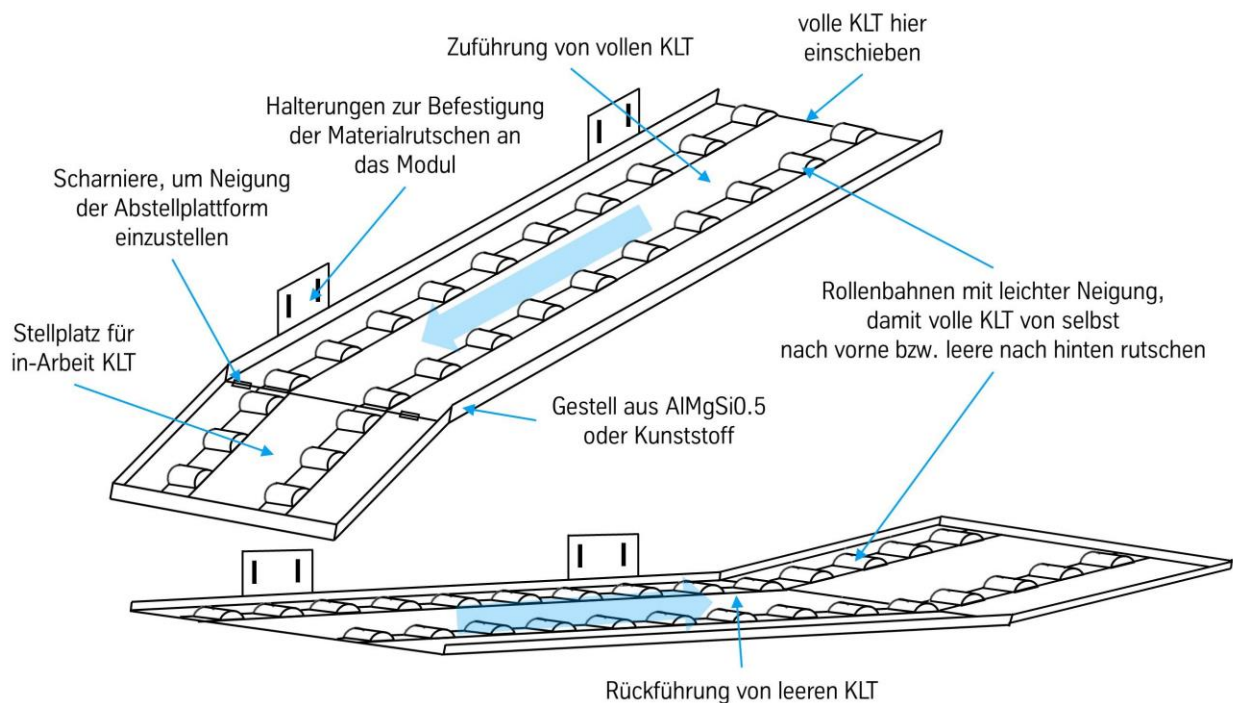


Abb. 34: Zu- und Rückführung von KLT von gegenüberliegender Seite des Werkers

Die Rückführung der leeren KLT erfolgt ebenfalls über eine Rutsche mit Rollenbahnen. Die Rückföhrtrutsche ist unter der Zuföhrtrutsche angeordnet. Der Werker legt die leeren KLT vom Stellplatz auf die Rückföhrtrutsche auf. Auch bei diesem Konzept werden die leeren KLT zur gleichen Zeit abgeholt, wie die vollen KLT angeliefert werden.

Teilautomatisiertes Konzept einer Rollenbahn (K-R-03)

Abb. 35 stellt ein automatisierteres Konzept der KLT-Zuföhrung dar. Die KLT werden bei dem Konzept von hinten auf ein horizontales Föhrerband aufgelegt. Der Stellplatz erkennt mittels Gewichtskontrolle, wie voll der in-Arbeit-KLT noch ist. Bei leerem in-Arbeit-KLT beginnt der Elektrozyylinder in Kombination mit dem Scharnier eine Senk-Kippbewegung der Stellfläche. Die Klappe auf der Hinterseite des KLT verhindert ein vorzeitiges Verrutschen und somit das Einhaken des KLT an der Zuföhrtrutsche. Bei vollendeter Senk-Kippbewegung öfnet die Klappe

und der KLT rutscht auf die Rollenbahn der Rückföhrutsche. Anschliessend bewegt sich die Stellfläche wieder in Ausgangsposition und durch die Gewichtskontrolle und die Kontrolle, ob sich die Plattform in der Endposition befindet wird das Förderband signalisiert einen vollen KLT auf die Stellfläche zu befördern. Das Konzept dient dazu, dass der Werker zusätzlich zu seiner Arbeit an der Montageanlage keinerlei Logistkarbeit erledigen muss.

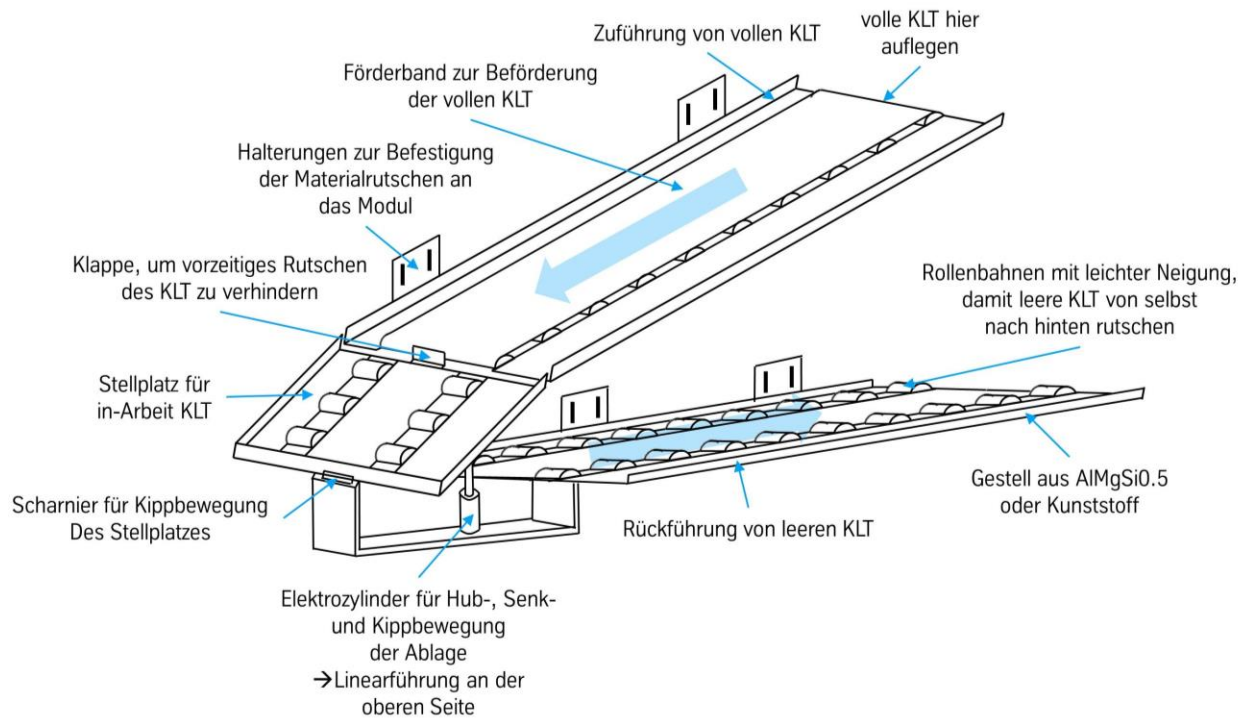


Abb. 35: Zuföhrung von KLT mittels Förderband - Hub-, Senk- und Kippbewegung mittels Elektrozylinder

Automatisiertes Konzept mit Förderband und Elektrozyylinder (K-F-01)

Ein vollautomatisiertes Konzept der Zu- und Rückführung der KLT sowie der Verrichtung der Montagearbeiten mit den Komponenten ist in Abb. 36 ersichtlich.

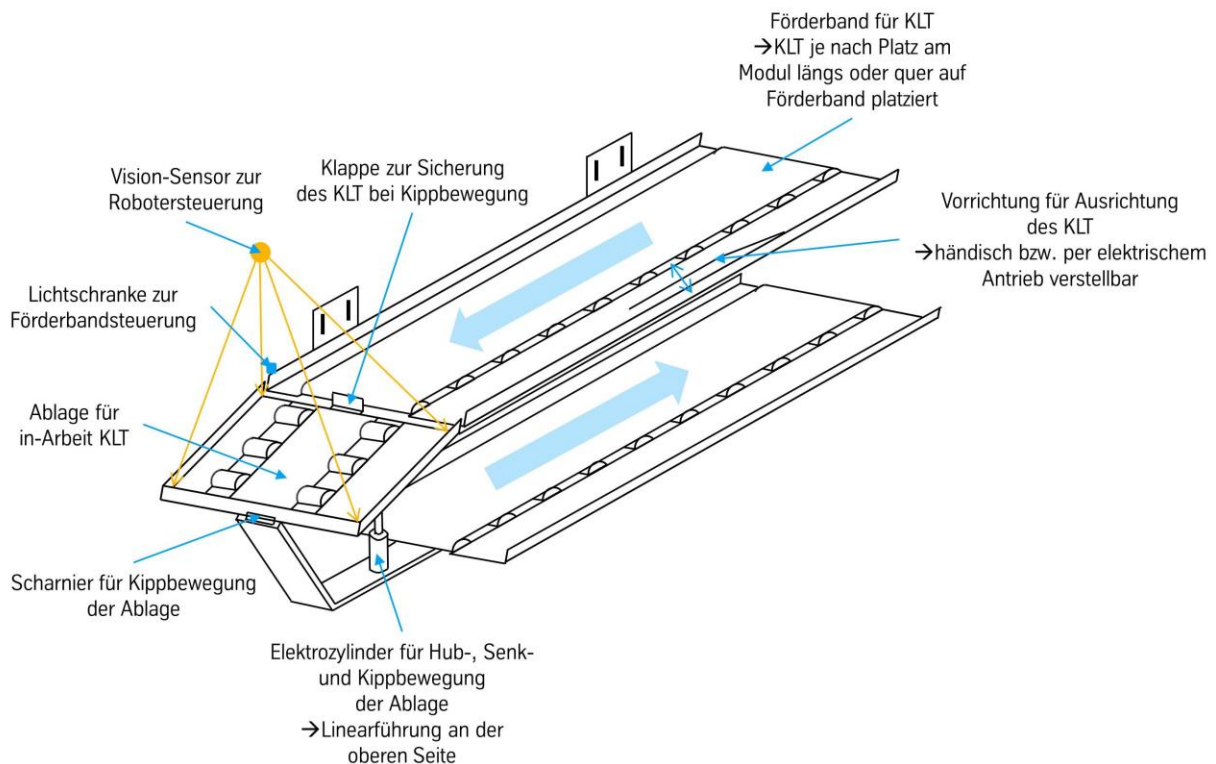


Abb. 36: Zu- und Rückführung von KLT mittels Förderband - Hub-, Senk- und Kippbewegung mittels Elektrozyylinder

Sowohl die Zu- als auch die Rückführung der KLT erfolgt bei dem Konzept mittels horizontal angeordnetem Förderband. Die Steuerung des Elektrozyinders ist – so wie die Steuerung des Roboters – mittels Vision-System umgesetzt. Durch das Vision-System erkennt der Roboter die Position der Komponenten im KLT und kann diese dementsprechend greifen. Als Zusatz für das Konzept befindet sich auf der Zuführtranche eine Vorrichtung, die den KLT am Rand positioniert. Das Konzept ist somit variabel ausgelegt und kann nach dem Abbau einer Montageanlage für die Planung einer anderen Montageanlage, gegebenenfalls für eine Komponente mit anderen KLT Abmessungen, berücksichtigt werden.

Automatisiertes Konzept mit Förderband und Elektromotor (K-F-02)

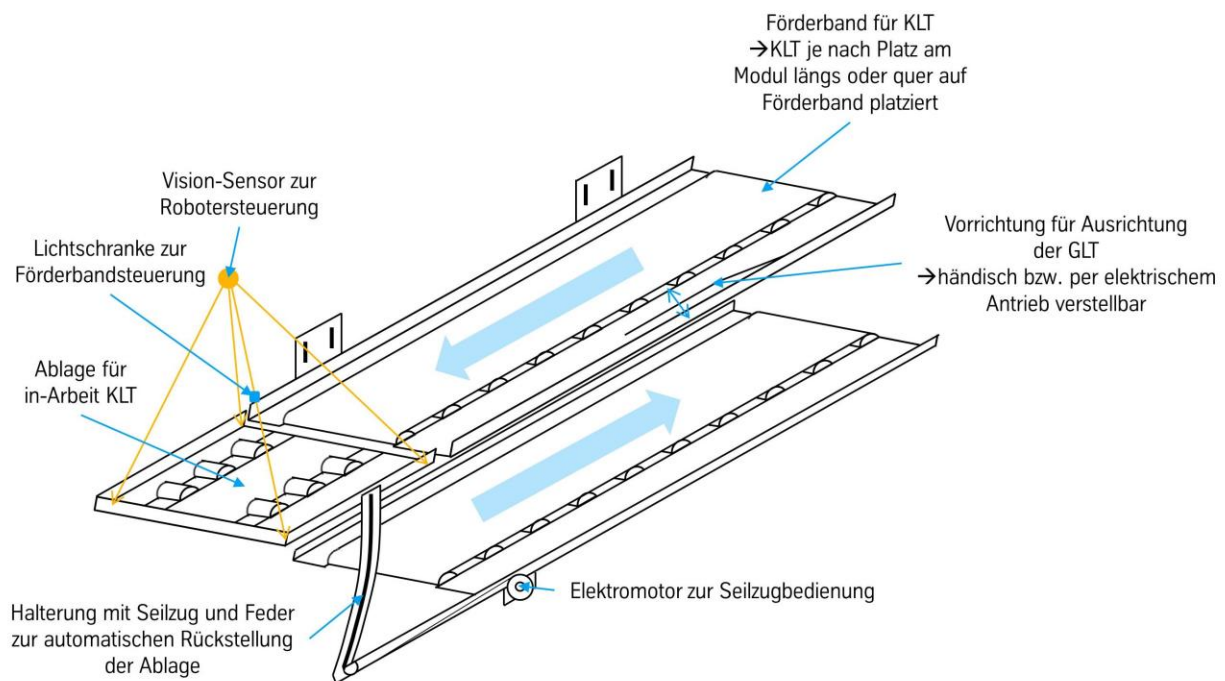


Abb. 37: Zu- und Rückführung von KLT mittels Förderband - Hub- und Senkbewegung mittels Seilzug

Das in Abb. 37 ersichtliche Konzept der Zu- und Rückführung der KLT unterscheidet sich vom Konzept aus Abb. 36 durch die Funktionsweise der in-Arbeit Ablage. Hierbei erfolgt die Senkbewegung mittels per Elektromotor angesteuertem Seilzug. Die Kippbewegung erfolgt durch die Führung am Ende der Senkbewegung, wodurch die Sicherungsklappe an der Hinterseite des in-Arbeit-KLT nicht benötigt wird. Die Hubbewegung der Ablage erfolgt durch eine Feder, die in der Führung der Ablage eingebaut ist. Der Roboter sowie der Elektromotor werden durch das Vision-System gesteuert. Durch eine Lichtschranke wird das Förderband so angesteuert, dass sich immer ein KLT direkt hinter der Ablage befindet. Die Bewegung der KLT auf die Ablage erfolgt durch ein Signal des Elektromotors, der erkennt, wenn sich die Ablage wieder in der oberen Position befindet.

5.4.3 Bereitstellung von Komponenten als Schüttgut

Manuelles Konzept (K-S-01)

Wie in Abb. 38 dargestellt, wurde zur Zuführung der Bauteile als Schüttgut ein Konzept einer Materialrutsche erarbeitet, das verschiedene Aspekte verfolgt. Die Rutsche wird je nach verfügbarem Platz seitlich der Module der Montageanlagen angebracht oder befindet sich auf einem Gestell. Da die Module unterschiedlich lange ausgeführt sind, kann auch die Länge der Rutschen variieren. Aufgrund der Anlagentaktzeit ergibt sich die Menge der Komponenten, die am Modul

(in der Rutsche) verfügbar sein müssen, um ein ausreichendes Logistikzeitfenster zu schaffen. Das Logistikzeitfenster sorgt dafür, dass die Zeitspanne zwischen den Materiallieferungen an den Modulen sinnvoll und nicht zu knapp gewählt ist.

Die Menge der Komponenten, die sich aus dem Logistikzeitfenster ergibt, in Kombination mit der Komponentengrösse und der Länge der Rutsche, lässt auf den Querschnitt der Rutsche schliessen. Der Querschnitt der Rutsche ist in angemessener Grösse zu wählen. Eine überzogene Höhen- und Breitenwahl der Rutsche verringert ihre Einsatzmöglichkeit aufgrund der Platzverschwendung, die die Rutsche verursacht.

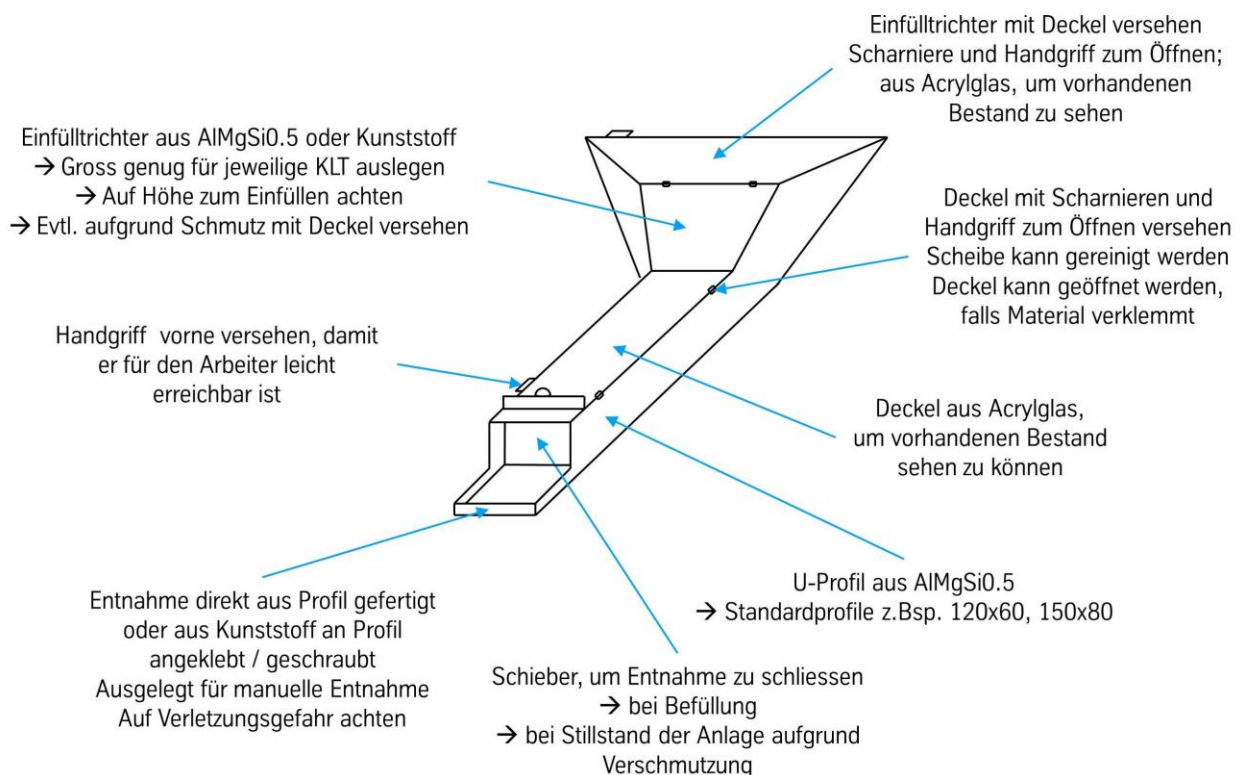


Abb. 38: Manuelle Schüttgutzuführung mittels Materialrutsche

Die Oberseite der Rutsche wird aus Acrylglas gefertigt und ist mittels Handgriff und Scharnieren einfach zu öffnen. Der Mechanismus zum Öffnen dient dazu, dass die Rutsche bei Verschmutzung gereinigt werden und der Werker bei eventuellem Verstopfen aufgrund von verhakten Teilen die Bauteile nachrücken kann.

Der Einfülltrichter ist ebenfalls mit einem Deckel aus Acrylglas versehen, um Eintreten von Staub und Schmutz zu verhindern und um den Bestand einzusehen. Die Grösse des Einfülltrichters muss so gewählt sein, dass der KLT des jeweiligen Bauteils ergonomisch und leicht eingefüllt werden kann.

Die Entnahme des Materials ist aus Kunststoff gestaltet und an das Profil angeschraubt. Für Stillstandzeiten der Montageanlage und zum Schutz vor Herausfallen der Bauteile beim Befüllen ist ein Schieber vorgesehen, der in die Entnahme gesteckt werden kann.

Für die Bereitstellung von Kleinteilen, die ESD gesichert sein müssen, jedoch in nicht ESD-tauglichen Einwegverpackungen angeliefert werden können diese Rutschen von grossem Vorteil sein. Die KLT müssen bei Verwendung der Rutsche nicht in ESD-taugliche Behälter umgepackt werden sondern können direkt in die Rutsche eingefüllt werden, die die Teile ESD-abgesichert am Arbeitsplatz bereitstellt.

Automatisiertes Konzept (K-S-02)

Abb. 39 stellt ein vollautomatisiertes Konzept der Schüttgutzuführung dar.

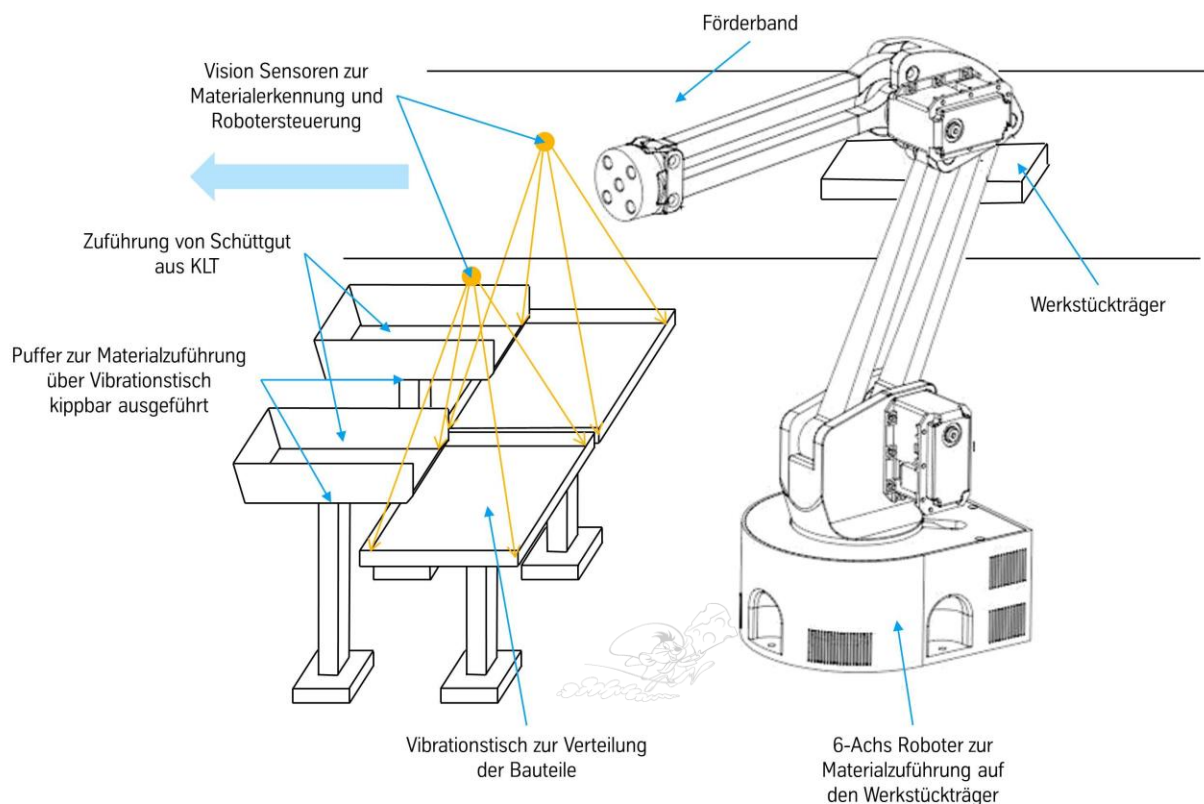


Abb. 39: Schüttgutzuführung mittels Vibrationstisch und Roboter

Die Tische dienen als Puffer der Komponenten. Via Kippmechanismus werden einige Komponenten auf die Vibrationstische gefördert, die von Vision-Systemen abgeleuchtet werden. Die Vibrationsfunktion dient der Verteilung der Bauteile, um es dem Roboter zu ermöglichen die Bauteile einfacher zu greifen. Gesteuert von den Vision-Systemen werden die Komponenten mittels Roboter von den Vibrationstischen entnommen und dem Werkstückträger zugeführt.

5.5 Konzeptbewertung

Zur Bewertung der Konzepte wurde folgende Tabelle erstellt. Die Materialbereitstellungskonzepte wurden mit den Abkürzungen – ersichtlich in den Kap. 5.4 – benannt. Die Anforderungstabelle nach der die Bewertung erfolgte ist in Kap. 5.2 zu finden. Die Konzepte der unterschiedlichen Kategorien wurden miteinander verglichen und durch eine Nutzwertanalyse bewertet. Die Bewertung erfolgte nach einer Zahlenbewertung von 1 bis 4, wobei 1 die schlechteste Bewertung und 4 die beste Bewertung ist:

- 1...Anforderung nicht erfüllt bzw. nicht realisierbar
- 2...Anforderung teilweise erfüllt bzw. nur schwer realisierbar
- 3...Anforderung grossteils erfüllt bzw. mit wenig Aufwand realisierbar
- 4...Anforderung erfüllt bzw. ohne Zusatzaufwand realisierbar
- x...in diesem Stadium nicht bewertbar
- n.g....nicht geeignet

Zur besseren Orientierung werden die Kurzzeichen der Anforderungen noch einmal erläutert:

- A1...Anlagenautonomie
- A2...Automatisierbarkeit der Materialzuführung
- A3...Automatisierbarkeit der Warenanlieferung
- A4...Baukastensystem oder Sonderanfertigung
- A5...Ergonomie
- A6...Kosten
- A7...Platzbedarf
- A8...Reinheit und ESD
- A9...Robustheit und Verschleiss
- A10...Variantenteile

Konzept	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Summe
Bereitstellung von GLT an der Montageanlage											
G-3-01	3	4	4	2	3	2	2	x	x	2	22
G-3-02	3	4	4	2	3	2	2	x	x	2	22
G-3-03	3	4	4	2	3	2	2	x	x	2	22
G-4-01	4	4	4	2	3	2	2	x	x	2	23
G-4-02	4	4	4	2	3	2	2	x	x	2	23
G-4-03	4	4	4	2	3	2	2	x	x	2	23
G-4-04	4	4	4	2	3	2	2	x	x	2	23
G-4-05	4	4	4	2	3	2	2	x	x	2	23
G-T-01	3	3	4	4	4	4	4	x	x	3	29
G-D-01	3	2	2	3	4	3	3	x	x	3	23
Bereitstellung von KLT an der Montageanlage											
K-R-01	3	2	2	4	4	4	4	x	x	4	27
K-R-02	3	2	2	4	4	4	4	x	x	4	27
K-R-03	3	1	2	4	4	2	3	x	x	4	n.g.
K-F-01	3	4	2	3	3	2	3	x	x	4	24
K-F-02	3	4	2	3	3	2	3	x	x	4	24
Bereitstellung von Komponenten als Schüttgut											
K-S-01	4	2	2	4	4	4	4	x	x	2	26
K-S-02	4	4	2	3	4	2	2	x	x	2	23

Tab. 4: Nutzwertanalyse der ausgearbeiteten Konzepte

Das Konzept mit der höchsten Punkteanzahl pro Kategorie ist im Standardfall bevorzugt zu wählen. Da der Standardfall nur selten eintritt wurde im Kap. 5.6 ein Entscheidungsbaum erstellt, der die Auswahl je nach Anwendungsfall des Materialbereitstellungskonzeptes erleichtern soll.

5.6 Auswahl der entsprechenden Bereitstellung

Zur vereinfachten Auswahl der geeigneten Bereitstellung für bestimmte Fälle wurde der Entscheidungsbaum in Abb. 40 erstellt. Die verwendeten Kurzzeichen sind in Kap. 5.4 – Konzeptfindung – ersichtlich.

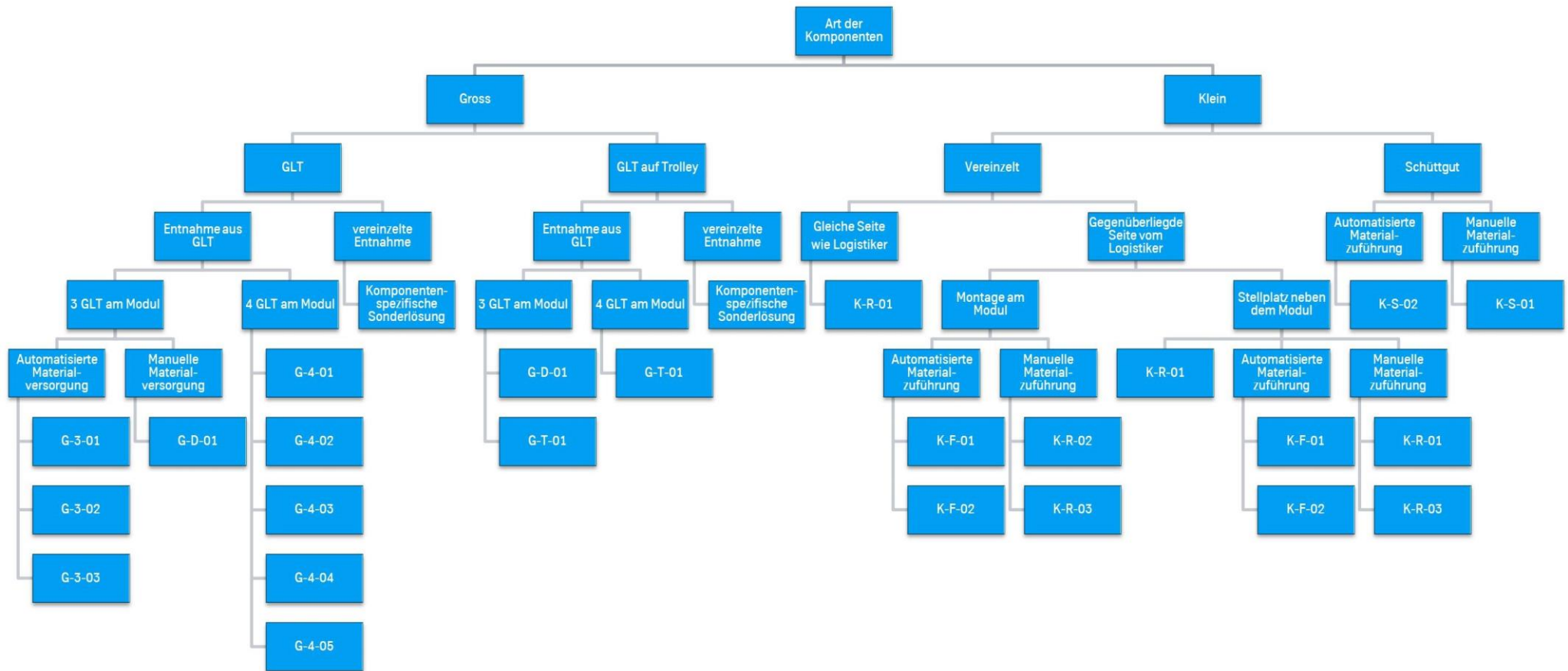


Abb. 40: Entscheidungsbaum zur Auswahl der entsprechenden Bereitstellung

6 Zusammenfassung und Ausblick

Aus der Analyse der Ist-Situation ist zu erkennen, dass die Variation an Materialbereitstellungskonzepten, den unterschiedlichen Arten der Warenanlieferung an das Modul und der Notwendigkeit von unterschiedlichen Verpackungsgrössen eine grosse Herausforderung an die tk steering darbieten. Aufgrund des globalen Wachstums des Unternehmens und der schnellen Entscheidungsfindung, wie sie in der Automobilindustrie gefordert ist fehlten in der Vergangenheit die Ressourcen in der Anlagenplanungsphase, um detailliert auf die Standardisierung der Materialbereitstellung einzugehen. Die Materialbereitstellung ist eine notwendige aber nicht wertschöpfende Tätigkeit, die Montage der Komponenten zu vollständigen Lenksystemen hingegen ist eine rein wertschöpfende Tätigkeit, deren Wichtigkeit zur Optimierung höher angesehen wird.

Nichtsdestotrotz ist das Potential von einer globalen Standardisierung und Optimierung der Materialbereitstellung, besonders in Zeiten der Automatisierung, nicht zu unterschätzen. Die unternehmensweite Standardisierung der Materialbereitstellung bietet den grossen Vorteil, dass die Konzepte bei der Planung von neuen Montageanlagen nicht immer von Grund auf neu betrachtet, sondern die bestehenden Konzepte verwendet und durch ständige Lessons Learned Schleifen verbessert werden können. Der Aufwand in der Anlagenplanungsphase reduziert sich damit, da die Neuplanung von Bereitstellungskonzepten zeitaufwändig ist. Ein weiterer Vorteil ist die bessere Planbarkeit des Platzbedarfes – den die Logistik an den jeweiligen Modulen benötigt – bereits in der Anlagenplanungsphase. Der jeweilige Platzbedarf kann mit den Zulieferern der Montageanlagen bereits in einem sehr frühen Stadium abgestimmt werden und in die Erstellung des ersten Layouts einfließen.

Durch den kontinuierlichen Verbesserungsprozess der Materialbereitstellungskonzepte unter Absprache mit den Anlagenbedienern wird die Ergonomie an den Modulen erhöht und somit der Aufwand für nachträgliche Optimierungen reduziert. Nacharbeiten an den Materialbereitstellungen der Module können jedoch nicht komplett eliminiert werden, da die Ergonomieanforderungen immer von den jeweiligen Anlagenbedienern und den Prozessen die es zu erfüllen gibt abhängen.

Die Automatisierung der Warenanlieferung an die Module der Montageanlagen mittels fahrerlosen Transportsystemen (AGV) deckte im Werk in Frankreich grosse Probleme in der Implemen-

tierungsphase auf. Fahrerlose Transportsysteme werden für bestimmte Wege und Referenzabmessungen der Materialbereitstellungspunkte programmiert und optimiert. Die Varianz der Materialbereitstellungspunkte (Höhen, Referenzpunkte,...) musste daraufhin an den Anlagenverbänden auf ein Minimum reduziert werden. Durch unternehmensweite Standardisierung der Materialbereitstellung und somit gleichbleibenden Hauptabmessungen der Materialbereitstellungspunkte kann diese Problematik bei der Einführung von fahrerlosen Transportsystemen oder selbstfahrenden Milkrun-Zügen eingedämmt werden.

Die mit der Fertigungsplanung definierten Anforderungen an Materialbereitstellungspunkte bildete den Grundstein für die Entwicklung von Standards in der Materialbereitstellung. Verschiedene Grundkonzepte wie beispielsweise 3-fach-GLT-Bereitstellung, 4-fach-GLT-Bereitstellung, Bereitstellung von GLT mittels Trolley und Bereitstellung von GLT mittels Drehtisch wurden ausgearbeitet und basierend auf deren Vor- und Nachteile und der Anforderungserfüllung bewertet. Da die Anwendungsfälle der Materialbereitstellungen sehr unterschiedlich sein können, wurde zusätzlich zur Nutzwertanalyse ein Entscheidungsbaum erstellt, der die jeweilige Auswahl des geeigneten Konzeptes erleichtern soll.

Das Ford-Transit-Pilotprojekt, das sich derzeit in der Anlagenplanungsphase befindet ist die erste Montageanlage, bei der die erarbeiteten Konzepte der Materialbereitstellung in der Planungsphase einfließen. Im Logistikworkshop wurden die Konzepte für die jeweiligen Module definiert und bereits in das Anlagenlayout miteingebunden. Die Anwendbarkeit der Materialbereitstellungskonzepte wird bei der Ford-Transit-Montageanlage getestet. Aufgrund der Arbeit mit den Konzepten können diese weiterentwickelt werden und zukünftig in mehreren neuen Umsetzungsprojekten realisiert werden.

Zukünftige Ziele der tk steering sind die Standardisierung der Verpackungen, das Erstellen einer Lieferantenliste für Materialbereitstellungen sowie der Aufbau eines Lieferantennetzwerkes dieser. Werden diese Ziele erreicht und erfolgreich umgesetzt resultiert dies schließlich in einer effizienteren Anlagenplanung und Materialbereitstellung.

Fragebogen

I. Prozess

- Standardisierung der Technologie und deren Anwendungsfälle. Spielt das aus Ihrer Sicht momentan in der tk steering eine wichtige Rolle? Was sind Ihrer Meinung nach die Vor- und Nachteile der Standardisierung in diesen Bereichen?

trifft voll und ganz zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft überhaupt nicht zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Sind Sie in ständigem Kontakt mit den anderen Abteilungen im Anlagenplanungsprozess und sprechen Sie sich in regelmässigen Meetings ab?

-ja
.....nein

- Wie empfinden Sie Ihre Zusammenarbeit mit den angrenzenden Bereichen während des Anlagenplanungsprozesses? Erläutern Sie den Einfluss, den die Logistik Ihrer Meinung nach im Anlagenplanungsprozess hat.

sehr gut	ausreichend	eher nicht ausreichend	nicht ausreichend
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

II. Packaging

- Wie sollten Komponenten bezüglich der Materialbereitstellung und -zuführung klassifiziert werden (z.Bsp. nach Grösse, Gewicht, Material, ESD,...)?
- Nach welchen Kriterien werden heute Verpackungen ausgelegt (z.Bsp. Feuchtigkeit, ESD,...)?

- Inwieweit beeinflusst die tk steering das Packaging des Lieferanten?

wird immer von uns bestimmt	nur selten nicht von uns bestimmt	nur bei Spezialanforderungen von uns bestimmt	gar nicht von uns bestimmt
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Hat die tk steering Ihre eigenen Mehrwegbehälter für eine mengenmässig und ergonomisch optimierte Materialbereitstellung?

-ja
.....nein

- Wird die tk steering vom Lieferanten mit den eigenen Mehrwegbehältern beliefert oder müssen Sie die Ware für die Materialbereitstellung umpacken?

III. Materialbereitstellung

- Wie hoch schätzen Sie den momentanen Automatisierungsgrad bei der Materialbereitstellung in der tk steering?

voll automatisiert	grösstenteils automatisiert – nur selten manuell	grösstenteils manuell – nur selten automatisiert	alles manuell
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Kennen Sie die Vision bezüglich der automatisierten Materialbereitstellung in der tk steering? Wie lautet diese?

-ja
.....nein

- Wie werden, im Zuge der Materialbereitstellung, falsche Bestände an der Montageanlage in der tk steering vermieden?

- Sind die Bereitstellungspunkte des Materials an der Montageanlage mit dem Bediener abgesprochen und ergonomisch optimiert? Falls ja, wie wird der Bediener miteinbezogen?

.....ja, wie...

.....nein

IV. Materialzuführung

- Wie hoch schätzen Sie den momentanen Automatisierungsgrad der Materialzuführung in der tk steering?

voll automatisiert	grösstenteils automatisiert – nur selten manuell	grösstenteils manuell – nur selten automatisiert	alles manuell
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Was ist Ihrer Meinung nach die Vision bezüglich der automatisierten Materialzuführung in der tk steering?
- Liegen logistische Zwischenschritte in Ihrem Unternehmen, im Falle einer manuellen Materialzuführung, im Aufgabenbereich des Anlagenbedieners? Falls ja welche Tätigkeiten sind dies (z.Bsp. umpacken, FiFo Regal,...)?

.....ja

.....nein

- Vergeben Sie die Automatisierung der Materialzuführung extern oder lösen Sie diese Aufgabe Firmenintern?

intern	grösstenteils intern – nur selten extern	grösstenteils extern – nur selten intern	alles extern
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Ist die Materialzuführung ein detaillierter Teil der Anlagenplanung in der tk steering?

.....ja
.....nein

- Kennen Sie Standards in der Materialzuführung gleicher oder ähnlicher Bauteile an unterschiedlichen Montageanlagen? Erläutern Sie welche.

.....ja
.....nein

- Macht eine zunehmende Standardisierung der Materialzuführung Ihrer Meinung nach Sinn?

.....ja
.....nein

- Ist eine Optimierung der Montageanlagen (bezüglich der Materialzuführung / Handarbeitsplätze) nach der Inbetriebnahme in der tk steering erforderlich?

.....ja
.....nein

Abbildungsverzeichnis

ABB. 1: PRODUKTPORTFOLIO DER TK STEERING NACH DER FIRMENBROSCHÜRE [TKS16]	2
ABB. 2: TECHNOLOGIEWANDEL DER LENKSYSTEME NACH DER FIRMENBROSCHÜRE [TKS16].....	3
ABB. 3: MATERIALFLUSSPROZESS (IN ANLEHNUNG AN [SB14], S.280).....	4
ABB. 4: MATERIALBEREITSTELLUNG MIT BETRACHTUNGSBEREICH (IN ANLEHNUNG AN [GOL14], S.29).....	5
ABB. 5: FORSCHUNGSDESIGN DER ARBEIT	6
ABB. 6: BEGRIFFSABGRENZUNG VON LOGISTIK – MATERIALFLUSS – FÖRDERTECHNIK (NACH [KK04], S.378)	12
ABB. 7: ABGRENZUNG VON MATERIALBEREITSTELLUNG UND MATERIALZUFÜHRUNG	12
ABB. 8: MATERIALFLUSS EINES PRODUKTIONSUNTERNEHMENS ABGEBILDET IN WERTSCHÖPFUNGSKETTE (IN ANLEHNUNG AN [SB14], S.280)	13
ABB. 9: MATERIALFLUSSPROZESS (NACH [HSN(+07)], S.3).....	15
ABB. 10: DIE KERNPRINZIPIEN DES THYSSENKRUPP PRODUKTIONSSYSTEMS (TKPS) (NACH [TKS16])	24
ABB. 11: KONFLIKTE ZWISCHEN TECHNIK UND UNTERNEHMENSLEITUNG/EINKAUF (IN ANLEHNUNG AN [AHR(+16)], S.425)	27
ABB. 12: EXPLOSIONSZEICHNUNG EINES RACK-EPS LENKGETRIEBES	29
ABB. 13: MECHATRONISCHER PRODUKTLEBENSZYKLUS DER TK STEERING MIT MEILENSTEINEN	33
ABB. 14: UNTERSCHIEDUNG DER LADUNGSTRÄGER (IN ANLEHNUNG AN [HEI16]).....	37
ABB. 15: ÜBERSICHT DER BEREITSTELLUNG VON GLT AN DEN MODULEN DER MONTAGEANLAGEN DER TK STEERING	38
ABB. 16: ÜBERSICHT DER BEREITSTELLUNG VON KLT AN DEN MODULEN DER MONTAGEANLAGEN DER TK STEERING	39
ABB. 17: ÜBERSICHT DER BEREITSTELLUNG VON SCHÜTTGUT AN DEN MODULEN DER MONTAGEANLAGEN DER TK STEERING	40
ABB. 18: ÜBERSICHT DER VEREINZELUNG VON BAUTEILEN AN DEN MODULEN DER MONTAGEANLAGEN DER TK STEERING	41
ABB. 19: AUSZUG AUS DER INTERNEN ABSPRACHE ZUR BAUGRUPPENANALYSE ANHAND DER IBK2 MONTAGEANLAGE ..	51
ABB. 20: 3-FACH-GLT-BEREITSTELLUNGSKONZEPT MIT SCHWENKMECHANISMUS	55
ABB. 21: 3-FACH-GLT-BEREITSTELLUNGSKONZEPT MIT ELEKTROZYLINDER UND SCHWENKMECHANISMUS	56
ABB. 22: 3-FACH-GLT-BEREITSTELLUNGSKONZEPT MIT KONSTRUKTIVER GLT AUSRICHTUNG BEI ANLIEFERUNG UND ABHOLUNG	57
ABB. 23: 4-FACH-GLT-BEREITSTELLUNGSKONZEPT MIT SCHWENKMECHANISMUS UND KONSTRUKTIVER POSITIONIERUNG	58
ABB. 24: 4-FACH-GLT- BEREITSTELLUNGSKONZEPT MIT KIPPMECHANISMUS UND KETTENANTRIEB.....	59
ABB. 25: 4-FACH-GLT-BEREITSTELLUNGSKONZEPT MIT KETTENANTRIEB UND POSITIONIERUNG MITTELS HEBELWIRKUNG	60
ABB. 26: 4-FACH-GLT-BEREITSTELLUNGSKONZEPT MIT KETTENANTRIEB-LINEARBEWEGUNG UND -POSITIONIERUNG	61
ABB. 27: 4-FACH-GLT-BEREITSTELLUNGSKONZEPT MIT KETTENANTRIEB-LINEARBEWEGUNG, -POSITIONIERUNG UND LINEARFÜHRUNG.....	62
ABB. 28: BEISPIEL EINES U-FORM HUBTISCHES [HAN17]	64
ABB. 29: SCHEMENBILD EINES MATERIAL-TROLLEY FÜR EINEN MILKRUN-ZUG	64
ABB. 30: AUTOMATISCHE BELADESTATION FÜR DIE TROLLIES	65
ABB. 31: BEISPIEL EINES DREHTISCHES ZUR BEREITSTELLUNG VON ZWEI GLT [MUE17]	66
ABB. 32: SCHEMENHAFTE DARSTELLUNG EINER GABELFÖRMIGEN PLATTFORM FÜR TROLLIES	66
ABB. 33: ZUFÜHRUNG VON KLT AUF DERSELBEN SEITE, AUF DER DER WERKER STEHT	68
ABB. 34: ZU- UND RÜCKFÜHRUNG VON KLT VON GEGENÜBERLIEGENDER SEITE DES WERKERS.....	69
ABB. 35: ZUFÜHRUNG VON KLT MITTELS FÖRDERBAND - HUB-, SENK- UND KIPPBEWEGUNG MITTELS ELEKTROZYLINDER	70
ABB. 36: ZU- UND RÜCKFÜHRUNG VON KLT MITTELS FÖRDERBAND - HUB-, SENK- UND KIPPBEWEGUNG MITTELS ELEKTROZYLINDER.....	71
ABB. 37: ZU- UND RÜCKFÜHRUNG VON KLT MITTELS FÖRDERBAND - HUB- UND SENKBEWEGUNG MITTELS SEILZUG.....	72

ABB. 38: MANUELLE SCHÜTTGUTZUFÜHRUNG MITTELS MATERIALRUTSCHE	73
ABB. 39: SCHÜTTGUTZUFÜHRUNG MITTELS VIBRATIONSTISCH UND ROBOTER.....	74
ABB. 40: ENTSCHEIDUNGSBAUM ZUR AUSWAHL DER ENTSPRECHENDEN BEREITSTELLUNG.....	77

Tabellenverzeichnis

TAB. 1: ANFORDERUNGEN AN DIE MATERIALBEREITSTELLUNG.....	50
TAB. 2: GRUNDTYPEN DER GLT-BEREITSTELLUNGSKONZEPTE	54
TAB. 3: GRUNDTYPEN DER KLT-BEREITSTELLUNGSKONZEPTE	67
TAB. 4: NUTZWERTANALYSE DER AUSGEARBEITETEN KONZEPTE.....	76

Literaturverzeichnis

- [TKS16] thyssenkrupp steering AG: *General Presentation thyssenkrupp Steering* – Oktober 2016
- [TKP16] thyssenkrupp Presta AG. <http://www.thyssenkrupp-presta.com/de/index.php> – Aktualisierungsjahr: 2016
- [SB14] Schawel, Christian; Billing, Fabian: *Top 100 Management Tools – Das wichtigste Buch eines Managers*. 5.Aufl., Wiesbaden: Gabler Verlag 2014 – ISBN 978-3-8349-4691-1
- [GOL14] Golz, Jenny: *Materialbereitstellung bei Variantenfließlinien in der Automobilendmontage*. Wiesbaden: Springer Verlag 2014 – ISBN 978-3-658-04066-6
- [HAR15] Hartel, Dirk (Hrsg.): *Projektmanagement in der Logistik – Praxisleitfaden mit Beispielen aus Industrie, Handel und Dienstleistung*. Wiesbaden: Springer Verlag 2015 – ISBN 978-3-658-03332-3
- [POR14] Porst, Ralf: *Fragebogen – Ein Arbeitsbuch*. 4.Aufl., Wiesbaden: Springer Verlag 2004 – ISBN 978-3-658-02118-4
- [HOL16] Hollenberg, Stefan: *Fragebögen – Fundierte Konstruktion, sachgerechte Anwendung und aussagekräftige Auswertung*. Wiesbaden: Springer Verlag 2016 – ISBN 978-3-658-12967-5
- [IFA16] Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.): *5S als Basis des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses*. Berlin/Heidelberg: Springer Verlag 2016 – ISBN 978-3-662-48551-4
- [SCH05] Schulte, Christof: *Logistik – Wege zur Optimierung der Supply Chain*. 4.Aufl., München: Verlag Vahlen 2005. – ISBN 3-8006-3093-1.
- [KK04] Klaus, Peter (Hrsg.); Krieger, Winfried (Hrsg.): *Gabler Lexikon Logistik - Management Logistischer Netzwerke und Flüsse*. 3.Aufl., Wiesbaden: Gabler Verlag 2004. – ISBN 3-409-39502-4
- [KRA12] Kraha, Eva-Susanne: *Lean Transformation: Wie Sie Prozesse schlanker machen*. <https://www.springerprofessional.de/en/unternehmensstrategie/unternehmensprozesse/lean-transformation-wie-sie-prozesse-schlanker-machen/6600220?searchBackButton=true&abEvent=detailLink> - Aktualisierungsjahr: 2012

- [BHV14] Bauernhansl, Thomas; ten Hompel, Michael; Vogel, Birgit: *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*. Wiesbaden: Springer Verlag 2014 – ISBN 978-3-658-04682-8
- [GRU15] Grunewald, Martin: *Planung von Milkruns in der Beschaffungslogistik der Automobilindustrie*. Wiesbaden: Springer Verlag 2015 – ISBN 978-3-658-09441-6
- [HSN(+07] ten Hompel, Michael; Schmidt, Thorsten; Nagel, Lars; Jünemann, Reinhardt: *Materialflusssysteme – Förder- und Lagertechnik*. 3.Aufl., Berlin/Heidelberg: Springer Verlag 2007 – ISBN 978-3-540-73236-5
- [DIK(+08] Arnold, Dieter; Isermann, Heinz; Kuhn, Axel; Tempelmeier, Horst; Furmans, Kai (Hrsg.): *Handbuch Logistik*. 3.Aufl., Berlin/Heidelberg: Springer Verlag 2008 – ISBN 978-3-540-72929-7
- [AHR(+16] Arnolds, Hans; Heege, Franz; Röh, Carsten; Tussing, Werner: *Materialwirtschaft und Einkauf*. 13.Aufl., Wiesbaden: Springer Verlag 2016 – ISBN 978-3-658-12628-5
- [SCH15] Schäfer, Daniel: *Lean-Informationstechnik im Finanzdienstleistungssektor – Wege zu Prozess- und Kostenoptimierung mit ITIL & Lean*. Wiesbaden: Springer Verlag 2015 – ISBN 978-3-658-06989-6
- [LW12] Lotter, Bruno (Hrsg.); Wiendahl, Hans-Peter: *Montage in der industriellen Produktion – Ein Handbuch für die Praxis*. 2.Aufl., Berlin/Heidelberg: Springer Verlag 2012 – ISBN 978-3-642-29061-9
- [TUP13-1] TUP-Redaktion. <https://logistikknowhow.com/mann-zur-ware-kommissionierung/>
- Aktualisierungsjahr: 2013
- [TUP13-2] TUP-Redaktion. <https://logistikknowhow.com/ware-zum-mannkommissionierung/>
- Aktualisierungsjahr 2013
- [HKS109] Hoffmann, Klaus; Krenn, Erhard; Stanker, Gerhard: *Fördertechnik – Band 1: Bauelemente, ihre Konstruktion und Berechnung* 8.Aufl., Linz: Veritas Verlag 2009 – ISBN 978-3-7058-7631-6
- [HKS209] Hoffmann, Klaus; Krenn, Erhard; Stanker, Gerhard: *Fördertechnik – Band 2: Maschinensätze, Fördermittel, Tragkonstruktionen, Logistik* 6.Aufl., Linz: Veritas Verlag 2009 – ISBN 978-3-7058-7632-3
- [RÖM11] Römisch, Peter: *Materialflusstechnik – Auswahl und Berechnung von Elementen und Baugruppen der Fördertechnik* 10. Aufl., Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag 2011 – ISBN 978-3-8348-1485-2

- [BOR16] Borgeest, Kai: *Messtechnik und Prüfstände für Verbrennungsmotoren*. Wiesbaden: Springer Verlag 2016 – ISBN 978-3-658-10118-3
- [LOC16] Lochmahr, Andrea (Hrsg.): *Praxishandbuch Grüne Automobillogistik*. Wiesbaden: Springer Verlag 2016 – ISBN 978-3-658-04809-9
- [HEI16] Heinrich, Martin: *Transport- und Lagerlogistik – Systematik, Planung, Einsatz und Wirtschaftlichkeit*. 10. Aufl., Wiesbaden: Springer Verlag 2016 – ISBN 978-3-658-14552-1
- [HAN17] Haneu Katalog GmbH. <https://www.haneu.de/flachform-hubtisch-in-u-form.html> - Aktualisierungsjahr: 2017
- [MUE17] Müller Maschinen- und Gerätebau GmbH. <http://mueller-geraetebau.com/dreh-hubtische/> - Aktualisierungsjahr: 2017