

Versorgung von Montagelinien in einem Industriebetrieb nach Lean-Management-Prinzipien

Diplomarbeit
von
BSc Hubert Wolf



eingereicht am
Lehrstuhl Wirtschafts- und Betriebswissenschaften
der
Montanuniversität Leoben

Leoben, am 9. November 2010

Themenstellung

Herrn **Hubert Wolf, BSc.** wird das Thema

„Versorgung von Montagelinien in einem Industriebetrieb nach Lean-Management-Prinzipien“

zur Bearbeitung in einer Diplomarbeit gestellt.

In einem Industrieunternehmen wird eine Optimierung des Montage- und Montageversorgungsbereiches angestrebt. Neben der Verbesserung eines konkreten Betriebes wird ein praxistaugliches Konzept für weitere Produktionsstandorte gesucht.

Die Zielsetzung des Praxisteils ist die Konzeption der Teileversorgung für eine Montagelinie zur Herstellung von Schlagwerkbaugruppen. Es ist nach den Prinzipien der Lean Production bzw. des Toyota Production Systems vorzugehen. Dieses Konzept ist außerdem für vergleichbare, zukünftige Montagelinien zu verallgemeinern.

Der Theorieteil hat in einer Literaturstudie das Themenfeld Lean Production bzw. Toyota Production System zu behandeln. Vertiefend ist auf relevante Produktionsplanungs- und Produktionssteuerungsoptionen sowie auf das Management von Prozessen einzugehen.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Hubert Biedermann', is positioned above the printed name.

Leoben, im Oktober 2008

o.Univ.Prof. Dr. Hubert Biedermann

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit

**„Versorgung von Montagelinien in einem Industriebetrieb nach Lean-
Management-Prinzipien“**

selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt
und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

Leoben, am 9. November 2010

Hubert Wolf

Danksagung

Mein Dank gilt an dieser Stelle all jenen Personen, die an der Entstehung dieser Diplomarbeit direkt oder indirekt beteiligt waren.

Es sind dies Herr Dr. Andreas Sennheiser und Herr Mag. (FH) Dietmar Vonbrül der Hilti AG, welche mich mit allen für diese Arbeit notwendigen Unterlagen versorgten und mir während des gesamten Praktikums bei der Hilti AG mit Rat und Tat zur Seite standen.

Ich möchte auch meinem Diplomarbeitsbetreuer an der Montanuniversität Leoben, Herrn DI Mag. Markus Zwainz, für die fachliche Betreuung und Unterstützung danken.

Weiters bedanke ich mich bei allen Personen, die mich fachlich, geistig, moralisch oder auf andere Art unterstützt haben und in dieser Danksagung nicht namentlich erwähnt wurden.

Hubert Wolf

Kurzfassung

Die Hilti AG stellte im Rahmen der Gestaltung der Montagelinie für Schlagwerke des Typs TE1000/TE1500 die Aufgabe, ein Konzept für die effiziente Teileversorgung nach Lean-Management-Prinzipien zu erstellen. Ziel ist es, eine lückenlose Teileversorgung der Montagelinie sicherzustellen. Dabei ist darauf zu achten, dass sich möglichst wenig Material in den Prozessen befindet und dabei der logistische Aufwand für die Teileversorgung gering gehalten wird. Weiters ist aufgrund der Erkenntnisse bei der konzeptionellen Gestaltung der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 ein standardisiertes Vorgehen für die Gestaltung eines Versorgungskonzepts zukünftiger Montagelinien und Montagestraßen zu erarbeiten.

Nach Klärung der Grundlagen und der grundlegenden Begrifflichkeiten wird die Ist-Situation der Materialflüsse und logistischen Abläufe der Hilti AG detailliert erläutert. Es folgt die heuristische Ermittlung der für die Referenzmontagelinie möglichen Versorgungskonzepte und der Versuch, den aufwändigen und fehleranfälligen heuristischen Lösungsweg durch einen einfacheren, jedoch nur näherungsweise Lösungsweg zu ersetzen.

Auf Basis der erzielten Erkenntnisse wird eine standardisierte Vorgehensweise für die Logistik-Konzeptgestaltung zukünftiger Systeme ermittelt und auf die logistischen Aspekte der Fertigungssteuerung eingegangen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Logistik im Rahmen der Montageversorgung eine Querschnittsfunktion einnimmt. Daraus wird geschlossen, dass eine effiziente Versorgung nach Lean-Management-Prinzipien nur bei funktionsübergreifender Betrachtung und Berücksichtigung der Logistik in allen Phasen der Planung und Gestaltung einer Montagestätte möglich ist.

Abstract

In the frame of designing the assembly line for impact apparatus of the type TE1000/TE1500, Hilti AG asked me to draw up a concept for efficient parts supply according to lean management principles. The objective was to guarantee a consistent parts supply in the assembly line. It is essential to make sure that there is as least material in the process line as possible and that the logistic effort for the parts supply is not too high. Furthermore, taking into account the knowledge gathered during the conception of the reference assembly line TE 1000/TE 1500, a standardised procedure for the design of the supply concept of future assembly lines should be established.

Having laid down the basic concepts, the current organisation of the material flows and the logistic operations of Hilti AG are presented. I then will try to identify heuristically the supply concepts possible for this reference assembly line. However, I intend to replace this intensive and error-prone heuristic solution by a much simpler but only approximate solution.

Based on this analysis a standardised procedure for logistic conception of future systems is to be identified; I also will describe logistic aspects of the manufacturing control.

As a conclusion, it can be said that logistics have an interdepartmental function in the assembly supply. This means that an efficient supply according to lean management principles can only be maintained with a broader approach encompassing several functions and with having a view to logistics in all phases of the planning and designing of an assembly line.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----------|
| Themenstellung | ii |
| Eidesstattliche Erklärung | iii |
| Danksagung | iv |
| Kurzfassung | v |
| Abstract | vi |
| Inhaltsverzeichnis | vii |
| Abbildungsverzeichnis | xi |
| Abkürzungsverzeichnis..... | xiii |
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Motivation, Idee | 1 |
| 1.2 Problemstellung | 2 |
| 1.3 Aufgabenstellung..... | 2 |
| 1.4 Systemabgrenzung..... | 2 |
| 1.5 Inhalt und Aufbau der Arbeit..... | 3 |
| 2 Begriffsbestimmungen..... | 4 |
| 2.1 Lean-Production - das Toyota Production System (TPS)..... | 4 |
| 2.1.1 Ursprung und Entwicklung..... | 4 |
| 2.1.2 Wesentliche Regeln und Innovationen des TPS..... | 5 |
| 2.2 Produktions- und Logistikkbegriffe..... | 15 |
| 2.2.1 Produktion..... | 15 |
| 2.2.2 Montage | 15 |
| 2.2.3 Materialfluss | 17 |
| 2.2.4 Materialwirtschaft | 18 |
| 2.2.5 Logistik..... | 18 |
| 2.3 Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme (PPS)..... | 28 |
| 2.3.1 Push-Prinzip oder Bring-Prinzip..... | 28 |
| 2.3.2 Pull-Prinzip oder Hol-Prinzip..... | 30 |
| 2.3.3 Sonstige Ansätze..... | 32 |
| 2.4 Prozess | 33 |
| 2.4.1 Prozessstrukturierung | 33 |
| 2.4.2 Prozesstypen..... | 34 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.4.3 | Struktur- und Prozessgestaltung..... | 35 |
| 2.4.4 | Reengineering..... | 35 |
| 3 | Datenerfassung und Analyse der Ist-Situation | 36 |
| 3.1 | Logistische Tätigkeiten Montage aktuell..... | 36 |
| 3.1.1 | Grundsätzliches zur Montage..... | 38 |
| 3.1.2 | Montagetätigkeit | 38 |
| 3.1.3 | Auftragsgröße..... | 38 |
| 3.1.4 | Palettisierung..... | 38 |
| 3.1.5 | Retrograde Stücklistenabbuchung und Bedarfsmeldung..... | 39 |
| 3.1.6 | Funktions- und Qualitätsprüfung..... | 39 |
| 3.1.7 | Behältermanagement..... | 40 |
| 3.1.8 | Umrüsten | 41 |
| 3.1.9 | Materialbestand..... | 41 |
| 3.1.10 | Mitarbeiterverfügbarkeit und Mitarbeiterqualifikation..... | 41 |
| 3.1.11 | Schnittstelle Zuführung – Montage | 41 |
| 3.1.12 | Schnittstelle Montage - Abführung..... | 42 |
| 3.1.13 | Freiwerdendes Potenzial an Arbeitszeit | 42 |
| 3.2 | Logistische Tätigkeiten Montageversorgung (innere Systemgrenzen) aktuell..... | 44 |
| 3.2.1 | Tätigkeiten Zuführung..... | 46 |
| 3.2.2 | Tätigkeiten Abführung..... | 46 |
| 3.2.3 | Umrüsten | 46 |
| 3.2.4 | Behältermanagement..... | 47 |
| 3.2.5 | Einheitliches Behältersystem | 47 |
| 3.2.6 | Einheitliche Reichweite | 47 |
| 3.2.7 | Mitarbeiterverfügbarkeit und Mitarbeiterqualifikation..... | 48 |
| 3.2.8 | Anlagenverfügbarkeit..... | 48 |
| 3.2.9 | Freiwerdendes Potenzial an Arbeitzeit..... | 48 |
| 3.2.10 | Zahlen und Fakten | 48 |
| 3.3 | Logistische Tätigkeiten Montageversorgung (äußere Systemgrenzen) aktuell | 49 |
| 3.3.1 | Bereitstellung und Lagerung | 51 |
| 3.3.2 | Grundsätzliches zur Lagerung..... | 51 |
| 3.3.3 | Zusätzliche Nebenbedingungen..... | 51 |
| 3.3.4 | Umpacken und Artikel-Behälter-Lager-Connect..... | 52 |
| 3.3.5 | Freiwerdendes Potenzial an Arbeitszeit | 53 |
| 3.3.6 | Mitarbeiterverfügbarkeit und Mitarbeiterqualifikation..... | 54 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.3.7 | Zahlen und Fakten | 54 |
| 3.4 | Erkenntnisse / Einflüsse | 55 |
| 3.4.1 | Strukturelle Einflüsse | 55 |
| 3.4.2 | Organisatorische Einflüsse..... | 55 |
| 3.4.3 | Lean-Einflüsse | 56 |
| 4 | Trennung Montage und Versorgung TE1000/TE1500 | 57 |
| 4.1 | Vorgehen und Rahmenbedingungen TE1000/TE1500..... | 57 |
| 4.1.1 | Pflichtenheft und Lean-Vorgaben | 58 |
| 4.1.2 | Umsetzung Montage | 58 |
| 4.1.3 | Umsetzung Logistik | 59 |
| 4.2 | Neugestaltung Versorgungskonzept..... | 60 |
| 4.2.1 | Klassifizierung und Gruppierung von Teilen..... | 60 |
| 4.2.2 | Behälterauswahl | 61 |
| 4.2.3 | Reichweitenregelung | 63 |
| 4.2.4 | Konzept 1 – direkte Zuführung durch Lagerlogistik | 63 |
| 4.2.5 | Konzept 2 – indirekte Zuführung mittels Supermarkt-Prinzip | 72 |
| 4.2.6 | Konzept 3 – Kombination..... | 78 |
| 4.2.7 | Festlegung des Artikel-Behälter-Lager-Connect..... | 78 |
| 4.2.8 | Nachträgliche Gestaltungsmöglichkeiten..... | 79 |
| 4.2.9 | Systemdimensionierung und Ressourcenplanung..... | 80 |
| 4.2.10 | to do's – Ergebnisse und Empfehlungen TE1000/TE1500 | 86 |
| 4.3 | Umsetzung..... | 87 |
| 4.3.1 | Empfehlungen für die Übergangsphase TE1000/TE1500..... | 87 |
| 4.3.2 | Aspekte des Wandels - Change | 88 |
| 5 | Standardisierte Logistik-Konzeptgestaltung | 89 |
| 5.1 | Rahmenbedingungen für zukünftige Systeme..... | 89 |
| 5.2 | Detaillierte Umsetzung | 90 |
| 6 | Konfiguration der Fertigungssteuerung | 92 |
| 6.1 | Rahmenbedingungen | 93 |
| 6.2 | Logistische Zielsetzung | 93 |
| 6.3 | Fertigungsumgebung..... | 93 |
| 6.4 | Produktionsplanung | 95 |
| 6.5 | Auftragserzeugung..... | 95 |
| 6.6 | Auftragsfreigabe..... | 95 |
| 6.7 | Kapazitätssteuerung | 96 |
| 6.8 | Reihenfolgebildung | 97 |
| 6.9 | Lean-Lösungsansatz Heijunka..... | 98 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6.9.1 | Heijunka: Praxisbeispiel zur Produktionsnivellierung..... | 98 |
| 6.9.2 | Heijunka bei der Hilti AG..... | 101 |
| 7 | Resumée und Empfehlungen | 104 |
| 7.1 | Zusammenfassung..... | 104 |
| 7.2 | Ergebnisse | 104 |
| 7.3 | Empfehlungen | 105 |
| | Literaturverzeichnis | 108 |
| | Anhang..... | a |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: U-förmige Montagelinie TE1000/TE1500 | 1 |
| Abbildung 2: Systemabgrenzung..... | 2 |
| Abbildung 3: Fortgang der Arbeit..... | 3 |
| Abbildung 4: Gebräuchliche Lean- und TPS-Begriffe..... | 5 |
| Abbildung 5: Kennzeichen der Lean-Production..... | 6 |
| Abbildung 6: Angaben bei Kanban-Systemen | 7 |
| Abbildung 7: Zwei-Karten-Kanban mit durchlaufenden Behältern | 8 |
| Abbildung 8: Das Kaizen-Prinzip | 11 |
| Abbildung 9: Vergleich zwischen Poka Yoke Vorkehrungen und Poka Yoke Systemen..... | 12 |
| Abbildung 10: Wesentliche Schritte bei der Einführung von Poka Yoke..... | 12 |
| Abbildung 11: Die 16 Verlustarten von TPM..... | 14 |
| Abbildung 12: Verschwendungsarten nach Kaizen..... | 15 |
| Abbildung 13: Funktionen der Montage..... | 16 |
| Abbildung 14: Fertigungs- und Montagestrukturen | 16 |
| Abbildung 15: Gegenstände des Materialflusses..... | 17 |
| Abbildung 16: Unternehmenslogistik gegliedert nach dem produktionswirtschaftlichen Durchfluss und logistischen Aktivitäten | 20 |
| Abbildung 17: Zusammenhang Logistikkennzahlen..... | 25 |
| Abbildung 18: Konkurrierende logistikrelevante Ziele..... | 27 |
| Abbildung 19: Einteilung der Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme | 28 |
| Abbildung 20: Push- oder Bring-Prinzip | 29 |
| Abbildung 21: Vergleich Kanban und Conwip..... | 29 |
| Abbildung 22: Fortschrittskennzahlenkonzept..... | 30 |
| Abbildung 23: Pull- oder Hol-Prinzip | 31 |
| Abbildung 24: Module der Produktionsplanung und Steuerung (PPS)..... | 32 |
| Abbildung 25: Performance-Auswirkungen unterschiedlicher Ausprägungsformen des Business-Reengineering..... | 35 |
| Abbildung 26: Bereichsabgrenzung: Montageprozess Kap. 3.1 | 36 |
| Abbildung 27: Process-Mapping Prozess Montage aktuell | 37 |
| Abbildung 28: Arbeitsablauf in der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 | 40 |
| Abbildung 29: Momentaufnahmen im Intervall von 15 Min. über die Dauer von zwei Wochen..... | 43 |
| Abbildung 30: Übersicht der zeitlichen Verteilung der Tätigkeiten der Montagemitarbeiter | 43 |
| Abbildung 31: Bereichsabgrenzung: innere Systemgrenzen Kap. 3.2..... | 44 |
| Abbildung 32: Process-Mapping Prozess Montage aktuell | 45 |
| Abbildung 33: Quantitäten Lagerausgang bei durchschnittlich 13 Mitarbeitern | 49 |
| Abbildung 34: Bereichsabgrenzung: äußere Systemgrenzen Kap. 3.3..... | 49 |
| Abbildung 35: Process-Mapping Prozess Bereitstellung und Lagerung aktuell..... | 50 |
| Abbildung 36: Übersicht über die Verwendeten genormten Ladehilfsmittel..... | 51 |
| Abbildung 37: Berücksichtigung von Nebenbedingungen des neuen Lagersystems | 52 |

| | |
|---|-----|
| Abbildung 38: Quantitäten Lagereingang bei durchschnittlich 13 Mitarbeitern..... | 54 |
| Abbildung 39: Einflüsse auf die Versorgung der Montagelinie..... | 55 |
| Abbildung 40: Wesentliche Planungs- und Bauphasen der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500..... | 57 |
| Abbildung 41: Verwendete Ladehilfsmittel Referenzmontagelinie TE1000/TE1500..... | 59 |
| Abbildung 42: Kriterien zur Zuordnung von Teilen zur Bereitstellungsstrategie | 60 |
| Abbildung 43: Erforderlicher Behältertransfers TE1000/TE1500..... | 62 |
| Abbildung 44: Ausschlussgründe für Direktzuführung von Teilen durch Lagerlogistik..... | 64 |
| Abbildung 45: Bestandsentwicklung direkte Teilezuführung bei $A = 48$; $n = 180$; $WBZ = 2$; $p = 27,5$ | 66 |
| Abbildung 46: Bestandsentwicklung direkte Teilezuführung bei $A = 48$; $n = 60$; $WBZ = 2$; $p = 27,5$ | 67 |
| Abbildung 47: Funktionalität Supermarkt-Konzept..... | 72 |
| Abbildung 48: Bestandsentwicklung indirekte Teilezuführung bei $A = 48$; $n = 45$; $WBZ = 2$; $p = 27,5$; Zwei-Behälter-Prinzip | 75 |
| Abbildung 49: Bestandsentwicklung indirekte Teilezuführung bei $A = 48$; $n = 45$; $WBZ = 2$; $p = 27,5$; Drei-Behälter-Prinzip | 75 |
| Abbildung 50: Bestandsentwicklung indirekte Teilezuführung bei $A = 48$; $n = 45$; $WBZ = 2$; $p = 27,5$; Vier-Behälter-Prinzip..... | 76 |
| Abbildung 51: Vergleich der Ergebnisse von heuristischem und näherungsweise Ansatz.. | 77 |
| Abbildung 52: Schematische Darstellung Logistik-Zug nach dem „Milk-Run“-Prinzip | 81 |
| Abbildung 53: Beispiele für mögliche Transportsysteme | 81 |
| Abbildung 54: Beispiele für mögliche Supermarkt-Durchlaufregale | 82 |
| Abbildung 55: Dimensionierung Supermarkt-Bereich..... | 83 |
| Abbildung 56: Wesentliche Planungs- und Bauphasen zukünftiger Montagelinien..... | 89 |
| Abbildung 57: Entscheidungsfindung hinsichtlich direkter oder indirekter Zuführung von Teilen an Montage..... | 90 |
| Abbildung 58: Konfiguration der Fertigungssteuerung..... | 92 |
| Abbildung 59: Steuerungsrelevante Fertigungsmerkmale der Hilti AG..... | 94 |
| Abbildung 60: Strategien zur Kapazitätsanpassung..... | 96 |
| Abbildung 61: Konfiguration der Fertigungssteuerung der Hilti AG | 97 |
| Abbildung 62: Traditionelle Produktionsplanung und –steuerung..... | 99 |
| Abbildung 63: Traditionelle Produktionsplanung und –steuerung mit umgekehrter Reihenfolge..... | 100 |
| Abbildung 64: Produktionsplanung und –steuerung nach der Heijunka-Systematik..... | 101 |
| Abbildung 65: Planungs- und Bauphasen zukünftiger Montagelinien | 106 |
| Abbildung 66: Entscheidungsfindung direkte/indirekte Zuführung und Ermittlung Behälteranzahl..... | 106 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|--------|---|
| Abb. | Abbildung |
| AG | Aktiengesellschaft |
| A | Auftragsgröße |
| Auftr. | Auftrag |
| bmax | Maximalbestand |
| bmin | Minimalbestand |
| BOA | Belastungsorientierte Auftragsfreigabe |
| BOFS | Belastungsorientierte Fertigungssteuerung |
| Bsp. | Beispiel |
| bzw. | beziehungsweise |
| CONWIP | Constant Work in Process |
| d.h. | das heißt |
| ERP | Enterprise Resource Planning |
| etc. | et cetera |
| f. | folgende Seite |
| ff. | folgende Seiten |
| Fa. | Firma |
| Fert. | Fertigung |
| FKZ | Fortschrittskennzahlen |
| graf. | grafisch |
| HRL | Hochregallager |
| Hrsg. | Herausgeber |
| JIT | Just in Time |
| k.a. | keine Angaben |
| KTL | Kleinteilelager |
| KLТ | Kleinladungsträger |
| lt. | laut |
| max. | Maximum |
| min. | Minimum |
| Min. | Minute(n) |
| Mont. | Montage |
| MRP | Material Requirement Planning |
| MRP I | Manufacturing Resource Planning |
| MRP II | Management Resources Planning |
| Nr. | Nummer |
| KVP | Kontinuierlicher Verbesserungsprozess |
| n | Teileanzahl pro Behälter |
| OPT | Optimized Production Technology |
| p | Geplante Montageleistung pro Stunde |
| p.a. | per anno, pro Jahr |
| Pal. | Palette |

| | |
|---------|-----------------------------------|
| PPS | Produktionsplanung und -steuerung |
| Prod. | Produktion |
| S. | Seite |
| SM | Supermarkt |
| Std. | Stunde(n) |
| tabell. | tabellarisch |
| TPS | Toyota Production System |
| TUL | Transport- und Lagerlogistik |
| vgl. | Vergleiche |
| WBZ | Wiederbeschaffungszeit |
| WIP | Work in Process |

1 Einleitung

Das erste Kapitel dient dazu, dem Leser zu erläutern, wie diese Arbeit entstanden ist und ihm einen kurzen Überblick über den Inhalt der Arbeit zu geben.

1.1 Motivation, Idee

Der Lean-Gedanke verbreitete sich, basierend auf dem Toyota Production System (TPS), seit den 1960er Jahren ausgehend vom wirtschaftlich wiedererstarkenden Japan über den ganzen Globus. Betrachtet man die Auswirkungen eines konsequent und ganzheitlich umgesetzten Lean-Konzepts auf die Zielgrößen des Performance Management (Qualität, Flexibilität, Zeit, Kosten), so kommt man zu folgendem Schluss: Will sich ein Unternehmen am immer stärker werdenden globalen Wettbewerb behaupten, kommt es am sich seit 60 Jahren ständig weiterentwickelnden Lean-Gedankengut nicht vorbei.

Die Idee für diese Arbeit entstand aus einem Gespräch mit dem Leiter der Technik des Werks 4 der Hilti AG, Herrn Dr. Andreas Sennheiser. Bereits im Vorfeld wurde von der Hilti AG in Zusammenarbeit mit einem externen Beratungsunternehmen eine an den Grundsätzen der Lean-Produktion orientierte U-förmige Montagelinie für den Zusammenbau der Schlagwerkbaugruppen der neuen Meiselhammergeneration TE1000 und TE1500 geplant und gebaut.

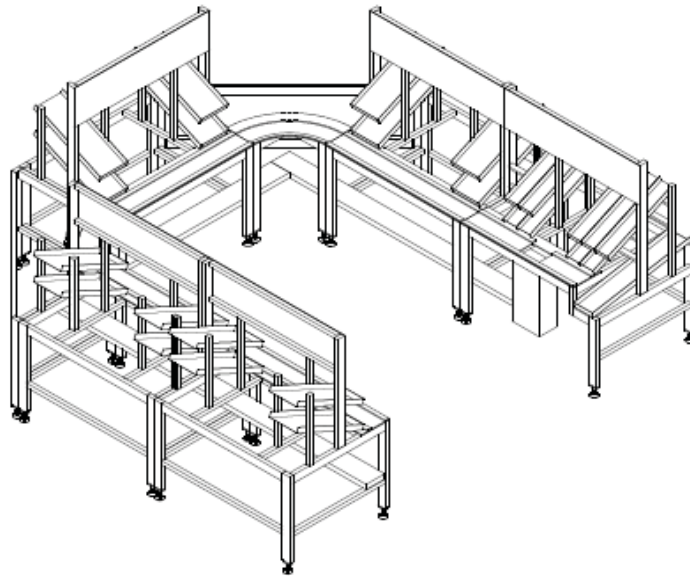


Abbildung 1: U-förmige Montagelinie TE1000/TE1500

Aufgrund des one-piece-flow Fertigungskonzepts war eine strikte Trennung von Montagetätigkeiten und Logistiktätigkeiten unbedingt erforderlich, womit die Problem- bzw. Aufgabenstellung im Folgenden definiert werden kann.¹

¹ Beim one-piece-flow beträgt die Losgröße der Fertigung immer eins. In jedem Prozess wird nur ein Stück für den Folgeprozess produziert.

1.2 Problemstellung

Im Bereich der Montage und der Montageversorgung der neuen U-förmigen Montagelinie TE1000/TE1500 im one-piece-flow Fertigungskonzept liegt keine eindeutige Trennung zwischen wertschöpfenden und unterstützenden Tätigkeiten vor.

Weiters werden aufgrund fehlender Prozessstandardisierung und Prozessautomatisierung wertvolle Ressourcen verschwendet.

1.3 Aufgabenstellung

Es ist eine konsequente Trennung der Bereiche Montage und direkte Montageversorgung (Unit-Logistik) bei der Montagelinie TE1000/TE1500 vorgesehen. Ziel der Arbeit ist die Entkoppelung sämtlicher Logistik-Tätigkeiten von der Montage. In der Folge ist die konzeptionelle Gestaltung einer direkten Montageversorgung nach den Prinzipien des Lean Management, ausschließlich bezogen auf die Montagelinie TE1000/TE1500, durchzuführen. Hierbei sollen sowohl qualitative als auch quantitative Aspekte berücksichtigt werden.

Ist dieses Ziel erreicht, ist die Übertragbarkeit des erarbeiteten Entkoppelungsprozesses auf andere Montagelinien und in der Folge auf Montagestraßen zu überprüfen, um ein Regelwerk zu schaffen, welches ein standardisiertes Vorgehen bei der Trennung von Montage- und Logistik-tätigkeiten beschreibt.

1.4 Systemabgrenzung

Aufgrund der Vielzahl von Logistikaktivitäten der Transport- und Lagerlogistik (TUL-Logistik), welche sich quer durch die unterschiedlichen Abteilungen des Unternehmens ziehen, erscheint es dem Autor sinnvoll, zu der gegebenen Systemgrenze, welche alle Logistikaktivitäten der TUL-Logistik einschließt, eine zusätzliche innere Systemgrenze zu ziehen. Diese Grenze umfasst die Prozesse Zuführung und Abführung. Die Trennung wird vorgenommen, da die Prozesse der Materialzu- und -abführung, unter Berücksichtigung von wenigen Nebenbedingungen, völlig neu zu gestalten sind, während die restlichen Prozesse der unternehmensinternen Logistikkette (mit Ausnahme des Teilprozesses Umpacken im Prozess Bereitstellung) nicht mehr neu gestaltet werden können. Diese Prozesse und Teilprozesse können nur mehr den neuen Gegebenheiten angepasst werden.

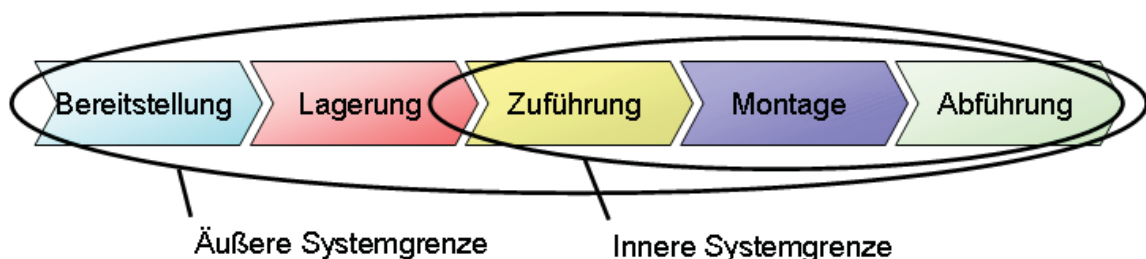


Abbildung 2: Systemabgrenzung

1.5 Inhalt und Aufbau der Arbeit

Wie in nachfolgender Abbildung 3 ersichtlich, wurde die Arbeit in sieben Abschnitte untergliedert. Nach einer kurzen Einführung in das Thema, einer Erläuterung der Aufgabenstellung der Arbeit und der notwendigen Systemabgrenzung in der vorangegangenen Einleitung, werden im nachfolgenden zweiten Kapitel Begriffsbestimmungen, welche im Zusammenhang mit der Arbeit stehen, vorgenommen.

Es folgt im dritten Kapitel die Datenanalyse der Ist-Situation in der Montage. Es wird versucht, die Vernetzungen der unterschiedlichen Materialflussprozesse der Hilti AG herauszuarbeiten. Hierbei ist wichtig zu erwähnen, dass in diesem Stadium der Arbeit noch keine Trennung zwischen direkter Montageversorgung und der Montage selbst erfolgt ist.

Im vierten Kapitel werden sämtliche logistische Aktivitäten aus der Montage ausgelagert und eine konsequente Trennung zwischen Montage und Montageversorgung (Unit-Logistik) vorgenommen. Im Anschluss werden die unterschiedlichen Prozessgestaltungsmöglichkeiten der neuen Materialzuführung erarbeitet. Eine Bewertung nach qualitativen und quantitativen Aspekten im Sinne der Lean-Philosophie ist durchzuführen und im Anschluss die optimale Lösung für die Hilti AG auszuwählen. Ziel ist es, eine ganzheitliche Sichtweise sämtlicher unternehmensinterner Logistikaktivitäten zu erhalten. Weiters sind Maßnahmen zu erarbeiten, durch deren Umsetzung die Effektivität und Effizienz der unternehmensinternen Logistik, im speziellen der Montageversorgung (Prozess Zuführung), optimiert werden kann.

Im fünften Kapitel soll der Prozess der Umsetzung einer konsequenten Trennung von Montagetätigkeiten und Logistiktätigkeiten am erarbeiteten Beispiel der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 in ein standardisiertes Referenzmodell übertragen werden, welches als Grundlage für die Umgestaltung anderer Montagelinien der Hilti AG dienen soll.

Abgerundet wird die Arbeit durch das sechste Kapitel, indem auf die Konfiguration der Fertigungssteuerung der Hilti AG nach Lean-Management-Prinzipien eingegangen wird.

Abschließend wird im siebenten und letzten Kapitel die gesamte Arbeit kurz zusammengefasst. Die erzielten Ergebnisse werden in einer Management-Summary zusammengefasst und es werden Empfehlungen hinsichtlich des weiteren Vorgehens gegeben.

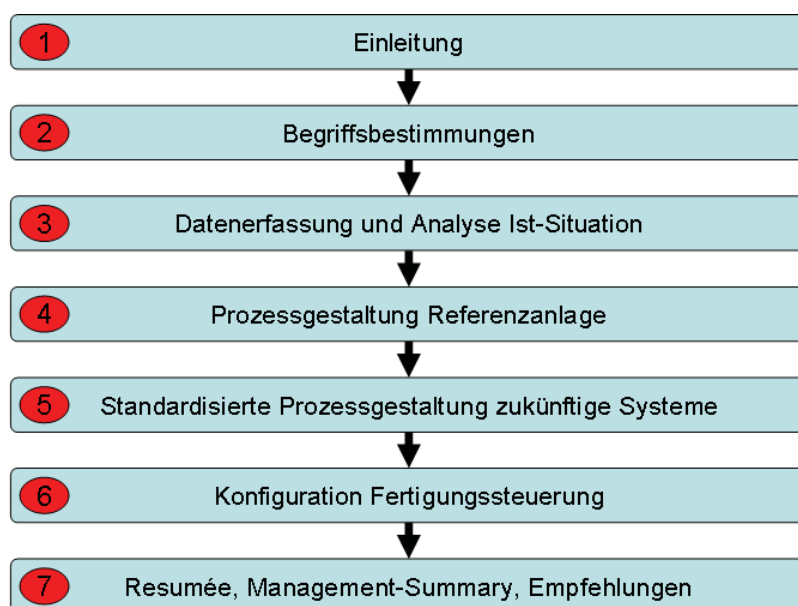


Abbildung 3: Fortgang der Arbeit

2 Begriffsbestimmungen

In nachfolgenden Teilkapiteln werden sämtliche Begriffe, welche im Zusammenhang mit dieser Arbeit von Relevanz sind, ausführlich erläutert.

2.1 Lean-Production - das Toyota Production System (TPS)

2.1.1 Ursprung und Entwicklung

Im Jahr 1913 entwickelte Henry Ford die erste industrielle „assembly line“ im Fließbandprinzip für das Ford T-Modell. Diese Art des Fertigungsablaufs, welche auf der „disassembly line“ der amerikanischen Fleischverarbeitungsindustrie ab 1870 basierte,² war bis in die 1960er Jahre das Maß aller Dinge hinsichtlich Effektivität und Effizienz in der Automobilproduktion.³

1924 entwickelte Sakichi Toyoda in Zusammenarbeit mit seinem Sohn Kiichiro Toyoda, Gründer der Toyota Motor Corporation, einen Webstuhl, der beim Reißen des Garns automatisch die Arbeit einstellte. Diese Erfindung ermöglichte den Betrieb des Webstuhls ohne ständige Anwesenheit von Bedienpersonal.⁴ Die Autonomisierung ermöglichte die Mehrmaschinenbedienung. Sowohl die Autonomisierung als auch die Mehrmaschinenbedienung bildeten die ersten grundlegenden Prinzipien des ab den 1960er Jahren als „Toyota Production System“ (kurz TPS) bekannten Produktionsverfahrens für die Serienfertigung.

Dickmann⁵ schreibt, dass sich die Entwickler des TPS Anleihe bei anderen Volkswirtschaften, vor allem der USA, Deutschlands und Chinas genommen haben, um deren positive Eigenheiten gemeinsam zu nutzen. Er ist der Meinung, dass der Erfolg des TPS im Wesentlichen darauf zurückzuführen ist, dass von den besten Marktteilnehmern gelernt wurde und deren Methoden mit einfachen und schnellen Mitteln noch optimiert wurden. Dabei stand der Kostenaspekt zur damaligen Zeit gar nicht im Vordergrund. Dieser war ein Nebeneffekt des TPS und, aufgrund des rapiden Wirtschaftlichkeitsanstiegs durch den Einsatz des TPS, wesentlich an der Wiedererstarkung der japanischen Wirtschaft nach dem Zweiten Weltkrieg beteiligt.

Der Lean-Thinking-Ansatz nach Womack, Jones und Roos⁶ hat unter dem Stichwort Lean-Production in den letzten Jahrzehnten große Erfolge zu verbuchen. Die grundlegende Idee des Lean-Thinking-Ansatzes ist die Erhöhung des Kundennutzens und die konsequente Ausrichtung des Unternehmens auf die wertschöpfenden Prozesse.⁷

Auf den ersten Blick erscheinen nun die Innovationen des TPS und der Lean-Philosophie, welche in ihrer Funktionalität aufgrund ihrer Einfachheit für jedermann verständlich sind, zu trivial, um das Allheilmittel zur Lösung aller Probleme in unternehmensinternen Prozessabläufen zu sein. Tatsache ist, dass durch den Einsatz von TPS-Werkzeugen wie Autonomisierung und Mehrmaschinenbedienung aber auch durch Steuerungskonzepte wie Kanban oder Just-in-time, direkt erkennbare und schnelle Verbesserungen erzielt werden können. Jedoch stellt auch Dickmann⁸ fest, dass der interdisziplinäre Baukasten TPS nach

² Vgl. <http://www.encyclopedia.chicagohistory.org/>

³ Vgl. Dickmann (2007), S. 6 f.

⁴ Vgl. <http://www.toyota.co.jp/>

⁵ Vgl. Dickmann (2007), S. 6.

⁶ Womack, Jones, Roos, (1990).

⁷ Marxt, Hacklin (2008), S. 13.

⁸ Vgl. Dickmann (2007), S. 6.

wie vor in den Unternehmen kaum vollständig umgesetzt ist, was zwar grundsätzlich möglich wäre, aber einem Kosten-Nutzen-Vergleich nicht standhalten würde. An dieser Stelle sei jedoch noch einmal erwähnt, dass wirtschaftliche Kennzahlen nicht im Vordergrund der Entwicklung des TPS standen und auch in dieser Arbeit nicht im Vordergrund stehen.

Gebräuchliche Begriffe der Lean-Philosophie und des TPS aus dem Japanischen

| | |
|----------|---|
| Andon | Licht, Leuchte |
| Gemba | Ort des Geschehens |
| Gembutsu | die realen Dinge |
| Gemjitsu | Zahlen, Daten, Fakten |
| Heijunka | Nivellierung, Glättung (der Produktion) |
| Jidoka | Autonomation bzw. autonome Automation |
| Kai | Veränderung |
| Kanban | Aufkleber, Label, Karte, Tafel, Beleg |
| Kobetsu | Schwergewicht |
| Muda | Verschwendung |
| Mura | Unausgeglichenheit |
| Muri | Überlastung |
| Poka | Versehen, unbeabsichtigter Fehler |
| Seiketsu | Standardisierung |
| Seiri | Strukturierung |
| Seiso | Systematisierung |
| Seiton | Reinigung |
| Shitsuke | Selbstdisziplin |
| Shojinka | Flexible Arbeitskraft |
| Soikufu | Kreatives, erfinderisches Denken |
| Yoke | Vermeiden, Vermindern |
| Zen | zum Besseren |

Abbildung 4: Gebräuchliche Lean- und TPS-Begriffe⁹

2.1.2 Wesentliche Regeln und Innovationen des TPS

Die wesentlichen Prinzipien zur Gestaltung einer schlanken Produktion sind¹⁰:

- ... eine bedarfsgesteuerte anstatt einer plangesteuerten Produktion (2.1.2.1),
- ... eine auf die Kundenbedürfnisse ausgerichtete Fließproduktion (2.1.2.2),
- ... die Vermeidung von Verschwendung (2.1.2.3).

Zu beachten ist, dass der Einsatz einzelner Werkzeuge des TPS in den meisten Fällen nur zu einer Optimierung von Teilbereichen führt. Erst der koordinierte und funktionsübergreifende Einsatz der unterschiedlichen Lean-Bausteine ermöglicht eine ganzheitliche Umsetzung des Lean-Gedankengutes im Unternehmen. Das System ist mehr als die Summe der Einzelteile¹¹.

⁹ Vgl. Kamiske und Brauer (2008), Dickmann (2007).

¹⁰ Vgl. Becker (2008), S. 39.

¹¹ Vgl. Gharajedaghi, (1999).

Abbildung 5 veranschaulicht die Kennzeichen eines Lean-Production-Systems.

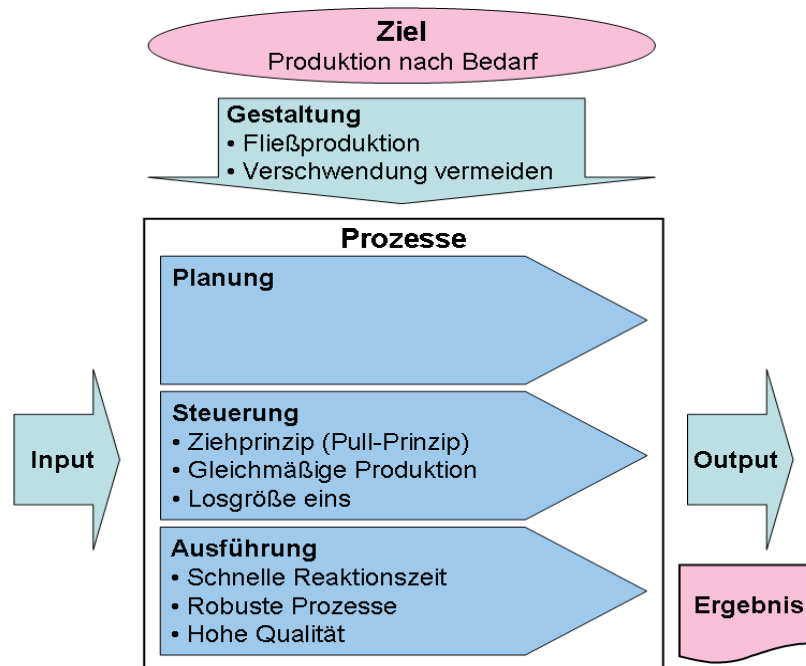


Abbildung 5: Kennzeichen der Lean-Production¹²

In den nächsten drei Unterkapiteln wird detailliert auf die wesentlichen Vorgehensweisen, Regeln und Innovationen des TPS in Anlehnung an Dickmann¹³ eingegangen.

2.1.2.1 Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme (PPS)

Kanban

Kanban ist eine Methode der Produktionsablaufsteuerung nach dem Hol- bzw. Pullprinzip¹⁴ und orientiert sich ausschließlich am Bedarf einer verbrauchenden Stelle im Montageablauf. Selbststeuernde Regelkreise bilden das Kernelement dieser flexiblen Produktionssteuerung.¹⁵ Kanban stammt aus den Gründerzeiten von TPS und ist ein sehr einfaches Steuerungssystem, welches jedoch in der klassischen Form bei hoher Variantenzahl, hoher Änderungshäufigkeit und nicht linearen Materialflüssen nicht besonders gut geeignet ist.¹⁶

Als wichtigste Elemente eines Kanban-Systems sind anzuführen¹⁷:

- Gliederung der Produktion in ein System vermaschter, sich selbst steuernder Regelkreise, bestehend aus jeweils einem Bereich, der Teile verbraucht (Senke) und dem dazugehörigen, vorgelagerten Bereich, der Teile erzeugt (Quelle),

¹² Vgl. Becker (2008), S. 39.

¹³ Vgl. Dickmann (2007), S. 7 ff.

¹⁴ Bei der Pull-Steuerung ergibt sich der Bedarf aus dem Verbrauch des internen oder externen Kunden. Detaillierte Erläuterung erfolgt in Kapitel 2.3.2.

¹⁵ Vgl. Lotter, Wiendahl (2006), S. 342.

¹⁶ Vgl. Dickmann (2007), S. 121.

¹⁷ Vgl. Arnold, Isermann, Kuhn, Tempelmeier, Furmans (2008), S. 338.

- Aufbau eines Zwischenlagers (Puffers) zwischen Senke und Quelle, um Unregelmäßigkeiten oder Störungen im Produktionsablauf auszugleichen,
- Einführung des Ziehprinzips (Pull-Prinzip) für die jeweils folgende Senke,
- Einführung spezieller Informationsträger die der eigentlichen Fertigungssteuerung dienen,
- Übertragung der kurzfristigen Steuerungsverantwortung an die ausführenden Mitarbeiter, so dass keine zentrale Fertigungssteuerung mehr erforderlich ist.

Grundsätzlich werden Produktions-Kanban und Transport-Kanban unterschieden.¹⁸ Die Funktionalität von Produktions- und Transport-Kanban sind die selben. Unterschiede ergeben sich hinsichtlich des Informationsflusses, wie dies in Abbildung 6 vergleichend aufgelistet ist.

| Produktions-Kanban | Transport-Kanban |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Die zu produzierende Produktart (Bezeichnung, Materialnummer) • Die Anzahl der zu produzierenden Einheiten (Containergröße) • Notwendige Vormaterialien • Arbeits- oder Prüfanweisungen falls erforderlich • Erzeugender Bereich (optional) • Verbrauchender Bereich (optional) • Behälterart (optional) | <ul style="list-style-type: none"> • Die zu transportierende Produktart (Bezeichnung, Materialnummer) • Die Anzahl der zu transportierenden Einheiten (Containergröße) • Ort der Materialquelle • Ort der Anforderungsstelle • Behälterart (optional) |

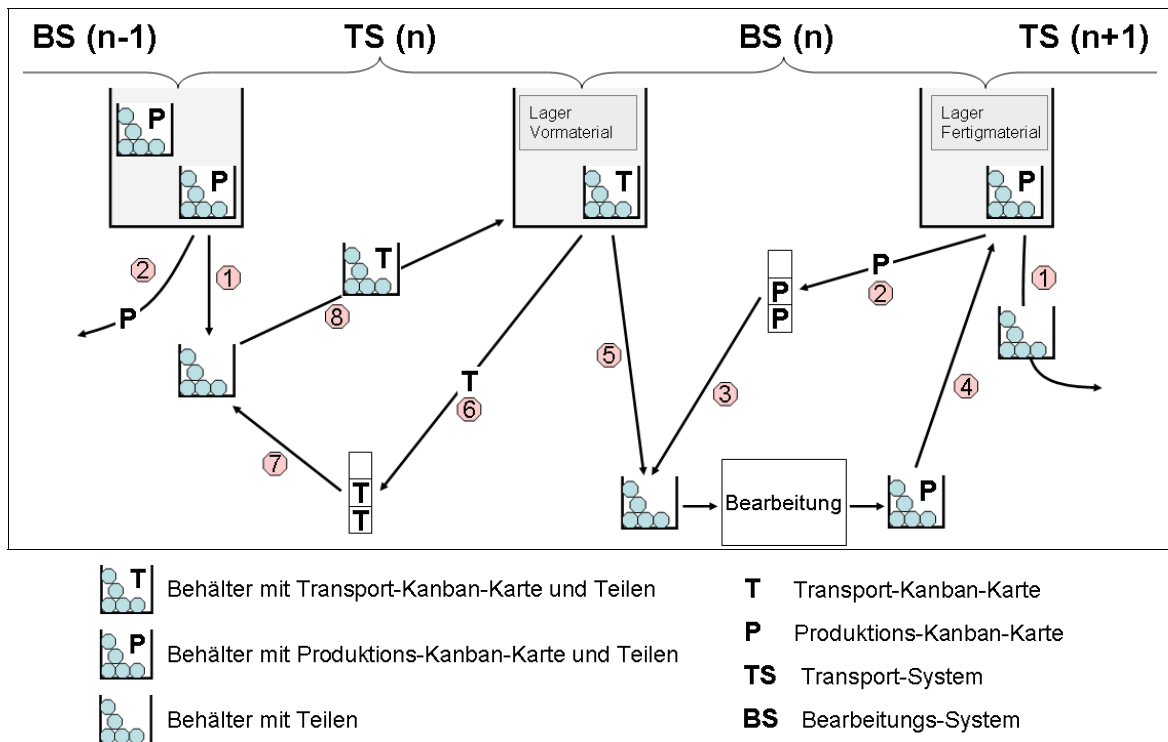
Abbildung 6: Angaben bei Kanban-Systemen¹⁹

Kanban-Systeme können zwei oder mehr Karten bzw. Behälter beinhalten.

Weiters werden Systeme unterschieden, welche mit gleichen Behältern arbeiten und diese Behälter mehrere Kanban-Prozesse durchlaufen. Im Gegensatz dazu stehen Kanban-Systeme, welche aufgrund unterschiedlicher Behälter in sich geschlossen sind und die Behälter die unterschiedliche Kanban-Kreisläufe nicht verlassen. Unabhängig davon, ob gleiche oder unterschiedliche Behälter verwendet werden, verbleiben die Kanban-Karten eines Kanban-Kreislaufs immer im gleichen Kreislauf, das heißt, die Anzahl der Karten in einem Kanban-Kreislauf bleibt konstant gleich.

¹⁸ Vgl. Jodlbauer (2007), S. 181.

¹⁹ Vgl. Jodlbauer (2007), S. 181 f.

Abbildung 7: Zwei-Karten-Kanban mit durchlaufenden Behältern²⁰

Erläuterung zu Abbildung 7 an einem Beispiel:

1. Die Produktions-Kanban-Karte wird aus dem Behälter mit dem fertigen Gerät im Fertigmaterial-Lager entnommen. Der Behälter mit dem Gerät wird an den internen oder externen Abnehmer oder Kunden weitergegeben.
2. Die Produktions-Kanban-Karten werden gesammelt, bis eine bestimmte Anzahl von Kanban-Karten vorliegt.
3. Die Produktions-Kanban-Karte wird in den Behälter mit dem Vormaterial gelegt, wodurch der Bearbeitungsprozess für den besagten Behälter freigegeben wird.
4. Nach der Bearbeitung wird mit dem Behälter, welcher das fertige Gerät und die Produktions-Kanban-Karte enthält, das Fertigmaterial-Lager wieder aufgefüllt.
5. Die Transport-Kanban-Karte wird aus dem Behälter mit dem Vormaterial im Vormaterial-Lager entnommen. Der Behälter mit dem Vormaterial wird zur Bearbeitung transportiert.
6. Die Transport-Kanban-Karten werden gesammelt, bis eine bestimmte Anzahl von Kanban-Karten vorliegt.
7. Die Transport-Kanban-Karte wird in den Behälter mit dem Vormaterial gelegt. Dadurch wird der Transport aus dem Lagerbereich des Vorgängerprozesses zum Vormaterial-Lager für den besagten Behälter freigegeben.
8. Der Behälter, welcher das Vormaterial sowie die Transport-Kanban-Karte enthält, wird zum Vormaterial-Lager transportiert und dieses wird wiederaufgefüllt.

²⁰ Vgl. Jodlbauer (2007), S. 184.

In e-Kanban-Systemen verwendet man elektronische Informationssysteme an Stelle der klassischen Steuerungskarten. Diese Systeme stellen dieselben erforderlichen Informationen bezüglich offener Produktions- bzw. Transportaufträge zur Verfügung.²¹

Als strenge Grundregeln für einen funktionierenden Kanban-Betrieb gelten²²:

- Transport und Produktion erfolgen nur bei Vorliegen eines Kanbans,
- Die Auslösung eines Kanbans erfolgt nur durch den Verbraucher,
- Fehlerhafte Produkte dürfen nicht weitergegeben werden,
- Die Anzahl der im Umlauf befindlichen Kanbans muss konstant sein.

Just-in-time (JIT)

Bei der Just-in-time-Anlieferung bzw. produktionssynchronen Beschaffung bestimmt der Produktions- oder Montageplan des internen oder externen Kunden die Lieferfrequenz und –menge sowie den Lieferort des Materials.²³

Unterschieden wird einerseits die JIT-Logistik, bei welcher, wie in der Automobilindustrie üblich, die benötigten Materialien nach dem JIT-Prinzip teilweise bis direkt an die Montagelinie zugeführt werden. Andererseits wird die JIT-Produktion unterschieden, welche eine ziehende Fließfertigung (Pull) voraussetzt. In der JIT-Produktion vermutet Dickmann erhebliche Verbesserungspotenziale, da diese aufgrund der fehlenden Ausrichtung der Produktionen auf den Kundenbedarf, weitestgehend noch nicht genutzt werden.²⁴

Bei der Just-in-sequence-Anlieferung ist noch zusätzlich die Produktions- bzw. Montage Reihenfolge des Kunden durch den internen oder externen Lieferanten zu berücksichtigen und sicherzustellen.²⁵

Als One-piece-flow bzw. Einzelstück-Fließfertigung wird ein Prinzip beschrieben, bei dem das einzelne Werkstück sofort nach Bearbeitung an den nächstfolgenden Bearbeitungsprozess weitergegeben wird. Es gibt keine Puffer zwischen den Arbeitsschritten und es kann maximal ein Werkstück zur Bearbeitung bereitliegen.²⁶ Voraussetzung für die Funktionalität dieses Fertigungskonzeptes ist eine homogene Austaktung der gesamten Linie, das heißt, das Ausbalancieren der Arbeitsinhalte pro Arbeitstakt und –platz.²⁷

2.1.2.2 Prozess- und Flussorientierung

Prozessorientierung

Das Grundprinzip der Prozessorientierung ist die Fehlervermeidung. Abläufe und Fakten werden verifiziert, worauf dezentral und selbstständig reagiert wird, bevor es zu Fehlern kommt. Im Gegensatz dazu führt eine Ergebnisorientierung zu einer unausgeglichenen Zielorientierung, was wiederum zu einem enormen Zuwachs an vielfältigen indirekten Tä-

²¹ Vgl. Jodlbauer (2007), S. 184.

²² Vgl. Dickmann (2007), S. 181.

²³ Vgl. Sennheiser, Schnetzler (2008), S. 397.

²⁴ Vgl. Dickmann (2007), S. 14 f.

²⁵ Vgl. Sennheiser, Schnetzler (2008), S. 397.

²⁶ Vgl. Womack, Jones (2004), S. 134.

²⁷ Vgl. Dickmann (2007), S. 16.

tigkeiten und Komplexitäten führt.²⁸ Aus diesem Grund ist die Prozessorientierung ein wesentliches Element des TPS, wobei die Prozessorientierung die Ergebnisorientierung nicht ersetzen, sondern ergänzen soll.

Nachfolgendes Kapitel 2.4 befasst sich ausführlich mit dem Begriff Prozess.

Produktionsfluss und Arbeitsfluss

Entscheidend für einen harmonischen Produktions- und Arbeitsfluss ist die Auswahl eines an die Gegebenheiten des jeweiligen Unternehmens angepassten Produktionsplanungs- und Steuerungssystems. Die gebräuchlichsten PPS-Systeme und deren Funktionalität wurden bereits in Kapitel 2.1.2.1 erläutert. Flusssysteme sind schlank (lean) zu gestalten mit dem Ziel, ein Minimum an Material in den Prozessen zu binden und dadurch kurze Durchlaufzeiten zu ermöglichen. Dabei ist strikt auf eine hohe Dichte an Wertschöpfung zu achten.²⁹

Heijunka

Heijunka ist ein Instrument zur Harmonisierung des Produktionsflusses im Sinne eines mengenmäßigen Produktionsausgleichs, ohne dies auf dem Rücken der nachgelagerten Stellen im Produktionsprozess oder des Kunden auszutragen. Es wird eine möglichst gleichmäßige Produktion angestrebt, in der Warteschlangen vor den einzelnen Bearbeitungsstationen vermieden werden.³⁰ Auf die Systematik von Heijunka wird in dieser Arbeit in Kapitel 6.9 noch im Detail eingegangen.

Supermarkt-Prinzip und Baton Passing Room

Sowohl der Supermarkt als auch der Baton Passing Room stellen einen Puffer zwischen zwei Prozessen dar. Die Puffer dienen der Aufrechterhaltung des Materialflusses, wenn Angebot und Nachfrage nicht gleich groß sind. Für diese Arbeit wesentlich ist das Supermarkt-Prinzip, welches eine Vereinzelnung bzw. Portionierung und gleichzeitig eine Resequenzierung ermöglicht.³¹

2.1.2.3 Vermeidung von Verschwendung

Kaizen

Kaizen bedeutet ständige Verbesserung unter Einbeziehung aller Mitarbeiter aller Ebenen des Unternehmens. Ziel ist dabei, aus guten Produkten und guten Unternehmen noch bessere Unternehmen mit noch besseren Produkten zu machen.³² Nachfolgende Abbildung 8 stellt das grundsätzliche Vorgehen bei der Realisierung des Kaizen-Prinzips dar.

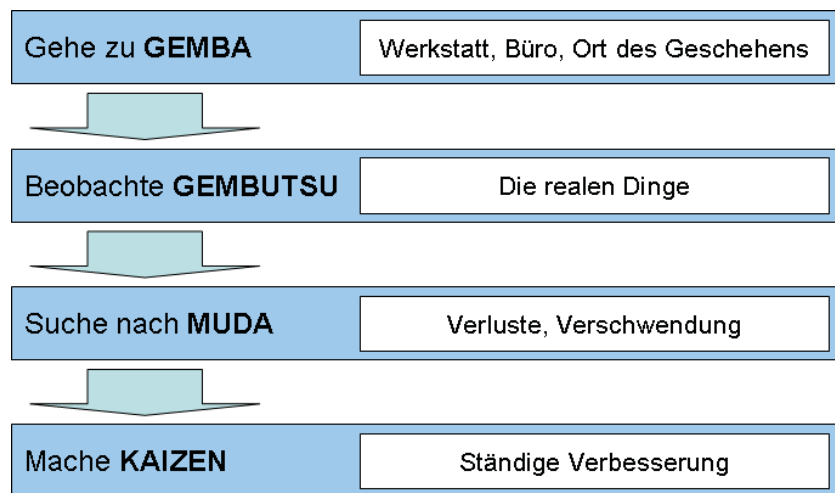
²⁸ Vgl. Dickmann (2007), S. 65.

²⁹ Vgl. Dickmann (2007), S. 9.

³⁰ Vgl. Syska (2006), S. 55 nach Kaminske (1995), S. 39.

³¹ Vgl. Schedlbauer, Tenerowicz (2007), S. 51.

³² Vgl. Dickmann (2007), S. 18 nach Imai (2002).

Abbildung 8: Das Kaizen-Prinzip³³

Das Kaizen-Prinzip besagt, dass am Ort des Geschehens in den realen Arbeitssystemen nach den Quellen der Verschwendung gesucht wird und unter Einbeziehung aller beteiligten Personen eine nachhaltige Verbesserung angestrebt wird. Kaizen ist ein niemals endender Prozess, der einen Wandel in der Unternehmenskultur erfordert. Kosteneinsparungen und die Findung von Schuldigen für Verschwendung stehen nicht im Vordergrund. Ziel ist die Steigerung der Produkt- und Prozessqualität bei gleichzeitiger Erhöhung von Schnelligkeit und Flexibilität sowie der Mitarbeitermotivation aufgrund verbesserter Arbeitsbedingungen.³⁴

Der erste Schritt bei der Einführung von Kaizen ist die konsequente Umsetzung der „fünf S“ (auch unter „fünf A“ bekannt) an jedem einzelnen Arbeitsplatz.³⁵

- S1 (seiri) – Aussortieren nicht mehr benötigter Gegenstände
- S2 (seiton) – Anordnung der Geräte dort wo sie gebraucht werden
- S3 (seiso) – Säubern und sauber halten des Arbeitsplatzes und der Geräte
- S4 (seiketsu) – Standardisierung von S1 bis 3.
- S5 (shitsuke) – Einführung einer Systematik zur laufenden Überprüfung von S1 bis S4.

Poka Yoke

Das Ziel von Poka Yoke besteht darin, Prozesse und Produkte so zu gestalten, dass Irrtümer und Unachtsamkeiten des Menschen ausgeschlossen und somit Fehler vermieden werden.³⁶ Es ist eines der wesentlichen Qualitätsmanagementwerkzeuge und überschneidet sich in mehrfacher Hinsicht mit Kaizen. Sondermann³⁷ unterscheidet wie in nachfolgender Abbildung 9 dargestellt zwei Arten von Poka Yoke Lösungen.

³³ Vgl. Dickmann (2007), S. 20.

³⁴ Vgl. Dickmann (2007), S. 18 f. nach Imai (2002).

³⁵ Vgl. Dickmann (2007), S. 20.

³⁶ Vgl. Jöbstl (1999), S. 120.

³⁷ Vgl. Jöbstl (1999), S. 120 f nach Sondermann (1991), S. 407 ff.

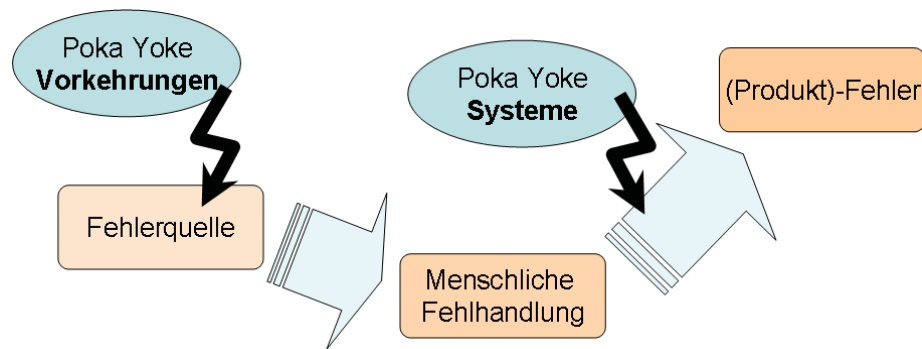


Abbildung 9: Vergleich zwischen Poka Yoke Vorkehrungen und Poka Yoke Systemen³⁸

Poka Yoke Vorkehrungen sind Gestaltungsmaßnahmen am Prozess oder Produkt, die die Fehlhandlung selbst durch Elimination der Fehlerquelle ausschließen.

Poka Yoke Systeme bestehen aus den Elementen Detektions-, Auslöse- und Regulierungsmechanismus, die verhindern, dass aus der Fehlerhandlung ein Produktfehler wird.

Es ist sinnvoll, im ersten Schritt der Einführung von Poka Yoke die „fünf S“ wie bei der Einführung von Kaizen umzusetzen. In der Folge sind Fehler, Häufigkeit, Auswirkungen und Wert des Schadens zu ermitteln, Fehlergruppen zu bilden und nach deren Häufigkeit und Kosten zu beurteilen (Detektionsphase). In der Folge wird die Ursache von Fehlertypen einer Fehlergruppe mittels „fünf W“-Methode mehrfach hinterfragt (Auslösephase). „Fünf W“ bedeutet, dass fünf Mal nachgefragt wird, warum etwas so ist, wie es ist. Hierbei ist es nicht wesentlich, dass ein Fehler oder eine Fehlergruppe genau fünf mal hinterfragt wird, sondern, dass so lange hinterfragt wird, bis der tatsächliche Ursprung der unerlaubten Abweichung offengelegt ist. Abschließend wird der Poka Yoke-Projektablauf mit Hilfe der „sechs W“-Methode geklärt. Der Übersichtlichkeit halber sind die wesentlichen Schritte bei der Einführung von Poka Yoke in nachfolgender Abbildung 10 noch einmal grafisch dargestellt.

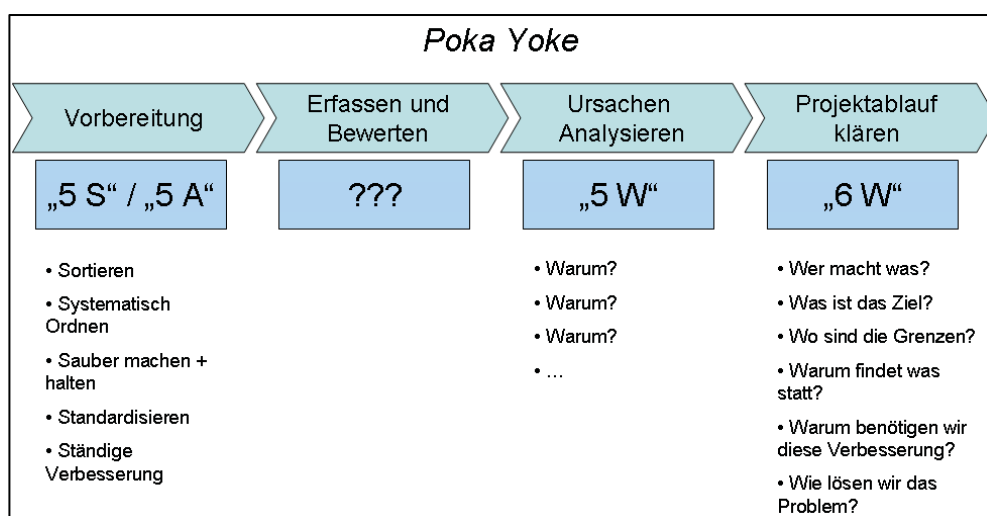


Abbildung 10: Wesentliche Schritte bei der Einführung von Poka Yoke³⁹

³⁸ Vgl. Jöbstl (1999), S. 120 f nach Sondermann (1991), S. 407 ff.

Poka Yoke Anwendungen sind teilweise sehr einfach umzusetzen und dienen trotzdem einer effizienten Fehlervermeidung. Beispielsweise ist die farbliche Unterscheidung von verschiedenen Werkzeugen recht einfach umzusetzen. Die Vermeidung der falschen Montage eines Teils mittels konstruktiven Maßnahmen gestaltet sich aufwändiger. Wesentlich ist, dass nicht nur die klassische 100 % Prüfung praktiziert, sondern führend die Fehlervermeidung angestrebt wird – „nicht gut prüfen, sondern es gleich richtig machen“.⁴⁰

Andon

Andon ist ein visueller Kontrollmechanismus, der einer Verkehrsampel gleicht, bei der im Normalfall die grüne Lampe leuchtet. Diese Verkehrsampel wird im Bedarfsfall durch einen Mitarbeiter bedient, wenn ein Fehler in Entstehung ist (Umschalten auf gelb) bzw. wenn bereits ein Fehler aufgetreten ist (Umschalten auf rot). Bei Aktivierung des gelben Lichtes ist ein Weiterarbeiten möglich und es ist noch kein Fehler aufgetreten. Bei Aktivierung des roten Lichtes hingegen ist die Arbeit an der Anlage bereits zum Stillstand gekommen.

Die Funktionalität von Andon ist nicht auf visuellen Mechanismen beschränkt. Beispielsweise sind auch akustische Signale denkbar. Wesentlich ist, dass der Umwelt eindeutig und unmissverständlich mitgeteilt wird, dass es an der betreffenden Anlage Probleme gibt, die ein schnelles Handeln erfordern.

Autonomisierung und Mehrmaschinenbedienung

Wie bereits in Kapitel 2.1.1 erläutert, wurde die Autonomisierung bereits 1924 von Sakichi Toyoda und seinem Sohn Kiichiro Toyoda, dem Gründer der Toyota Motor Corporation, an Webstühlen bewusst eingesetzt. Die automatischen Webstühle stellten ihre Arbeit bei Auftreten eines Fehlers bzw. beim Reißen des Garns ein. Eine ständige Anwesenheit von Bedienpersonal an jedem einzelnen Webstuhl war dadurch nicht mehr erforderlich, was wiederum die Bedienung mehrerer Webstühle durch einen Arbeiter ermöglichte.⁴¹ Sowohl die Autonomisierung als auch die Mehrmaschinenbedienung bildeten die ersten grundlegenden Prinzipien des ab den 1960er Jahren als TPS bekannten Produktionsverfahrens für die Serienfertigung.

Teamwork

Sowohl die Fähigkeit als auch die Bereitschaft zum Wandel im Sinne des Lean-Gedankens sollen durch das Teamwork gefördert werden. Eine umfassende Nutzung des individuellen Wissens der Erfahrung und der Kompetenzen der Mitarbeiter aller Ebenen des Unternehmens wird angestrebt. Hierbei sollte nicht nur in Projektsituationen Teamwork betrieben werden, es sollte auch in den operativen Prozessen nicht zur Isolation einzelner Mitarbeiter kommen. Dickmann⁴² schreibt, dass die Gesamteffizienz des einzelnen Mitarbeiters in der Gruppe deutlich höher ist, als bei isolierten Einzelarbeitsplätzen.

³⁹ Grafik in Anlehnung an Dickmann (2007), S. 43.

⁴⁰ Vgl. Dickmann (2007), S. 39 f.

⁴¹ Vgl. <http://www.toyota.co.jp/>

⁴² Vgl. Dickmann (2007), S. 8.

Lean, TQM, Six Sigma, TPM, SCM etc.

Die Lean-Production und das Toyota Production System (TPS) hat mit dem Total Quality Management (TQM), Six Sigma, Total Productive Maintenance (TPM), Supply Chain Management und einer Vielzahl anderer Konzepte ein wesentliches Ziel gemein. Dieses Ziel ist die Vermeidung der Verschwendung wertvoller Ressourcen in und zwischen den unterschiedlichen Bereichen des Unternehmens sowie über die Unternehmensgrenzen hinaus.

Verlustarten und Verschwendung

Eine der wichtigsten Leitlinien des Total Productive Maintenance (TPM) ist die Eliminierung von Verlusten. Dabei werden folgende 16 Verlustarten unterschieden.⁴³

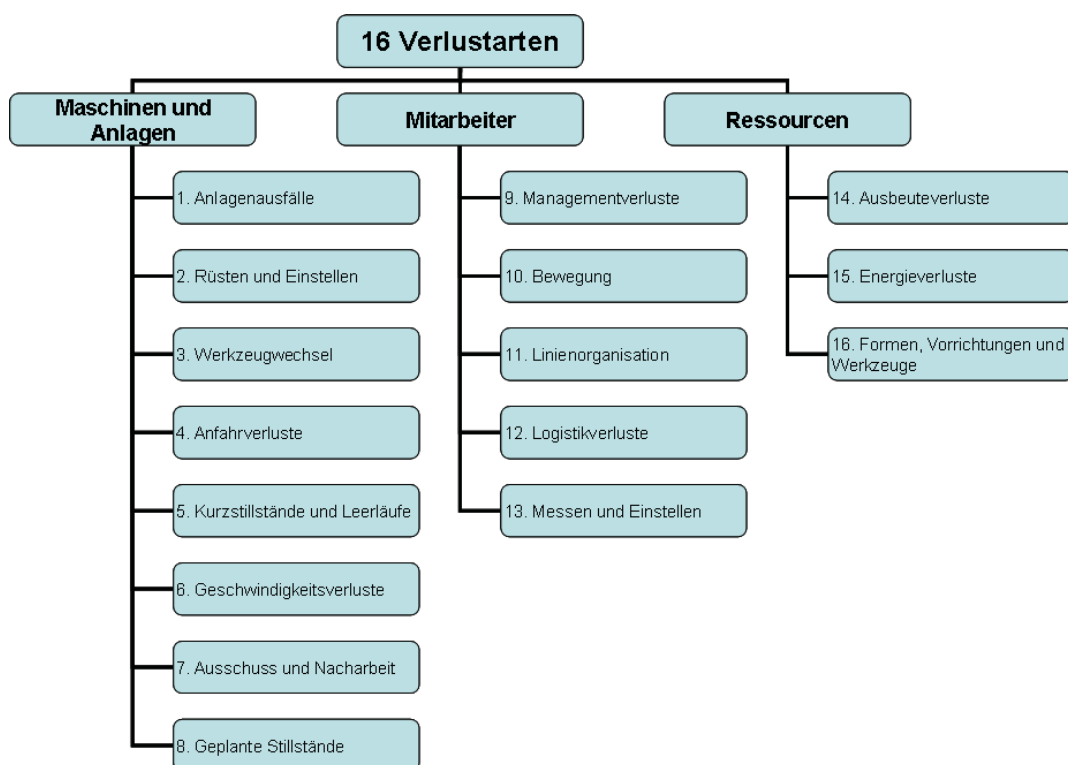


Abbildung 11: Die 16 Verlustarten von TPM⁴⁴

Die 16 Verlustarten des TPM der Abbildung 11 werden den Produktionsfaktoren Maschine, Mensch sowie Material und Methode zugeordnet. Eine Gliederung der Verschwendungsarten im Rahmen von Kaizen wird in Abbildung 12 dargestellt. Als wichtigster Bereich der Verschwendung ist die Verschwendung durch Überproduktion zu erwähnen. Diese zieht eine Reihe von weiteren Verschwendungsarten nach sich, welche durch Einhal-

⁴³ Vgl. May (2007).

⁴⁴ Vgl. May (2007).

tung der Regeln des Toyota Production Systems (TPS) vermieden werden sollen.⁴⁵ Verlustarten und Verschwendungsarten überschneiden und ergänzen sich inhaltlich größtenteils.

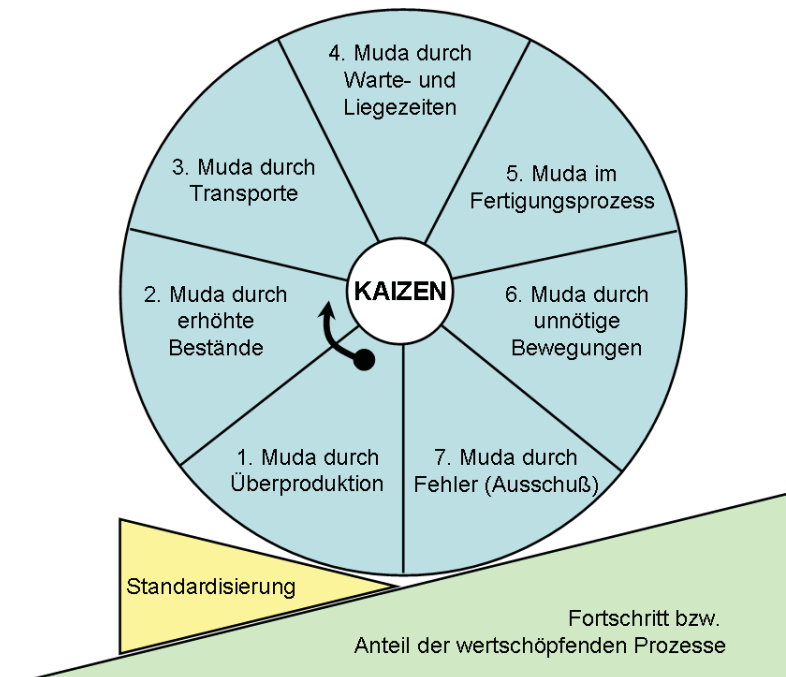


Abbildung 12: Verschwendungsarten nach Kaizen⁴⁶

2.2 Produktions- und Logistikbegriffe

2.2.1 Produktion

Der Begriff Produktion (lateinisch *producere* - etwas hervorbringen) bezeichnet alle Prozesse zur Herstellung und Betreuung sowohl materieller als auch immaterieller Güter⁴⁷.

Zum Begriff Produktion gehören die Beschaffung von Produktionsfaktoren (Personal, Betriebsmittel, Kapital usw.), der Transport, die Bevorratung, die Fertigung von Teilen und deren Montage, die Prüfung, die Verwaltung und der Absatz. Die Produktion beinhaltet also den gesamten Prozess des Produzierens und nicht nur das Produzieren selbst.⁴⁸

2.2.2 Montage

Nach der VDI-Richtlinie 2860 (VDI 1990) ist Montieren die Gesamtheit aller Vorgänge, die dem Zusammenbau von geometrisch bestimmten Körpern dienen. Montagen bestehen im Kern aus Vorgängen des Fügens, wie in (DIN 8593) spezifiziert, und Funktionen der Werkstückhandhabung nach der VDI-Richtlinie 2860.⁴⁹ Zur Montage zählen außerdem das Justieren, Kontrollieren und eine Vielzahl von Sonderoperationen, welche in nachfolgender Abbildung 13 grafisch dargestellt sind.

⁴⁵ Vgl. Bellmann (2007), S. 203.

⁴⁶ Grafik in Anlehnung an Bellmann (2007), S. 203 f.

⁴⁷ Vgl. Westkämper (2006), S. 22.

⁴⁸ Vgl. Arnold, Isermann, Kuhn, Tempelmeier, Furmans (2008), S. 295.

⁴⁹ Vgl. Lotter, Wiendahl (2006), S. 2.

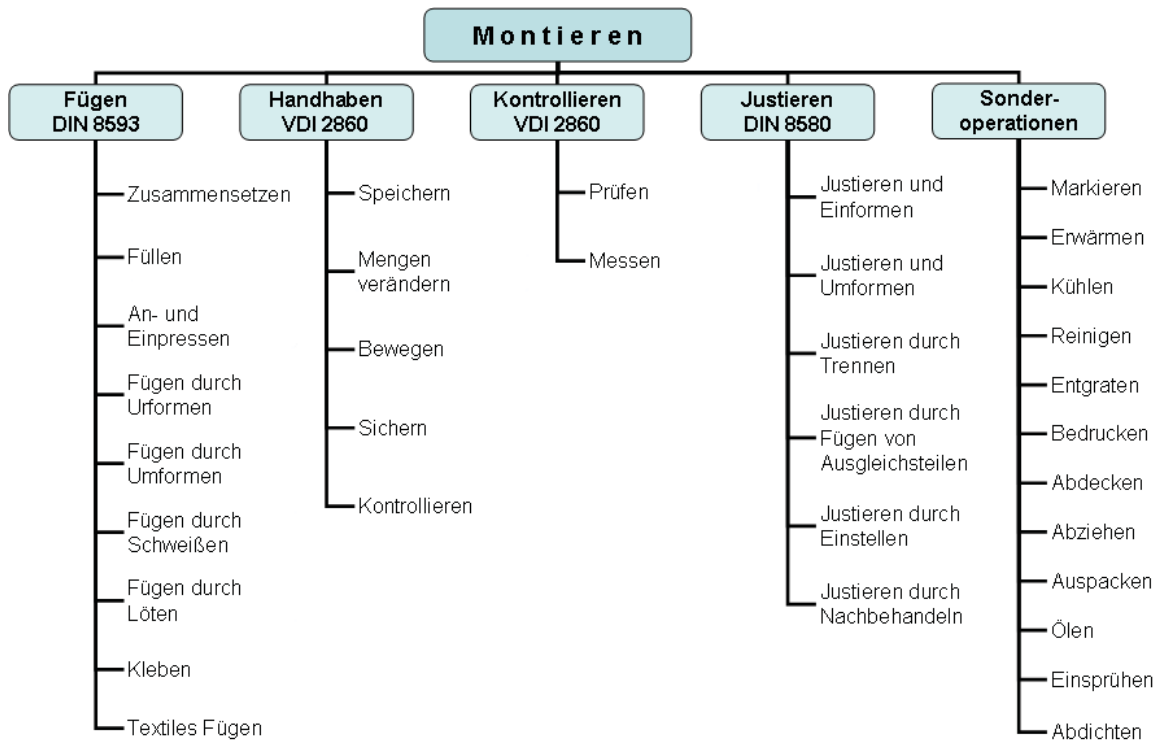


Abbildung 13: Funktionen der Montage⁵⁰

In nachfolgender Abbildung 14 sind die wesentlichen Organisationsformen in der Montage dargestellt. Neben den genannten Montageprinzipien existiert noch eine Vielzahl von hybriden Mischformen dieser Systeme.

| Strukturierungsmerkmal | Prinzip | Mögliche räumlich Struktur | Beispiel |
|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|--|
| Mensch | Werkbankprinzip | | Handwerkliche Arbeitsplätze |
| Produkt | Baustellenprinzip | | Großmaschinenbau, Schiffswerft |
| Arbeitsaufgabe | Verrichtungs- oder Werkstättenprinzip | | Dreherei, Bohrererei, Montage |
| Arbeitsfolge einer Teilefamilie | Insel- oder Gruppenprinzip | | Fertigungs- oder Montageinsel, Fertigungssegment |
| Arbeitsfolge definierter Varianten | Fließprinzip | | Fertigungs- oder Montagelinie |

S Station AG Arbeitsgang

Abbildung 14: Fertigungs- und Montagestrukturen⁵¹

⁵⁰ Vgl. Lotter, Wiendahl (2006), S. 2.

⁵¹ Grafik erstellt in Anlehnung an Schenk und Wirth (2004), S. 59 ff.

Der Vollständigkeit halber ist bei der Fließfertigung noch die Unterscheidung zwischen getakteter und ungetakteter Fertigung zu unterscheiden.⁵²

Bei der getakteten Fertigung bzw. Montage ist ein Arbeitsvorgang in einer bestimmten Zeitspanne zu erledigen. Diese Zeitspanne wird als Taktzeit bezeichnet und ist durch die Dauer des längsten Fertigungsvorgangs bestimmt. Die Austaktung einer Fertigungslinie, das heißt die zeitliche Nivellierung aller Arbeitsschritte der Fließfertigung, ist eine wesentliche Aufgabe der Montageplanung und –gestaltung.

Bei einer ungetakteten Fertigung bzw. Montage stellt sich die Frage der zeitlichen Abstimmung der Fertigung nicht. Diese wird als lose Fließfertigung bezeichnet, ist jedoch nicht die geeignete Organisationsform für eine Montagelinie nach Lean-Prinzipien.

2.2.3 Materialfluss

Materialfluss ist die Verkettung aller Vorgänge beim Gewinnen, Be- und Verarbeiten, sowie bei der Verteilung von stofflichen Gütern innerhalb festgelegter Bereiche. Dazu gehören im Einzelnen: Bearbeiten, Handhaben, Transportieren, Prüfen, die Aufenthalte und die Lagerung.⁵³ Gegenstände des Materialflusses können sein:⁵⁴

- Güter (Materialien, Stoffe),
- Personen (biologische Objekte),
- Informationen,
- Energie,
- Materialflussmittel inkl. Güter- und Personentransportmittel,
- Informationsflussmittel (Arbeitsmittel des Informationsflusses),
- Infrastruktur (Gebäude, Flächen, Wege).

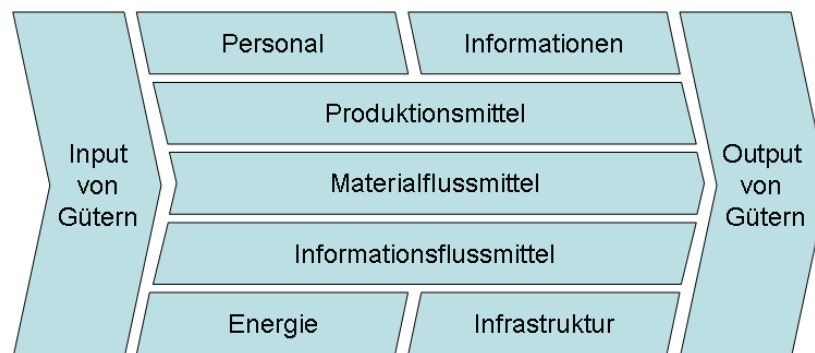


Abbildung 15: Gegenstände des Materialflusses⁵⁵

⁵² Vgl. Warnecke (1995), S. 38 ff.

⁵³ VDI 3300 (1973), S. 2.

⁵⁴ Vgl. Arnold, Isermann, Kuhn, Tempelmeier, Furmans (2008), S. 371 nach Jünemann (1999).

⁵⁵ Grafik in Anlehnung an Arnold, Isermann, Kuhn, Tempelmeier, Furmans (2008), S. 371 nach Jünemann (1999).

2.2.4 Materialwirtschaft

Materialwirtschaft umfasst sämtliche Vorgänge innerhalb eines Unternehmens, die der wirtschaftlichen Bereitstellung von Materialien dienen, mit dem Ziel, ein materialwirtschaftliches Optimum zu erreichen.⁵⁶

Schulte zitiert Busch und präzisiert den Begriff der Materialwirtschaft wie folgt: „Die Materialwirtschaft ist das Versorgungssystem der Unternehmung vom Lieferanten bis zum Kunden über alle Wertsteigerungsstufen der Unternehmung. Die Materialwirtschaft umfasst alle Tätigkeiten der Planung, Disposition, Durchführung, Kontrolle für das Einkauf, Bevorraten, Verteilen, Entsorgen aller zum Erreichen des Unternehmenszwecks notwendigen Güter, Leistungen und Energien.“⁵⁷

2.2.5 Logistik

Für den modernen Logistikbegriff gibt es eine Vielzahl von Definitionen, die weitgehend folgende gemeinsame Elemente enthalten⁵⁸:

- ➔ Logistische Prozesse sind alle Transport- und Lagerungsprozesse sowie das zugehörige Be- und Entladen, Ein- und Auslagern (Umschlag) und das Kommissionieren. Sie lassen sich zusammenfassend dadurch charakterisieren, dass sie auf eine bedarfsgerechte Verfügbarkeit von Objekten ausgerichtet sind oder abstrakter als Raumüberbrückung (Transport), Zeitüberbrückung (Lagerung) und Veränderung der Anordnung (Kommissionierung) der Objekte.
- ➔ Logistische Objekte sind entweder Sachgüter, insbesondere Material und Produkte im Industriebetrieb, Personen oder Informationen.
- ➔ Ein logistisches System dient der Durchführung meist einer Vielzahl von logistischen Prozessen.

Weitere Definitionen:

Zur Logistik gehören alle Tätigkeiten, durch die raum-zeitliche Gütertransformation und die damit zusammenhängende Transformation hinsichtlich der Gütermengen und -sorten, der Güterhandhabungseigenschaften sowie der logistischen Determiniertheit der Güter geplant, gesteuert, realisiert oder kontrolliert werden. Durch das Zusammenwirken dieser Tätigkeiten soll ein Güterfluss in Gang gesetzt werden, der einen Lieferpunkt mit einem Empfangspunkt möglichst effizient verbindet.⁵⁹

Die Logistik ist ein spezieller Führungsansatz zur Entwicklung, Gestaltung, Lenkung und Realisation effektiver und effizienter Flüsse von Objekten (Güter, Informationen, Gelder, Personen) in unternehmensweiten und -übergreifenden Wertschöpfungs-systemen.⁶⁰

⁵⁶ Vgl. Arnold, Isermann, Kuhn, Tempelmeier, Furmans (2008), S. 255.

⁵⁷ Schulte (2001), S. 12 nach Busch (1980), S. 26.

⁵⁸ Vgl. Arnold, Isermann, Kuhn, Tempelmeier, Furmans (2008), S. 295.

⁵⁹ Hertel, Zentes, Schramm-Kleininger (2005), S. 6 nach Pfohl (2004), S. 12.

⁶⁰ Engelhardt-Nowitzki, Lackner (2006), S. 242 nach Göpfert (2000), S. 19.

Gegenstandsbereiche der Logistik⁶¹

Im engeren Sinne

Die Prozesse Gewinnung, Erzeugung, Herstellung, Abfüllung und Verpackung sind nicht Gegenstand der Logistik. Aufgabe der Logistik im engeren Sinne ist die Versorgung dieser Prozesse mit den benötigten Einsatzstoffen und Teilen, die Distribution der resultierenden Erzeugnisse und die Entsorgung anfallender Abfälle und Reststoffe. Sie befasst sich ausschließlich mit folgenden Grundfunktionen und operativen Leistungen:

- Transport zur Raumüberbrückung
- Umschlagen zur Mengenanpassung
- Lagern zur Zeitüberbrückung
- Kommissionieren zur Auftragszusammenstellung

Im weiteren Sinne

Bei der Logistik im weiteren Sinne handelt es sich um Leistungssysteme, die außer den operativen Logistikfunktionen noch weitere Leistungen wie Entwicklungs-, Beschaffungs-, Produktions- und Serviceleistungen erbringen. Es kommt hierbei zu Aufgabenüberschneidungen mit der Unternehmensplanung, der Produktionsplanung, dem Maschinenbau, der Informatik etc.

Im weitesten Sinne

Umfasst die Logistik auch den Einkauf und den Verkauf über die Unternehmensgrenzen hinaus zu Lieferanten und Kunden, wird von Logistik im weitesten Sinne gesprochen.

Subsysteme der Unternehmenslogistik

Das Hauptaugenmerk der Logistik liegt längst nicht mehr nur auf dem Transport von Gütern, sondern umfasst ein Flusskonzept, das Waren, Informations- und Werteflüsse beinhaltet. Die Unternehmenslogistik lässt sich hierbei in eine Vielzahl von Subsystemen untergliedern, welche nachfolgend in Abbildung 16 grafisch dargestellt sind und im Anschluss kurz erläutert werden. Schönsleben⁶² bezeichnet diese Subsysteme der Logistik zusammenfassend als „physische“ bzw. „inhaltliche Logistik“.

⁶¹ Vgl. Gudehus (2005), S. 7 f.

⁶² Vgl. Schönsleben (2007), S. 46.

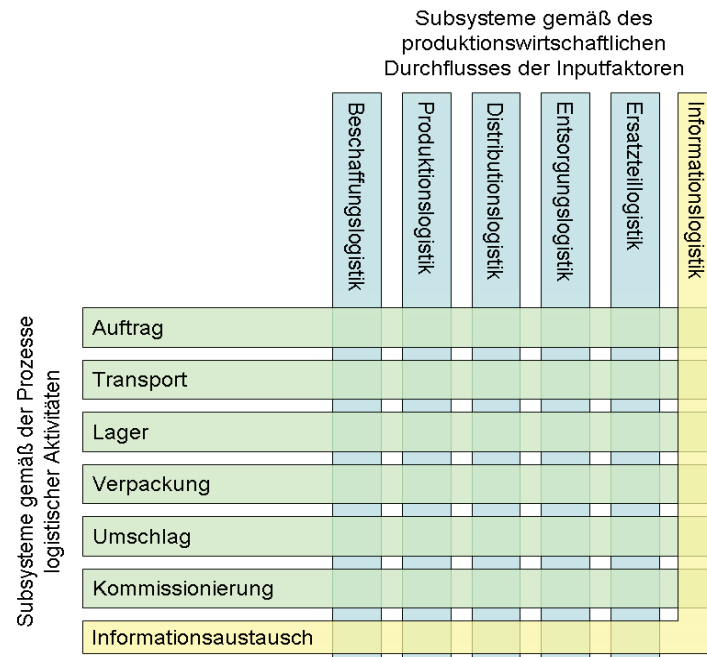


Abbildung 16: Unternehmenslogistik gegliedert nach dem produktionswirtschaftlichen Durchfluss und logistischen Aktivitäten⁶³

2.2.5.1 Gliederung der Logistik gemäß den Phasen der betrieblichen Leistungserstellung

Beschaffungslogistik

Als Beschaffung (Procurement, Sourcing) wird allgemein die Suche nach Lieferanten, der Vertragsabschluss und die Durchführung von Lieferungen von Einsatzstoffen für Produktionsunternehmen und von Handelswaren für Handelsunternehmen bezeichnet.⁶⁴

E-Procurement umfasst die Optimierung der strategischen und operativen Funktionen innerhalb des Beschaffungsprozesses direkter und indirekter Sachgüter und Dienstleistungen durch die Nutzung des Internets und den effizienten Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien mit dem Ziel, Kostensenkungspotenziale zu realisieren.⁶⁵

Die Beschaffungslogistik umfasst die Gestaltung des Materialflusses von den Lieferanten in das Unternehmen hinein und im Unternehmen. Weiters werden die Transporte und Lagerprozesse geplant, durchgeführt und abgerechnet, wobei folgende Ziele bestehen:⁶⁶

- Sicherstellung der Versorgung
- niedrige Bestände in den Lagern,
- Beschleunigung der Materialströme.

⁶³ Grafik in Anlehnung an Lohmann (1998), S. 38 in Anlehnung an Kerney (1991), S. 14.

⁶⁴ Vgl. Vahrenkamp (2005), S. 206.

⁶⁵ Vgl. Kellermann (2005), S. 66.

⁶⁶ Vgl. Vahrenkamp (2005), S. 206.

Produktionslogistik

Die Produktionslogistik behandelt in Bezug auf die übergeordnete Unternehmenslogistik die Gesamtheit der Aufgaben und deren abgeleitete Maßnahmen zur Sicherstellung eines optimalen Informations-, Material- und Wertflusses im Transformationsprozess der Produktion.⁶⁷ Sie reicht vom Beschaffungsmarkt bis zum Absatzmarkt und optimalen Einsatz der Produktionsfaktoren.⁶⁸ Hauptaufgaben der Produktionslogistik sind die Programm-, Material-, Termin- und Kapazitätsplanung. Weitere Aufgaben sind die Rückmeldung von Betriebsdaten für die laufende Werkstattsteuerung sowie das Logistikcontrolling.⁶⁹

Mattner⁷⁰ fasst die Ziele der Produktionslogistik wie folgt stichwortartig zusammen:

- Senkung der Durchlaufzeit und/oder Lieferzeit
- Steigerung der Termintreue
- Erhöhung der Kapazitätsauslastung
- Senkung der Fertigungstiefe
- Senkung der Kapitalbindung
- Senkung der Logistikkosten

Distributionslogistik

Die Distributionslogistik umfasst die Planung, Steuerung, Durchführung und Kontrolle aller Güterströme (aus Endprodukten und Handelswaren) vom Unternehmen zum Empfänger und ist das Bindeglied zwischen der Produktion und dem Absatzmarkt.⁷¹

Ziel der Distributionslogistik ist es, die vom Vertrieb verkauften Produkte den Kunden physisch verfügbar zu machen, wobei der Verantwortungsbereich je nach vereinbartem Bereitstellungsprinzip entweder bereits beim eigenen Warenausgangslager oder beim Wareneingangslager des Kunden endet.⁷²

Entsorgungslogistik

Die Entsorgungslogistik ist eine wissenschaftliche Disziplin, die sich mit der materialflusstechnischen Optimierung von inner- und außerbetrieblichen Abfallströmen beschäftigt.⁷³ Gegenstand der Entsorgungslogistik sind die Güter, die als ungewollte Kuppelprodukte (Rückstände) während der Produktentstehung und –nutzung anfallen.⁷⁴

Die ökologischen und ökonomischen Ziele der Entsorgungslogistik sind folgendermaßen zusammenzufassen:⁷⁵

⁶⁷ Vgl. Westkämper (2006), S. 22.

⁶⁸ Vgl. Arnold, Isermann, Kuhn, Tempelmeier, Furmans (2008), S. 296.

⁶⁹ Vgl. Böge (2007), Abschnitt T, S. 1.

⁷⁰ Vgl. Mattner (2008), S. 9.

⁷¹ Vgl. Plümer (2003), S. 239 nach Mau (2002), Logistik, S. 6.

⁷² Vgl. Engelbrecht (2004), S. 132.

⁷³ Vgl. Arnold, Isermann, Kuhn, Tempelmeier, Furmans (2008), S. 487.

⁷⁴ Vgl. Becker, Rosemann (1993), S. 143.

⁷⁵ Vgl. Arnold, Isermann, Kuhn, Tempelmeier, Furmans (2008), S. 487.

- die Vermeidung und optimierte Verwertung von Abfällen
- die Reduzierung der Abfallmengen
- der Einsatz umweltverträglicher Entsorgungstechnologien
- die Ausnutzung des im Abfall enthaltenen Wertschöpfungspotenzials

Ersatzteillogistik

Die Ersatzteillogistik hat die Aufgabe, die für die Instandhaltung von Anlagen und Betriebsmitteln benötigten Ersatzteile in der erforderlichen Menge und Art, im erforderlichen Zustand beim entsprechenden Bedarfsträger zur rechten Zeit kostenminimal bereitzustellen.⁷⁶ Die Notwendigkeit, Ersatzteile vorzuhalten, ist eine unmittelbare Folge der Produktpolitik, deren Bestandteil es ist, für jedes Modell des an dieser Stelle auch als Primärprodukt bezeichneten Endprodukts einen kompletten Satz von Ersatzteilen für die Kunden vorzuhalten, um dem Käufer des Primärprodukts im Schadensfall einen Ersatzteilservice bieten zu können. Man spricht auch von einem After-Sales-Service.⁷⁷

2.2.5.2 Gliederung der Logistik anhand logistischer Aktivitäten⁷⁸

Der Auftrag stellt die Grundlage sämtlicher logistischer Tätigkeiten dar.

Der Transport dient der gewollten Raumüberbrückung oder Ortsveränderung von Gütern mit Hilfe von Transportmitteln, ohne dass sich die sonstigen Eigenschaften der Produkte verändern dürfen.

Umschlagprozesse sind mit dem Transport unmittelbar verbundene Be- und Entladevorgänge des Transportmittels.

Lagerprozesse dienen der Überbrückung der zeitlichen Differenz zwischen Konsum und Produktion von Sachgütern.

Kommissionieren ist das Zusammenstellen von bestimmten Teilmengen (Artikeln) aus einer bereitgestellten Gesamtmenge (Sortiment) aufgrund von Bedarfsinformationen (Aufträgen).

Neben anderen Aufgaben dient das Verpacken hauptsächlich dem Schutz eines Gutes mittels lösbarer Umhüllungen (Verpackungsmaterialien).

2.2.5.3 Informationslogistik

Neben der „physischen“ bzw. „inhaltlichen Logistik“ unterscheidet Schönsleben⁷⁹ die „administrative, planerische und dispositive Logistik“, welche er gleichbedeutend mit den Begriffen „Informationslogistik“, „Planung und Steuerung in der Logistik“ oder „Planung und Steuerung“ verwendet.

⁷⁶ Vgl. Biedermann (1995), S. 5.

⁷⁷ Vgl. Vahrenkamp (2005), S. 163.

⁷⁸ Vgl. Lohmann (1998), S. 42 ff nach Pfohl (1996), Volk (1980), Isermann (1997), Martin (1995), Weber und Kummer (1994), Miebach (1997), Schulte (1991), Jünemann (1989).

⁷⁹ Vgl. Schönsleben (2007), S. 46.

Als Informationslogistik wird die Planung, Steuerung, Durchführung und Kontrolle der Gesamtheit der Datenflüsse verstanden, die über eine Betrachtungseinheit hinausgehen (siehe Abbildung 16), sowie die Speicherung und Aufbereitung dieser Daten. Dabei werden nur solche Datenflüsse zur Informationslogistik gezählt, die der Unterstützung von Entscheidungen dienen.⁸⁰ Die Informationslogistik hat das Ziel, die richtigen Informationen zur richtigen Zeit am richtigen Ort zur Verfügung zu stellen. Wichtigste Voraussetzung dafür ist eine Synchronisation von Material- und Informationsfluss.⁸¹

Die administrative Logistik umfasst Aufgaben des Auftragswesens in Bezug auf Begleitdokumente, Bewegungen oder Bestände. Sie liefert auch Daten für Abrechnungen und Statistiken.⁸²

Die planerische und dispositive Logistik beschäftigt sich mit entscheidungsorientierten Aufgaben, welche die physische und administrative Logistik beeinflussen. Entscheidungen, die in diesem Rahmen getroffen werden, sind: Wann, wie und in welchen Mengen werden Güter produziert oder beschafft? Werden Bestände zwischen Lagern und Produktionsfaktoren verschoben? Welches Personal und welche Betriebsmittel sind einzusetzen? Wann und wie werden Kunden und Niederlassungen beliefert?⁸³

Weitere grundlegende Begrifflichkeiten in diesem Zusammenhang werden in nachfolgendem Kapitel 2.3 (Produktionsplanung und –steuerung) detailliert erläutert.

6 R der Logistik

Gudehus⁸⁴ definiert die Grundaufgaben der operativen Logistik in der effizienten Bereitstellung der geforderten Menge benötigter Objekte in der richtigen Zusammensetzung zur rechten Zeit am richtigen Ort. Hieraus lassen sich die 6 R der Logistik wie folgt ableiten: Die Verfügbarkeit

- ... der richtigen Objekte,
- ... in der richtigen Menge,
- ... zum richtigen Zeitpunkt,
- ... am richtigen Ort,
- ... in der richtigen Qualität und
- ... zu den richtigen Kosten

soll durch die Logistik gewährleistet werden.

Logistikleistung

Ein Denken in Lieferanten-Kunden-Beziehungen wird in der Logistik für alle Prozesse gefordert, so dass auch beliebige logistische Subsysteme an internen und externen Kunden auszurichten sind.⁸⁵ Janker untergliedert nachfolgende drei Leistungsmerkmale der Logistikleistung bei der Auswahl von Lieferanten.⁸⁶

⁸⁰ Dinter (2008), S. 2.

⁸¹ Martin (2008), S. 485.

⁸² Vgl. Schönsleben (2007), S. 46.

⁸³ Vgl. Schönsleben (2007), S. 46.

⁸⁴ Vgl. Gudehus (2005), S. 7.

⁸⁵ Vgl. Arnold, Isermann, Kuhn, Tempelmeier, Furmans (2008), S. 8.

⁸⁶ Vgl. Janker (2004), S 89 ff.

a) Zeitleistung

Je besser die Zeitleistung ist, desto kürzer sind die Lieferzeiten. Zwischenlager und Materialpuffer können abgebaut werden, wodurch sich der work-in-process-Anteil (WIP-Anteil) reduziert und kürzere Durchlaufzeiten ermöglicht werden. Kürzere Durchlaufzeiten erhöhen wiederum die Flexibilität und auch Zuverlässigkeit der Logistikleistung.

b) Ortsleistung

Eine kurze Entfernung zwischen Quelle und Senke ermöglicht kurze Lieferzeiten und eine erhöhte Lieferflexibilität. Neben der Entfernung ist auch die Zugänglichkeit von Lagerstellen zu berücksichtigen.

c) Lieferleistung

Die Lieferleistung bezieht sich auf die Leistungserfüllung hinsichtlich der Anforderungen der Senke (Abnehmer oder Kunde). Hierbei spielen Lieferzuverlässigkeit und Liefertreue eine wesentliche Rolle. Weiters zu erwähnen ist eine verarbeitungsgerechte Anlieferung mit entsprechender Transport- und Schutzverpackung.

Da sich die Leistungsmerkmale Zeit-, Ort- und Lieferleistung nur schwer monetär bewerten lassen, kann eine Bewertung der Lieferleistung über den Lieferservice vorgenommen werden. Dieser wird üblicherweise durch die vier Kriterien Lieferzeit, -zuverlässigkeit, -qualität und -flexibilität definiert.⁸⁷ Die wesentlichen Kennzahlen der Logistikleistung werden nachfolgend kurz beschrieben und deren Zusammenhang wird in Abbildung 17 grafisch dargestellt.^{88 89}

- **Lieferzeit**

... beinhaltet die Zeitspanne zwischen Eingang des Kundenauftrags und der Verfügbarkeit der Ware beim Kunden.

- **Liefertreue oder Lieferzuverlässigkeit**

... bezeichnet die Übereinstimmung zwischen zugesagtem und tatsächlichem Auftragserfüllungstermin und dient als Maß für die Sicherheit der Terminzusage.

- **Lieferfähigkeit**

... beinhaltet den Grad der Übereinstimmung zwischen Wunschtermin und bestätigtem Termin.

- **Lieferbereitschaft/Servicegrad**

... ist ein Maß für die Fähigkeit, Kundenaufträge sofort aus dem Lagerbestand zu erfüllen und stellt einen Spezialfall der Lieferfähigkeit dar.

- **Wunschtermintreue**

...beinhaltet den Grad der Übereinstimmung zwischen Wunschtermin und Auftragserfüllungstermin.

⁸⁷ Vgl. Arnold, Isermann, Kuhn, Tempelmeier, Furmans (2008), S. 8 nach Pfohl (2004), Schulte (2005).

⁸⁸ Vgl. Arnold, Isermann, Kuhn, Tempelmeier, Furmans (2008), S. 8.

⁸⁹ Vgl. Köcher (2006), 122 ff.

- **Lieferqualität**

... beinhaltet den Anteil der ausgeführten Aufträge ohne qualitative und quantitative Mängel.

- **Lieferflexibilität und Informationsbereitschaft**

... ist die Fähigkeit, auf Kundenwünsche hinsichtlich der Art der Auftragserteilung, der Liefermodalitäten und der Information über laufende Aufträge einzugehen.

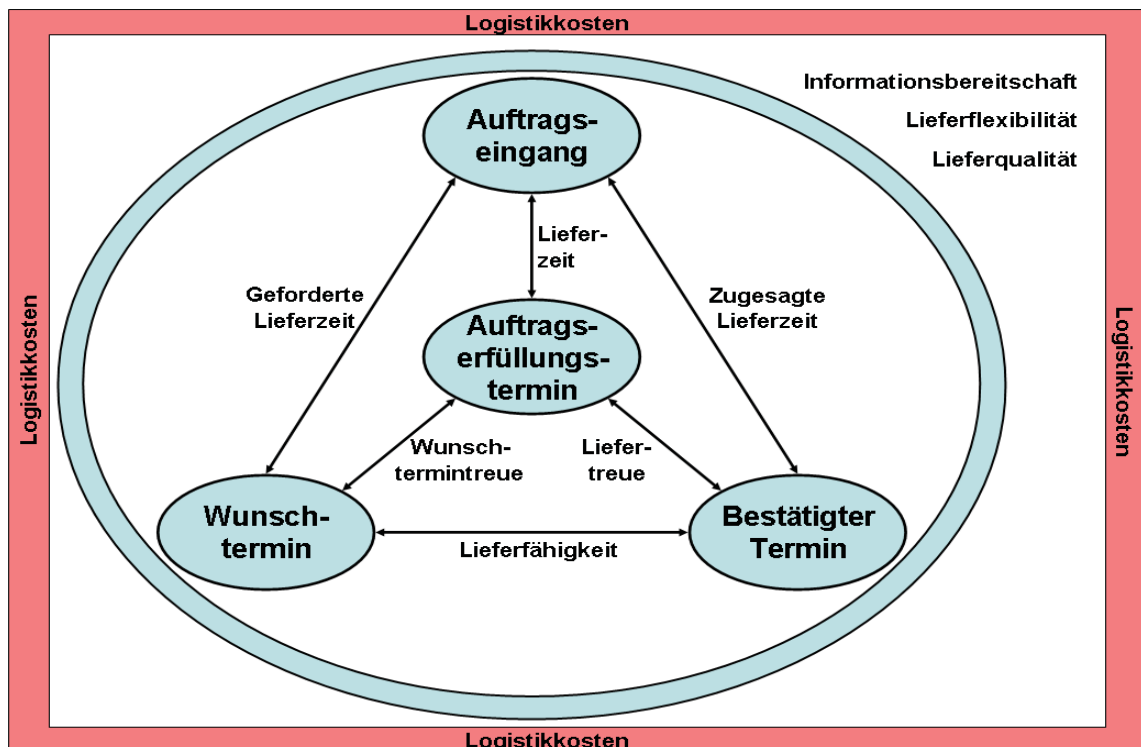


Abbildung 17: Zusammenhang Logistikkennzahlen

Logistikkosten

Im Gegensatz zu den Logistikleistungen sind die Logistikkosten monetär relativ einfach zu bewerten. In jedem Logistikprozess können Kosten für die Faktoren Material, Personal und Betriebsmittel sowie Kapitalbindungskosten entstehen. Die Logistikkosten können nach den verschiedenen Logistikprozessen unterteilt werden in⁹⁰

- Transportkosten für externe Transporte,
- Kosten des Umschlags und des internen Materialflusses,
- Kommissionierkosten,
- Verpackungskosten,
- Kosten der Lagerung,
- Kosten der Steuerung und der Information und Kommunikation

⁹⁰ Vgl. Arnold, Isermann, Kuhn, Tempelmeier, Furmans (2008), S. 8.

Eine detaillierte Aufschlüsselung der Logistikkosten hat nur bei Anwendung der Prozesskostenrechnung einen Sinn. Hierbei werden die unterschiedlichen Logistikkosten, welche bei der traditionellen Kostenrechnung als Gemeinkosten in die Kalkulation miteinbezogen werden, verursachungsgerecht auf die einzelnen Kostentreiber umgelegt und bilden in weiterer Folge eine wesentliche Grundlage für Entscheidungen des Managements.

Zielbereiche der Logistik

Die Leistung des Unternehmens umfasst die vier Zielgrößen des Performance Management. Es sind dies Qualität, Kosten, Zeit bzw. Leistung und Flexibilität. Schönsleben behauptet, dass die Logistik dabei einen teilweise signifikanten Einfluss auf Unternehmensziele in allen vier Bereichen hat und beschreibt diese Zielbereiche im Detail wie folgt:⁹¹

Zielbereich Qualität:

Hauptziel ist das Erreichen von erhöhten Anforderungen an die Produktqualität, an die Prozessqualität sowie an die Organisationsqualität. Teilziele sind eine möglichst hohe Transparenz der Produkte, der Prozesse und der Organisation.

Zielbereich Kosten:

Hauptziele sind niedrige Bestände an Lager und in Arbeit, hohe Auslastung der Kapazitäten, niedrige Kostensätze der Administration. Teilziele sind genaue Kalkulations- und Abrechnungsgrundlagen.

Zielbereich Zeit bzw. Lieferung:

Hauptziele sind ein hoher Lieferbereitschaftsgrad und kurze Lieferdurchlaufzeiten. Weiters ein hoher Liefertreuegrad und kurze Durchlaufzeiten im Güterfluss. Teilziele sind kurze Durchlaufzeiten im Daten- und Steuerungsfluss.

Zielbereich Flexibilität:

Hauptziel ist eine möglichst hohe Flexibilität bei der Einbringung als Partner in Logistiknetzwerke zu erreichen. Weiters soll durch eine hohe Flexibilität ein maximaler Kundennutzen erzielt werden und eine große Flexibilität im Ressourceneinsatz ermöglicht werden.

Zielkonflikte der Logistik

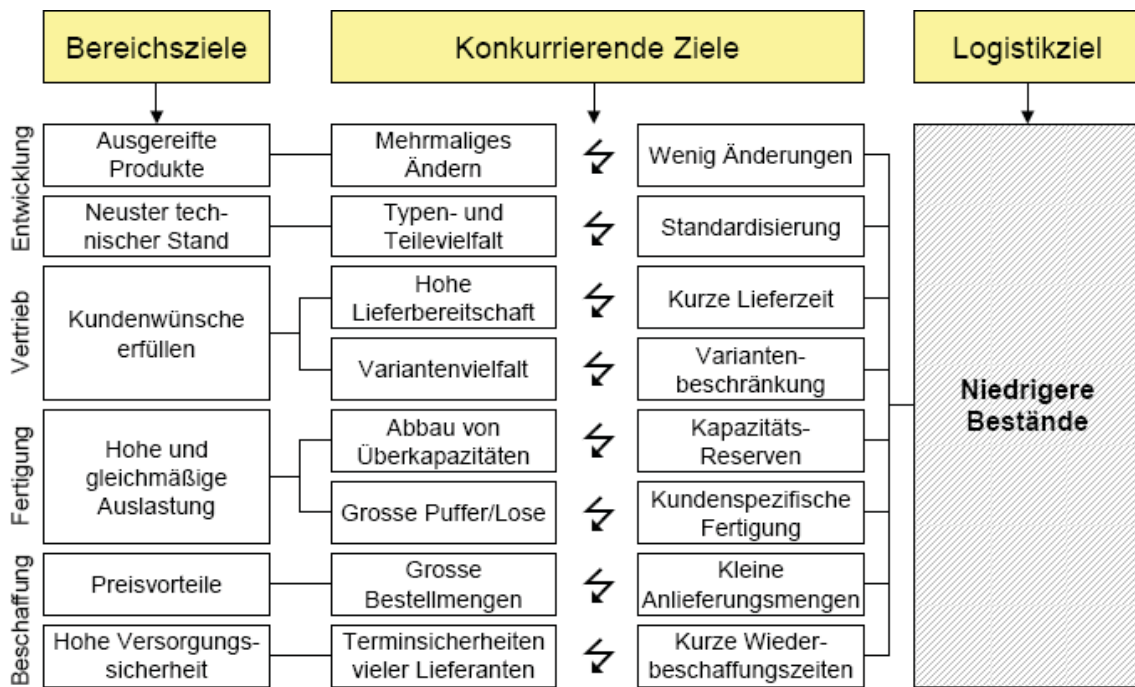
Wie bereits erwähnt, ist das oberste Ziel der Logistik die Sicherstellung der bedarfsgerechten Verfügbarkeit von Objekten zum Zweck der Befriedigung von Kundenbedürfnissen. Dabei sollen die mit der Güterbereitstellung verbundenen Logistikkosten minimiert werden, was zum typischen Zielkonflikt zwischen Kostenziel und Serviceziel führt.⁹²

Schulte⁹³ erarbeitet die wesentlichen Zielkonflikte zwischen logistischen Zielen und den Zielen anderer Unternehmensbereiche. Diese sind in nachfolgender Abbildung 18 übersichtlich dargestellt.

⁹¹ Vgl. Schönsleben (2007), S. 35 f, S. 462.

⁹² Vgl. Steven (2006), S. 117.

⁹³ Vgl. Schulte (1999), S. 12.

Abbildung 18: Konkurrierende logistikrelevante Ziele⁹⁴

Unternehmensübergreifende Zielbereiche der Logistik – SCM

Im unternehmensübergreifenden Logistikmanagement erweitern sich die Perspektiven des Standpunktes einer einzelnen Firma hin zum Standpunkt einer Supply Chain bzw. eines Wertschöpfungsnetzwerks.⁹⁵ Die grundlegenden Ziele für die Leistungen von Supply Chains sind wie folgt in drei Bereiche zu unterscheiden:⁹⁶

Zielbereich Zusammenarbeit in der Supply Chain:

Hauptziel ist es, einen hohen Grad von strategischer Ausrichtung im Wertschöpfungsnetzwerk sowie eine gute Integration von Geschäftsprozessen in der Planung und Durchführung zu erreichen.

Zielbereich Koordination der Supply Chain:

Hauptziele sind ein nahtloser Güter-, Daten- und Steuerungsfluss zwischen Partnern im Wertschöpfungsnetzwerk sowie ein hoher Grad an Informationstransparenz.

Zielbereich Veränderbarkeit der Supply Chain:

Hauptziel ist das Erreichen einer großen Flexibilität in der (Re-)Konfiguration von Wertschöpfungsnetzwerken zur Empfänglichkeit für Kundenbedürfnisse.

⁹⁴ Vgl. Schulte (1999), S. 12.

⁹⁵ Vgl. Schönsleben (2007), S. 48.

⁹⁶ Vgl. Schönsleben (2007), S. 49 f nach Hieber (2001).

2.3 Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme (PPS)

Das Gebiet der Produktionsplanung und –steuerung (PPS) umfasst die Gesamtheit von Dispositionen, die auf die Festlegung eines Absatz- bzw. Produktionsprogramms und die Bestimmung des Vollzugs dieses Programms in mengenmäßiger und zeitlicher Hinsicht ausgerichtet sind.⁹⁷ Wie in nachfolgender Abbildung 19 dargestellt, unterscheiden Kistner und Steven ganzheitliche und sonstige PPS-Ansätze. Diese Konzepte sollen nachfolgend kurz erläutert werden. Wichtig zu erwähnen ist, dass die erläuterten Systeme in der Praxis nur sehr selten alleinstehend und unabhängig angewendet werden. In der Regel bestehen PPS-Systeme aus einer Mischform der unterschiedlichen Planungs- und Steuerungssysteme.

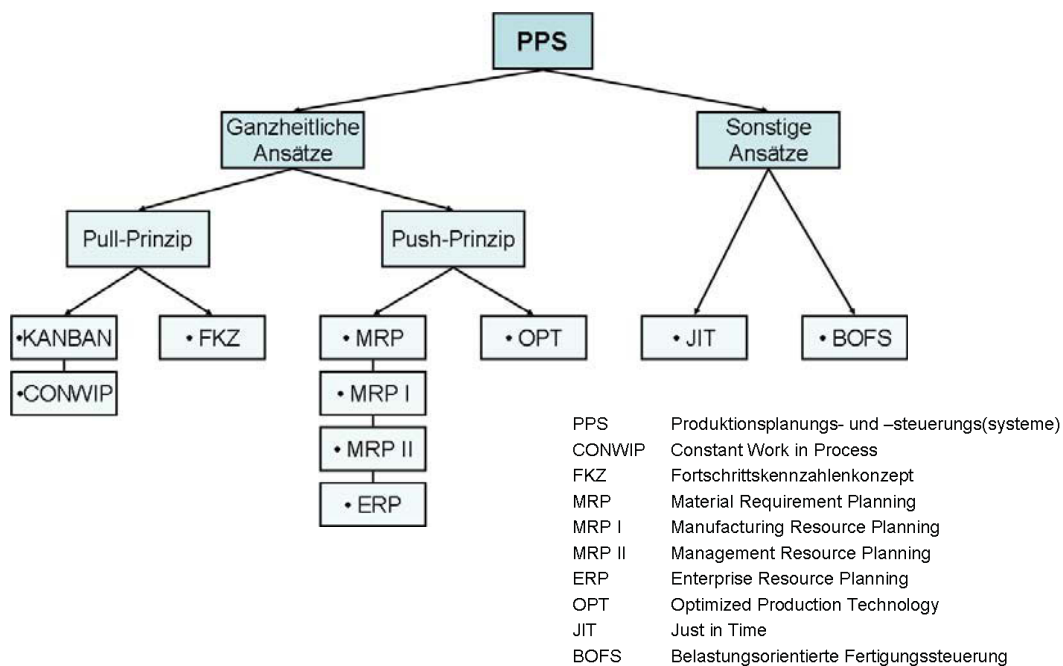


Abbildung 19: Einteilung der Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme

2.3.1 Push-Prinzip oder Bring-Prinzip

Der in Subaufträge geteilte Gesamtauftrag wird auf die organisatorischen Einheiten verteilt. Entsprechend den im Subauftrag enthaltenen Leistungswerten, wie Start- oder Endterminen, wird ein Teilprozess durchgeführt. Die Weitergabe an den nächsten Teilprozess erfolgt unmittelbar nach Fertigstellung des Teilauftrags, auch dann, wenn aufgrund von Störungen oder Überlastungen des Folgeprozesses eine Weiterverarbeitung nicht sinnvoll ist.⁹⁸

Bei Push-Systemen erfolgt die Einsteuerung von Aufträgen zentral nach einem festgelegten Zeitplan. Da nicht bedarfsorientiert entsprechend der Nachfrage der internen und externen Kunden produziert wird, wird versucht, mittels großer Lose die Effizienz zu erhöhen (economies of scale). Die Konsequenz sind hohe Lagerbestände, viel Material in den Prozessen (WIP), lange Durchlaufzeiten, Staubildung vor Engpässen und ein hoher Verwaltungs- und Steuerungsaufwand.

⁹⁷ Glaser, Geiger, Rohde (1992), S. 1.

⁹⁸ Vgl. Krüger (2003), S 203, nach Kistner, Steven (2001), S. 281.

- **PUSH (Planung und Steuerung nach dem push-Prinzip)**

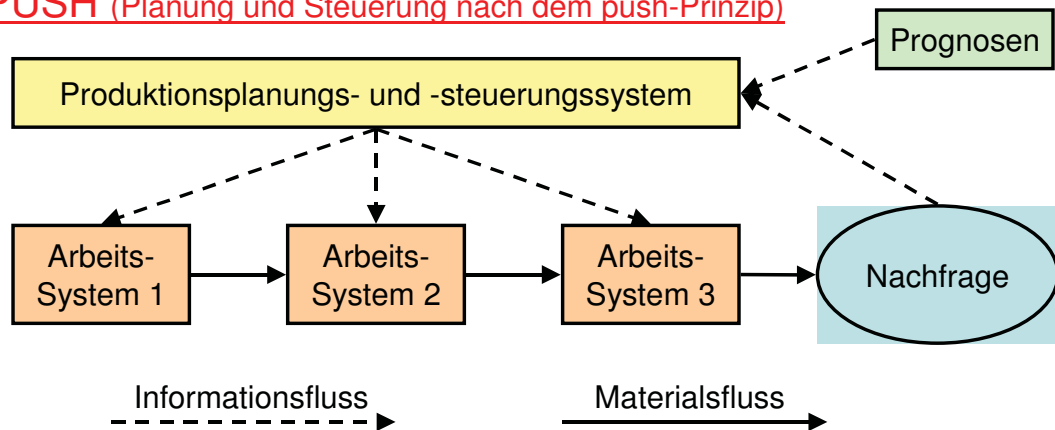


Abbildung 20: Push- oder Bring-Prinzip

Kanban und Conwip

Die Kanban-Systematik wurde bereits in Kapitel 2.1.2.1 ausführlich erläutert. Die Conwip-Steuerung ist eine Anpassung der Kanban-Steuerung für variantenreiche Produktionen. Conwip ist ebenfalls dezentral und steuert sich selbst. Der Bestand in der Fertigung wird in Anzahl Teilen, in Anzahl Aufträgen oder in Vorgabestunden (maximum load limit) gemessen.⁹⁹

In Abbildung 21 werden Kanban und Conwip zum Vergleich grafisch dargestellt. Wesentlicher Unterschied im Ablauf zwischen den beiden Konzepten ist, dass bei Conwip die Conwip-Karten alle Arbeitssysteme durchlaufen, während Kanban-Karten das Arbeitssystem in der Regel nicht verlassen.

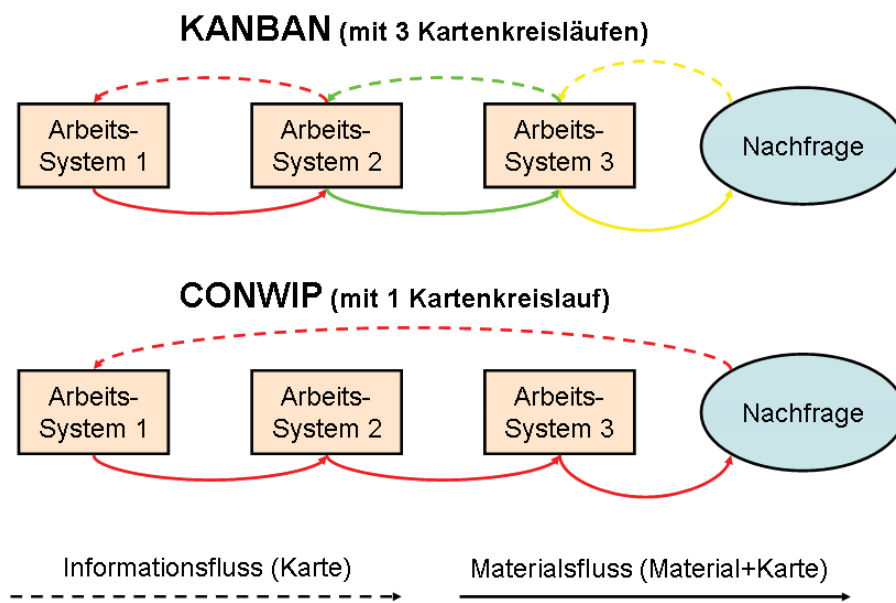


Abbildung 21: Vergleich Kanban und Conwip

⁹⁹ Vgl. Lödging (2008), S. 329.

Fortschrittskennzahlen

Die Fortschrittskennzahlensteuerung teilt eine Produktion oder eine Lieferkette in sogenannte Kontrollblöcke auf.¹⁰⁰ Ein Kontrollblock kann einen oder mehrere Arbeitsplätze, eine Abteilung oder einen ganzen Bereich umfassen. Auf Basis des Produktionsplans wird abgeleitet, bis wann welche Mengen in den einzelnen Kontrollblöcken fertig gestellt sein müssen, um die mit dem Kunden vereinbarten Liefertermine einhalten zu können. Der Produktionsstarttermin kann somit retrograd ausgehend vom jeweiligen Liefertermin ermittelt werden. Um die Zielerreichung zu überprüfen bzw. um herauszufinden, wo steuernd eingegriffen werden muss, werden Plan-Fortschrittszahlen und Ist-Fortschrittszahlen periodisch abgeglichen, wie dies in nachfolgender Abbildung 22 schematisch dargestellt ist.¹⁰¹

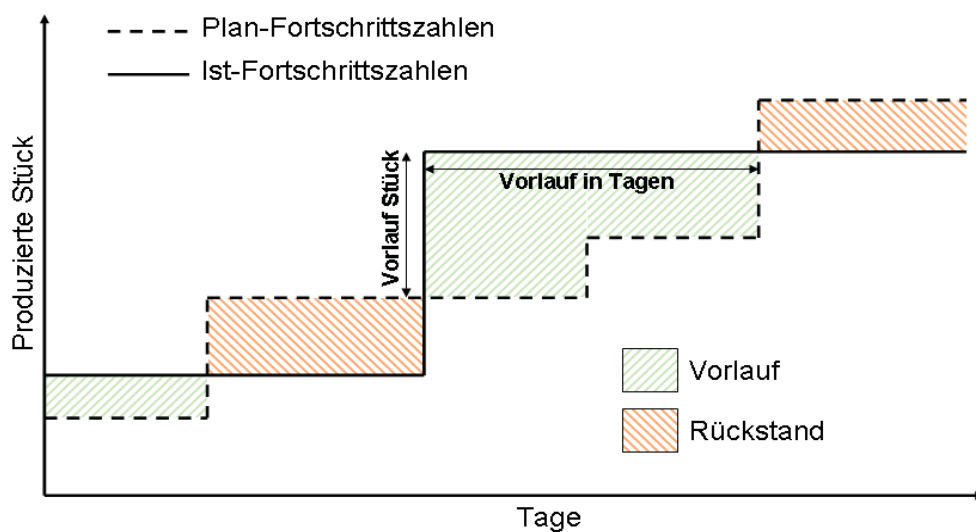


Abbildung 22: Fortschrittskennzahlenkonzept

2.3.2 Pull-Prinzip oder Hol-Prinzip

Im Gegensatz zum Push-Prinzip erfolgt die Verarbeitung oder Weitergabe der Materialien erst auf Anforderung der nachfolgenden Einheit. Das Material wird also nicht durch einen Logistikprozess gedrückt, sondern gezogen.¹⁰²

Bei Pull-Systemen erfolgt die Freigabe von Aufträgen dezentral in Abhängigkeit von der Betriebssituation. Der Bedarf ergibt sich aus dem Verbrauch und steuert die Produktion. Relativ kleine Losgrößen und geringe Lagerbestände führen dazu, dass sich weniger Material in den Prozessen befindet. Die Konsequenz sind kürzere Durchlaufzeiten, geringerer Verwaltungs- und Steuerungsaufwand und dadurch eine deutlich höhere Flexibilität. Voraussetzung für die Umsetzung der Pull-Systematik ist die Verfügbarkeit von Kapazitätsreserven bzw. Überkapazitäten sowie personelle Flexibilität.

¹⁰⁰ Vgl. Lödning (2008), S. 250.

¹⁰¹ Vgl. Lödning (2008), S. 251.

¹⁰² Vgl. Krüger (2003), S. 203, nach Kistner, Steven (2001), S. 281.

- **PULL (Steuerung nach dem pull-Prinzip)**

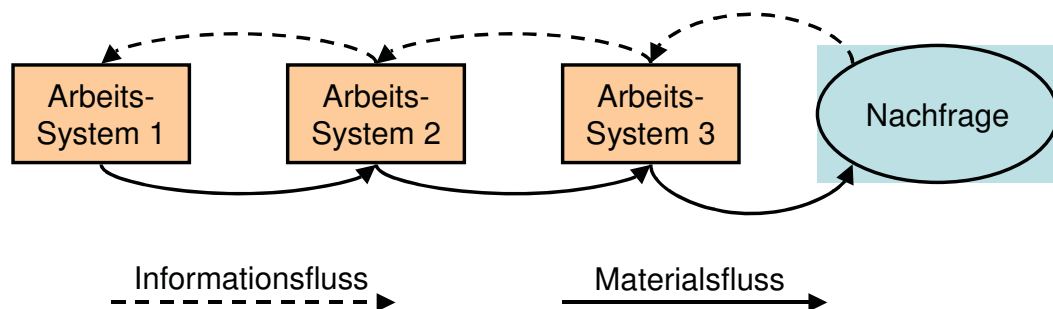


Abbildung 23: Pull- oder Hol-Prinzip

MRP, MRP I, MRP II und ERP

Unter den vier Produktionsplanungs- und -steuerungssystemen versteht man ein umfassendes, computergestütztes Informations-, Dispositions- und Steuerungssystem, das auf einer zentralen Datenbank aufbaut und die Abstimmung von Entscheidungen der mittelfristig-taktischen Produktionsplanung bis hin zur kurzfristig-operativen Produktionssteuerung und Auftragskontrolle unterstützt.¹⁰³ Aufgaben moderner PPS-Systeme sind die Produktionsplanung die Produktionssteuerung sowie die Datenverwaltung.¹⁰⁴

Die Produktionsplanung setzt sich aus der Produktionsprogrammplanung, der Mengenplanung (Materialwirtschaft) und der Termin- und Kapazitätsplanung (Zeitwirtschaft) zusammen.

Die Produktionssteuerung ist für die Ablaufplanung zuständig. Diese beinhaltet im Wesentlichen die Auftragsfreigabe und die Auftragsüberwachung.

In nachfolgender Abbildung 24 sind die Teilgebiete sowie die Grund- und Teilfunktionen moderner PPS-Systeme übersichtlich dargestellt.

¹⁰³ Kistner, Steven (2001), S. 254.

¹⁰⁴ Kistner, Steven (2001), S. 259.

| Teilgebiete der PPS | Grundfunktionen der PPS | Teilfunktionen der PPS | |
|-----------------------------|-------------------------------|---|---|
| Datenverwaltung | | Kundenstammdaten Lieferantenstammdaten Stücklisten und Rezepturen Arbeitspläne Arbeitsplatzstammdaten Betriebsmittelstammdaten Personalstammdaten | |
| | Produktionsplanung | Produktionsprogrammplanung Mengenplanung | strategische Produktionsprogrammplanung operative Produktionsprogrammplanung |
| | Termin- und Kapazitätsplanung | Bedarfsermittlung Bestandsrechnung Beschaffungsrechnung Eigenerstellung: Fertigungsauftragsbildung | Fremdbezug: Bestellauftragsbildung |
| | | Durchlaufterminierung Kapazitätsbedarfsermittlung Kapazitätsabstimmung Kapazitätsterminierung Reihenfolgeplanung | |
| Produktionssteuerung | Auftragsveranlassung | Fertigungsauftragsfreigabe Arbeitsverteilung | Bestellauftragsfreigabe |
| | Auftragsüberwachung | Kapazitätsüberwachung Mengen- und Terminüberwachung Qualitätsprüfung | Wareneingangsprüfung Mengen- und Terminüberwachung Qualitätsprüfung |

Abbildung 24: Module der Produktionsplanung und Steuerung (PPS)¹⁰⁵

OPT oder Engpasssteuerung

Der dem OPT-Konzept zu Grunde liegende Optimierungsalgorithmus ist weitestgehend unbekannt, da er urheberrechtlich geschützt ist.¹⁰⁶ Es ist ein zentral arbeitendes PPS-Konzept, bei dem eine globale, simultane Optimierung des Produktionsprozesses angestrebt wird. Ausgangspunkt ist dabei eine konsequente Engpassorientierung. Die Anpassung der Aufträge an die Engpassplanung für die Fertigung in vorgelagerten Fertigungsstufen (des zu planenden Engpasses) erfolgt durch Rückwärtsterminierung, die derer für die Fertigung in nachgelagerten Stufen durch Vorwärtsterminierung.¹⁰⁷

2.3.3 Sonstige Ansätze

JIT

Die Just-in-time-Systematik wurde bereits in Kapitel 2.1.2.1 ausführlich erläutert.

¹⁰⁵ Brecht (2005), S. 134.

¹⁰⁶ Vgl. Wiendahl (1987), S. 332.

¹⁰⁷ Weder (2003), S. 178.

BOFS

Bei der belastungsorientierten Fertigungssteuerung steht neben der Minimierung der Durchlaufzeit die Reduzierung von Beständen, die Erhöhung der Auslastung sowie die Termintreue im Vordergrund.¹⁰⁸ Bei der Auftragsfreigabe werden nachfolgende Verfahrensschritte nacheinander durchgeführt.¹⁰⁹

- a) Ermittlung dringender Aufträge
- b) Bewertung von Aufträgen durch Abwertung von Auftragsstunden
- c) Bestimmung einzulastender Aufträge

Aufträge werden nur dann freigegeben, wenn bei allen benötigten Maschinen ausreichend Kapazitäten zur Verfügung stehen. Dabei wird nicht nur die Belastung der ersten Maschine in der Maschinenfolge eines freizugebenden Auftrags berücksichtigt, sondern auch jene der nachfolgenden Maschinen.

2.4 Prozess

Ein Prozess ist die Zusammenfassung logisch zusammenhängender Arbeitsschritte, die einen bestimmten Input in einen bestimmten Output transferieren.¹¹⁰

Des Weiteren ist ein Prozess gekennzeichnet durch eine in Kosten zu bewertende Ressourceninanspruchnahme sowie durch einen Kosteneinflussfaktor (Cost Driver), der als Messgröße für die Anzahl der Prozessdurchführungen gilt.¹¹¹

2.4.1 Prozessstrukturierung

Grundsätzlich gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten, Prozesse zu strukturieren. Für diese Arbeit bietet sich die hierarchische Aufgliederung des Durchlaufprozesses in Geschäfts-, Haupt- und Teilprozesse und des Weiteren noch eine detaillierte Erfassung der einzelnen Aktivitäten innerhalb eines Teilprozesses nach Mayer¹¹² an.

- Geschäftsprozess

... ist ein Arbeitsablauf bestehend aus umfassenden Aufgabenfeldern eines Unternehmens wie beispielsweise Beschaffungsprozess, Fertigungsprozess oder Managementprozess. Dieser wird ablauforientiert definiert.

- Hauptprozess

... ist eine Kette homogener Aktivitäten, welche demselben Kosteneinflussfaktor (Cost Driver) unterliegen. Homogenität bedeutet, keine grundsätzliche Unterschei-

¹⁰⁸ Vgl. Glaser, Geiger, Rohde (1992), S. 201.

¹⁰⁹ Vgl. Glaser, Geiger, Rohde (1992), S. 211.

¹¹⁰ Vgl. Remer (1998), S. 66.

¹¹¹ Vgl. Mayer (1998), S. 8 ff.

¹¹² Vgl. Mayer (1998), S. 8 ff.

derung in Struktur, Ablauf, Arbeitsaufwand und der damit verbundenen Ressourceninanspruchnahme. Die Untergliederung der Hauptprozesse in Teilprozesse kann horizontal oder vertikal erfolgen.¹¹³ Der Hauptprozess ist wie der Geschäftsprozess ablauforientiert zu definieren.

- Teilprozess

... ist eine Kette homogener Aktivitäten einer Kostenstelle, die einem oder mehreren Hauptprozessen zugeordnet werden können. Bei den Teilprozessen sind leistungsmengenneutrale Prozesse und leistungsmengeninduzierte Prozesse zu unterscheiden. Teilprozesse sind kostenstellenbezogen zu definieren, nicht wie Geschäfts- und Hauptprozesse ablauforientiert.

- Aktivität

... ist ein weiterer Detaillierungsgrad und dient der besseren Beschreibung des Teilprozesses. Zu unterscheiden sind nach der Wertschöpfung und dem Kundennutzen einer Aktivität die Wertaktivitäten (value activities) und die Nichtwertaktivitäten (non value activities). Eine Aufschlüsselung von Teilprozessen in die Aktivitäten ist nur in umfangreichen Systemen sinnvoll.

Abschließend zum Thema Prozessstrukturierung ist anzumerken, dass der Erfassungs- und Pflegeaufwand für das Modell im Verhältnis zu dessen Nutzen stehen muss. Es ist daher darauf zu achten, dass der Geschäftsprozess nicht zu detailliert aufgegliedert wird, da sich dadurch die Komplexität des Gesamtsystems schlagartig erhöht.

2.4.2 Prozesstypen

Eine weitere Unterscheidung der Prozesse in folgende Prozesstypen nach Mayer¹¹⁴ kann vorgenommen werden:

- Abwicklungsprozesse sind alle logistischen und administrativen Aktivitäten zur Beschaffung von Material und Teilen, zur Produktion von Teilen, Baugruppen und Produkten sowie zur Abwicklung von Kundenaufträgen.
- Vorleistungsprozesse sind administrative Aktivitäten in der Produktentwicklungs- bzw. Marktvorbereitungsphase, welche als Vorleistungskosten in der Lebenszyklusanalyse zu behandeln sind.
- Betreuungsprozesse sind solche Aktivitäten, die grundsätzlich durch die Existenz eines Produktes, Teiles, Lieferanten oder Kunden bedingt sind und durch deren Betreuung entstehen. Dabei wird jedoch kein Produkt verkauft, kein Teil beschafft, kein Lieferant beauftragt und kein Kunde beliefert.

¹¹³ Vgl. Jost (2000), S. 297 ff und 309 ff und Vgl. Mayer (1998), S. 9.

¹¹⁴ Vgl. Mayer (1998), S. 8 ff.

2.4.3 Struktur- und Prozessgestaltung

Für die Gestaltung der Strukturen gilt der Grundsatz: „Die Prozesse bestimmen die Strukturen, nicht die Strukturen die Prozesse.“¹¹⁵

Allgemeine Ansätze zur Prozessgestaltung sind:

- Schnittstellen reduzieren
- Qualität von Anfang an
- Konzentration auf Wertschöpfung
- Simplifizierung der Prozesse
- Prozesslogik

2.4.4 Reengineering

„[...] the fundamental rethinking and radical redesign of business processes to achieve dramatic improvements in critical contemporary measures of performance, such as cost, quality, service and speed.“¹¹⁶

Berndt¹¹⁷ geht davon aus, dass die Globalisierung der Märkte mit einem immer intensiver werdenden Wettbewerb für ein Unternehmen mit streng hierarchischen Unternehmensstrukturen und einem konsequent umgesetzten Funktionsdenken (Taylorismus bzw. Arbeitsteilung) nicht zu bewältigen ist. Er fordert daher organisatorische Veränderungen, wobei die unterschiedlichen Ausprägungsformen der Organisationsveränderungen auch unterschiedliche Auswirkungen auf die Performance haben, wie dies in nachfolgender Abbildung Abbildung 25 verdeutlicht wird.

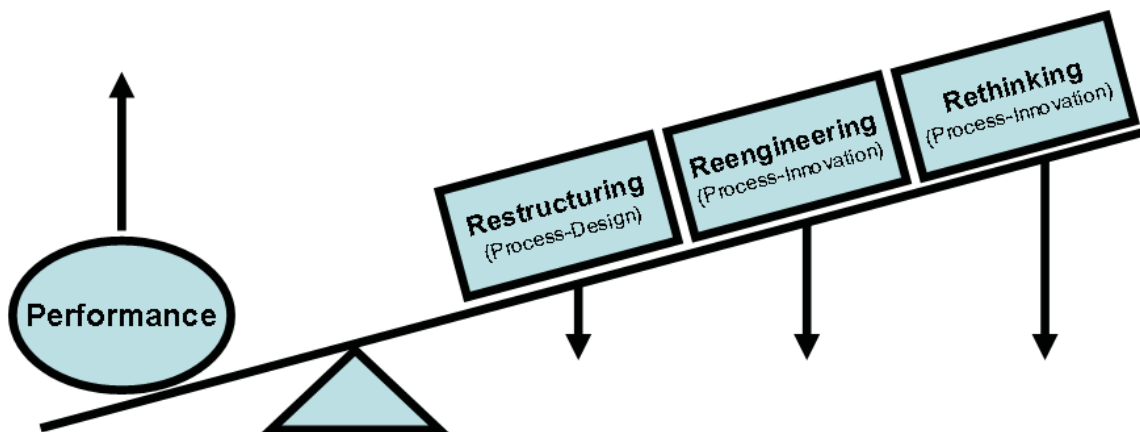


Abbildung 25: Performance-Auswirkungen unterschiedlicher Ausprägungsformen des Business-Reengineering¹¹⁸

¹¹⁵ Vgl. Gudehus (2005), S. 14.

¹¹⁶ Nach Hammer/Champy (1993), S. 32.

¹¹⁷ Vgl. Berndt (1997), S. 7 f.

¹¹⁸ Vgl. Berndt (1997), S. 7 f.

3 Datenerfassung und Analyse der Ist-Situation

Um die in der Aufgabenstellung beschriebene Zielvorgabe einer konsequenten Trennung der Bereiche Montage und direkte Montageversorgung bei der Referenzanlage TE1000/TE1500 zu ermöglichen und optimal zu gestalten, ist ein detailliertes Prozessverständnis sämtlicher unternehmensinterner Logistikprozesse sowie sämtlicher Prozesse, welche die Logistik direkt oder indirekt beeinflussen, von entscheidender Bedeutung.

In dieser Prozessum- und Neugestaltung (Reengineering) wird daher auf Basis der von der Hilti AG zur Verfügung gestellten Daten und Informationen mittels Process-Mapping ein Überblick über die einzelnen Logistikaktivitäten und deren Vernetzungen geschaffen.

Das Process-Mapping stellt eine Prozess-Dokumentation dar, die allen am Reengineering beteiligten Personen ein übersichtliches Prozessverständnis ermöglicht.¹¹⁹ Daraus lassen sich ineffiziente und überflüssige Prozessabläufe besser erkennen, was die Neugestaltung und Verbesserung der logistischen Abläufe erleichtern soll. Zu Beginn der Kapitel 3.1 bis 3.3 sind die Mappings entsprechend der im jeweiligen Kapitel behandelten Prozesse dargestellt. Eine Gesamtübersicht über die logistischen Aktivitäten findet sich im Anhang. Ergänzend zu den jeweiligen Process-Mappings ist auch eine Erklärung der Prozessabläufe und Aktivitäten im jeweiligen Kontext erforderlich, um ein Verständnis für die Problematiken zu erlangen, was bereits im nächsten Abschnitt deutlich werden wird.

3.1 Logistische Tätigkeiten Montage aktuell

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der detaillierten Erarbeitung und Analyse sämtlicher logistischer Tätigkeiten und Aktivitäten des Teilprozesses Montage.

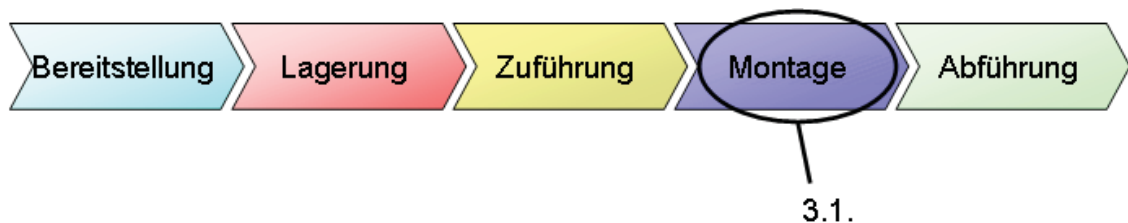


Abbildung 26: Bereichsabgrenzung: Montageprozess Kap. 3.1

¹¹⁹ Vgl. Cobb (2005), S. 11.

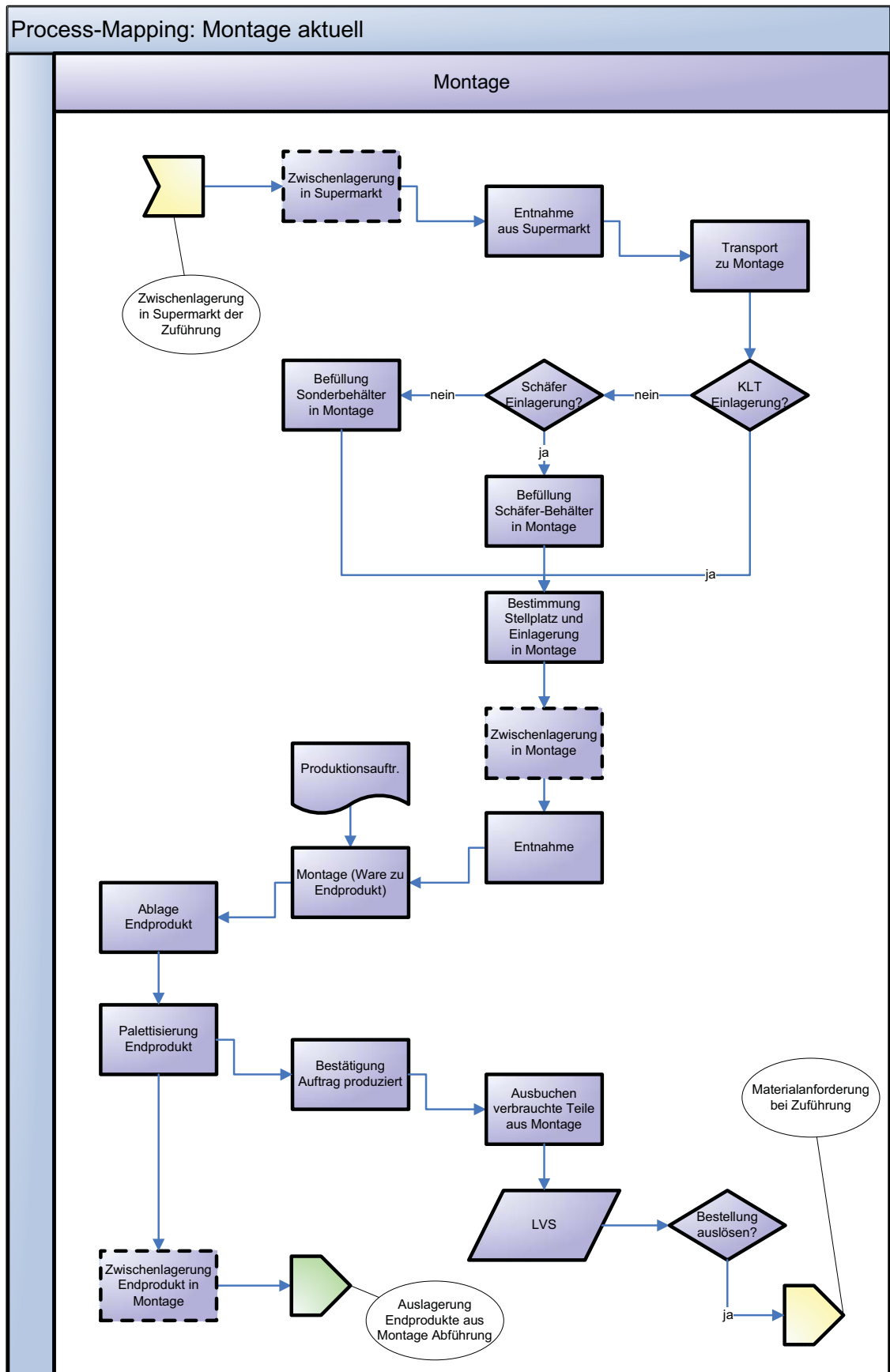


Abbildung 27: Process-Mapping Prozess Montage aktuell

3.1.1 Grundsätzliches zur Montage

Beurteilt man die Montageeinheiten der Hilti AG nach der Ausbringungsmenge¹²⁰, so zählen diese zur Gruppe der Serienfertigungssysteme. Gruppiert man die unterschiedlichen Hilti-Montagesysteme nach deren Montageprinzip, so ist eine Vielzahl von Fertigungs- und Montagestrukturen von der Werkstattfertigung über die Gruppenfertigung bis zur Fließfertigung sowie verschiedenste Misch- und Übergangsformen zu finden (vgl. Abbildung 14).

Die Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 dient der Montage zweier unterschiedlicher Typen von Schlagwerken und basiert auf dem Einzelstückfluss-Fertigungskonzept (one-piece-flow), wobei der einzelne Montagemitarbeiter das zu montierende Schlagwerk vom ersten bis zum letzten Arbeitsschritt begleitet. Bei der Konzeption der Montagelinie selbst wurde genau darauf geachtet, durch optimale Anordnung und Positionierung von Greifbehältern und möglichst ergonomische Gestaltung der einzelnen Bedienstationen, maximale Bedienerfreundlichkeit bei höchster Effizienz zu ermöglichen. Die Montagelinie wird bedarfsorientiert nach dem Make-to-order-Prinzip (Auftragsproduktion) gesteuert. Maximal drei Mitarbeiter bedienen die Montagelinie und es ist vorgesehen, dass sich die Kapazität pro Schicht nach kurzer Anlaufzeit bei ca. 220 gefertigten Einheiten (TE1000 oder TE1500) einpendelt.

3.1.2 Montagetätigkeit

Der Montagemitarbeiter beginnt bei der ersten Station mit dem Zusammenbau des Gerätes auf einem speziellen Werkstückträger. Nach und nach entnimmt er aus den jeweiligen Greifbehältern die benötigten Teile, und durchläuft mit dem Werkstückträger in der vorgegebenen Reihenfolge die in U-Form angeordneten Montage- und Prüfstationen. Sind alle Stationen durchlaufen, wird der Werkstückträger vom montierten Gerät getrennt und das montierte und geprüfte Gerät in einer speziell für die Gerätetype TE1000/TE1500 vorbereitete Transportverpackung auf einer Palette abgelegt.

3.1.3 Auftragsgröße

An der Referenzmontagelinie werden die zwei Schlagwerke TE1000/TE1500 montiert. Diese Schlagwerke stellen Baugruppen dar, welche in einem anderen Werk der Hilti AG endmontiert werden. Um zusätzlichen Aufwand durch Umpacken (Materialbruch) zu vermeiden, wurde die Hilti-interne Auftragsgröße für die Schlagwerktypen TE1000 oder TE1500 auf jeweils 48 Stück festgelegt. Diese Auftragsgröße entspricht jener Menge Schlagwerke, welche auf einer P0-Normpalette Platz finden. Die Auftragsgröße beträgt somit immer 48 Stück oder ein Vielfaches davon.

3.1.4 Palettisierung

Sind sämtliche Transportverpackungen auf der bereitgestellten P0-Palette mit montierten Schlagwerken gefüllt, meldet ein Montagemitarbeiter, dass der Auftrag abgearbeitet wurde. Diese Meldung erfolgt im Lagerverwaltungssystem der Hilti AG. In der Folge wird die gefüllte Palette mittels Hubwagen vom Montagemitarbeiter zum vordefinierten Abfuhrplatz, welcher sich in der direkten Umgebung der Montagelinie befindet, verbracht. Am

¹²⁰ Vgl. Jodlbauer (2007), S. 11.

Abfuhrplatz steht bereits eine neue Palette mit leeren Transportverpackungen bereit. Diese wird vom Mitarbeiter auf dem Rückweg zur Montagelinie mittels Hubwagen mitgenommen und in der Folge kann die eigentliche Montagetätigkeit wieder aufgenommen werden.

3.1.5 Retrograde Stücklistenabbuchung und Bedarfsmeldung

Das Lagerverwaltungssystem der Hilti AG unterscheidet zwischen den Standorten Lager und Montage. Meldet der Montagemitarbeiter über das Lagerverwaltungssystem, dass ein Auftrag fertig montiert wurde, wird die retrograde Materialabbuchung anhand der hinterlegten Stückliste ausgelöst. Die Abbuchung der verbrauchten Teile erfolgt vom Lagerplatz Montage im Lagerverwaltungssystem. In der Folge wird automatisch ermittelt, ob der vordefinierte Mindestbestand von Teilen an der Montagelinie durch die Abbuchung unterschritten wird und im Bedarfsfall wird eine Materialanforderung ausgelöst. Der Umfang der Materialanforderung richtet sich nach einer vordefinierten Maximalmenge an Teilen in der Montagelinie und nach dem Fassungsvermögen des für den Artikel vordefinierten Behälters. Weiters ermöglicht das System die Zuordnung der einzelnen Teile zu einer bestimmten Montagelinie. Die Anzahl der angeforderten Behälter wird wie folgt ermittelt:

$$\text{aufgerundeter Wert von} \left[\frac{\text{max. Montagebestand (Teile)} - \text{aktueller Montagebestand (Teile)}}{\text{Behälterinhalt (Teile/Behälter)}} \right] = \text{Anzahl Behälter (Behälter)}$$

Die angeforderten Teile werden vom Lager (Hochregallager oder Blocklager) auf die Referenzmontagelinie umgebucht und der physische Transfer wird im Prozess der Zuführung durch die Lagerlogistik abgewickelt.

Kritisch zu betrachten ist die zeitverzögerte Materialabbuchung im Zusammenhang mit der retrograden Stücklistenabbuchung. Die wesentliche Fehlerquelle der Systematik ist jedoch, dass im Falle des Ausscheidens einzelner Materialien aus dem Montageprozess, beispielsweise aufgrund von Qualitätsmängeln, keine automatische Materialanforderung erfolgt. Materialengpässe aufgrund fehlender oder zu später Kommunikation zwischen Montage und Lagerlogistik sind die Konsequenz. Zusätzliche erforderliche Informationsflüsse führen zu gesteigerter Komplexität, was wiederum das Fehlerpotenzial erhöht.

3.1.6 Funktions- und Qualitätsprüfung

Auffallend ist, dass die Funktions- und Qualitätsprüfung bei den Montagetätigkeiten zu den direkt produktiven Tätigkeiten gezählt werden. Aufgrund der sehr hohen Qualitätsansprüche der Kunden der Hilti AG an die Hilti Produkte, hat sich das Unternehmen dafür entschieden, die Qualitätsprüfungsaktivitäten nicht wie die Logistikaktivitäten aus dem Montageprozess ‚outzusourcen‘, sondern diese ganz bewusst in den Montageprozess zu integrieren. In nachfolgender Abbildung 28 soll dies am Beispiel der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 verdeutlicht werden.

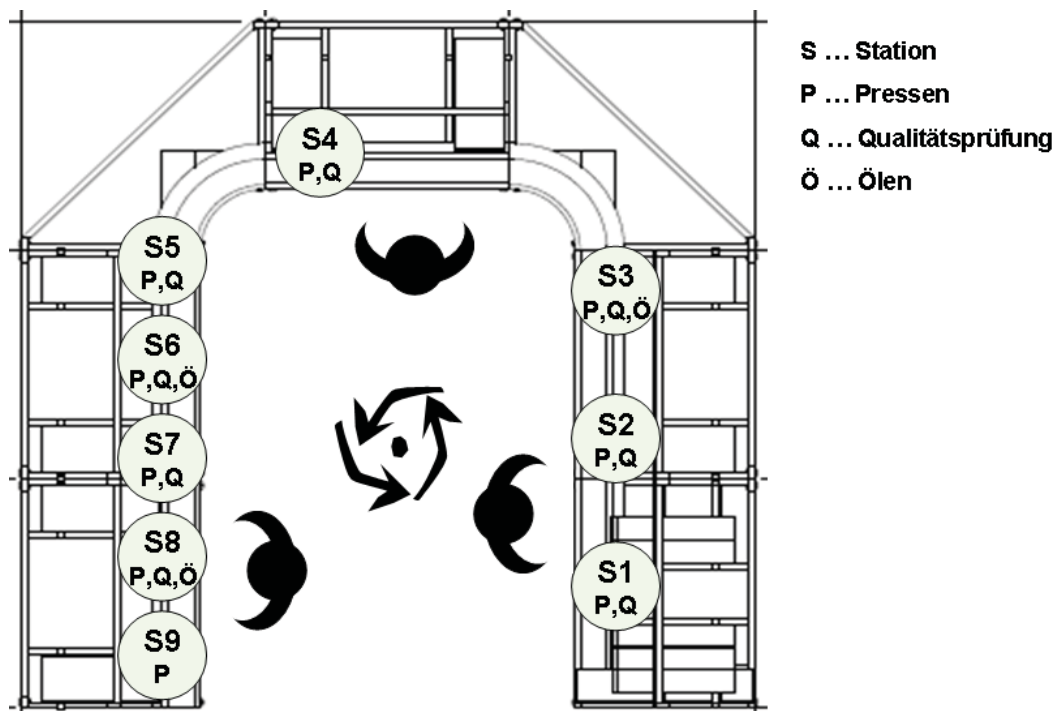


Abbildung 28: Arbeitsablauf in der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500

Aus Abbildung 28 ist zu ersehen, dass im Fall der TE1000/TE1500-Referenzmontagelinie von den neun vom Montagepersonal im one-piece-flow zu bedienenden Montagevorrichtungen, acht auch der Qualitätsprüfung dienen. Damit beschränken sich die qualitätssichernden Maßnahmen nicht mehr nur auf die Prüfung des Endproduktes, sondern werden auf die stattfindenden Montageprozesse verlagert und unterstützen dadurch die Schaffung eines erhöhten Qualitätsbewusstseins der Mitarbeiter. Wird bei einem der in der Montage integrierten Vorrichtungen zur Qualitätsprüfung ein Mangel festgestellt, wird das betreffende Bauteil sofort aus dem Montageprozess ausgesondert und in der Folge einem Technologiespezialisten zugeführt. Falls dies möglich ist, korrigiert der Technologiespezialist den Qualitätsmangel und führt das beanstandete Bauteil in den Montagekreislauf zurück. Weiters versucht der Technologiespezialist den Grund für den Qualitätsmangel auszumachen, um einem neuerlichen Auftreten desselben Fehlers vorzubeugen.

Durch diese kontinuierliche Funktions- und Qualitätsprüfung nimmt die Hilti AG bewusst eine Verlängerung der Montage-Durchlaufzeit und somit einen erhöhten Ressourcenverbrauch in Kauf. Es ist jedoch sichergestellt, dass die sehr hohen Hilti-Qualitätsstandards lückenlos eingehalten werden und Fehlerquellen kontinuierlich und nachhaltig eliminiert werden.

3.1.7 Behältermanagement

Sowohl bei den älteren Montageanlagen der Hilti AG, als auch bei der neu konzipierten und in Fertigstellung befindlichen Montagelinie TE1000/TE1500 werden eine Vielzahl unterschiedlicher Greif-, Transport- und Sonderbehälter verwendet. Teile, welche aus unternehmensinterner Fertigung stammen, werden in genormten Kleinladungsträgern an der

Montage bereitgestellt. Überschüssige Leerbehälter werden vorübergehend im Bereich der Montage abgestellt und im Rahmen der Abführung an eine zentrale Behältersammelstelle verbracht. Einige Teile, werden auch in der Lieferantenverpackung (Karton oder Kunststoffbeutel) an der Montage bereitgestellt. Folglich ergeben sich für die Montagemitarbeiter zusätzliche Tätigkeiten in Form von Aus- und Umpacken von Teilen sowie die Entsorgung von Verpackungsmaterialien.

3.1.8 Umrüsten

Da an der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 zwei Typen von Schlagwerken montiert werden, muss bei einem Typenwechsel umgerüstet werden. Der Umrüstvorgang in der Montagelinie selbst erfordert nur wenige Handgriffe und ist innert kurzer Zeit durch die Montagemitarbeiter durchgeführt. Vorgesehen ist, dass pro Schicht maximal ein Umrüstvorgang durchgeführt werden sollte.

3.1.9 Materialbestand

Der Materialbestand an den unterschiedlichen Montagelinien und Montagestationen der Hilti AG variiert sehr stark. An den älteren Anlagen stehen teilweise Materialbestände zur Verarbeitung bereit, welche eine Reichweite von mehreren Tagen haben. Die Bereitstellung erfolgt entweder direkt an die Montage oder aber in den Bereitstellungsbereich, der dem jeweiligen Montagebereich zugeordnet ist. Bei der Konzeption und dem Bau der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 ging man nach dem Zwei-Behälter-Prinzip vor, unter der Nebenbedingung, dass die maximale Reichweite der Bestände an der Anlage bei voller Auslastung mindestens zwei Stunden betragen sollte. Diese Vorgaben wurden konsequent umgesetzt und der durchschnittliche Materialbestand im Montagesystem wurde auf ein notwendiges Minimum reduziert. Die genannten Vorgaben ermöglichten die äußerst kompakte Gestaltung der Montagelinie und die Schaffung optimaler Arbeitsbedingungen für die Mitarbeiter in der Montagelinie. Welche Auswirkungen diese Vorgaben auf die Materialbereitstellung haben, wird im Kapitel 3.2 in den Themenbereichen des einheitlichen Behältersystems und der einheitlichen Reichweite näher erläutert.

3.1.10 Mitarbeiterverfügbarkeit und Mitarbeiterqualifikation

Aufgrund der unternehmensinternen Job-Rotation ist grundsätzlich jeder Montagemitarbeiter der Hilti AG in der Lage, nach geringen Anlaufverlusten an jeder Montagelinie bzw. Montagestation zu arbeiten. Dies ermöglicht die notwendige Flexibilität, um auf Kundenwünsche schnell reagieren zu können und bei Bedarf Kapazitäten kurzfristig von einem Montagebereich abzuziehen und einer anderen Linie oder Station zur Verfügung zu stellen.

3.1.11 Schnittstelle Zuführung – Montage

Bei den bestehenden Montagestationen und –linien der Hilti AG herrscht grundsätzlich eine eindeutige Trennung zwischen Zuführungstätigkeiten und Montagetätigkeiten. Die Lagerlogistik stellt im Rahmen des Zuführungsprozesses Paletten am vorgesehenen Stellplatz an der Montage ab. Handelt es sich um kleinere Pack- und Transporteinheiten, werden diese entweder direkt an den Verbrauchsstellen bereitgestellt, oder in dem dafür vorgesehenen Regal (i.d.R. Durchlaufregal) nachgeschoben. Ab diesem Zeitpunkt geht die Ver-

antwortung an die Montage über. Es kommt jedoch vor, dass Montagemitarbeiter den Prozess der Zuführung übergehen und direkt beim Lager Material aussuchen, was ungewünschte Konsequenzen nach sich zieht. Dazu zwei Beispiele:

Beispiel 1:

Ein beliebiger Teil, welcher für die Montage eines Gerätes benötigt wird, geht unvorhergesehen an der Montagelinie aus (siehe retrograde Stücklistenabbuchung). Der Montagemitarbeiter möchte an seinem Fertigungsauftrag weiterarbeiten, es befindet sich jedoch zu diesem Zeitpunkt gerade kein Lagermitarbeiter in der Nähe der Montage. In der Folge macht sich der Montagemitarbeiter selbst auf den Weg zum Lager und fasst dort die benötigten Teile aus, um weiterarbeiten zu können.

Beispiel 2:

Normalerweise ist nach Abarbeitung des letzten Fertigungsauftrages an einer Montagestation oder -linie noch Restmaterial vorhanden. Der Montagemitarbeiter verarbeitet aufgrund unterschiedlichster Argumente die restlichen Materialien ohne einen Fertigungsauftrag erhalten zu haben. Zusätzlich fasst er möglicherweise benötigte Teile selbstständig beim Lager aus.

Die logische Konsequenz aus solchen und ähnlichen Vorgehensweisen wie den oben Genannten ist die Verschwendung wertvoller Ressourcen und die Schaffung unklarer Lagerbestände. Es ist zu erkennen, dass die Schnittstelle zwischen Zuführung und Montage aufgrund mangelnder Informationsflüsse fehleranfällig ist und daher Handlungsbedarf besteht.

3.1.12 Schnittstelle Montage - Abführung

Die Montagemitarbeiter durchlaufen die komplette Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 mit jeweils einem Schlagwerk und legen dieses zum Schluss in der auf einer P0-Palette bereitgestellten Transportverpackung ab. Sind 48 Schlagwerken montiert, meldet ein Montagemitarbeiter im Lagerverwaltungssystem, dass der Auftrag fertig gestellt worden ist. Es folgt die retrograde Stücklistenabbuchung der verbrauchten Teile und bei Unterschreitung eines Montagemindestbestandes erfolgt automatisch eine Materialanforderung. Der Montagemitarbeiter transportiert nun noch mittels Hubwagen die mit Schlagwerken gefüllte P0-Palette in den anliegenden Bereitstellungsbereich. Ab diesem Zeitpunkt befinden sich die montierten und verpackten Geräte im Abführungsprozess und somit wieder im Verantwortungsbereich des Lagers.

3.1.13 Freiwerdendes Potenzial an Arbeitszeit

An den bereits in Betrieb stehenden Montagelinien der Hilti AG wurden über einen Zeitraum von zwei Wochen Momentaufnahmen durchgeführt. Im Abstand von jeweils 15 Minuten wurde bei acht Montagelinien aufgezeichnet, welchen Tätigkeiten die Mitarbeiter gerade nachgingen. In Abbildung 29 ist ersichtlich, dass Tätigkeiten wie beispielsweise das Nach- und Umfüllen von Teilen sowie das Aus- und Einpacken von Teilen von Montagemitarbeitern durchgeführt werden. Bei der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 wird versucht, durch die konsequente Abgrenzung und Auslagerung aller Logistiktätigkeiten aus dem Montageprozess, dem einzelnen Mitarbeiter montageferne Tätigkeiten abzunehmen, um sich auf die Tätigkeiten in der Montagelinie konzentrieren zu können. Eine erhöhte

Produktivität und somit eine Montageleistung von 220 oder mehr montierten Einheiten pro Schicht sind das Ziel.

| IP Erfassung Baugruppenmontage BOMO vom 01.07 bis 14.07.2008 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|-----------------------------------|--------|-------------------------------|------------------|----------------------|---------------------------------|------------------|-----------|--------------------|------------|--------------------|-------|--------------|-------------|------------|----------|-----------------|----------------|--------------|--------------|------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|-----|
| Datum: | | Tätigkeiten / 1 Strich = 1 Person | | | | | | | | | | | | | | Auswertung | | | | | | | | | | | | |
| Zeit: | | Montage | Rüsten | Karton aufschneiden/entsorgen | Teile nachfüllen | Warten auf Unterhalt | Warten auf Technologespezialist | Warten auf Lager | G-Problem | Aklärung Fehlteile | Nacharbeit | Palettisieren/Büro | Pause | 100% Prüfung | Besprechung | WC | anlernen | Anlagen Problem | Öl einschalten | Teile zählen | Waagen holen | Summe direkt produktiv | Summe indirekt produktiv | Summe indirekt produktiv Log. | Anteil direkt Produktiv | Anteil indirekt produktiv | Anteil indirekt produktiv Log. | |
| Beobachter: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bem: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anlagen | Arbeitsplatz | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Bandmontage Getriebe TE56/70 | 365 | 4 | 3 | 15 | 5 | | | 16 | | | 4 | 14 | 57 | 6 | 4 | | 7 | 1 | | | 422 | 52 | 27 | 84% | 10% | 5% | |
| 1 | Rundtisch TE56/70 | 61 | 1 | | 4 | 1 | | 1 | 3 | 1 | | 2 | 2 | | | | | | | 9 | | 4 | 61 | 16 | 12 | 69% | 18% | 13% |
| 1 | Handmontage | 210 | 7 | 4 | 12 | | | | | | | 3 | 42 | | | | | | | | | 210 | 49 | 19 | 76% | 18% | 7% | |
| 1 | Rundtisch TE7 | 17 | 1 | | 1 | | | | | | | | 4 | | | | | | | 1 | | 17 | 5 | 2 | 71% | 21% | 8% | |
| 1 | Mining | 14 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 2 | 0 | 88% | 13% | 0% | |
| 1 | U-Montage TE40/50/500 | 146 | 1 | 1 | 7 | | | | | | 1 | 40 | | 1 | | | | | | | | 146 | 42 | 9 | 74% | 21% | 5% | |
| 1 | U-Montage TE16/106 | 166 | | 1 | 7 | | | | 2 | 5 | 1 | 3 | 12 | | 4 | 3 | | | | | | 166 | 27 | 11 | 81% | 13% | 5% | |
| 1 | Rundtische TE16/6A/Exzenter | 178 | 4 | | 17 | | | | 1 | 4 | 2 | 18 | 2 | | 1 | 2 | 3 | | | | | 180 | 33 | 19 | 78% | 14% | 8% | |
| | | 1157 | 20 | 9 | 63 | 6 | 0 | 1 | 21 | 7 | 5 | 15 | 132 | 59 | 11 | 8 | 2 | 19 | 1 | 1 | 4 | 1216 | 226 | 99 | 79% | 15% | 6% | |

Abbildung 29: Momentaufnahmen im Intervall von 15 Min. über die Dauer von zwei Wochen

Bei der Untersuchung der Tätigkeits-Momentaufnahmen sind einerseits die direkt produktiven und die indirekt produktiven Tätigkeiten zu unterscheiden. Die direkt produktiven Tätigkeiten umfassen sämtliche Montage- und Prüftätigkeiten während die indirekt produktiven Tätigkeiten alle anderen Aktivitäten der Montagemitarbeiter umfassen. Bei den indirekt produktiven Tätigkeiten sind für diese Arbeit besonders jene Aktivitäten relevant, welche in Hinkunft in einen neu zu gestaltenden direkten Montageversorgungsprozess ausgelagert werden sollen.

| Schicht à 8 Stunden | | | | |
|-----------------------------|------|------|--------|------|
| Produktiv | 6,31 | Std. | 378,77 | Min. |
| Indirekt Produktiv | 1,17 | Std. | 70,40 | Min. |
| Indirekt Produktiv Logistik | 0,51 | Std. | 30,84 | Min. |

Abbildung 30: Übersicht der zeitlichen Verteilung der Tätigkeiten der Montagemitarbeiter

Aus Abbildung 30 ist ersichtlich, dass die Summe der logistischen Tätigkeiten, welche aus dem Montageprozess ausgelagert werden sollen, 6,31 % der zur Verfügung stehenden Resource Arbeitszeit in Anspruch nehmen. Hochgerechnet auf die tägliche Arbeitszeit eines Montagemitarbeiters, welcher acht Stunden beträgt, ergibt sich somit ein Potenzial von ca. 31 Minuten. Diese Zeit sollte in der Folge dem einzelnen Montagemitarbeiter zusätzlich zur direkt produktiven Nutzung (Montage und Prüfung) zur Verfügung stehen, was theoretisch einer Produktivitätserhöhung von 79 % auf 84 % entsprechen würde.

3.2 Logistische Tätigkeiten Montageversorgung (innere Systemgrenzen) aktuell

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der detaillierten Erarbeitung und Analyse sämtlicher logistischer Tätigkeiten und Aktivitäten der Teilprozesse Zuführung und Abführung, deren gemeinsame Verbindung bzw. Schnittstelle der Teilprozess Montage bildet.

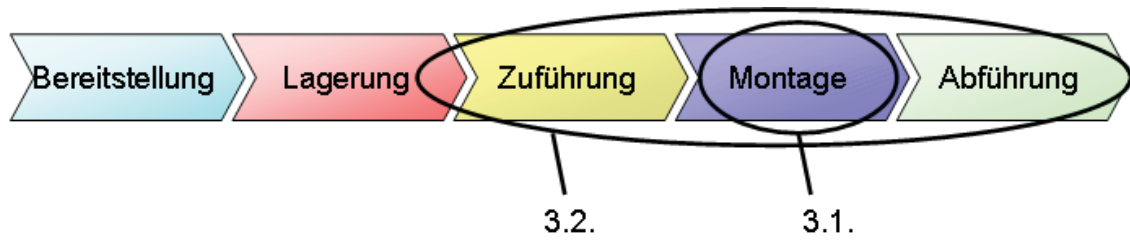


Abbildung 31: Bereichsabgrenzung: innere Systemgrenzen Kap. 3.2

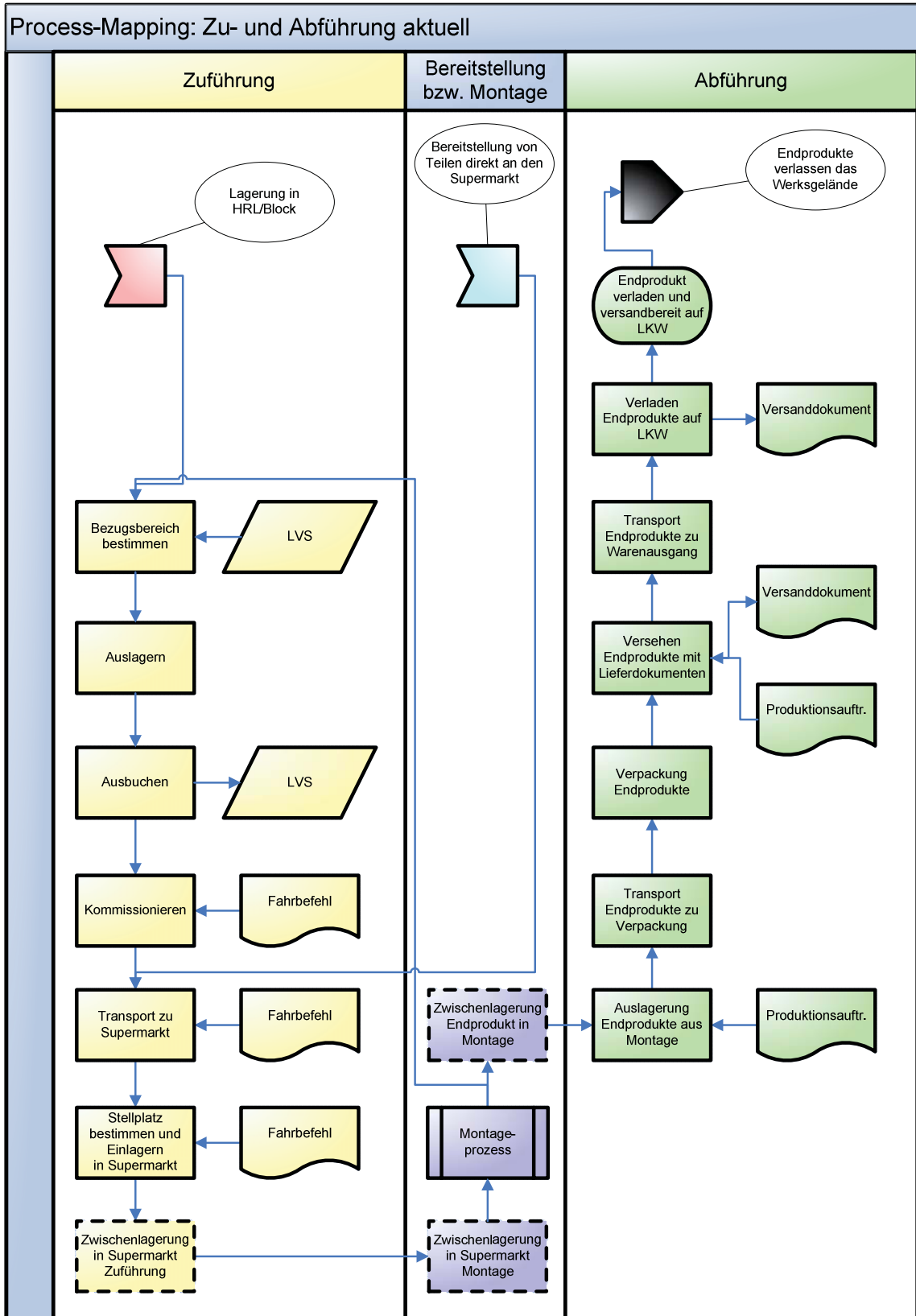


Abbildung 32: Process-Mapping Prozess Montage aktuell

3.2.1 Tätigkeiten Zuführung

Der Zuführungsprozess selbst untergliedert sich in drei wesentliche Teilprozesse.

1. Auslagerung aus dem Lager:

Diese wird auf Basis von Materialanforderungen durchgeführt und durch die retrograde Materialabbuchung gesteuert.

2. Transport:

Das angeforderte Material wird in der Regel mittels Hubstapler, Hubwagen oder zu Fuß zum Ort der Verarbeitung bei der Montage oder zum Bereitstellungsbereich der jeweiligen Montage transportiert.

3. Einlagerung:

Paletten werden am vorgesehenen Stellplatz abgestellt und kleinere Pack- bzw. Transporteinheiten werden entweder direkt an den Verbrauchsstellen bereitgestellt oder in dem dafür vorgesehenen Bereitstellungsbereich (i.d.R. Durchlaufregal) nachgeschoben.

Problematisch ist die Schnittstelle zwischen Einlagerung und Montage. Hierbei erfolgt die Zuführung nur teilweise bis direkt an die Montagesstation bzw. –linie. Ein Großteil der vom Lager zugeführten Teile wird bis zu deren endgültigen Verarbeitung jedoch in den dafür vorgesehenen Bereitstellungsbereichen (i.d.R. Durchlaufregal) in der näheren Umgebung der Montagebereiche deponiert und geht dort bereits in den Zuständigkeitsbereich der Montage über. Daraus ergeben sich Schnittstellenprobleme, welche bereits in Kapitel 3.1 näher erläutert wurden.

Ein weiterer Aspekt, welcher bei der aktuellen Logistikversorgung zu berücksichtigen ist, ist, dass der Zuführungsprozess direkt an die Materialanforderung gebunden ist. In der Regel werden mehrere kurz nacheinander eintreffende Anforderungen nicht gesammelt zugeführt, sondern jeder Materialanforderung folgt die umgehende Materialzuführung.

3.2.2 Tätigkeiten Abführung

Der Prozess der Abführung umfasst die Bereitstellung von speziellen Leerbehältern zur Aufnahme der montierten Schlagwerke. Weiters gehört die Rückführung der überschüssigen Leerbehälter an die zentrale Behältersammelstelle zum Prozess der Abführung. Wie beim Zuführungsprozess fallen aktuell sämtliche Tätigkeiten des Prozesses der Abführung in den Verantwortungsbereich der Lagerlogistik. Allerdings ist die Komplexität und Fehleranfälligkeit der Abführung weit geringer als jene der Zuführung.

3.2.3 Umrüsten

Neben den Umrüsttätigkeiten bei den Maschinen der Referenzmontagelinie, müssen beim Umrüstvorgang auch einige der an der Montagelinie bereitgestellten Teile der einen Type durch die entsprechenden Teile der anderen Type ausgetauscht werden. Bei der Referenzanlage TE1000/TE1500 sind von diesem Umrüstvorgang sechs von insgesamt 36 Teilen betroffen. Das heißt, 30 der 36 Teile werden in beiden Schlagwerktypen verbaut. Wird von

einer Gerätetype auf die andere umgerüstet, wird das vorläufig nicht mehr benötigte Material im Montagebereich selbst aufbewahrt.

3.2.4 Behältermanagement

Sowohl der Prozess der Zuführung als auch der Prozess der Abführung hat momentan sehr wenig bis gar keinen direkter Einfluss auf die Auswahl und Verwendung von Verpackungs- und Transportbehältern. Momentan besteht zwar bei der Materialauslagerung noch die Möglichkeit, ein bestimmtes Material aus dem Lager zu entnehmen, einen Teil der Ware aufzubrauchen und den Rest der Ware wieder einzulagern, diese Vorgehensweise ist jedoch im Rahmen des neuen Lagerkonzepts der Hilti AG nicht mehr vorgesehen. Das heißt, ist eine Packeinheit ausgelagert, ist eine neuerliche Einlagerung von Teileinheiten der ursprünglichen Packeinheit nicht mehr möglich. Auch ein Umpacken am Ort der Warenentnahme aus dem Lager ist nicht vorgesehen. Somit ist jener Behälter, der in der Materialeinlagerung im Prozess der Bereitstellung (siehe Kapitel 3.3 – äußere Systemgrenze) verwendet wird, automatisch auch der verwendete Behälter im Prozess Lagerung bzw. Zuführung.

Auch beim Prozess der Abführung der Geräte sind die speziellen Transport- bzw. Verpackungsbehälter bereits vordefiniert und eine Abänderung ist nicht vorgesehen.

3.2.5 Einheitliches Behältersystem

Für die Auswahl der Lade- und Transportbehälter, in welchen die unterschiedlichen Teile an der Montage zugeführt werden, gibt es momentan keine einheitliche Regelung. Ausschlaggebend für die Auswahl eines Lade- und Transportbehälters ist vor allem eine Mischung folgender physikalischer Eigenschaften:¹²¹

- Volumen und Form der Teile
- Gewicht der Teile
- Empfindlichkeit der Teile gegenüber äußeren Einflüssen bzw. Qualität der Teile

Grundsätzlich ist die konsequente Einteilung nach den genannten physikalischen Eigenschaften zu begrüßen, sie ist jedoch für logistische Zwecke nur bedingt einsetzbar. Auf diese Thematik wird in den nachfolgenden Kapiteln noch detaillierter eingegangen.

3.2.6 Einheitliche Reichweite

Bei der konzeptionellen Gestaltung der Montagelinien und –stationen wurde auf logistische Aspekte nur geringe Rücksichten genommen. So wurde auch die Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 weitestgehend ohne Berücksichtigung logistischer Aspekte geplant und gebaut. Eine einheitliche Reichweitenregelung für Teilegruppen nach oben genannten Eigenschaften (Gewicht, Volumen etc.) wurde bisher nicht getroffen. Teilevielfalt und die Vielzahl von Varianten an Transport-, Lade- und Verpackungsbehältern (Palette, KLT, Karton, Beutel) und der darin enthaltenen Quantitäten führt zu sehr unterschiedlichen und

¹²¹ Vgl. Lotter, Wiendahl (2006), S. 341.

unvorhersehbaren Nachfüllintervallen für die Lagerlogistik. Der Prozess der logistischen Zuführung wird zu einem unbeherrschbaren und teilweise unfähigen Prozess.

3.2.7 Mitarbeiterverfügbarkeit und Mitarbeiterqualifikation

Die Mitarbeiterverfügbarkeit in den Prozessen Zuführung und Abführung, welche im Verantwortungsbereich des Lagers liegen, stellen kein Problem dar, da die Aufgabenbereiche von Zuführung, Abführung und über die innere Systemgrenze hinaus auch der Prozess der Bereitstellung sehr ähnlich sind. Daher ist eine unternehmensinterne Job-Rotation nach geringen Anlaufverlusten problemlos möglich. Das Qualifikationsprofil des einzelnen Mitarbeiters ist etwas genauer zu betrachten. Beispielsweise muss berücksichtigt werden, dass nicht jeder Lagermitarbeiter eine Gabelstapler-Lenkberechtigung besitzt oder das nötige Know-How bzw. die erforderliche Ausbildung zur Bedienung eines automatischen Regalbedienegerätes hat.

3.2.8 Anlagenverfügbarkeit

Aufgrund der Außerbetriebnahme des alten Hochregallagers der Hilti AG und der Inbetriebnahme des neuen Hochregallagers in Kombination mit einem vollautomatischen Kleinteilelager sind keine Kapazitätsengpässe zu erwarten.

An innerbetrieblichen Transport- und Fördermitteln wie Gabelstapler, Hubwagen etc. stehen ebenfalls ausreichende Kapazitäten zur Verfügung.

3.2.9 Freiwerdendes Potenzial an Arbeitszeit

Das eventuelle Freiwerden von Potenzialen bzw. der Bedarf an zusätzlichen Kapazitäten kann erst bei detaillierter Erarbeitung der unterschiedlichen Versorgungskonzepte im nachfolgenden Kapitel 4 ermittelt werden.

3.2.10 Zahlen und Fakten

In Abbildung 33 ist dargestellt, wie viele Packeinheiten Material monatlich das Lager verlassen, um in der Folge in den unterschiedlichen Montagebereichen verarbeitet zu werden. Anhand der durchschnittlichen Anzahl der Lagermitarbeiter (13 Mitarbeiter während des Erfassungszeitraumes) konnte ein durchschnittlicher Zeitaufwand von 15 Minuten für die Auslagerung und Zuführung einer Packeinheit an die Montagelinie beim Werk 4 der Hilti AG ermittelt werden. In diesen 15 Minuten ist auch der Aufwand für die Abführung der montierten Geräte bereits berücksichtigt.

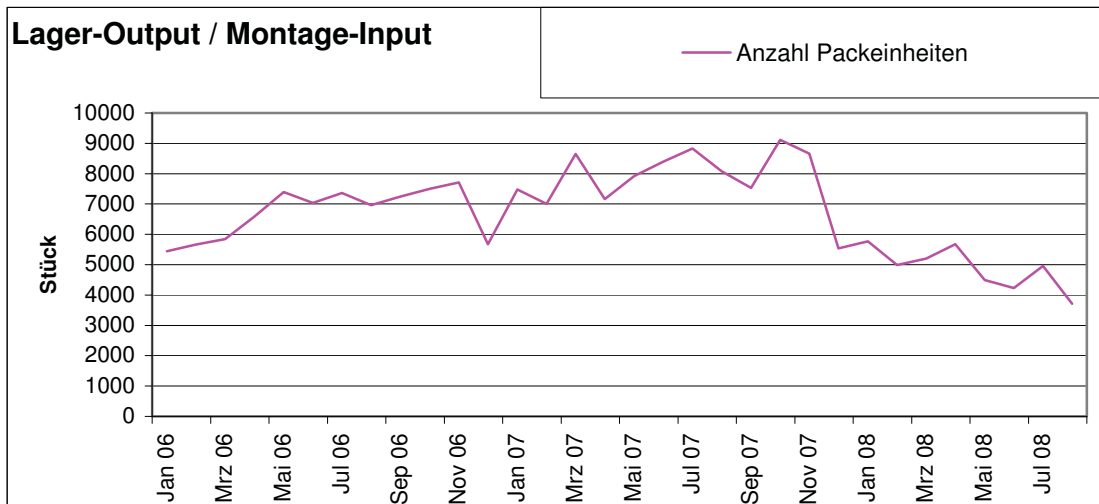


Abbildung 33: Quantitäten Lagerausgang bei durchschnittlich 13 Mitarbeitern

3.3 Logistische Tätigkeiten Montageversorgung (äußere Systemgrenzen) aktuell

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der detaillierten Erarbeitung sämtlicher logistischer Aktivitäten der Teilprozesse Bereitstellung und Lagerung. Diese beiden Teilprozesse schließen die umfassende Analyse sämtlicher logistischer Tätigkeiten im Wertefluss der Hilti AG ab.

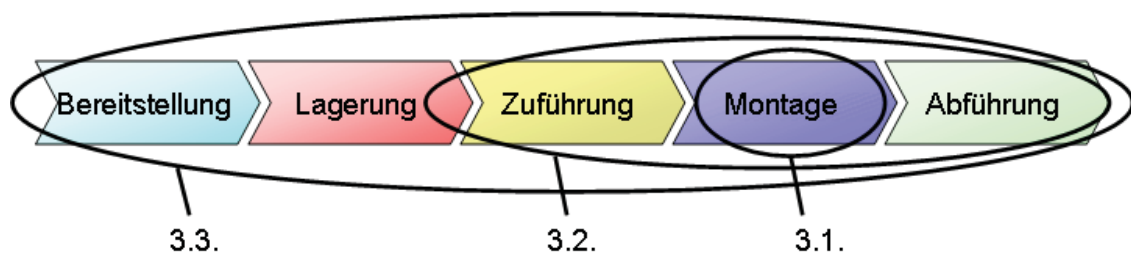


Abbildung 34: Bereichsabgrenzung: äußere Systemgrenzen Kap. 3.3

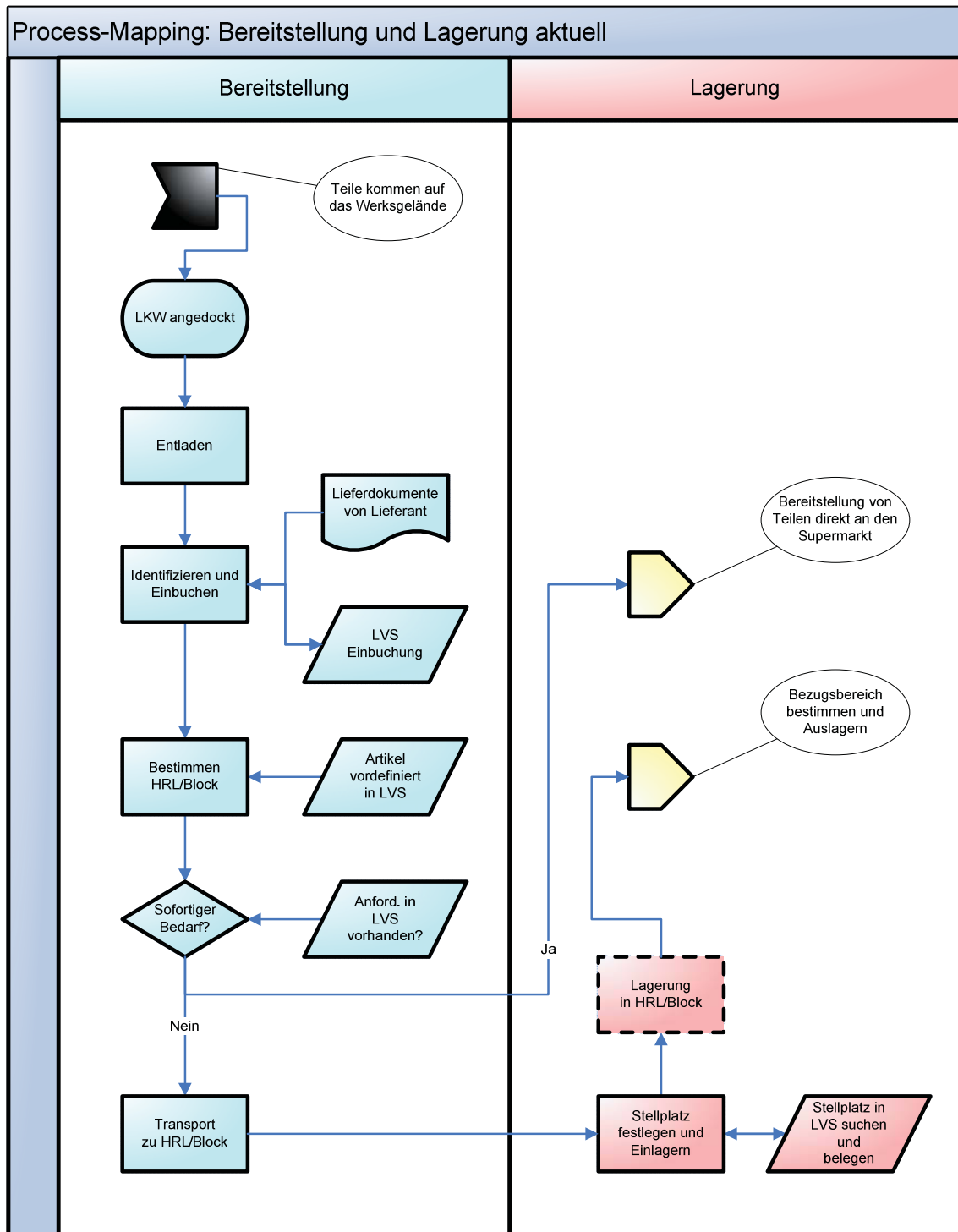


Abbildung 35: Process-Mapping Prozess Bereitstellung und Lagerung aktuell

3.3.1 Bereitstellung und Lagerung

Sowohl der Prozess der Bereitstellung als auch der Lagerungsprozess selbst liegt im Verantwortungsbereich des Lagers.

3.3.2 Grundsätzliches zur Lagerung

Die Einlagerung der eintreffenden Materialien erfolgt momentan in einem Paletten-Hochregallager oder in einem Paletten-Blocklager. Im Rahmen der Werkserweiterung der Hilti AG wird das alte Hochregallager durch ein neues, leistungsfähigeres Paletten-Hochregallager und ein vollautomatisches Kleinteilelager ersetzt. Das Blockregallager bleibt zwar bestehen, wird jedoch neu situiert und dient ausschließlich der Lagerung sperriger Güter. Im Zuge der Umstellung auf das neue Lagersystem ergeben sich jedoch auch einige zusätzliche einschränkende Nebenbedingungen, welche für die Logistik von Interesse sind. Diese Nebenbedingungen werden im nächsten Abschnitt erläutert.

3.3.3 Zusätzliche Nebenbedingungen

Eine Nebenbedingung ist, dass nach Inbetriebnahme des neuen Lagersystems der Hilti AG jedes in der Montage benötigte Teil entweder im Palettenlager oder im Kleinteilelager einzulagern ist. Es ist aufgrund des verwendeten Lagerverwaltungssystems jedoch nicht möglich, dass ein und dasselbe Teil sowohl im Paletten- als auch im Kleinteilelager eingelagert wird. Diese Gegebenheit setzt einen Artikel-Behälter-Lager-Connect voraus, welcher im Folgenden noch genauer erklärt wird.

Eine weitere Nebenbedingung besagt, dass aufgrund der neuen Lagersystematik eine Einlagerung nur noch mittels genormter Ladehilfsmittel möglich ist, das heißt auf Normpaletten im Hochregallager bzw. in Normbehältern im Kleinteilelager. Abbildung 36 zeigt alle verfügbaren Paletten- und Behälterdimensionen. Die Einlagerung von Teilen auf nicht genormten Ladehilfsmitteln wie Einwegpaletten, Kartons, Beuteln etc. wird dadurch vermieden.

Genormte Ladehilfsmittel

| Paletten | Dimension (Länge x Breite x Höhe in mm) | Maximale Einlagerhöhe inkl. Überhut und Toleranz in mm | Maximale Belastung in kg |
|----------------------|--|---|-----------------------------|
| P0 (halbe Euro-Pal.) | 800 x 600 x 144 | 2.100 | 600 |
| P1 (Euro-Pal.) | 1.200 x 800 x 144 | 2.100 | 1.000 |

| Kleinladungsträger | Dimension (Länge x Breite x Höhe in mm) | Maximale Einlagerhöhe inkl. Überhut und Toleranz in mm | Maximale Belastung in kg |
|--------------------|--|---|-----------------------------|
| KLT 4314 | 400 x 300 x 140 | 320 | 40 |
| KLT 4321 | 400 x 300 x 210 | 320 | 40 |
| KLT 4328 | 400 x 300 x 280 | 320 | 40 |
| KLT 6414 | 600 x 400 x 140 | 320 | 40 |
| KLT 6421 | 600 x 400 x 210 | 320 | 40 |
| KLT 6428 | 600 x 400 x 280 | 320 | 40 |

Abbildung 36: Übersicht über die Verwendeten genormten Ladehilfsmittel

Die letzte Nebenbedingung betrifft die Wiedereinlagerung von Übermengen, welche vorübergehend von der Montage nicht benötigt werden. Im Gegensatz zum momentan noch

verwendeten Lagersystem ist eine derartige Wiedereinlagerung von Teilen, welche nicht umgehend verbraucht werden, nicht mehr vorgesehen. Diese zusätzliche Einschränkung erfordert daher bereits bei der Einlagerung die Abstimmung und Auswahl des richtig dimensionierten und genormten Transport- und Lagerbehälters. Siehe nachfolgende Erläuterung zu Artikel-Behälter-Lager-Connect.

Es wird klar, dass die genannten Einschränkungen zu einer Reduzierung der Flexibilität im unternehmensinternen Wertefluss führen. In Abbildung 37 ist ersichtlich, wie seitens der Hilti AG versucht wird, die genannten Nebenbedingungen bereits in der konzeptionellen Gestaltung der Werkserweiterung zu berücksichtigen, um damit aufwändiges Nachbessern aufgrund nachträglicher Systemumstellungen zu vermeiden.

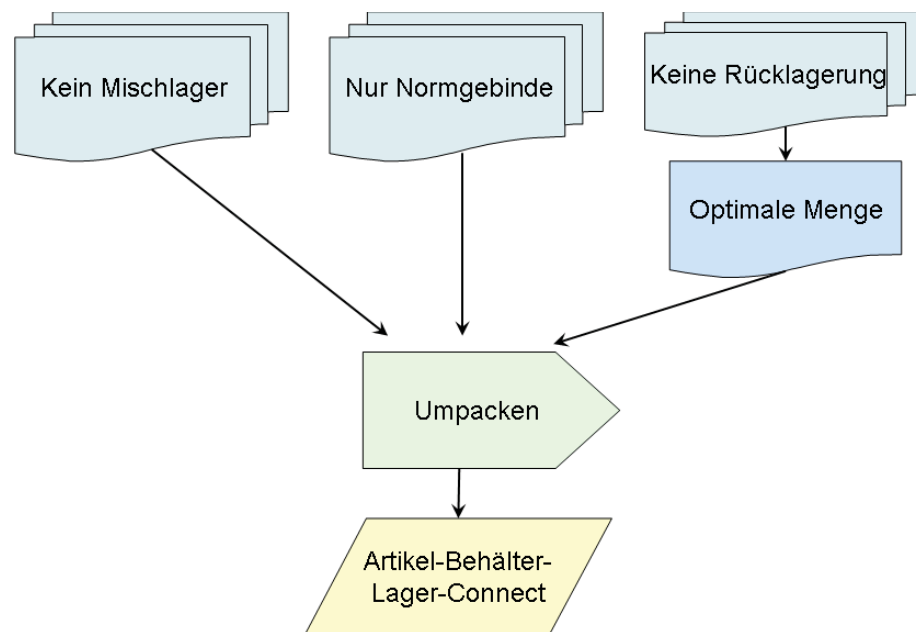


Abbildung 37: Berücksichtigung von Nebenbedingungen des neuen Lagersystems

3.3.4 Umpacken und Artikel-Behälter-Lager-Connect

Um die erläuterten Nebenbedingungen konsequent einhalten zu können, wird der Teilprozess des Umpackens in den Bereitstellungsprozess integriert. Das Umpacken setzt jedoch eine dauerhafte Definition jedes Teiles hinsichtlich dessen Einlagerung als Paletten(lager)artikel oder als Kleinteile(lager)artikel sowie die Zuordnung eines auf den Teileverbrauch an der Montage abgestimmten und genormten Transport- und Lagerbehälters voraus. Grundsätzlich gelten bei der Hilti AG jene Artikel als Palettenartikel, welche einen Verbrauch von einer P0-Palette pro Tag im Zweischichtbetrieb aufweisen.

Dass durch die Schaffung des Artikel-Behälter-Lager-Connects und die Möglichkeit des Umpackens von eingehenden Lieferungen alle Nebenbedingungen berücksichtigt werden können, soll nachfolgend beispielhaft veranschaulicht werden.

Beispiel:

Ein Lieferant liefert eine Euro-Palette auf der sich 20 Kartons Beilagscheiben à 100 Stück und 2 Kartons Kugellager à 500 Stück befinden. Der Verbrauch in der Montage beträgt 500 Stück Beilagscheiben und 100 Stück Kugellager pro Schicht.

Sowohl Beilagscheiben als auch Kugellager sind als Kleinteilelager-Artikel im Artikelstamm vordefiniert. Bei beiden Artikeln ist die Information hinterlegt, dass die Einlagerung in Kleinladungsträgern mit den Dimensionen 400 × 300 × 140 mm (Länge × Breite × Höhe) erfolgen muss. Und letztlich ist im Artikelstamm definiert, dass von den Beilagscheiben jeweils 500 Stück und von den Kugellagern jeweils 100 Stück in einen Kleinladungsträger umzupacken sind.

In der Umpackstation wird die Palette ausgepackt und jeweils 500 Stück Beilagscheiben und jeweils 100 Stück Kugellager in die vordefinierten Kleinladungsträger (KLT 4314) umgeschüttet. Durch den vordefinierten Artikel-Behälter-Lager-Connect wird jedes Teil sortenrein im passenden Behälter im richtigen Lager eingelagert und ein Rückfluss von Material, welches an der Montage vorübergehend nicht benötigt wird, wird vermieden.

Ein wesentlicher Bestandteil der Neugestaltung des Versorgungskonzepts der Hilti AG in den nachfolgenden Kapiteln wird es sein, durch die Ermittlung und Festlegung des optimalen Artikel-Behälter-Lager-Connects die Grundlage für einen schlanken und effizienten Materialfluss unter Berücksichtigung der oben genannten Nebenbedingungen zu schaffen.

3.3.5 Freiwerdendes Potenzial an Arbeitszeit

Bezug nehmend auf oben genannte zusätzliche Anforderungen und Nebenbedingungen, welche aus der Funktionalität des neuen Lagersystems resultieren, ist zu erwarten, dass keine Ressourcen frei werden sondern zusätzliche Ressourcen benötigt werden, um die gestellten Anforderungen zu erfüllen. Insbesondere erweist sich der Teilprozess des Umpackens als aufwändig. Der Mehraufwand, der durch das Umpacken entsteht, resultiert aus einer Verschiebung von Tätigkeiten aus den Prozessen Montage und Zuführung. Einige wichtige Aspekte, welche neben der Einhaltung der genannten Nebenbedingungen für die Neugestaltung eines dem Lager vorgelagerten Umpackteilprozesses sprechen, seien hier angeführt:

- weniger Verpackungsmaterial bzw. Abfall in allen nachgelagerten Prozessen
- weniger Umpackaufwand in allen nachgelagerten Prozessen
- geringere Materialbestände in der Montage
- klare Kompetenzverteilung und Verantwortlichkeiten
- Beherrschbarkeit und Fähigkeit der Prozesse wird verbessert
- Durch Zusammenfassung sämtlicher Ent- und Umpack Tätigkeiten in spezifischem Teilprozess wird Prozesseffizienz deutlich gesteigert

Das Freiwerden von Potenzialen bzw. der Bedarf an zusätzlichen Kapazitäten kann erst bei detaillierter Erarbeitung der unterschiedlichen Versorgungskonzepte im nachfolgenden Kapitel 4 abgeschätzt werden.

3.3.6 Mitarbeiterverfügbarkeit und Mitarbeiterqualifikation

Die Aufgabenbereiche der Prozesse Bereitstellung und Lagerung sind den Prozessen Zu- und Abführung sehr ähnlich. Unternehmensinterne Job-Rotation erhöht auch hier die Flexibilität bei der Ressourcenzuteilung. Allerdings sind aufgrund der zusätzlichen Tätigkeiten, welche durch den neu eingeführten Teilprozess Umpacken zu erwarten sind, auch zusätzliche Personalressourcen zur Verfügung zu stellen.

Hinsichtlich der Qualifikation der Mitarbeiter gelten die bereits in Kapitel 3.2.7 zum Thema Mitarbeiterqualifikation erläuterten Aspekte.

3.3.7 Zahlen und Fakten

In Abbildung 38 ist die Anzahl der monatlichen Lagereingänge der letzten drei Jahre dargestellt. Anhand der durchschnittlichen Anzahl an Lagermitarbeitern (13 Mitarbeiter während des Erfassungszeitraumes) konnte, ähnlich der Ermittlung des zeitlichen Aufwandes beim Zu- und Abführungsprozess in Kapitel 3.2.10, ein durchschnittlicher zeitlicher Aufwand von 15 Minuten für die Einlagerung einer Packeinheit beim Werk 4 der Hilti AG ermittelt werden.

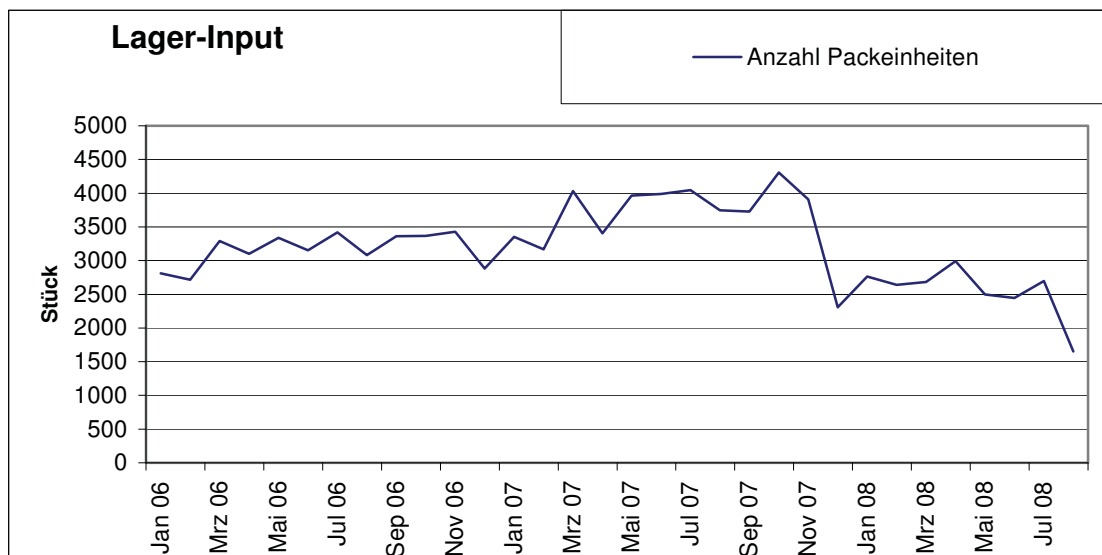


Abbildung 38: Quantitäten Lagereingang bei durchschnittlich 13 Mitarbeitern

3.4 Erkenntnisse / Einflüsse

Nach der detaillierten Aufarbeitung aller Prozesse der logistischen Wertekette der Hilti AG können zusammenfassend folgende drei Gruppen von Einflüssen unterschieden werden, welche die Gestaltung der Versorgung der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 wesentlich beeinflussen (siehe Abbildung 39).

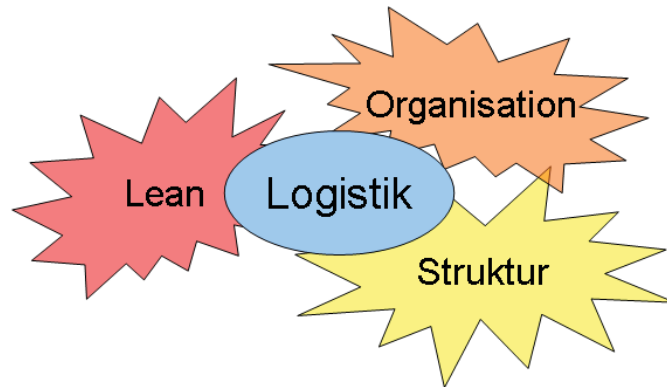


Abbildung 39: Einflüsse auf die Versorgung der Montagelinie

3.4.1 Strukturelle Einflüsse

Wesentliche strukturelle Einflüsse sind nachfolgend aufgelistet:

- System der retrograden Stücklistenabbuchung und automatische Materialanforderung bei Unterschreitung eines Mindestbestandes
- Auslagerung ganzer Packeinheiten (Paletten, KLT) ohne Möglichkeit der Wiedereinlagerung von Übermengen
- Fehlende Möglichkeit der Einlagerung eines Artikels in zwei unterschiedlichen Lagern
- Schnittstellenproblematik zwischen den Prozessen Zuführung und Montage
- Fehlende Möglichkeit des Umpackens durch die Lagerlogistik beim Zuführungsprozess (nach Auslagerung) und Einführung eines Umpack-Prozesses durch die Lagerlogistik beim Bereitstellungsprozess (vor Einlagerung)
- Einlagerung ausschließlich von Normpaletten oder Normbehältern

3.4.2 Organisatorische Einflüsse

- Einführung Artikel-Behälter-Lager-Connect und Definition von Palettenartikel- bzw. Behälterartikeldefinitionen
- Durchgängiges Behälterkonzept vom Wareneingang bis zum Warenausgang

- Einführung Normbehältersystem
- Abstimmung der Behälter-Reichweiten bereits in der Planung der Montagelinie bzw. -station
- Umschichtung von Tätigkeiten aus der Montage in die unterschiedlichen Logistikprozesse um die Produktivität der Montage zu erhöhen

3.4.3 Lean-Einflüsse

- Ziehende Montage mit möglichst wenig Material in den Prozessen anhand des vorgegebenen Zwei-Behälter-Prinzips und der Minimum-Reichweitenvorgabe von zwei Stunden
- Der Materialfluss passt sich dem Montagetakt an und führt die Versorgung möglichst effizient und zuverlässig aber trotzdem flexibel durch
- Durch die Standardisierung von Prozessabläufen sind systematische und zufällige Fehler und Verschwendung zu vermeiden

Die genannten Einflüsse auf die Versorgungslogistik stehen in gegenseitiger Abhängigkeit zueinander und führen in einigen Fällen zu Zielkonflikten, worauf im nachfolgenden Kapitel 4 eingegangen werden wird.

4 Trennung Montage und Versorgung TE1000/TE1500

In diesem Kapitel wird auf Basis der Prozessanalyse aus Kapitel 3 die Umsetzung einer konsequenten Trennung der Aufgabenbereiche der Montage und der Montageversorgung bei der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 angestrebt. Hierzu werden im ersten Teil die zu berücksichtigenden Rahmenbedingungen für die Referenzanlage kurz dargestellt. Im zweiten Teil werden dann die möglichen Varianten der Montageversorgung anhand quantitativer und qualitativer Aspekte zueinander in Vergleich gesetzt. Das ausgewählte Konzept soll in das Gesamtsystem integriert und unter Berücksichtigung aller Einflüsse optimal justiert werden.

4.1 Vorgehen und Rahmenbedingungen TE1000/TE1500

In nachfolgender Abbildung 40 sind die Planungs- und Umsetzungsphasen bei der konzeptionellen Gestaltung und dem Bau der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 schematisch dargestellt. Eine funktionsorientierte Trennung der Montageprozessgestaltung und der Versorgungs- bzw. Logistikprozessgestaltung ist zu erkennen.

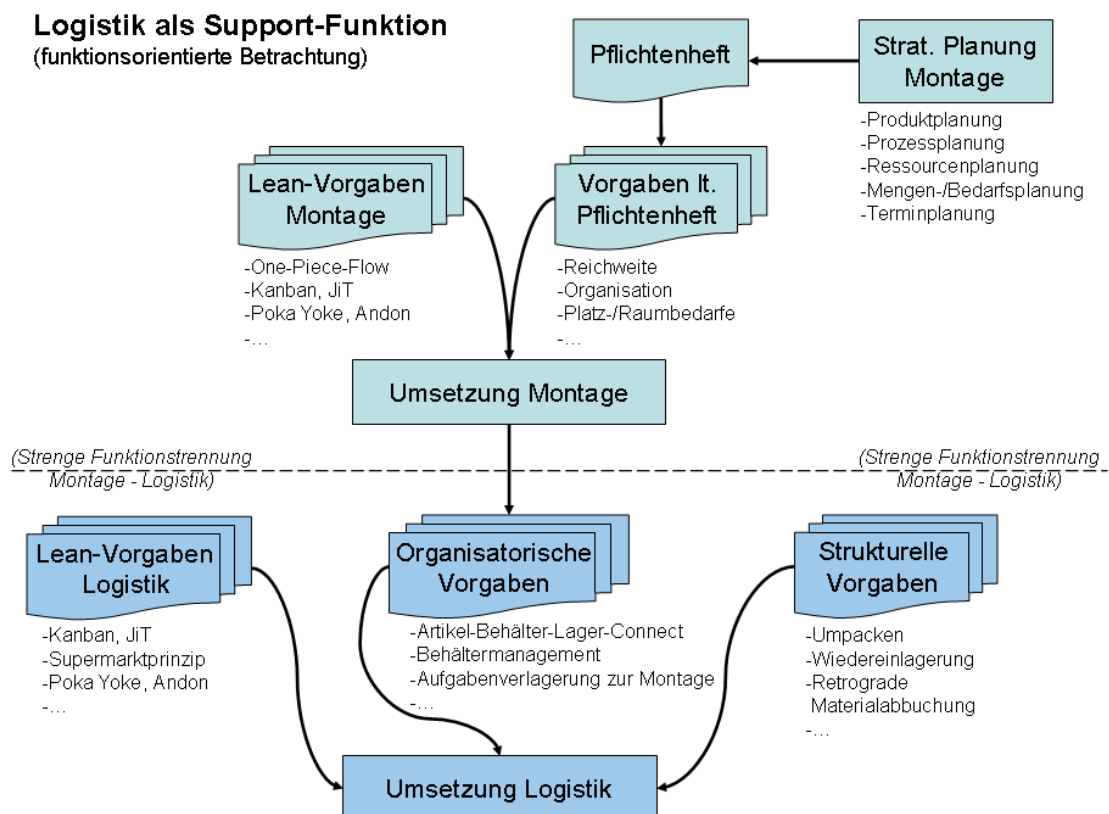


Abbildung 40: Wesentliche Planungs- und Bauphasen der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500

4.1.1 Pflichtenheft und Lean-Vorgaben

Grundlage für die Gestaltung der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 war einerseits das Hilti-internen Pflichtenheft und andererseits die Forderung des Hilti-Managements eine Montagelinie zu schaffen, welche den wesentlichen Prinzipien der Lean-Production entsprechen sollte.

Das Pflichtenheft war das Ergebnis einer Vielzahl strategischer Planungsprozesse. Im Wesentlichen setzte es sich aus den Ergebnissen der Produktplanung (Schlagwerk TE1000/TE1500) und der Produktionsprozessplanung zusammen. Weitere wichtige Planungsaktivitäten waren die durchgeführte Bedarfsplanung, Ressourcenplanung und nicht zuletzt eine grobe Terminplanung. Auf die einzelnen Planungsprozesse wird nicht näher eingegangen, da diese nicht weiter relevant sind. Die Grundlage für die weitere Arbeit bildete das Hilti-interne Pflichtenheft, welches die wichtigsten Vorgaben für die Gestaltung der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 enthielt, wie beispielsweise der organisatorische Ablauf, Reichweitenvorgaben der Montagelinie, benötigte Kapazitäten, der voraussichtliche Ressourcenverbrauch und weitere Ergebnisse der unterschiedlichen Planungsaktivitäten.

Die Forderung des Hilti-Management nach der Schaffung einer Montagelinie für die Montage von Schlagwerken des Typs TE1000 und TE1500 nach den Prinzipien der Lean-Production bildete die zweite wesentliche Grundlage für die Gestaltung der Referenzmontagelinie. Das Hauptaugenmerk bei der nach dem Prinzip des one-piece-flow aufgebauten Montagelinie lag hierbei auf einem harmonischen Produktions- und Arbeitsfluss, der Vermeidung von Fehlern und Verschwendung (Poka Yoke, Andon), der Vermeidung von In-selbildung, der Förderung von Teambildung und vielem mehr.

Im Rahmen dieser strategischen Planung kam die Hilti AG zum Schluss, dass eine wesentliche Voraussetzung für eine möglichst hohe Effizienz des Ressourceneinsatzes der Montagelinie, die konsequente Ausgliederung sämtlicher Versorgungstätigkeiten aus dem Montageprozess (Montage und Funktionsprüfung) bildet.

4.1.2 Umsetzung Montage

Bei der Gestaltung der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 wurden die Vorgaben laut Pflichtenheft exakt eingehalten. Auch auf die erwähnten Prinzipien einer schlanken und effizienten Produktion wurde geachtet. Ein wesentlicher Punkt ist die Vorgabe, dass die Mindestreichweite der Montagelinie bei erstmaliger Befüllung und Vollbetrieb zwei Stunden betragen soll, was einer Mindestbefüllung mit Teilen für die Montage von 60 Stück Schlagwerken entspricht. Daraus ergibt sich eine theoretische Nachfüllsequenz von vier Nachfüllungen pro Schicht. Auf dieser Vorgabe basierend wurde versucht, alle Teile der Erstausrüstung für mindestens 60 Schlagwerke TE1000 oder TE1500 in der Montagelinie unterzubringen. Aufgrund der sehr beschränkten Raumverhältnisse in und um die Linie, mussten verschiedenste Behälterformen und -typen verwendet werden. In Abbildung 41 sind alle an der Referenzmontagelinie verwendeten Behältertypen und -dimensionen aufgelistet:

Verwendete Ladehilfsmittel TE1000/TE1500

| Typ | Anzahl Varianten | Bezeichnungen |
|------------------------|------------------|-----------------------------|
| Normbehälter | 2 | KLT4314, KLT4321 |
| Standard Greifbehälter | 2 | Schäfer klein, Schäfer groß |
| Sonderbehälter | 6 | 3 unterschiedliche Schienen |
| | | 2 unterschiedliche Sporne |
| | | 1 Gurtförderer |

Abbildung 41: Verwendete Ladehilfsmittel Referenzmontagelinie TE1000/TE1500

Generell ist die Verwendung von Sonderbehältern bezogen auf den Zuführungsprozess problematisch, da die jeweiligen Teile händisch um- bzw. nachgefüllt werden müssen. Hierbei müssen jedoch qualitative Aspekte und Volumen Aspekte berücksichtigt werden, welche die Verwendung von Sonderbehältern verpflichtend notwendig machen. Sowohl Mengen- aber vor allem Ordnungsbrüche führen zu erheblichem Aufwand für die Zuführung.

Die Verwendung von Schäfer-Greifbehältern, meist für kleine Schüttgutteile, ist grundsätzlich positiv zu bewerten. Es handelt sich hierbei um standardisierte Behälter mit einheitlichen Dimensionen. Bezogen auf das zukünftige Lagersystem der Hilti AG (Palettenlager, Kleinteilelager und Blocklager), ist jedoch dieses Behältersystem im Rahmen des Zuführungsprozesses nicht optimal, da diese keine genormten Ladehilfsmittel (siehe Abbildung 36) darstellen und daher in keinem der Lager ein- bzw. ausgelagert werden können. Die Konsequenz daraus ist ein zusätzlicher Aufwand für die Zuführung aufgrund von Mengen- und auch Ordnungsbrüchen in Form von Umpackvorgängen von Normbehältern in die kleineren Schäfer-Greifbehälter. Trotzdem sind diese standardisierten Greifbehälter den nicht standardisierten Sonderbehältern vorzuziehen.

Die beste und einfachste Lösung für die Zuführung von Teilen an die Montage stellen genormte Kleinladungsträger für kleine und normal dimensionierte Teile sowie genormte Paletten für Teile mit großen Dimensionen dar. Hier besteht für die Zuführung kein zusätzlicher Handlingaufwand aufgrund von Mengen- oder Ordnungsbrüchen. Teile in genormten Kleinladungsträgern können, direkt aus dem Lager kommend, ohne Behältertransfer an der Montage in den dafür vorgesehenen Rutschen nachgeschoben werden. Normpaletten können ebenfalls ohne Mengen- oder Ordnungsbruch vom Lager kommend direkt am Ort des Verbrauchs an der Montage bereitgestellt werden.

4.1.3 Umsetzung Logistik

Aus der Umsetzung der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 ergeben sich im Wesentlichen die organisatorischen Vorgaben für die Prozessgestaltung der Zuführung. Organisatorische Vorgaben sind Nebenbedingungen, welche aus der Gestaltung der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 resultieren und bei der Umsetzung des Logistikkonzepts berücksichtigt werden müssen. Allerdings müssen neben den physikalischen Eigenschaften der Teile wie Volumen, Gewicht, Empfindlichkeit sowie Handhabungsmerkmalen etc. (vgl. Kapitel 3.2.5 sowie Abbildung 42), welche bei der Gestaltung und Umsetzung der Montagelinie wesentlich waren, bei Gestaltung und Umsetzung der dazugehörigen Zu- und Abführungsprozesse zusätzlich einige logistische Merkmale berücksichtigt werden.

Die bei der Gestaltung der Referenzmontagelinie angewandten Werkzeuge der Lean-Production finden auch bei der Gestaltung des Zuführungsprozesses Anwendung.

Strukturelle Vorgaben sind Einflussfaktoren (strukturell, organisatorisch und lean-bezogen) auf die Gestaltung des Zuführungsprozesses, welche bei der ursprünglichen Betrachtung der Montagelinie, als nach außen hin geschlossenes System, noch nicht in Betracht gezogen wurden.

Eine Auflistung aller genannten Einflussfaktoren auf die Gestaltung der Versorgung der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 wurde bereits in Kapitel 3.4 vorgenommen.

4.2 Neugestaltung Versorgungskonzept

Nachdem die Rahmenbedingungen für die Neugestaltung des Versorgungskonzepts der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 geklärt sind, beschäftigt sich dieses Kapitel mit der Gestaltung der logistischen Aktivitäten des Zuführungsprozesses. Hierbei sind zwei grundsätzliche Gestaltungsformen denkbar. Einerseits kann die Zuführung der Teile durch die Lagerlogistik direkt an den Ort des Verbrauchs an der Montage erfolgen. Andererseits ist die Zuführung der Teile durch die Lagerlogistik in einen Bereitstellungsbereich bei der Montage (Supermarkt-Prinzip) möglich. In der Folge wird die direkte Teilezuführung an die Montage durch eine neu zu schaffende Unit-Logistik-Funktion durchgeführt. Bei der Gestaltung des Zuführungsprozesses ist es auch möglich, die beiden erläuterten Varianten zu kombinieren und eine hybride Mischform der Zuführung umzusetzen.

4.2.1 Klassifizierung und Gruppierung von Teilen

Ein erster Schritt in der weiteren Ausarbeitung und Bewertung der genannten Versorgungskonzepte ist eine tiefer gehende Betrachtung der zu verarbeitenden Teile nach deren spezifischen Eigenschaften bzw. Klassifizierungsmerkmalen. Nachfolgende Abbildung 42 zeigt eine Auflistung möglicher Klassifizierungsmerkmale nach physikalischen und logistischen Merkmalen sowie nach Handhabungsmerkmalen.

| Logistische Merkmale | Physikalische Werkstückmerkmale |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Kontinuität der Verwendung • Verwendungshäufigkeit (z.B. pro Zeit oder Klein-, Mittel-, Großserie) • Standardteile, Normteile • Produktbezogenheit (Einfach-, Mehrfach-, Vielfachverwender) • Losgröße/Auftragsgröße der Montageaufgabe • Mindestlosgröße bei Eigenfertigung • Teilewert (ABC-Analyse) • Lieferanteneinbeziehbarkeit • (Mindest-) Bestellmengen bei Kaufteilen oder Mindestlosgröße für Fertigung/Vormontage • Gewählte Beschaffungs- und Lagerstrategie | <ul style="list-style-type: none"> • Empfindlichkeit • Gewicht • Volumen • Form • Qualität |
| | Handhabungsmerkmale |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Ordnungszustand (Schüttgut, magaziniertes Gut,...) • notwendige Positioniergenauigkeit |

Abbildung 42: Kriterien zur Zuordnung von Teilen zur Bereitstellungsstrategie¹²²

¹²² Vgl. Lotter, Wiendahl (2006), S. 341.

Mehrere Teile werden zu einer Gruppe mit gleichen oder ähnlichen Eigenschaften zusammengefasst mit dem Zweck, Teilegruppen, welche die selben oder ähnliche Merkmale besitzen, in gleiche Behälter zu packen. Wesentliche Gruppierungsmerkmale der Schlagwerkteile TE1000 und TE1500 sind folgende:

Volumen:

Das häufigste und wichtigste Merkmal für die Auswahl der richtigen Behälterdimension ist das Volumen des jeweiligen Teiles. Durch die Wahl des richtigen Behälters kann die Reichweite der Artikel einer bestimmten Artikelgruppe gesteuert werden. Dies ermöglicht die Taktung der Nachfüllintervalle einzelner Artikelgruppen.

Gewicht:

Bei manchen Teilen ist die Abstimmung der Reichweite nach dem Merkmal Volumen nicht sinnvoll. Das Gewicht dieser Teile geht, bei normaler Befüllung der Behälter, über die maximale Tragfähigkeit der Behälter hinaus (siehe maximale Behälterbelastung Abbildung 36). Somit ist bei diesen wenigen Teilen nicht das Volumen die einschränkende Nebenbedingung, sondern das Gewicht der Teile bzw. die Tragfähigkeit der Behälter.

Qualität und Empfindlichkeit:

Die Empfindlichkeit von Teilen gegenüber äußeren Einflüssen wie Staub, Feuchtigkeit oder auch physischen Einflüssen durch Schläge und Stöße ist sehr unterschiedlich. Bei einigen Teilen können diese Einflüsse dazu führen, dass die Funktionsfähigkeit der Schlagwerke bei Einbau dieser empfindlichen Teile negativ beeinträchtigt wird bzw. die Schlagwerke gar nicht funktionieren.

Ordnungszustand:

Hierbei wird zwischen Schüttgut-Teilen, Schlicht-Teilen und Magazin-Teilen unterschieden. Bei Schüttgut-Teilen und Schlichtteilen ist der Ordnungszustand unerheblich. Schlichtteile dürfen aufgrund von Qualitätsaspekten nicht geschüttet werden. Bei Magazin-teilen wird bei der Referenzmontagelinie durch die Behälter (in der Regel Spezialbehälter) eine bestimmte Ordnung vorgegeben. Aus diesem Grund sind diese Teile händisch nachzufüllen.

Umrüstteile:

Wie bereits erwähnt, sind sechs der 42 Teile, welche an der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 verbauten werden, Umrüstteile, welche beim Wechsel vom Typ TE1000 auf den Typ TE1500 oder umgekehrt ausgetauscht werden müssen.

Teilewert:

Eine Gruppierung nach dem Wert der Teile ist denkbar. Für die Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 jedoch nicht nützlich.

4.2.2 Behälterauswahl

Bei der Gestaltung der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 wurde diese Teile-Klassifikation und Gruppierung zur Einführung eines einheitlichen Behältersystems der Montagelinie nicht systematisch durchgeführt. Die Gruppierung der Teile nach den erwähnten Merkmalen und eine daraus abgeleitete Behälterauswahl bestimmt jedoch wesentlich darüber, wie aufwändig sich der Zuführungsprozess für die einzelnen Teile gestaltet. Wie Abbildung 36 und Abbildung 41 gezeigt haben, sind in der Hilti AG eine Vielzahl unterschiedlich genormter, standardisierter Sonderbehälter in Verwendung. Teile, welche im

unternehmensinternen Materialfluss durchgehend in einem genormten Behälter (Norm-Palette und Norm-KLT) gelagert und transportiert werden, verursachen sehr geringen Aufwand für die Logistik. Dagegen verursachen Teile bei denen standardisierte Behälter (Schäfer-Greifbehälter) oder Sonderbehälter verwendet werden, einen deutlich höheren Aufwand für die Logistik, da aufgrund struktureller Vorgaben (siehe Kapitel 3.4) zwangsläufig mindestens ein Behälterwechsel erforderlich ist.

In Anlehnung an die Kapazitätsgaben des Pflichtenheftes und eingeschränkt durch die sehr knappen räumlichen Gegebenheiten in der Referenzmontagelinie, wurden jene Behälter ausgewählt bzw. neu geschaffen, welche optimal in die Montagelinie passten. Dieser Vorgriff führt zu einer veränderten Ausgangssituation. Anstelle anhand der Klassifizierung der Teile nach deren spezifischen Eigenschaften den für die Zuführung optimalen Behältertyp auszuwählen, stehen die verwendeten Behältertypen und -dimensionen bereits fest. Damit ist die Einführung eines einheitlichen Behältersystems bei der Referenzmontagelinie nicht mehr möglich.

Behältertransfer:

Eine Konsequenz aus dem Fehlen eines einheitlichen Behältersystems ist die Notwendigkeit des Behältertransfers bei der Versorgung der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500. Da in der Montage für eine Vielzahl von Teilen eine Vielzahl nicht genormter Behälter verwendet wird, jedoch gleichzeitig für die Lagerung ausschließlich genormte Behälter verwendet werden können (siehe Kapitel 3.3.3), muss dieser Behältertransfer im Zuführungsprozess berücksichtigt werden. Abbildung 43 zeigt, dass bei der Referenzmontagelinie mehr als die Hälfte der Teile davon betroffen sind.

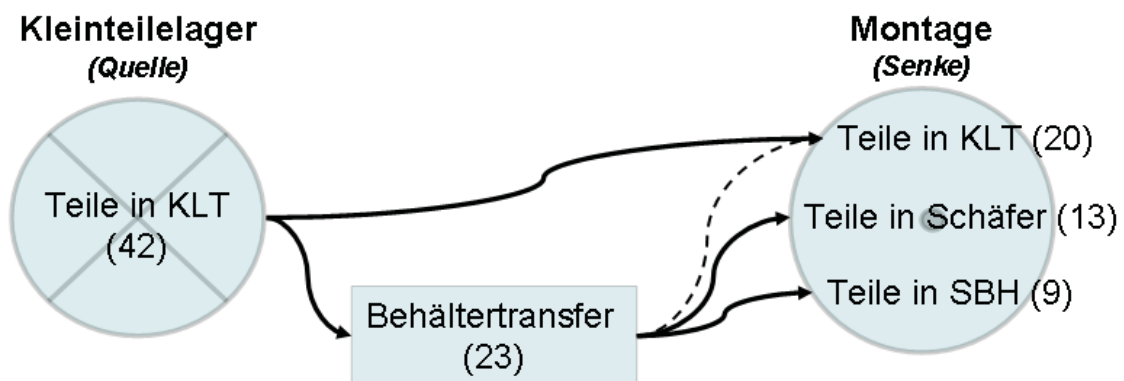


Abbildung 43: Erforderlicher Behältertransfers TE1000/TE1500

Dieser Behältertransfer während dem Zuführungsprozess ist unterschiedlich aufwändig. Handelt es sich um Schüttgut-Teile ist ein einfacher und schneller Wechsel möglich. Ein Beispiel wäre das Umschütten von sehr kleinen Teilen wie Beilagscheiben aus einem Kleinladungsträger in einen Schäfer-Greifbehälter. Handelt es sich um Schlichtteile ist der Transfer aufwändiger, da die Teile händisch aus einem genormten Behälter in den Standardbehälter geschichtet werden müssen. Hierunter fallen bei der Referenzmontagelinie beispielsweise die Zentrierscheiben. Diese würden sich beim Schütten, aufgrund ihres Eigengewichts, gegenseitig beschädigen und daher unbrauchbar werden. Die dritte und weitaus aufwändigste Gruppe von Teilen, welche einem Behältertransfer unterzogen werden müssen, sind die Magazinteile. Hierbei muss jedes einzelne Teil händisch in einen Spezialbehälter oder eine Zuführvorrichtung eingeordnet werden.

4.2.3 Reichweitenregelung

Voraussetzung für die Umsetzung einer Reichweitenregelung ist die Verwendung einheitlicher Behälter für Teile mit gleichen oder ähnlichen spezifischen Eigenschaften (Teileklassen). Bei der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 ist aufgrund der fehlenden Teileklassifizierung eine Reichweitenregelung nur schwer umzusetzen. Daher wird als Maßstab für die Reichweitenregelung die Reichweite jenes Teils herangezogen, welches in der Montagelinie als erstes ausgehen würde. Der Teil mit der geringsten Reichweite bei der Referenzmontagelinie ist die Staubschutzkappe, diese liegt bei ca. zwei Stunden, was einem Materialvorrat von 60 Stück an der Montage entspricht. Dieser Artikel stellt somit den Engpass der Montagelinie dar.

Zielkonflikt: hohe Reichweite vs. Lean-Production

Bei der Auswahl der Behälter im Rahmen der Montagegestaltung kommt es hierbei zu einem Zielkonflikt hinsichtlich der Festlegung der Reichweite. Betrachtet man den Zuführungsprozess, so erscheint es naheliegend, möglichst große Behälter mit hohen Stückzahlen zu verwenden. Dadurch kann die Reichweite der Montage erhöht werden, wodurch sich die Versorgungsintervalle verkürzen und der Prozess der Zuführung weniger aufwändig und auch weniger fehleranfällig ist. Gleichzeitig bedeutet dies jedoch, dass an der Montagelinie mehr Platz für die Unterbringung von Teilen benötigt wird. Die Montagelinie ist größer zu dimensionieren, was einen höheren Platzbedarf bedeutet und gleichzeitig die Produktivität, aufgrund längerer Greifwege für die Montagemitarbeiter, negativ beeinflusst. Weiters wird der Umrüstprozess aufwändiger, da sich mehr Material im Gesamtsystem befindet. Wird die Behältergröße zu Gunsten eines schlankeren und flexibleren Systems angepasst, kehrt sich dieser Effekt um.

In den zwei nachfolgend erläuterten Grundkonzepten der indirekten und direkten Versorgung der Referenzmontagelinie wird versucht, für jedes Teil den optimalen Kompromiss hinsichtlich des besagten Zielkonfliktes zu finden. Im dritten, kombinierten Konzept wird auf die Gesamtheit aller zu verbauenden Teile der Montagelinie eingegangen, um aus den Erkenntnissen der beiden Grundkonzepte eine Systematik zu generieren.

Zu beachten ist in den nachfolgenden Berechnungen, dass in den Schlagwerken TE1000 und TE1500 einige Teile mehrfach verbaut werden, wodurch sich der Teileverbrauch mit der Anzahl der verbauten Teile der gleichen Sorte je Schlagwerk multipliziert. Daher müssen die Berechnungsparameter entsprechend angepasst werden, was allerdings die Systematik der Berechnungen nicht beeinflusst.

4.2.4 Konzept 1 – direkte Zuführung durch Lagerlogistik

Das erste zu betrachtenden Versorgungskonzept basiert auf einer direkten Teileversorgung der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 durch die Lagerlogistik. Der Prozess der Zuführung von der Teileauslagerung aus dem Paletten- oder Kleinteilelager bis hin zur Einlagerung der entsprechenden Teile direkt am Ort des Verbrauchs an der Montagelinie liegt im Verantwortungsbereich der Lagerlogistik. Dieses Konzept stellt aufgrund der vielfältigen unterschiedlichen Aktivitäten hohe Ansprüche an die Mitarbeiter der Lagerlogistik. Gleichzeitig liegt der größte Vorteil des Konzepts darin, dass keine zusätzlichen Schnittstellen zwischen Lager (Quelle) und Montage (Senke) erforderlich sind, was wiederum das Risiko des Auftretens von Fehlern reduziert. Der Zielkonflikt zwischen möglichst schlankem Materialfluss und effizienter Versorgung ist zu erkennen und abzuwägen.

Aufgrund der unterschiedlichen Einschränkungen, welche bereits in Kapitel 3.4 erläutert wurden, ist eine direkte Versorgung der Montagelinie durch die Lagerlogistik nur für bestimmte Teile möglich. In nachfolgender Abbildung 44 sind sämtliche Ausschlussgründe für die direkte Versorgung der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 durch die Lagerlogistik aufgelistet.

| | |
|---|--|
| Umrüstteile (UT) | Beim Umrüsten der Montagelinie werden diese Teile nicht zur Gänze aufgebraucht. Da jedoch eine Rücklagerung von nicht benötigten Restmengen nicht möglich ist, sind sämtliche Umrüstteile von einer direkten Zulieferung ausgeschlossen. |
| Palettenteile (PT) | Ist ein Teil als Palettenartikel definiert, erfolgt die Auslagerung auf einer Normpalette. Da direkt an der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 kein Stellplatz für Paletten vorgesehen ist, ist zwangsläufig ein Mengenbruch durchzuführen und die nicht benötigten Teile sind wieder einzulagern. Weder ein Umpacken durch die Werkslogistik noch die Rücklagerung von Übermengen ist möglich. Daher sind sämtliche Palettenartikel von einer direkten Zuführung ausgeschlossen. |
| Sonderbehälterteile (ST) | Teile welche an der Montagelinie aufgrund ihrer Dimensionen, spezieller Qualitätsaspekte oder sonstiger Gründe händisch in Sonderbehälter geschichtet bzw. magaziniert werden müssen, sind ebenfalls von der direkten Zuführung ausgeschlossen. Hier wäre die Tätigkeit des Magazinierens durch die Lagerlogistik durchzuführen, was jedoch aufgrund der Aufwändigkeit nicht vorgesehen ist. |
| Schäfer-Greifbehälterteile (GT) | An der Referenzmontagelinie werden für sehr kleine Teile Schäfer-Greifbehälter verwendet. Diese können weder im Palettenlager noch im Kleinteilelager gelagert werden und müssen daher einen Behältertransfer durchlaufen. Hier wäre die Tätigkeit des Umschüttens oder Umschlichtens durch die Lagerlogistik durchzuführen, was jedoch aufgrund der Aufwändigkeit nicht vorgesehen ist. Daher sind Teile, welche einen Schäfer-Greifbehälter durchlaufen, von der direkten Zuführung durch die Lagerlogistik ausgeschlossen. |
| Teile mit Vorbehandlung (BT) | Einige Teile sind, bevor sie in den Montageprozess gelangen, vorzubehandeln. Bei den Schlagwerken TE1000/TE1500 sind dies vor allem Schüttgutteile wie Gummiringe, welche geölt werden müssen. Diese Tätigkeit wurde und wird nicht von der Lagerlogistik durchgeführt, daher sind Teile, welche vorbehandelt werden müssen, von der direkten Zuführung ausgeschlossen. |
| Verpackte Teile (VT) | Aufgrund von Qualitätsaspekten werden einige Teile in der ursprünglichen Verpackung (Karton oder Kunststoffbeutel) im Kleinteile- bzw. Palettenlager eingelagert. Um beispielsweise Rostbildung oder Versprödung von Gummiringen bei längerer Lagerung zu vermeiden, werden diese Teile erst kurz vor deren Verbrauch aus der Verpackung entnommen. Sie sind von der direkten Zuführung durch die Lagerlogistik ausgeschlossen, da das Entpacken sowie die fachgerechte Trennung und Entsorgung des Verpackungsmaterials relativ aufwändig ist und nicht von der Lagerlogistik durchgeführt wird. |
| Teile mit sehr geringer Reichweite (RT) | Teile, welche eine geringe Reichweite in der Montagelinie haben, müssen oft und in relativ kurzen Intervallen nachgefüllt werden. Unterschreitet dieses Zeitintervall einen kritischen Wert, ist die Durchführung der direkten Montageversorgung durch die Lagerlogistik aufgrund einer zu hohen Frequenz nicht mehr durchführbar. Dieser kritische Wert basiert auf der Reichweite der einzelnen Teile in der Montage und liegt bei der Referenzmontagelinie bei über neun Stunden, was zwei Behältern mit einem Inhalt von 125 Teilen entspricht. Auch diese Teile sind von der direkten Zuführung ausgeschlossen. Die Berechnungen hinsichtlich der Mindestreichweite für eine direkte Montageversorgung werden in nachfolgendem Abschnitt detailliert erläutert. |

Abbildung 44: Ausschlussgründe für Direktzuführung von Teilen durch Lagerlogistik

Die Vielzahl der Unterscheidungsmerkmale der Artikel basiert auf den in Kapitel 3.4 erläuterten Einflüssen und schränkt die Möglichkeiten der direkten Montageversorgung durch die Lagerlogistik sehr stark ein. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass alle Teile,

- ... welche einem Behältertransfer unterzogen werden müssen (PT, ST, GT),
- ... welche wiedereingelagert werden müssen (UT),
- ... welche einer Vorbehandlung vor der Montage unterzogen werden müssen (BT, VT),

kategorisch von der direkten Zuführung durch die Lagerlogistik ausgeschlossen sind. Alle anderen Teile sind darauf hin zu überprüfen, ob sie hinsichtlich deren Reichweiten einen bestimmten Wert unterschreiten (RT) und in der Folge ebenfalls von der direkten Zuführung auszuschließen sind oder nicht.

4.2.4.1 Mindestreichweite für direkte Zuführung durch Lagerlogistik

Heuristischer Ansatz – direkte Zuführung

Damit die Referenzmontagelinie direkt durch die Lagerlogistik mit Teilen versorgt werden kann, ohne zu irgendeinem Zeitpunkt einen Materialengpass befürchten zu müssen, muss eine bestimmte Reichweite an Teilen in der Montage verfügbar sein. Die Planung einer einheitlichen Reichweite von Teilegruppen sollte vor dem Bau der Montagelinie erfolgen, um regelmäßige Versorgungsintervalle sowohl bei direkter als auch bei indirekter Zuführung zu ermöglichen.

Im Falle der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 ist dies nicht mehr möglich, und es kann nur noch überprüft werden, ob unter den gegebenen Voraussetzungen eine Direktzuführung durch die Lagerlogistik realisierbar ist. Folgende Parameter sind zu berücksichtigen:

| | |
|-------------------------------|--|
| Maximale Montageleistung (p): | 220 Geräte pro Schicht bzw. 27,5 Geräte pro Stunde |
| Wiederbeschaffungszeit (WBZ): | 2 Stunden |
| Auftragsgröße (A): | 48 Geräte |
| Materialabbuchung: | retrograd nach Fertigstellung eines Auftrags anhand der Stückliste |
| Materialanforderung: | nach Unterschreiten des Minimalbestandes |
| Minimalbestand (bmin): | 1 Behälter |
| Maximalbestand (bmax): | 2 Behälter (Zwei-Behälter-Prinzip) |
| Behälterinhalt (n): | variabel von 14 bis 2.000 Stück |

Aufgrund der Systematik der retrograden Materialabbuchung kommt es jeweils nach Fertigstellung eines Auftrages (A) in Höhe von 48 Schlagwerken zur Ausbuchung der für den Auftrag verbauten Teile aus dem Lagerort Montage des Lagerverwaltungssystems. Wird dadurch der festgelegte Mindestbestand (bmin) eines Teiles unterschritten, erfolgt automatisch die Materialanforderung ans Lager. Das Zwei-Behälter-Prinzip erlaubt jedoch die direkte Zuführung von Teilen an die Montagelinie erst dann, wenn ein Behälter zur Gänze verarbeitet wurde, das heißt, an der Montagelinie ein Stellplatz für einen neuen, vollen Be-

hälter frei ist. Somit ist der Mindestbestand (b_{min}) für die Auslösung einer Materialanforderung beim Zwei-Behälter-Prinzip mit dem Teileinhalt eines Behälters definiert. Ist der Behälterinhalt (n) eines Behälters, der bei den unterschiedlichen Teilen von 14 bis 2.000 Teilen liegt, verarbeitet, wird die Zulieferung durch die Lagerlogistik freigegeben. Das heißt jedoch nicht, dass das benötigte Material sofort und in der passenden Menge zugeführt wird. Die erste Problematik ist, dass der nächste periodische Lauf der Lagerlogistik abgewartet werden muss. Dieser erfolgt alle zwei Stunden (Wiederbeschaffungszeit oder WBZ). Die zweite Problematik ist, dass nicht die verarbeitete Teilemenge entsprechend der ausgebuchten Aufträge zugeliefert wird, sondern immer nur ein vollständiger Behälter. In nachfolgender Abbildung 45 wird die Entwicklung des Teilebestandes bei der erläuterten Systematik anhand eines Beispiels grafisch dargestellt. Wesentlich ist hierbei, dass von einem Behälterinhalt von 180 Teilen ausgegangen wird, also einem Montageanfangsbestand von 360 Teilen.

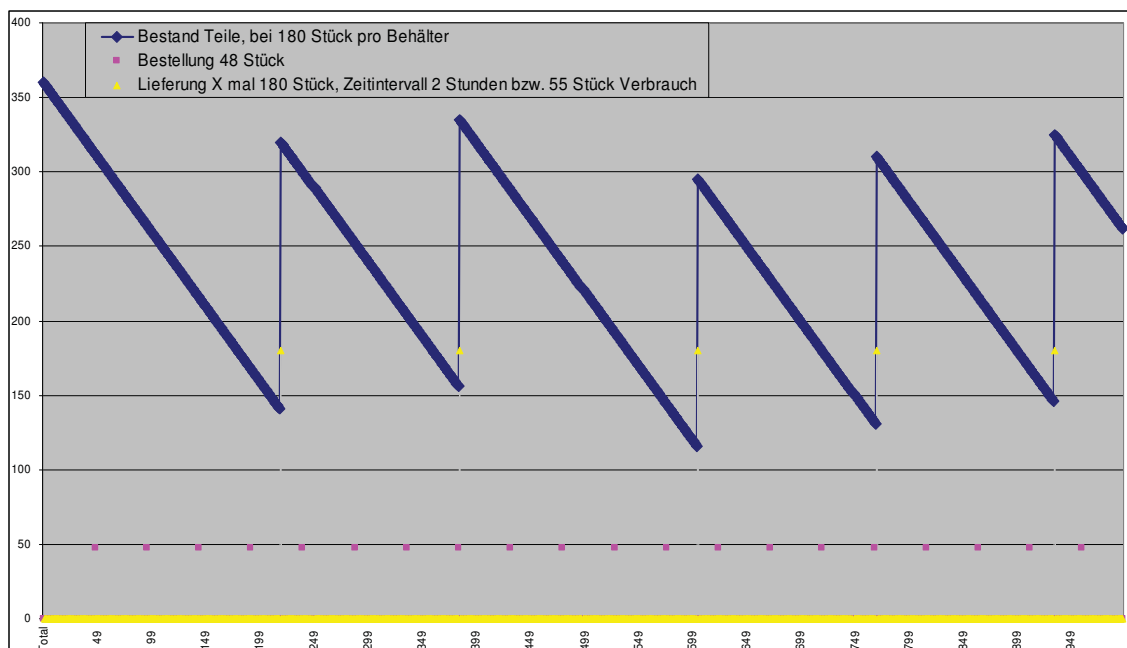


Abbildung 45: Bestandsentwicklung direkte Teilezuführung bei $A = 48$; $n = 180$; $WBZ = 2$; $p = 27,5$

Es ist ersichtlich, dass der Montagebestand in jener Zeitspanne, in der 1.000 Teile verbraucht werden, zu keinem Zeitpunkt negativ wird. Die Berechnungen wurden mittels Excel bis zu einem Verbrauch von über 65.000 Teilen weitergeführt und es ergab sich zu keinem Zeitpunkt ein negativer Bestand an Teilen. Daraus ist zu schließen, dass die direkte Zuführung dieses speziellen Teiles an die Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 möglich ist.

In nachfolgender Abbildung 46 wird die Entwicklung des Teilebestandes für einen Behälterinhalt von 60 Teilen bzw. einem Montageanfangsbestand von 120 Teilen im Zwei-Behälter-Prinzip grafisch dargestellt. Bestellintervall, Lieferintervall und Montageleistung bleiben unverändert.

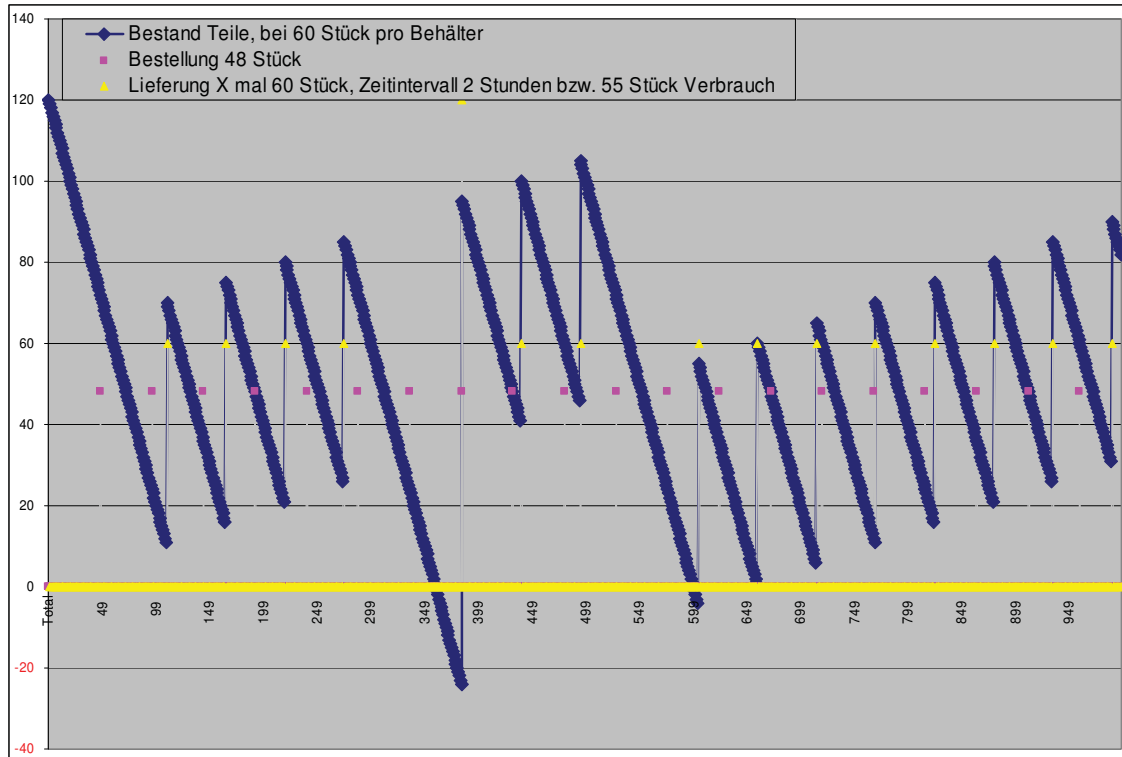


Abbildung 46: Bestandsentwicklung direkte Teilezuführung bei $A = 48$; $n = 60$; $WBZ = 2$; $p = 27,5$

Es ist zu erkennen, dass der Teilebestand in der Montage bereits nach 360 verarbeiteten Stück negativ wird. Das bedeutet, dass es nach der Montage von 360 Schlagwerken zum Montagestillstand kommt. Der Zuführungsprozess ist aufgrund der erläuterten Systematik unfähig, ausreichend Teile für eine unterbrechungsfreie Montage bereitzustellen. Dieser Artikel ist daher für eine direkte Zuführung durch die Lagerlogistik nicht geeignet.

Kann davon ausgegangen werden, dass die gegebenen Parameter (A , WBZ , n , p) exakt eingehalten werden, sind folgende Behälterfüllmengen für eine direkte Montagezuführung durch die Lagerlogistik möglich bzw. nicht möglich:

Nicht möglich: [1 bis 54, 56 bis 87, 89 bis 95, 97, 98] Teile pro Behälter

Möglich: [55, 88, 96, 99 bis ∞] Teile pro Behälter

Auch diese Berechnungen wurden mittels Excel bis zu einem Verbrauch von jeweils über 65.000 Teilen weitergeführt.

Eine exakte Einhaltung genannter Parameter ist jedoch nicht realistisch. Folgende Unsicherheitsfaktoren können im Rahmen der Zuführung von Teilen ausgemacht werden:

a) Schwankungen des Bestellintervalls (bezogen auf A und p)

Die Zeitspanne zwischen zwei Bestellungen liegt bei 1,75 Std. In dieser Zeit sollte laut Planung ein vollständiger Auftrag im Umfang von 48 Geräten montiert werden. Kann ein Auftrag nicht in diesen vorgesehenen 1,75 Std. abgearbeitet werden, ist dies für die Zuführung unerheblich, da aufgrund der retrograden Materialabbuchung die Materialanforderung

(entsprechend der pull-Systematik) erst dann erfolgt, wenn der Auftrag abgeschlossen wurde.

b) Schwankungen des Lieferintervalls (bezogen auf WBZ und p)

Die Zeitspanne zwischen zwei Lieferungen liegt laut Planung bei 2 Std. Dies entspricht bei maximaler Montageleistung der Zeitspanne für den Zusammenbau von 55 Geräten. Hierbei ist auf eine exakte Einhaltung der Lieferintervalle der unterschiedlichen Montageeinheiten zu achten, da es bei verspäteter Zuführung von Teilen zu einem Montagestillstand an einer oder infolge eines Domino-Effektes in mehreren Montagebereichen kommen kann.

c) Schwankungen des Behälterinhalts (bezogen auf n)

Da die Teile für die Montage nicht in abgezahlter Form an die Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 zugeführt werden, ist davon auszugehen, dass sich nicht die exakte Anzahl an Teilen in den jeweiligen Behältern befindet. Der Ursprung der Unter- bzw. Überbefüllung von Behältern liegt im Mengenbruch. Das heißt, wird eine Lieferung von Teilen im Wareneingang entgegengenommen, enthält die Lieferung eine genaue Stückzahl von Teilen. Bei der Einlagerung im Kleinteilelager muss die Lieferung in kleinere Teilmengen aufgeteilt bzw. umgepackt werden. Dieser Mengenbruch erfolgt nicht stückgenau. Die Folge ist, dass in einem Behälter mehr Teile als in einem anderen sind. Aufgrund des Artikel-Behälter-Lager-Connect, nachdem eine bestimmte Menge Teile auf eine bestimmte Anzahl gleicher Behälter aufgeteilt werden muss, und aufgrund der FIFO-Bestandsführung, gleichen sich Über- und Unterlieferungen innert kurzer Zeit am Ort des Verbrauchs (Montage) wieder aus.

Wie bereits erwähnt, basieren die heuristisch ermittelten Behälterinhalte, welche die direkte Zuführung von Teilen an die Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 im Zwei-Behälter-Prinzip ermöglichen, auf einer exakten Einhaltung der Parameter (A , n , WBZ, p). Somit sind Befüllungen von beispielsweise 55, 88 oder 96 Teilen pro Behälter zwar theoretisch möglich, jedoch nicht realistisch. Behälterfüllungen ab 99 Stück sind hingegen realistisch umsetzbar.

Da die Vermeidung eines Montagestillstandes jedoch oberste Priorität besitzt, sind die genannten Schwankungen von Bestell- und Lieferintervallen sowie der Behälterinhalte in Form eines Sicherheitsfaktors in die Kalkulation mit einzubeziehen. Die sich daraus ergebenden Sicherheitsbestände werden benötigt, um Schwankungen im Prozess auszugleichen.¹²³

Bei der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 wird von einem Sicherheitsfaktor von 0,1 bzw. zehn Prozent ausgegangen, welcher die erwähnten Schwankungen bei der direkten Zuführung von Teilen ausgleichen soll. Somit ist der letzte Ausschlussgrund für die direkte Teilezuführung an die Montagelinie durch die Lagerlogistik folgendermaßen zu definieren:

Unter Berücksichtigung der oben genannten Schwankungen ist ein Behälterinhalt von mindestens 109 Teilen erforderlich, damit, bei vertretbarem Risiko eines Materialengpasses, eine direkte Zuführung an die Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 durch die Lagerlogistik möglich ist. Beträgt der Inhalt eines Behälters an der Referenzmontagelinie

¹²³ Vgl. Dickmann (2007), S. 127.

TE1000/TE1500 weniger als 109 Stück, ist das Teil von der Direktzuführung durch die Lagerlogistik ausgeschossen.

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass ein Behälterinhalt von 109 Teilen einem Montagebestand von 218 Teilen im Zwei-Behälter-Prinzip entspricht, was wiederum einer Reichweite von acht Stunden entspricht. Dieser hohe Wert führt dazu, dass nach Berücksichtigung aller Ausschlussgründe nur noch vier der insgesamt 42 Teile, durch die Lagerlogistik zugeführt werden können (siehe dazu Anhang a)).

In diesem Kapitel wurde versucht, die Möglichkeit der direkten Versorgung der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 rechnergestützt mittels Trial and Error¹²⁴ zu ermitteln. Dieses Vorgehen ist genau, jedoch auch komplex, aufwändig und fehleranfällig und für den täglichen Gebrauch nur bedingt einsatzfähig.

Näherungsweise Lösung – direkte Zuführung

Aufgrund der Komplexität und Aufwändigkeit des heuristischen Vorgehens wurde vom Autor versucht, eine möglichst einfache Berechnungsformel zu ermitteln, welche trotz ihrer einfachen Anwendbarkeit ohne Einsatz eines Computers in der Praxis nahezu die Zuverlässigkeit der beschriebenen rechnergestützten Berechnungsmethode erreicht.

In der Literatur wird bezogen auf reine Kanban-Systeme davon ausgegangen, dass die maximale Menge von Teilen im System (B_{\max}) dem Verbrauch (p) während der Wiederbeschaffungszeit (WBZ) entspricht.

$$B_{\max} (\text{Teile}) = \text{WBZ} (\text{Std.}) * p (\text{Teile/Std.})$$

Weiters wird in der Regel ein Sicherheitsfaktor in die Kalkulation (c) berücksichtigt.

$$B_{\max} = \text{WBZ} * p * (1 + c)$$

Wesentlich bei der Dimensionierung des Kanban-Regelkreises ist der Behälterinhalt an Teilen (n). Nachdem dieser in der Kalkulation berücksichtigt wurde, ist das Ergebnis auf die nächste ganze Zahl aufzurunden und man erhält die Anzahl der Behälter (b_{\max}) bzw. Kanban-Karten, welche benötigt werden, damit theoretisch eine unterbrechungsfreie Versorgung entsprechend des Kanban-Steuerungssystems gegeben ist. Nachfolgende Formel basiert auf Little's Law.

$$b_{\max} (\text{Behälter}) = \text{aufrunden} \left[\frac{\text{WBZ} * p * (1 + c)}{n (\text{Teile})} \right]$$

¹²⁴ Auf Deutsch: „Versuch und Irrtum“, ist eine heuristische Methode zur Problemlösung, wobei zulässige Lösungsmöglichkeiten solange probiert werden, bis eine gewünschte Lösung gefunden wird.

Obige Formel ist gültig, wenn die Anforderung eines neuen Kanban-Behälters bei Entnahme des ersten Teiles aus einem Behälter erfolgt. Erfolgt die Anforderung erst bei Entnahme des letzten Teils, ist bei der Berechnung noch ein zusätzlicher Behälter zu addieren.¹²⁵

$$b_{\max} = \text{aufrunden} \left[\frac{\text{WBZ} * p * (1 + c)}{n} \right] + 1 \text{ (Behälter)}$$

Bei der Hilti AG kann jedoch von dieser Berechnung nicht ausgegangen werden, da die retrograde Stücklistenabbuchung als zusätzlicher Parameter bei der Dimensionierung des Versorgungssystems berücksichtigt werden muss. Somit handelt es sich hierbei um ein hybrides Steuerungskonzept¹²⁶, welches auf der Kanban-Systematik aufbaut.

Bei der Formel zur Dimensionierung einer reinen Kanban-Steuerung bezieht sich nur die Wiederbeschaffungszeit (WBZ) auf die zeitliche Dimension. Weder Verbrauch (p), noch Behälterinhalt (n), noch Sicherheitsfaktor (c) werden durch die retrograde Abbuchung beeinflusst. Die zeitliche Dimension steht darum im Vordergrund, weil die Anforderung eines neuen Behälters, nicht wie beim reinen Kanban-System, nach Entnahme des letzten Teiles erfolgt, sondern weil dieser Zeitpunkt (Entnahme des letzten Teils aus dem Behälter) durch die retrograde Abbuchung verzögert werden kann. Diese Verzögerung kann variieren zwischen der Zeitspanne für die Produktion eines einzelnen Schlagwerks und der Zeitspanne für die Produktion eines ganzen Auftrages von 48 Schlagwerken (A). Daher ist die Dimensionierungsformel für die Kanban-Steuerung wie folgt zu erweitern:

$$b_{\max} = \text{aufrunden} \left[\frac{\left(\text{WBZ} + \frac{A \text{ (Teile)}}{p \text{ (Teile/Std.)}} \right) * p * (1 + c)}{n} \right] + 1$$

bzw.

$$b_{\max} = \text{aufrunden} \left[\frac{(\text{WBZ} * p + A) * (1 + c)}{n} \right] + 1$$

Im nächsten Schritt ist die Formel an die Bedürfnisse der Hilti AG anzupassen. Somit entspricht die Wiederbeschaffungszeit (WBZ) dem Lieferintervall, die Zeitspanne für die Produktion eines Auftrages (A/p) dem Bestellintervall und der Verbrauch (p) der Montageleistung. Weiters wird der Sicherheitsfaktor (c) wie bereits beim heuristischen Vorgehen mit 0,1 bzw. zehn Prozent festgelegt. Folgende Formel für die Systemdimensionierung der

¹²⁵ Vgl. Dickmann (2007), S. 128.

¹²⁶ Vgl. Dickmann (2007), S. 128.

direkten Zuführung von Teilen an die Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 durch die Lagerlogistik resultiert:

$$\text{Behälteranzahl} = \text{aufrunden} \left[\frac{\left(\text{Lieferintervall} + \text{Bestellintervall} \right) * \text{Montageleistung} * \left(1 + \text{Sicherheitsfaktor} \right)}{\text{Behälterinhalt}} \right] + 1$$

Abschließend ist die erarbeitete Formel so umzuwandeln, dass der minimale Behälterinhalt an Teilen für das Funktionieren des Zwei-Behälter-Prinzips an der Referenzmontagelinie ermittelt werden kann.

$$\text{min. Behälterinhalt} = \frac{\left(\text{Lieferintervall} + \text{Bestellintervall} \right) * \text{Montageleistung} * \left(1 + \text{Sicherheitsfaktor} \right)}{\text{Behälteranzahl} - 1}$$

d.h.

$$\text{min. Behälterinhalt} = \frac{\left(2,00 \text{ Std.} + 1,75 \text{ Std.} \right) * 27,5 \text{ Teile/Std.} * \left(1 + 0,10 \right)}{2 \text{ Behälter} - 1 \text{ Behälter}} = 113,5 \text{ Teile/Behälter}$$

Die direkte Zuführung von Teilen an die Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 durch die Lagerlogistik ist unter Berücksichtigung aller anderer Ausschlussgründe somit erst ab einem Behälterinhalt von mindestens 114 Teilen möglich. Somit weicht die näherungsweise Lösung mit 114 Teilen von der heuristischen Lösung mit 109 Teilen nur geringfügig ab.

Aufgrund des Aufrundens der Behälteranzahl sowie der Addition eines zusätzlichen Behälters vergrößert sich der Materialbestand in der Montage deutlich. Als Folge ergibt sich ein erhöhter Platzbedarf im Supermarkt und eine höhere Kapitalbindung (siehe Anhang c)). Dieser Schritt geht zu Lasten eines möglichst schlanken Materialflusses. Er wird jedoch dadurch gerechtfertigt, dass eine lückenlose direkte Zuführung durch die Lagerlogistik gewährleistet wird und es aufgrund einer unzureichenden Versorgung theoretisch nicht zu einem Montagestillstand kommen kann.

4.2.5 Konzept 2 – indirekte Zuführung mittels Supermarkt-Prinzip

Das zweite grundsätzliche Versorgungskonzept ist die indirekte Versorgung der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500. Hierbei kommt es durch den Einschub eines Pufferlagers, welches im Weiteren als Supermarkt bezeichnet wird, zu einer Entkopplung der Zuführung durch die Lagerlogistik und der Montagelinie. Ziel ist es, eine Vereinzelung bzw. Portionierung und gleichzeitig eine Resequenzierung zu ermöglichen.¹²⁷

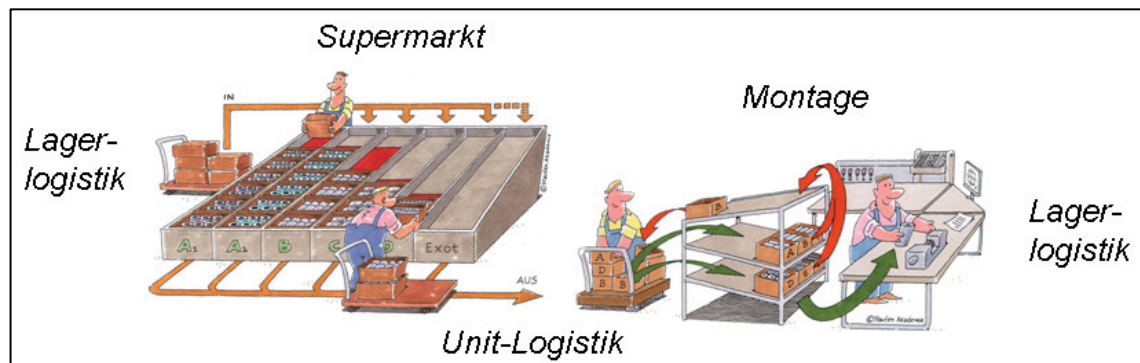


Abbildung 47: Funktionalität Supermarkt-Konzept¹²⁸

Bei Teilen mit einer geringen Reichweite und somit hoher Versorgungsfrequenz sowie beim Fehlen einer einheitlichen Reichweitenregelung, ermöglicht ein richtig dimensionierter Puffer, die Materialverfügbarkeit sicherzustellen und bietet die geforderte Flexibilität bei Bedarfs- bzw. Verbrauchsschwankungen und nicht planbaren Faktoren.¹²⁹

Hinsichtlich des erläuterten Zielkonflikts zwischen Steigerung der Effizienz des Zuführungsprozesses und dem möglichst schlanken Materialfluss in Zuführung und Montage wird mittels Supermarkt-Systematik ein Kompromiss eingegangen. Hierbei steht bei der Referenzmontagelinie die maximal mögliche Versorgungssicherheit im Vordergrund. Durch die Schaffung eines zusätzlichen Pufferlagers wird zwangsläufig der sich im Materialfluss befindliche Materialanteil („work in process“ - WIP) erhöht. Weiters benötigt ein zusätzliches Lager zusätzlichen Platz im Montagebereich. Der wichtigste Aspekt ist jedoch, dass durch den Einschub des Supermarktes zwischen der Zuführung durch die Lagerlogistik und der Montage ein zusätzlicher Versorgungsprozess bzw. eine zusätzliche Schnittstelle geschaffen wird. Dieser Versorgungsprozess wird bei der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 der Hilti AG durch die Schaffung einer Unit-Logistik-Einheit durchgeführt. Der Unit-Logistiker ist dafür verantwortlich, dass die Versorgungssicherheit aller im Supermarkt befindlichen Artikel sichergestellt ist. Er ist für mehrere Montagelinien zuständig und unterliegt dem Verantwortungsbereich der Montage. Im Wesentlichen übernimmt er die indirekten Montagetätigkeiten, welche bisher vom Montagepersonal erledigt wurden (siehe Kapitel 3.1.13).

Durch die Schaffung eines Supermarktes, welcher in der direkten Umgebung der zu bedienenden Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 situiert wird, kann die Versorgungssicherheit auch für jene Teile sichergestellt und mit vertretbarem Aufwand durchgeführt werden,

¹²⁷ Vgl. Schedlbauer, Tenerowicz (2007), S. 51.

¹²⁸ Quelle: Staufen AG

¹²⁹ Vgl. Dickmann (2007), S. 274.

welche von der direkten Versorgung durch die Lagerlogistik in Kapitel 4.2.4 ausgeschlossen wurden. Der Unit-Logistiker ist in den ihm zugeteilten Montagebereichen dafür verantwortlich, dass die Montage unterbrechungsfrei arbeiten kann. Wesentliche Aufgaben sind

- ... die permanente und lückenlose Bereitstellung von Supermarktteilen an der Montagelinie nach dem Zwei-Behälter-Prinzip (KLT und Schäfer-Greifbehälter) bzw. Mehr-Behälter-Prinzipien (diverse Sonderbehälter),
- ... die ordnungsgemäße Durchführung des Behältertransfers von Supermarktteilen,
- ... das Ausscheiden von Verpackungsmaterial, wenn möglich bevor dieses in die Montagelinie gelangt, sowie dessen ordnungsgemäße Trennung und Entsorgung,
- ... der Austausch von Umrüstteilen während des Umrüstvorgangs und die Rücklagerung von überzähligem Material in den Supermarkt,
- ... die Durchführung sämtlicher unterstützender Tätigkeiten wie das Ölen von Teilen, welche nicht zu den direkt produktiven Tätigkeiten (Montage- und Prüftätigkeiten) gehören.

Durch den Einschub des Supermarktes bzw. der Funktion des Unit-Logistikers wird somit auch die kontinuierliche Versorgungssicherheit jener Teile gewährleistet, welche nicht in der gewünschten Form von der Lagerlogistik zur Verfügung gestellt werden können.

Nach Berücksichtigung aller Ausschlussgründe aus Kapitel 4.2.4 können nur vier Teile durch die Lagerlogistik direkt an die Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 zugeführt werden. Die restlichen 38 der 42 Teile (inkl. Umrüstteile) sind dafür nicht geeignet, müssen daher den Supermarkt durchlaufen und durch den Unit-Logistiker an der Montagelinie bereitgestellt werden (siehe Anhang a)).

4.2.5.1 Aufgaben Supermarkt

Nachdem 38 der 42 zu verbauenden Teile der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 nicht direkt durch die Lagerlogistik zugeführt werden können, muss für diese Teile ein Supermarkt im Bereich der Montagelinie angelegt werden. Der Supermarkt dient als Zwischenspeicher für

- Teile, welche einen Behälterwechsel bzw. Behältertransfer durchlaufen (Palettenteile, Sonderbehälterteile, Schäfer-Greifbehälterteile),
- Teile, welche wiedereingelagert werden müssen (Umrüstteile),
- Teile, welche vor der Montage einer Vorbehandlung unterzogen werden müssen (Teile mit Vorbehandlung, verpackte Teile),
- Teile welche eine zu geringe Reichweite für eine direkte Zuführung haben (Teile mit sehr geringer Reichweite).

4.2.5.2 Reichweitenregelung für Versorgung durch Unit-Logistik

Heuristischer Ansatz

Die Parameter der nachfolgenden Berechnungen zur Entwicklung der Materialbestände in der Montage (Montagelinie + Supermarkt) unterscheiden sich von den Berechnungen der Mindestreichweite für die Zuführung durch die Lagerlogistik aus Kapitel 4.2.4 nur in der Hinsicht, dass das Zwei-Behälter-Prinzip für den Supermarkt keine Gültigkeit hat.

| | |
|-------------------------------|--|
| Maximale Montageleistung (p): | 220 Geräte pro Schicht bzw. 27,5 Geräte pro Stunde |
| Wiederbeschaffungszeit (WBZ): | 2 Stunden |
| Auftragsgröße (A): | 48 Geräte |
| Materialabbuchung: | retrograd nach Fertigstellung eines Auftrags anhand der Stückliste |
| Materialanforderung: | nach Unterschreiten des Minimalbestandes |
| Minimalbestand (b_{min}): | Maximalbestand - 1 Behälter |
| Maximalbestand (b_{max}): | variabel, da von Behälterinhalt abhängig, jedoch mindestens 2 Behälter |
| Behälterinhalt (n): | variabel von 14 bis 2.000 Stück |

Die Zuführung von Teilen aus dem Supermarkt in die Referenzmontagelinie durch den Unit-Logistiker basiert in der Folge wieder auf dem Zwei-Behälter-Prinzip, diese Tatsache ist jedoch für die Reichweitenberechnungen, bei der die Montagelinie und der Supermarkt als Montage zusammengefasst betrachtet werden, nicht relevant.

Der Minimalbestand der Montage (Montagelinie + Supermarkt) für die Auslösung der Materialanforderung liegt einen Behälterinhalt unter dem Maximalbestand. Gleich dem Zwei-Behälter-Prinzip, muss mindestens der komplette Inhalt eines Behälters verarbeitet worden sein, damit eine Materialanforderung ans Lager erfolgen kann.

Aus den Berechnungen der direkten Montageversorgung (Kapitel 4.2.4.1), ergibt sich mittels heuristischen Lösungsansatzes ein Mindestbestand von 109 Teilen pro Behälter, um ein Zwei-Behälter-Prinzip umsetzen zu können. Wird diese Zahl an Teilen unterschritten, sind mehr als zwei Behälter für eine lückenlose Montageversorgung erforderlich.

Bei der heuristischen Ermittlung der optimalen Behälteranzahl für jene Teile, welche von der direkten Zuführung durch die Lagerlogistik ausgeschlossen wurden, wird rechnergestützt mittels Trial and Error versucht, die optimale Behälteranzahl zu ermitteln. Ausgehend von der Zwei-Behälter-Systematik wird schrittweise die Behälteranzahl erhöht und überprüft, ob der Bestand an Teilen an der Montage (Montage + Supermarkt) negativ wird. Anhand nachfolgenden Beispiels für einen Behälterinhalt von 45 Teilen wird schrittweise versucht, dieses systematische Vorgehen grafisch darzustellen.

Schritt 1: Zwei-Behälter-Prinzip

Abbildung 48 zeigt, dass der Teilebestand bereits nach Verarbeitung von 315 Teilen negativ wird und das Zwei-Behälter-Prinzip nicht prozessfähig ist. Wäre das Zwei-Behälter-Prinzip prozessfähig, wäre eine direkte Zuführung von Teilen durch die Lagerlogistik möglich (ab 109 Teilen pro Behälter).

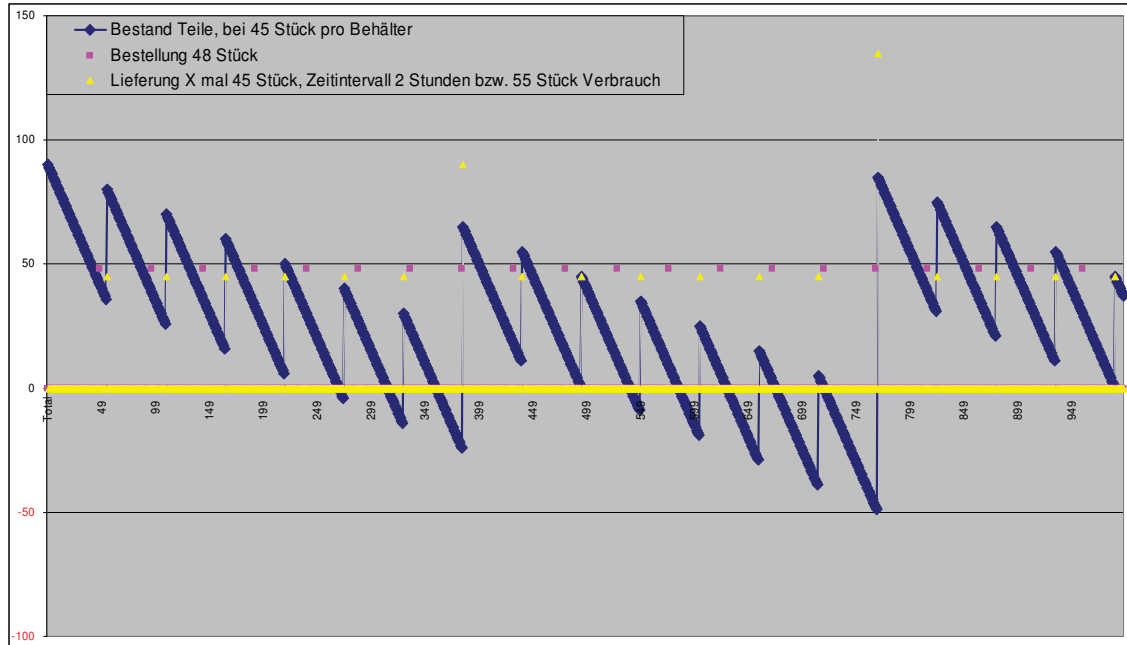


Abbildung 48: Bestandsentwicklung indirekte Teilezuführung bei $A = 48$; $n = 45$; $WBZ = 2$; $p = 27,5$; Zwei-Behälter-Prinzip

Schritt 2: Drei-Behälter-Prinzip

Abbildung 49 zeigt, dass beim Drei-Behälter-Prinzip der Teilebestand nach Verarbeitung von 767 Teilen ebenfalls negativ wird. Daher ist auch das Drei-Behälter-Prinzip für dieses Teil nicht prozessfähig und somit nicht geeignet.

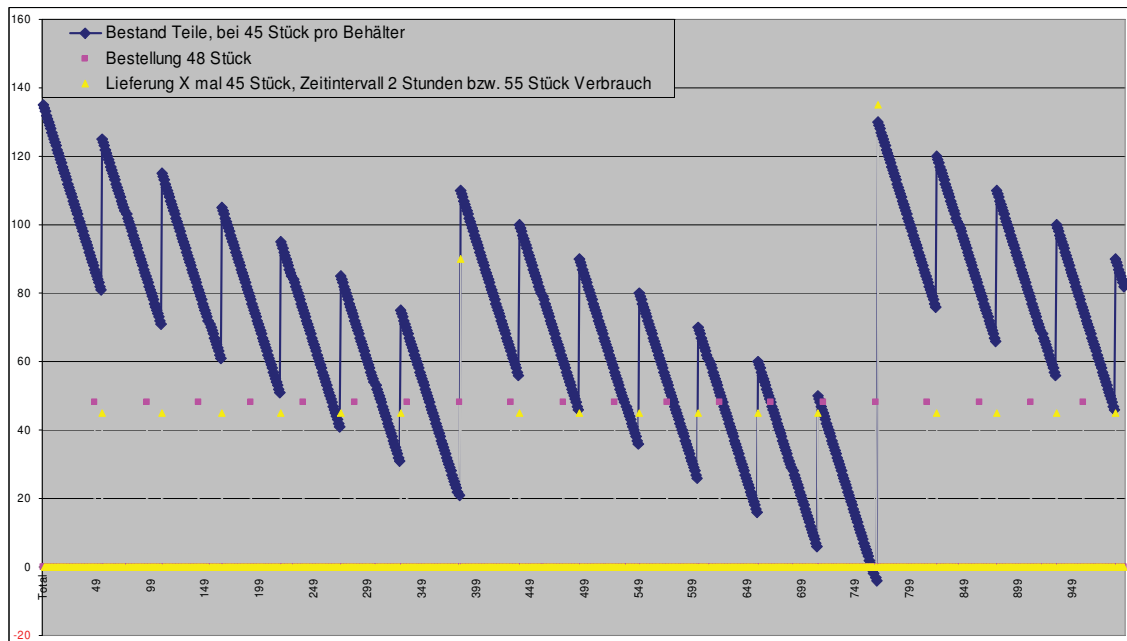


Abbildung 49: Bestandsentwicklung indirekte Teilezuführung bei $A = 48$; $n = 45$; $WBZ = 2$; $p = 27,5$; Drei-Behälter-Prinzip

Schritt 3: Vier-Behälter-Prinzip

Abbildung 50 zeigt, dass der Teilebestand an der Montage (Montage + Supermarkt) auch nach Verarbeitung von 1.000 Teilen nicht negativ wird. Auch bei Weiterverfolgung des Vier-Behälter-Prinzips bis zu einem Verbrauch von über 65.000 Teilen, wird der Bestand zu keinem Zeitpunkt negativ. Das heißt, der Prozess der indirekten Zuführung von Teilen mit einem Behälterinhalt von 45 Stück ist unter den gegebenen Parametern beim Einsatz von vier Behältern fähig.

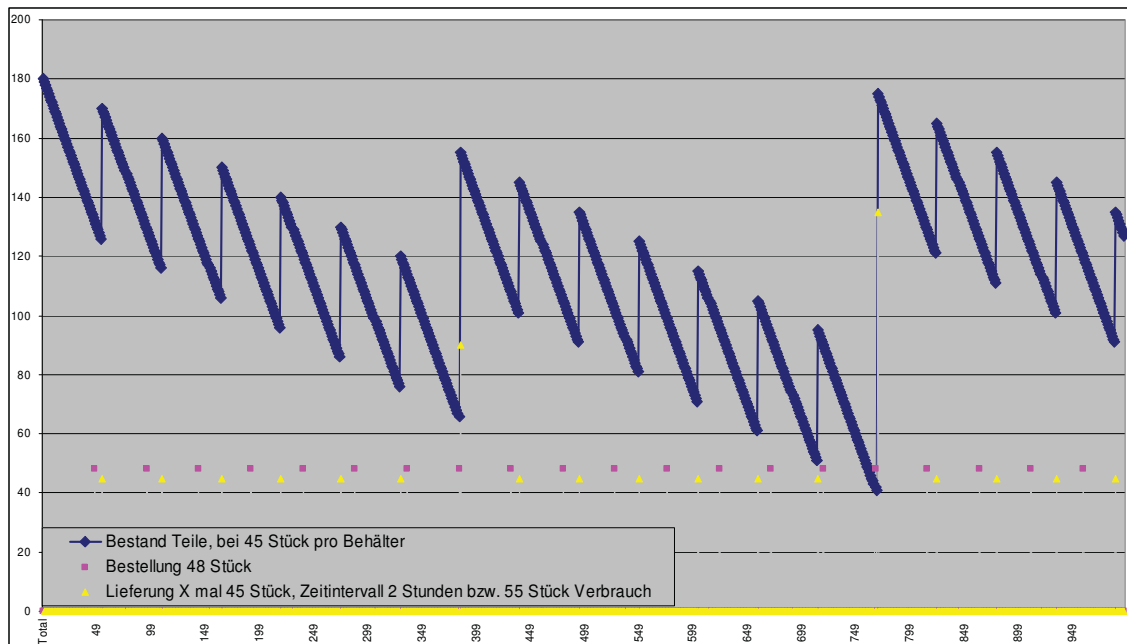


Abbildung 50: Bestandsentwicklung indirekte Teilezuführung bei $A = 48$; $n = 45$; $WBZ = 2$; $p = 27,5$; Vier-Behälter-Prinzip

Die heuristische Ermittlung der Anzahl der Behälter ist mit erheblichem Rechenaufwand verbunden und wurde entsprechend obiger Vorgangsweise für alle Teile der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 durchgeführt. Die Ergebnisse der Berechnungen sind dem Anhang b) zu entnehmen.

Wie bei der direkten Zuführung durch die Lagerlogistik (Kapitel 4.2.4) steht auch bei der indirekten Montagerversorgung die Vermeidung eines Montagestillstandes im Vordergrund. Durch die Berücksichtigung der drei erarbeiteten Unsicherheitsfaktoren (vgl. Kapitel 4.2.4.1) wird es auch bei Anwendung dieses Konzepts möglich, Schwankungen im Prozess auszugleichen. Die Berücksichtigung des Sicherheitsfaktors (c) in Höhe von zehn Prozent führt dazu, dass sich der Graph der heuristischen Lösung in Abbildung 51 etwas nach links verschiebt. Das heißt, Behälterstückzahlen welche gerade noch prozessfähig wären, werden aufgrund des Sicherheitsfaktors um einen oder mehrere Behälter erhöht.

In diesem Abschnitt wurden die Möglichkeiten und Systematiken der indirekten Teilezuführung an die Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 durch Einschub eines Supermarktes bzw. einer Unit-Logistik-Einheit mittels Trial and Error erarbeitet. Wie bereits erwähnt, ist das heuristische Vorgehen sehr genau, jedoch auch aufwändig, komplex und somit fehleranfällig und für den täglichen Gebrauch daher nur bedingt einsatzfähig.

Näherungsweise Lösung

Aufgrund der genannten Komplexität und Aufwändigkeit des heuristischen Vorgehens wurde versucht, eine möglichst einfache Berechnungsformel zu finden, welche trotz ihrer einfachen Anwendbarkeit in der Praxis nahezu die Zuverlässigkeit der beschriebenen rechnergestützten Berechnungsmethode erreicht.

Die Formel der näherungsweise Lösung der indirekten Zuführung von Teilen durch die Lagerlogistik kann aus Kapitel 4.2.4, in dem die Direktzuführung von Teilen durch die Lagerlogistik behandelt wurde, übernommen werden.

$$\text{Behälter-anzahl} = \text{aufrunden} \left[\frac{\left(\text{Liefer-intervall} + \text{Bestell-intervall} \right) * \text{Montage-leistung} * \left(1 + \text{Sicherheits-faktor} \right)}{\text{Behälterinhalt}} \right] + 1$$

Wie bereits erwähnt, ist die näherungsweise Lösung einfach und schnell zu ermitteln und für die Anwendung bei der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 der Hilti AG sehr gut geeignet. Im Vergleich zum Ergebnis des heuristischen Lösungsansatzes weichen die Ergebnisse minimal voneinander ab, was in Abbildung 51 dargestellt ist.

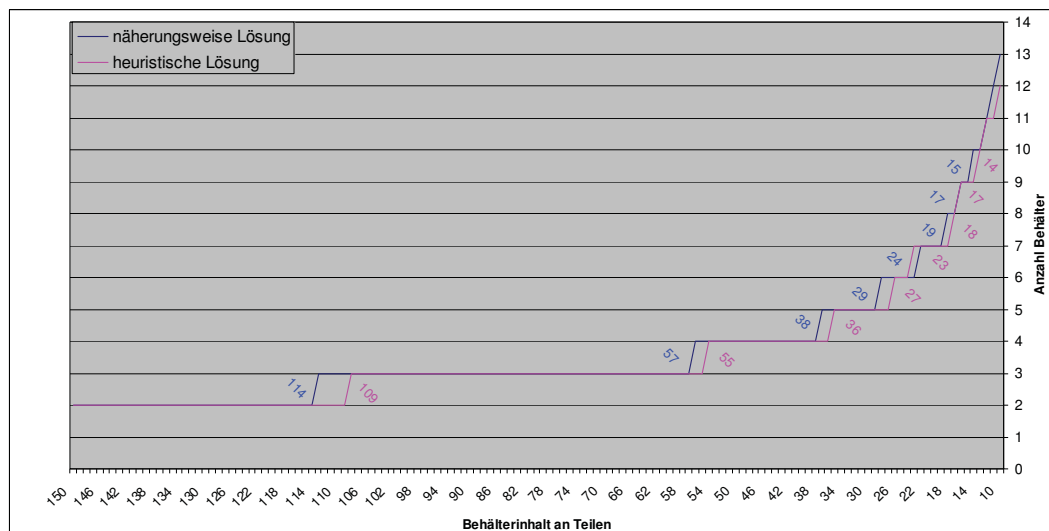


Abbildung 51: Vergleich der Ergebnisse von heuristischem und näherungsweise Ansatz

Dem Anhang b) sind sämtliche Berechnungsergebnisse hinsichtlich der Behälterauswahl für alle Teile des Schlagwerks TE1000 und TE1500 zu entnehmen.

4.2.6 Konzept 3 – Kombination

Um den Prozess der Zuführung von Teilen an die Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 möglichst effizient zu gestalten und dabei eine maximale Teileverfügbarkeit zu gewährleisten, ist eine Kombination der beiden besprochenen Versorgungskonzepte naheliegend.

Grundsätzlich ist die direkte Zuführung durch die Lagerlogistik zu bevorzugen, da es hierbei zu keinem Mengen- oder Ordnungsbruch kommt. Die Teile müssen weder aus- noch umgepackt oder anderweitig vorbehandelt werden. Ihre Reichweite ist ausreichend hoch, um durch die Lagerlogistik bedient zu werden. Das Fehlen zusätzlicher fehleranfälliger Schnittstellen reduziert den Aufwand für die Versorgung deutlich.

Jene Teile, welche nicht die Richtlinien für eine Direktzuführung durch die Lagerlogistik erfüllen, müssen jedoch den Supermarkt durchlaufen. Hierbei ist die wesentliche Erkenntnis, dass die Montage von der Lagerlogistik durch den Einschub der Unit-Logistik entkoppelt wird und damit die Versorgungssequenz der Montage deutlich erhöht werden kann. Dies führt dazu, dass der Prozess der Zuführung von Teilen mit geringen bzw. nicht abgestimmten Reichweiten beherrschbarer und fähiger wird. Von Nachteil ist, dass es an der zusätzlichen Schnittstelle zu Mengen- und Ordnungsbrüchen kommt.

Im Anhang b) dieser Arbeit ist eine Aufstellung sämtlicher verwendeter Teile der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 zu finden. Die Analyse der einzelnen Teile in Anlehnung an die Kapitel 4.2.4 und 4.2.5 ergab, dass vier der 42 Teile (inkl. Umrüstteile) dafür geeignet sind, direkt durch die Lagerlogistik zugeführt zu werden.

4.2.7 Festlegung des Artikel-Behälter-Lager-Connect

Die Bedeutung des Artikel-Behälter-Lager-Connect wurde bereits in Kapitel 3.3.4 erläutert.

Der Großteil der an der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 verarbeiteten Teile wird sowohl direkt als auch indirekt in normierten Kleinladungsträgern an der Montagelinie zur Verarbeitung bereitgestellt. Bei diesen Teilen sollte der Artikel-Behälter-Lager-Connect den Gegebenheiten der Montagelinie angepasst werden. Das heißt, jene Behälter, welche an der Referenzmontagelinie verwendet werden, sind auch für Lagerung und Transport einzusetzen.

Bei den restlichen Teilen, welche durch die Lagerlogistik an den Supermarkt zugeführt werden, einen Behältertransfer durchlaufen und im Anschluss durch den Unit-Logistiker an der Referenzmontagelinie zur Verarbeitung bereitgestellt werden, besteht noch Gestaltungsspielraum. Für mittel- und großvolumige Teile sollten möglichst große Behälter bzw. Paletten gewählt werden, um den Handlingaufwand für die Logistik sowie den Platzbedarf in Lager und Supermarkt zu minimieren. Die zusätzliche Kapitalbindung für diese Teile ist vernachlässigbar. Bei Kleinstteilen sollte der Behälterinhalt einen Wochenbedarf (ca. 2.000 Teile) nicht überschreiten. Grundsätzlich kann jedoch gesagt werden, dass die Mindestanzahl an Behältern im Supermarkt zwei Stück betragen muss. Reichen zwei Behälter für die Unterbringung des Supermarktbestandes eines bestimmten Teiles nicht aus, muss versucht werden, größere Behälter für diese Teile zu verwenden. Auf jeden Fall sollte die Anzahl der Behälter im Supermarkt möglichst gering (jedoch mindestens zwei) gehalten werden.

Der Artikel-Behälter-Lager-Connect ist für alle Teile dauerhaft festzulegen.

4.2.8 Nachträgliche Gestaltungsmöglichkeiten

Die direkte Montageversorgung durch die Lagerlogistik ist der indirekten Versorgung über den Supermarkt und den Unit-Logistiker vorzuziehen. Im Falle der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 verhindert die Vielzahl der erläuterten Einschränkungen die Direktversorgung fast sämtlicher Teile. Durch mehr oder weniger aufwändige Nachbesserungsmaßnahmen wäre es jedoch möglich, einen Großteil der Teile der Referenzmontagelinie nachträglich auf eine direkte Versorgung durch die Lagerlogistik umzustellen. Diese Maßnahmen sind nachfolgend aufgelistet.

1. Für Teile mit sehr geringen Behälterinhalten sollte an der Referenzmontagelinie vom Zwei-Behälter-Prinzip auf ein Drei- oder Mehr-Behälter-Prinzip umgestellt werden. Diese Änderung wäre mit geringem Aufwand umzusetzen und würde aufgrund der drastischen Erhöhung der Reichweite für ca. 15 % aller Teile die direkte Zuführung ermöglichen.
2. Das Bestellintervall der Referenzmontagelinie sollte verkürzt werden. Optimal wäre, wenn die Anforderung von Teilen nicht nach Fertigstellung eines Auftrages erfolgen würde, sondern zum Zeitpunkt, an dem mit der Montage des Auftrages begonnen wird. Durch diese Maßnahme könnten ca. 25 % der Behälter in der Montage (Montage + Supermarkt) eingespart werden. Weiters könnte der Grenzwert für die direkte Zuführung von Teilen im Zwei-Behälter-Prinzip durch die Lagerlogistik (momentan 109 Teile pro Behälter) deutlich gesenkt werden. Diese Änderung wäre ebenfalls mit geringem Aufwand umzusetzen. Die bedarfsgerechte Versorgung im Hinblick auf die retrograde Stücklistenabbuchung würde deutlich erleichtert.
3. Das Lieferintervall der Referenzmontagelinie sollte ebenfalls verkürzt werden. Dies hätte, wie die Verkürzung des Bestellintervalls, zur Folge, dass der Grenzwert von mindestens 109 Teilen pro Behälter für eine direkte Montageversorgung deutlich gesenkt werden könnte. Jedoch betrifft die Änderung des Lieferintervalls nicht nur die Referenzmontagelinie, sondern auch alle anderen Anlagen, welche in Zukunft durch die Lagerlogistik mittels Logistik-Zug (siehe dazu Kapitel 4.2.9.1) versorgt werden sollen. Aus diesem Grund wird zum momentanen Zeitpunkt von einer Erhöhung der Frequenz der Zuführungen durch die Lagerlogistik abgeraten. Nachdem jedoch das neue Logistikkonzept an mehreren Anlagen erfolgreich eingesetzt wurde und ordnungsgemäß funktioniert, sollte über eine Verkürzung der Lieferintervalle nachgedacht werden.
4. Die Behälterauswahl an der Referenzmontagelinie sollte überdacht werden. Speziell die Verwendung von Sonderbehältern verursacht einen erheblichen Handlingaufwand für den Unit-Logistiker zu Gunsten eines minimalen Minderaufwands in der Montage. Auch der Einsatz der Schäfer-Greifbehälter ist in Frage zu stellen. Diese enthalten in der Regel kleine Teile, welche aufgrund ihrer großen Anzahl in einem Behälter für eine direkte Zuführung durch die Lagerlogistik sehr gut geeignet wären. Diese Direktzuführung ist jedoch aufgrund des Behälterwechsels ausgeschlossen. Ein nachträglicher Behälterwechsel erscheint sehr aufwändig, da er mit konstruktiven Maßnahmen an der Referenzmontagelinie verbunden ist. Betrachtet man jedoch die voraussichtliche Nutzungsdauer der Anlage, erscheint diese Maßnahme bei einigen Teilen als durchaus sinnvoll.
5. Die Festlegung bzw. Abänderung des Artikel-Behälter-Lager-Connect aller Supermarktteile ist entsprechend den Erläuterungen des Kapitel 4.2.7 durchzuführen, um trotz schlanken Materialflusses eine möglichst hohe Effizienz der Logistik zu ermöglichen.

6. Hinsichtlich der strukturellen Einflüsse, welche in Kapitel 3.4 aufgelistet wurden, ist mittel- bis langfristig zu überlegen, ob und in welcher Form das Aufbrechen von fixen Strukturen die Gestaltung des Materialflusses in der Hilti AG positiv beeinträchtigen würde. Besonders seien hierbei erwähnt:
- Die retrograde Materialabbuchung anhand der Stückliste
 - Fehlende Möglichkeit der Rücklagerung von Teilmengen ins Lager
 - Fehlende Möglichkeit der Einlagerung eines Teiles in unterschiedlichen Lagern

4.2.9 Systemdimensionierung und Ressourcenplanung

4.2.9.1 Dimensionierung Transportsystem

Die Zuführung der Teile vom Lager zum Supermarkt sowie die direkte Zuführung von Teilen an die Montagelinie erfolgt durch die Lagerlogistik. Aufgrund der bisher fehlenden Taktung des Prozesses der Zuführung, werden aktuell noch Teile händisch bzw. größere Mengen mittels Gabelstapler oder Hubwagen in den Montagebereich verbracht. Diese Zuführungen sind nicht getaktet und nicht planbar, sie erfolgen sehr häufig und unregelmäßig. Nachdem die Zuführungsfrequenz bei der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 mit vier Mal pro Schicht festgelegt wurde, ist der Prozess der Zuführung beherrschbar und somit planbar geworden. Häufig und aufwändig durchgeführte Nachschubprozesse von einzelnen Kisten oder Kartons entfallen zu Gunsten gesammelter Zuführungen. Diese erfolgen aufgrund der räumlichen Distanz zwischen Lager und Montagebereich mit Hilfe von Transport- bzw. Lademitteln. Die Kapazität der Transportmittel ist auf den Teileverbrauch der Referenzmontagelinie innerhalb von zwei Stunden abzustimmen.

Die Berechnungen laut Anhang d) haben ergeben, dass die durchschnittliche Zuführung zwischen zwei Lieferintervallen (2 Stunden) 17 KLT und 0,65 P0-Paletten beträgt. Auf einer P0-Palette finden 16 KLT Platz. Um Schwankungen im Materialbedarf vorzubeugen, sind für die Zuführung von Teilen an die Referenzmontagelinie somit Kapazitäten im Umfang von drei P0-Paletten zur Verfügung zu stellen.

Im Prozess der Abführung sind Transportkapazitäten von zwei P1-Paletten im Zwei-Stunden-Intervall erforderlich. Zu beachten ist, dass einerseits leere Verpackungsbehälter für die montierten Schlagwerke TE1000 bzw. TE1500 an der Montagelinie bereitgestellt werden müssen und andererseits die befüllten Verpackungsbehälter wieder abtransportiert werden müssen.

Ein Gabelstapler muss im Zwei-Stunden-Intervall drei Paletten vom Lager an die Referenzmontagelinie transportieren und somit drei Mal zwischen Lager und Montagelinie hin und her fahren. Als Alternative zur Zuführung mittels Gabelstapler bietet sich, im Hinblick auf die zukünftige Versorgung mehrerer Montagelinien nach dem Vorbild der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500, die Zuführung mittels Logistik-Zug im „Milk-Run“-Prinzip an.

Der Milk-Run ist eine Sonderform des Direkttransportes auf einer festgelegten Route (in der Regel feste Zeit, feste Menge, feste Strecke) mit vorgegebenen Abholzeiten von Abholadressen und Eintreffzeiten direkt an einem Empfänger. Bei einem Milk-Run wird die Anlieferung so organisiert, dass der Bereitstell-Mitarbeiter eine definierte Auswahl von Montagearbeitsplätzen in einer festen Route anfährt, die Bereitstellkommissionen abliefert, ge-

gebenfalls Leergut einsammelt und zum Materiallager zurückkehrt.¹³⁰ Der Zuführungsprozess im Taxibetrieb wird zu einer Zuführung im Routensystem.¹³¹ Das „Milk-Run“-Prinzip ist in nachfolgender Abbildung 52 schematisch dargestellt.

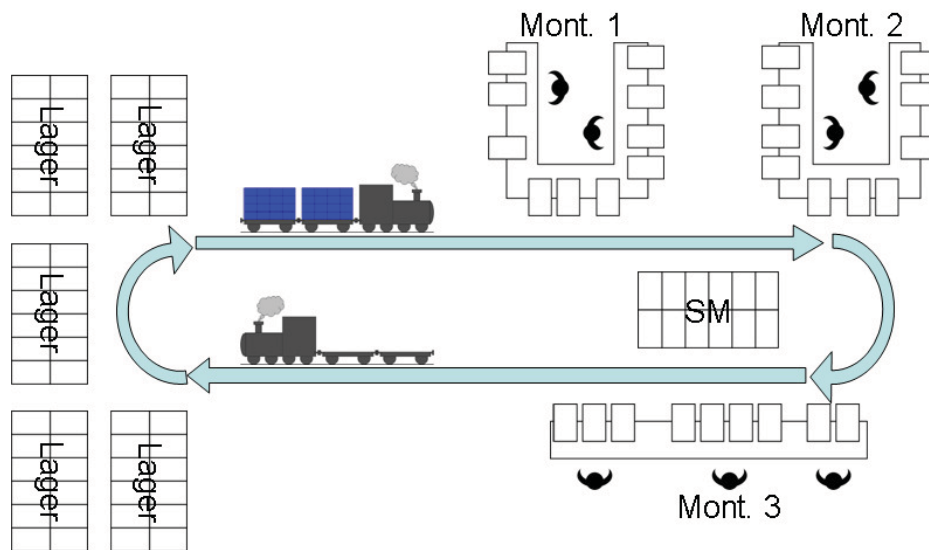


Abbildung 52: Schematische Darstellung Logistik-Zug nach dem „Milk-Run“-Prinzip¹³²

Für die Gestaltung des Logistik-Zuges gibt es eine breite Palette von technischen Lösungen. Vom Gabelstapler mit Anhänger bis zum fahrerlosen Transportsystem. Eine effiziente und relativ kostengünstige Lösung für die Hilti AG wären Niederfluranhänger, die kettenförmig an einen Hubstapler angehängt werden können. Da die neuen Lagersysteme der Hilti AG ausschließlich die Verwendung von Norm-Paletten und Norm-Behältern zulassen, sollten die Anhänger ebenfalls mit genormten Paletten sowie mit den unterschiedlichen genormten Kleinladungsträgern beladen werden können.



Abbildung 53: Beispiele für mögliche Transportsysteme¹³³

¹³⁰ Lotter, Wiendahl (2006), S. 347.

¹³¹ Vgl. Schönheit (2006), S. 50.

¹³² Grafik in Anlehnung an Lotter, Wiendahl (2006), S. 346.

¹³³ Quelle: www.jungheinrich.de und www.fronius.com

4.2.9.2 Dimensionierung Supermarkt – Grüne Zone

Im Anhang d) wurde auch auf die Dimensionierung des Supermarktes, welche bei der Hilti AG auch ‚Grüne Zone‘ genannt wird, Bezug genommen.

Die Berechnungen haben ergeben, dass von den 42 Teilen (inkl. Umrüstteile) vier Teile der Montagelinie als Palettenartikel definiert sind. Aus diesem Grund sind zwei mal vier P0-Palettenstellplätze (Zwei-Behälter-System) mit einer Grundfläche von jeweils ca. 0,50 m² (0,80 m x 0,60 m) vorzusehen, was eine Fläche von 4 m² ergibt.

38 der insgesamt 42 Teile werden in KLT-Behältern durch die Lagerlogistik zugeführt, wobei nur vier Teile direkt an die Montagelinie und die restlichen 34 an den Supermarkt zugeführt werden. Während der Anlaufphase der Montage sollten jedoch auch die vier direkt zuzuführenden Teile über den Supermarkt abgewickelt werden. Aus diesem Grund ist der Supermarkt um eine zusätzliche Regalspalte zu erweitern, welches frei wird, wenn bei den vier besagten Artikeln von indirekter auf direkte Zuführung umgestellt wird.

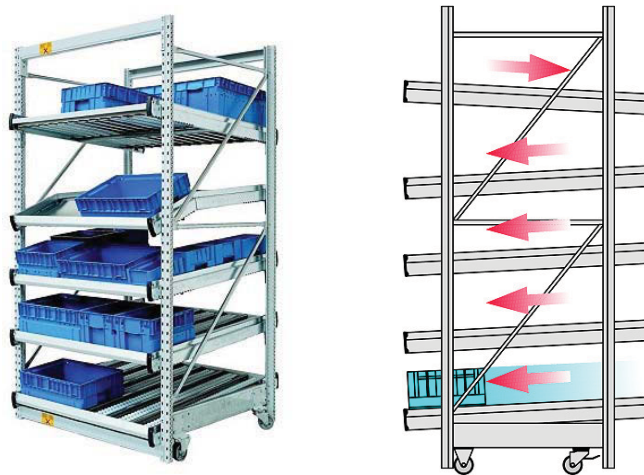


Abbildung 54: Beispiele für mögliche Supermarkt-Durchlaufregale¹³⁴

Entsprechend der Berechnungen in Anhang b) muss somit während der Einführungsphase der Supermarkt so dimensioniert sein, dass er mindestens 67 KLT des Typs 4321 aufnehmen kann. Im Detail sind 38 Regalfächer, welche bis zu sieben KLT 4321 aufnehmen können, bereitzustellen. Um die Tiefe der Regalfächer zu minimieren, sind Teile, von welchen mehr als vier Behälter im Supermarkt vorrätig gehalten werden, auf zwei oder mehr Regalfächer aufzuteilen. Daraus ergibt sich für die Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 ein Bedarf von 39 Regalfächern, welche jeweils bis zu vier KLT 4321 aufnehmen können. Wird auf die kombinierte Zuführung (direkt und indirekt) umgestellt, kann das Supermarktregal um eine Spalte reduziert werden. Ein Durchlaufregal mit vier Regalfächern und dem gewünschten Fassungsvermögen hat eine Dimension von 2,50 m x 4,10 m x 1,30 m (Höhe x Breite x Tiefe) und nimmt eine Grundfläche von ca. 5,50 m² in Anspruch.

Zusätzlich zum Bereich der indirekten Teilezuführung ist der Bereich für die Abführung der montierten Schlagwerke TE1000/TE1500 vorzusehen. Hierfür sind drei P1-Palettenstellplätze für leere Verpackungsbehälter sowie drei P1-Paletten für Verpackungsbehälter, welche bereits mit Schlagwerken gefüllt sind, vorzusehen. Die P1-Palette hat eine Dimen-

¹³⁴ Quelle: www.bitto.de

sion von 0,80 m x 1,20 m und nimmt eine Fläche von ca. 1,00 m² in Anspruch. Auch für die Abführung wurde die ermittelte Berechnungsformel für die Anzahl der benötigten Behälter aus Kapitel 4.2 angewandt. Es ergibt sich ein Flächenbedarf für den Prozess der Abführung von 6,00 m².

In Summe ergibt sich ein theoretischer Flächenbedarf der grünen Zone bzw. des Supermarkts von ca. 15,50 m². In nachfolgender Abbildung 55 ist beispielhaft die praktische Gestaltung der grünen Zone bei einem Flächenbedarf von 25 m² dargestellt. Durch eine andere Anordnung der Stellplätze ist der Platzbedarf der grünen Zone noch zu reduzieren, allerdings ist auf eine gute Zugänglichkeit der Stellplätze sowohl durch den Lagerlogistiker als auch durch den Unit-Logistiker zu achten.

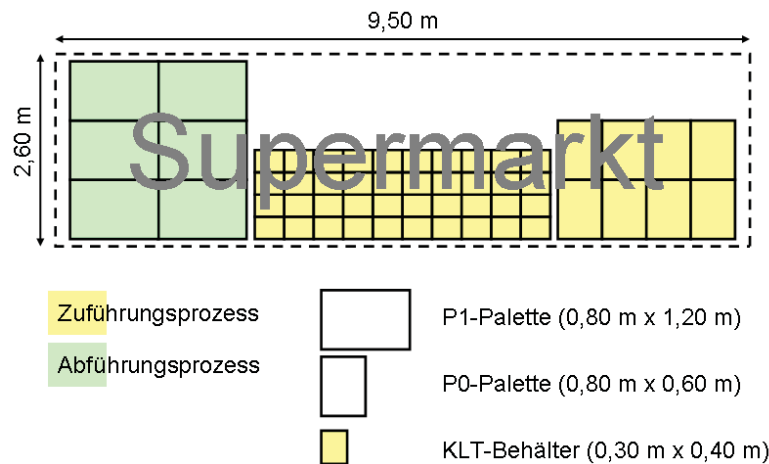


Abbildung 55: Dimensionierung Supermarkt-Bereich

4.2.9.3 Kombination von Supermarkt und Transportsystem

Eine Möglichkeit der Steigerung von Effektivität und Effizienz des gesamten Zuführungsprozesses durch die Lagerlogistik und durch die Unit-Logistik ist die Kombination der Funktionalitäten von Transportsystem und Supermarkt. Bezogen auf die Referenzmontagelinie der Hilti AG bestünde im Rahmen der Umsetzung des „Milk-Run“-Prinzips die Möglichkeit, die Anhänger des Logistik-Zuges so zu gestalten, dass sie neben der Transportfunktion auch die Funktion eines Regals übernehmen könnten. Wäre diese Umsetzung möglich, würde der Logistik-Zug im Abstand von jeweils zwei Stunden die Montagelinie anfahren, den mit Teilen gefüllten Anhänger abhängen und den bereits leeren Anhänger wieder mitnehmen. Sehr hohe Flexibilität und deutlich weniger Handlingaufwand für die zuführende Lagerlogistik wären die Folge. Die Kombination von Supermarkt und Transportsystem wären auch bei der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 umzusetzen. Gewöhnungsbedürftig erscheint, dass der gesamte Teilevorrat des Supermarktes sowie sämtliche direkt zugeführten Teile sich auf dem Zug befinden würden. Vor- und Nachteile sind abzuwägen:

- + kürzere Prozesszeiten und Verbesserte Prozessqualität da praktisch kein Handlingaufwand für Supermarktteile für die Lagerlogistik
- + Platz- bzw. Kosteneinsparung aufgrund fehlender statischer Supermarktregale
- + erhöhte Flexibilität
- zusätzlicher Platzbedarf für Anhänger-Stellplätze
- zusätzliche Investition für Anhänger und Anhängerregale

4.2.9.4 Ressourceneinsatz Unit-Logistik und Lager-Logistik

Wie aufwändig die neu zu schaffenden Unit-Logistik-Aufgaben sind und welcher zusätzliche Aufwand sich für die Lagerlogistik durch die Umschichtung sämtlicher Nicht-Montagetätigkeiten aus der Montagelinie in die Logistik-Funktionen ergibt, ist nur schwer zu quantifizieren. Gleich wie bei der Dimensionierung des Transportsystems und des Supermarktes, kann jedoch aufgrund der während einer Schicht durchschnittlich umgesetzten Paletten und Behälter grob auf die zeitliche Inanspruchnahme der Unit-Logistik und der Lagerlogistik rückgeschlossen werden.

Aufwand Unit-Logistik

Die Zuführung von Teilen aus dem Supermarkt in die Montagelinie selbst erfolgt durch die Unit-Logistik und setzt sich im Wesentlichen aus folgenden teilespezifischen Aktivitäten zusammen:

1) Transportieren – 20 Sekunden pro Montagebehälter:

Der Transportweg und somit die Transportzeit voller Behälter vom Supermarkt zur Montagelinie ist sehr uneinheitlich. Aufgrund des Aufbaus der Montagelinie sind die Nachfüllbereiche der einzelnen Teile für den Unit-Logistiker auch unterschiedlich gut zugänglich. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte wird der durchschnittliche zeitliche Aufwand für die Nachfüllung eines Behälters an der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 auf 20 Sekunden geschätzt. Wichtig ist, dass nur Teile in die Berechnung miteinbezogen werden, die indirekt zugeführt werden, da direkt zugeführte Teile für die Unit-Logistik keinen Aufwand bedeuten.

2) Transferieren

a) Umschütten – 15 Sekunden pro Montagebehälter:

Für sämtliche Teile, welche einen Behältertransfer von KLT-Behältern in Schäfer-Greifbehälter durchlaufen, geschüttet werden dürfen und keiner bestimmten Ordnung unterliegen, wird der zeitliche Aufwand für die Nachfüllung eines Montagebehälters auf 15 Sekunden geschätzt.

b) Umschichten – 60 Sekunden pro Montagebehälter:

Für Teile, welche einen Behältertransfer von KLT-Behältern in Schäfer Greifbehälter durchlaufen, jedoch aufgrund von Qualitätsaspekten nicht geschüttet werden dürfen, wird der zeitliche Aufwand für die Nachfüllung eines Behälters auf 60 Sekunden geschätzt.

c) Magazinieren – 3 Sekunden pro Teil:

Für Teile, welche einzeln und händisch in spezielle Sonderbehälter magaziniert werden müssen, wird der durchschnittliche zeitliche Aufwand für die Unit-Logistik auf 3 Sekunden pro Teil geschätzt.

3) Ölen – 30 Sekunden pro Montagebehälter:

Zu ölen Teile verursachen einen durchschnittlich geschätzten Aufwand von 30 Sekunden pro Behälter für den Unit-Logistiker.

4) Umrüsten – 30 Sekunden pro Montagebehälter:

Es ist vorgesehen, dass maximal ein Umrüstvorgang pro Schicht durchgeführt wird. Für den Austausch der Montagebehälter, welche Umrüstteile beinhalten, wird ein durchschnittlicher zeitlicher Aufwand von 30 Sekunden geschätzt.

Die detaillierten Berechnungen anhand der Stückliste des Schlaggerätes TE1500 sind dem Anhang e) zu entnehmen. In Summe ergibt sich bei der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 für die Unit-Logistik ein zeitlicher Aufwand von ca. 1,97 Stunden pro Schicht (acht Stunden). Allerdings muss beachtet werden, dass der zuständige Unit-Logistiker, obwohl er effektiv nur knapp zwei Stunden mit der Teilezuführung an der Referenzmontagelinie beschäftigt ist, er trotzdem während der gesamten Schicht von acht Stunden an der Linie verfügbar sein muss, da die einzelnen Aktivitäten (1 bis 4) in sehr unregelmäßigen Abständen durchzuführen sind.

Ergänzend wird noch empfohlen, dem Unit-Logistiker, welcher sämtliche Behältertransfers durchführen muss, im Bereich des Supermarkts einen Tisch zur Verfügung zu stellen, damit das Umfüllen von den Kleinladungsträgern in andere Behälter rasch und ergonomisch erfolgen kann.

Aufwand Lagerlogistik

Der Aufwand der Lagerlogistik ist deutlich schwerer zu beurteilen als jener der Unit-Logistik, da diese für sämtliche der Montage vor- und nachgelagerten Prozesse (Bereitstellung, Lagerung, Zuführung und Abführung) und Materialflüsse verantwortlich ist. In diesem Zusammenhang wird noch einmal erwähnt, dass die Unit-Logistik im Verantwortungsbereich der Montage liegt.

Betrachtet man nur den Zuführungsprozess, kann jedoch der zeitliche Aufwand der Lagerlogistik gleich ermittelt werden, wie dies bei der Aufwandsermittlung der Unit-Logistik gemacht wurde. Dabei setzt sich der Prozess der Zuführung von Teilen direkt an die Montagelinie bzw. indirekt an den Supermarkt aus folgenden Aktivitäten zusammen:

1) Auslagern:

a) Entnahme – 15 Sekunden pro KLT und 40 Sekunden pro Palette:

Die Entnahmezeit ist von der Leistungsfähigkeit des Regalbediengerätes abhängig. Laut Herstellerangaben beträgt die Auslagerleistung des Kleinteilelagers 240 KLT pro Stunde, was einer durchschnittlichen Entnahmezeit von 15 Sekunden pro KLT entspricht. Die Auslagerleistung des Palettenlagers beträgt 90 Paletten pro Stunde, was einer Entnahmezeit von 40 Sekunden pro Palette entspricht.

- b) Verladen – 15 Sekunden pro KLT und 60 Sekunden pro Palette:

Der zeitliche Aufwand für das Verladen der KLT-Behälter bzw. der Paletten auf den Logistikzug wird auf 15 Sekunden pro KLT bzw. 60 Sekunden pro Palette geschätzt. Hierbei ist auch ein eventueller Scan-Vorgang berücksichtigt.

2) Zuführen:

- a) Fahren – 150 Sekunden pro Fahrt:

Die durchschnittliche Fahrzeit vom Lager zur Montagelinie wird aufgrund der Größe der Montagehalle (ca. 5.000 m²) und einer Geschwindigkeit des Montagezuges von maximal 6 km/h auf durchschnittlich 150 Sekunden geschätzt.

- b) Einlagern – 20 Sekunden pro KLT und 60 Sekunden pro Palette:

Die Einlagerung von KLT-Behälter entspricht der Transport-Aktivität des Unit-Logistiklers und wird daher ebenfalls auf 20 Sekunden geschätzt. Die Einlagerung einer Palette umfasst das Abstellen der Palette im Supermarktbereich und wird auf 60 Sekunden pro Palette geschätzt. Ein eventueller Scan-Vorgang ist bei der Einlagerung sowohl bei Paletten als auch KLT-Behältern bereits berücksichtigt.

3) Abführen:

- a) Fahren – 150 Sekunden pro Fahrt:

Die Fahrzeit von der Montagelinie bzw. Supermarkt zur Sammelstelle für leere Behälter wird anhand der Größe der Montagehalle und der Maximalgeschwindigkeit auf 150 Sekunden geschätzt.

- b) Entladen – 5 Sekunden pro KLT und Palette:

Das Entladen der leeren Behälter an der Behältersammelstelle nimmt geschätzt 5 Sekunden für jeden Behälter sowie für jede Palette in Anspruch.

- c) Fahren – 150 Sekunden pro Fahrt:

Die Fahrzeit von der Behältersammelstelle zurück zum Lager wird anhand der Größe der Montagehalle und der Maximalgeschwindigkeit des Logistikzuges auf 150 Sekunden geschätzt.

Die detaillierten Berechnungen anhand der Stückliste des Schlaggerätes TE1500 sind dem Anhang f) zu entnehmen. In Summe ergibt sich für die Erledigung sämtlicher Zuführtätigkeiten für die Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 innerhalb einer Schicht von acht Stunden ein zeitlicher Aufwand von 2,03 Stunden für die Lagerlogistik. Das heißt, zwischen zwei Zuführungen mit einer Zeitspanne von zwei Stunden ist ein Lagerlogistiker über 30 Minuten mit den Zuführtätigkeiten (1 bis 3) beschäftigt.

4.2.10 to do's – Ergebnisse und Empfehlungen TE1000/TE1500

Wesentlich bei der Umsetzung des neuen Versorgungskonzeptes ist die Unterstützung der Mitarbeiter der Unit-Logistik und der Lagerlogistik während der Anlaufphase. Diese sind hauptsächlich von den Umstellungen betroffen und fühlen sich möglicherweise aufgrund der erhöhten Komplexität ihrer Tätigkeiten überfordert, was negative Auswirkung auf die Mitarbeitermotivation hat. Bezogen auf die Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 sind folgende Aktivitäten umzusetzen:

- ... Entscheidung bezüglich Auswahl eines Versorgungskonzeptes
- ... Ausführliche Information und Schulung der am Versorgungsprozess der Referenzmontagelinie beteiligten Mitarbeiter
- ... Gestaltung eines angemessen dimensionierten Supermarktbereiches
- ... Anbringung übersichtlich angebrachter Visualisierung und Erstellen verständlicher Arbeitsanweisungen
- ... Umsetzung des Artikel-Behälter-Lager-Connect und Integration dieser Systematik in das Lagerverwaltungssystem
- ... Abstimmung der Minimal- und Maximalbestände für die optimale Abstimmung des Zeitpunktes der Materialanforderung
- ... Einbindung der Lieferanten um zusätzlichen innerbetrieblichen Umpackaufwand zu vermeiden
- ... Einbindung von Kunden um durch die Erhöhung der Auftragsmenge den Handlingaufwand für die Abführung zu vermindern
- ... Erarbeitung eines Controlling-Konzepts für den unternehmensinternen Materialfluss

4.3 Umsetzung

4.3.1 Empfehlungen für die Übergangsphase TE1000/TE1500

Der Wechsel vom momentan noch praktizierten Zuführungsprozess auf die neue Systematik einer kombinierten Zuführung durch Lagerlogistik und Unit-Logistik während des laufenden Betriebes ist ohne Anlaufverluste kaum möglich. Um eine Überforderung der Mitarbeiter von Anfang an zu vermeiden, sollte daher der Wechsel auf das neue System der Zuführung in Teilschritten erfolgen. Für die Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 wird folgende Vorgehensweise empfohlen:

Im ersten Schritt müssen die Rahmenbedingungen für die Integration des neuen Versorgungskonzeptes geschaffen werden. Diese, im vorigen Abschnitt unter „to do's“ angeführten Bedingungen, sind die Basis für die Funktionsfähigkeit und somit die weitere Umsetzung des neuen Konzeptes.

Im zweiten Schritt wird die Versorgung der Montagelinie durch die Lagerlogistik und die Unit-Logistik eingeschränkt gestartet. Das heißt, während der Start-up-Phase entfällt die direkte Zuführung von Teilen an die Montagelinie durch die Lagerlogistik. Somit durchlaufen sämtliche Teile den Supermarkt. Mit diesem Schritt wird versucht, vor allem die Mitarbeiter der Lagerlogistik nicht zu überfordern, indem ihre Zuführtätigkeit vorläufig auf das Nachfüllen der Supermarktregale beschränkt ist. Zu bedenken ist, dass im ersten Schritt der Supermarkt um die zusätzlichen Behälter, welche in späterer Folge direkt an die Montagelinie zugeführt werden, größer zu dimensionieren ist.

Nachdem sich der Zuführprozess durch Lagerlogistik und Unit-Logistik über den zwischengeschalteten Supermarkt eingespielt und bewährt hat, kann im dritten Schritt die Zuführung jener Artikel, welche ursprünglich für eine Direktzuführung durch die Lagerlogistik vorgesehen waren, nun auf die direkte Zuführung umgestellt werden. Dieser letzte Schritt sollte nach ein bis zwei Monaten Vollbetrieb der Referenzmontagelinie möglich

sein. In der Folge kann nun auch der Supermarktbereich auf die optimal abgestimmten Bedürfnisse verkleinert werden.

4.3.2 Aspekte des Wandels - Change

Krüger¹³⁵ unterscheidet drei wesentliche Wandlungskordinaten. Es sind dies der Wandlungsbedarf, die Wandlungsfähigkeit und die Wandlungsbereitschaft. Bei der Integration des neuen Versorgungskonzeptes der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 verhält es sich ähnlich.

Der Wandlungsbedarf ist gegeben aufgrund des ständigen Strebens nach verbesserter Performance durch Erhöhung von Qualität und Flexibilität bei gleichzeitiger Verkürzung von Durchlaufzeiten und Kostensenkung (economies of speed and innovation).

Wandlungsbereitschaft beschreibt die Einstellung gegenüber Veränderungen. Diese Bereitschaft ist hinsichtlich sachbezogener und personeller Aspekte gegeben, da sich die Hilti AG stark um eine Unternehmenskultur bemüht, in der sowohl langjährige als auch neuere Mitarbeiter aller Ebenen in den kontinuierlichen Verbesserungsprozess miteinbezogen werden. Prozess- und Fachkenntnisse der einzelnen Mitarbeiter sollen damit optimal für das Unternehmen genutzt werden. Diese aktive Integration der Mitarbeiter in die laufenden Entscheidungsprozesse fördert in Kombination mit diversen Anreizsystemen die Bereitschaft für Veränderungen und im Rahmen dieser Veränderungen Verantwortung zu übernehmen.

¹³⁵ Vgl. Krüger (2006), S. 125 ff.

5 Standardisierte Logistik-Konzeptgestaltung

Im Rahmen der Trennung von Montage und Montageversorgung am Beispiel der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 konnte erkannt werden, dass die funktionale Trennung von Planung, Konzeption und Bau der Montage und in der Folge der Planung, Konzeption und Gestaltung der Versorgung zwar umsetzbar, jedoch nicht optimal ist. Damit die Ziele der Hilti AG erreicht werden können, reicht es jedoch nicht aus, in einem bestimmten Teilbereich herausragende Ergebnisse zu erzielen.

5.1 Rahmenbedingungen für zukünftige Systeme

Nachfolgende Abbildung 56 soll verdeutlichen, dass durch die Berücksichtigung von logistischen Aspekten bereits in der strategischen Planung der Montage der Entstehungsprozess einer funktionalen Montage inklusive effizienter Versorgung verkürzt und verbessert werden kann.

Logistik als Querschnittsfunktion (prozessorientierte Betrachtung)

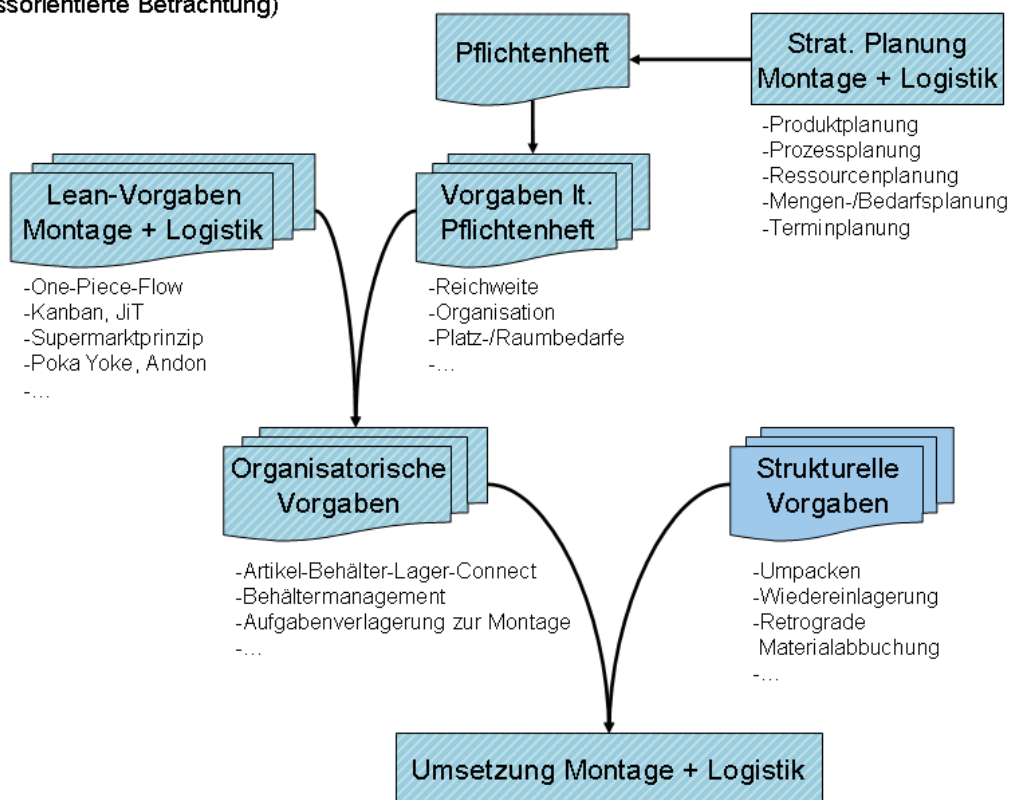


Abbildung 56: Wesentliche Planungs- und Bauphasen zukünftiger Montagelinien

Dieses Kapitel soll veranschaulichen, dass durch die Betrachtung der Logistik als Querschnittsfunktion die Montageversorgung deutlich einfacher und schneller zu gestalten ist, als dies bei der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 der Fall war, wo die Logistik nur eine Support-Funktion hatte (vgl. dazu Abbildung 40).

5.2 Detaillierte Umsetzung

Wie bereits in der Gestaltung der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 erläutert wurde, ist die direkte Zuführung der indirekten Zuführung vorzuziehen, da diese wesentlich effizienter und aufgrund fehlender zusätzlicher Schnittstellen auch weniger fehleranfällig ist. Für die Planung und Gestaltung der Teileversorgung im Rahmen der Montageplanung ergibt sich somit in nachfolgender Abbildung 57 dargestellter Zusammenhang.

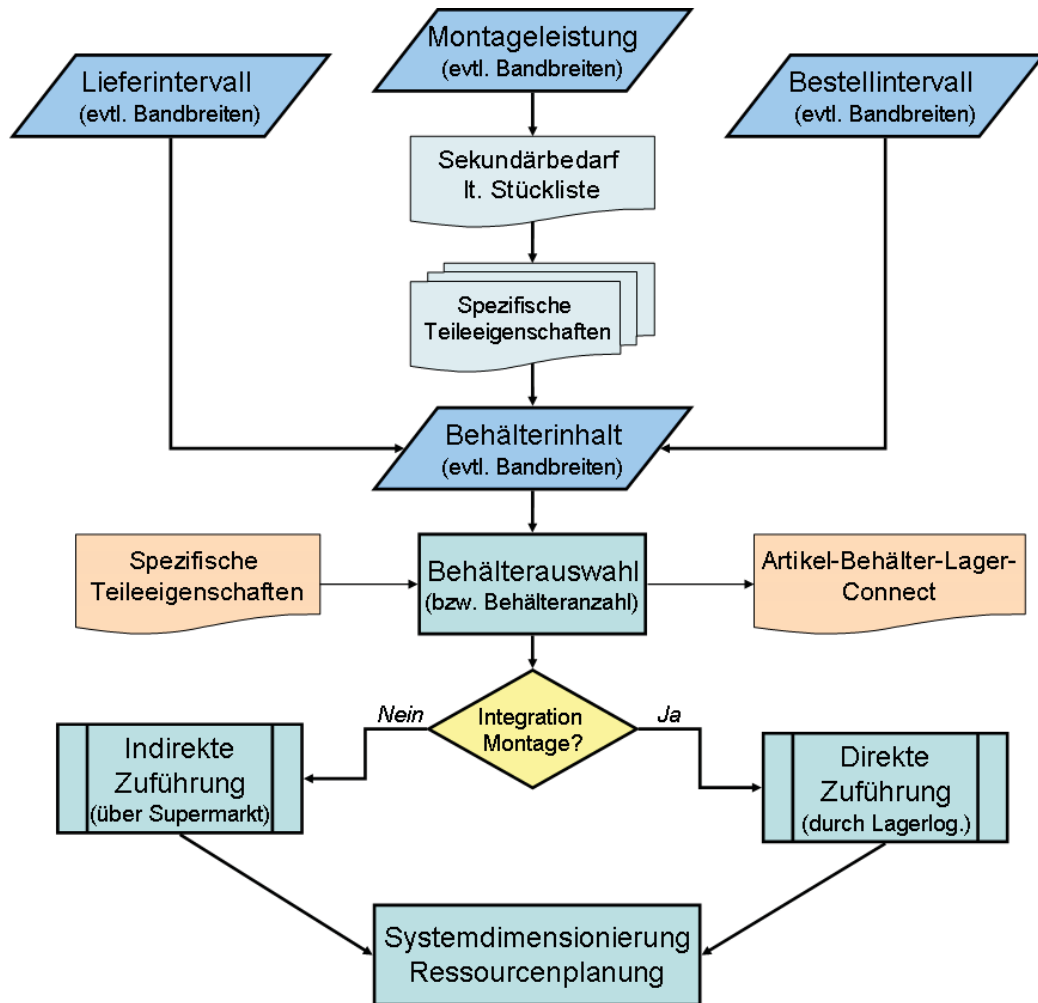


Abbildung 57: Entscheidungsfindung hinsichtlich direkter oder indirekter Zuführung von Teilen an Montage

Wesentliche Parameter für die integrierte Planung der Versorgungslogistik einer Montagelinie sind die Montageleistung, das Lieferintervall sowie das Bestellintervall. Weiters zu berücksichtigen sind Schwankungen von Liefer- und Bestellintervallen sowie schwankende Behälterinhalte (siehe Kapitel 4.2.4.1).

Aus der zu erbringenden Montageleistung kann durch die Stücklistenauflösung der Sekundärbedarf an Teilen ermittelt werden.

Nun wird anhand der in Kapitel 4 erarbeiteten Formel ermittelt, wie viele Teile in einen Behälter gepackt werden müssen, damit eine direkte Teilezuführung durch die Lagerlogistik an die Montagelinie ermöglicht wird.

$$\text{Behälteranzahl} = \text{aufrunden} \left[\frac{\left(\text{Lieferintervall} + \text{Bestellintervall} \right) * \text{Montageleistung} * \left(1 + \text{Sicherheitsfaktor} \right)}{\text{Behälterinhalt}} \right] + 1$$

bzw.

$$\text{min. Behälterinhalt} = \frac{\left(\text{Lieferintervall} + \text{Bestellintervall} \right) * \text{Montageleistung} * \left(1 + \text{Sicherheitsfaktor} \right)}{\text{Behälteranzahl} - 1}$$

In Absprache mit den Verantwortlichen für die konstruktive Gestaltung der Montagelinie und unter Berücksichtigung der teilespezifischen Merkmale wird der passende Behälter ausgewählt. Hierbei gibt es zwei Möglichkeiten. Kann die ermittelte Behälterdimension in die Montagelinie integriert werden, ist die direkte Teilezuführung durch die Lagerlogistik möglich. Ist eine Unterbringung einer ausreichenden Zahl an Teilen direkt an der Montagelinie aufgrund räumlicher Gegebenheiten, Kostenaspekten, Lean-Aspekten etc. nicht sinnvoll, ist eine indirekte Zuführung über einen Supermarkt bzw. Unit-Logistiker vorzusehen.

Nachdem für jedes Teil, welches an der Montageeinheit verbaut wird, der passende Behälter ermittelt worden ist, kann eine Systemdimensionierung bzw. eine Ressourcenplanung hinsichtlich Transportsystem, Supermarkt und Personal vorgenommen werden.

Die integrierte Betrachtung der Logistik in Kombination mit einem systematischen und standardisierten Vorgehen im Rahmen der Planung und Gestaltung von Montageeinheiten reduzieren den Planungs- und Steuerungsaufwand. Die sich ändernden Unternehmensanforderungen führen häufig zu einer Vielzahl von Prozessvarianten für vergleichbare Abläufe. Die Prozessstandardisierung verhindert diese Entwicklung und vermeidet damit eine unnötige Komplexitätssteigerung. Standardmodelle wirken somit kostenmindernd, erlösmaximierend und risikomindernd. Zu beachten ist, dass die Standardmodelle, um effizient auf geänderte Rahmenbedingungen reagieren zu können, ständig hinterfragt und angepasst werden müssen.¹³⁶

Wie diese Arbeit zeigt, sind die durchzuführenden Analysen und Berechnungen im Rahmen der standardisierten Logistik-Konzeptgestaltung durchaus umfangreich und aufwändig. Werden sie jedoch konsequent abgearbeitet und die Ergebnisse in der Montageplanung auch berücksichtigt, können nicht nur in Teilbereichen maximale Ergebnisse erzielt werden, sondern es ergibt sich ein rundes Montage-Gesamtkonzept mit integriertem Versorgungskonzept.

¹³⁶ Vgl. Figgenger, ten Hompel (2007), S. 2.

6 Konfiguration der Fertigungssteuerung

Nachdem sich die vorherigen Kapitel dieser Arbeit im Wesentlichen mit der Planung der operativen logistischen Abläufe der Hilti AG auseinandergesetzt haben, wird in diesem Kapitel auf die Fertigungssteuerung eingegangen. Die Fertigungssteuerung umfasst alle Maßnahmen, die zur Durchführung eines Auftrages im Sinne der Fertigungsplanung erforderlich sind.¹³⁷ Sie ist somit ein wesentlicher Teilbereich der Produktionsplanung und –steuerung (PPS), welcher sich speziell mit der Teilefertigung und Montage befasst.

Wie bereits erwähnt, ist es für die Erreichung der logistischen Ziele eines Unternehmens nicht ausreichend, in einem bestimmten Teilgebiet der Fertigungssteuerung herausragende Ergebnisse zu erzielen. Vielmehr ist die gesamte Fertigungssteuerung aufeinander abzustimmen und diese sollte darüber hinaus auch Vorgaben aus der Produktionsplanung sowie die Produkt- und Produktionsstruktur berücksichtigen.¹³⁸

In nachfolgender Abbildung 58 ist die Vorgehensweise bei der Konfiguration der Fertigungssteuerung skizziert. Wesentliche Aufgabenbereiche sind die Auftragsfreigabe, die Auftragsfreigabe, die Kapazitätssteuerung und die Reihenfolgebildung.

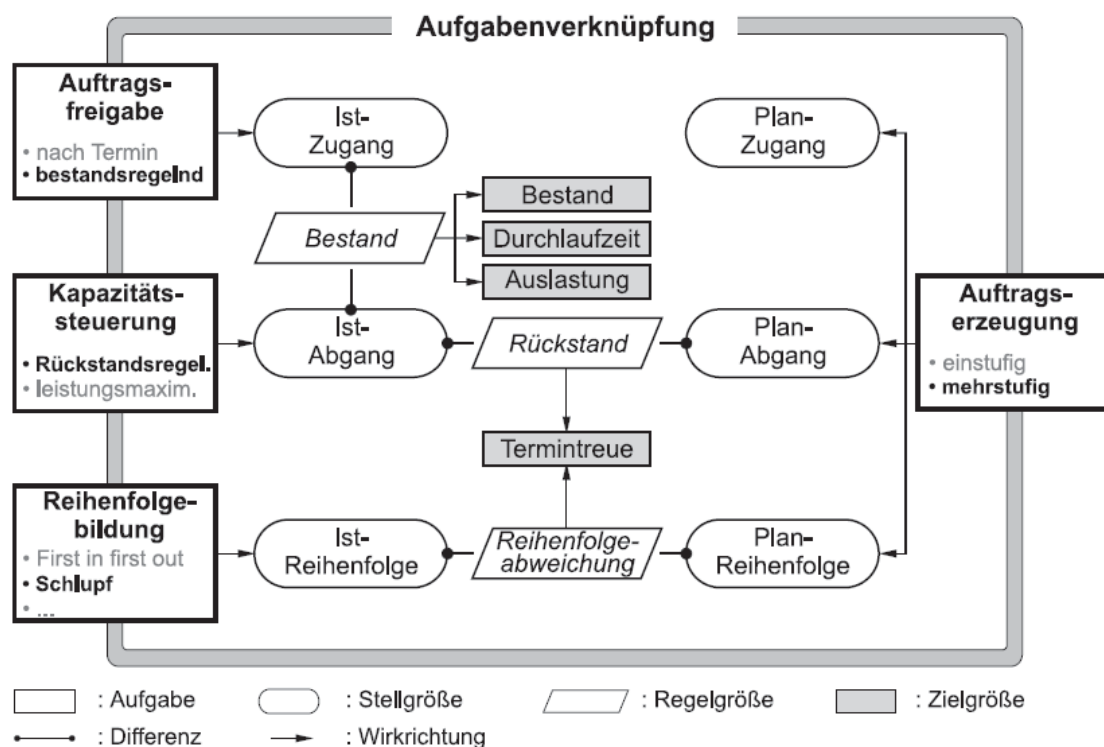


Abbildung 58: Konfiguration der Fertigungssteuerung¹³⁹

Die oben genannten Aufgabenbereiche werden in den nachfolgenden Kapiteln grundlegend erläutert. Ziel ist es, die Auswirkungen der Fertigungssteuerung der Hilti AG auf die

¹³⁷ Vgl. Fischer, Herold, Dangelmaier, Nastansky, Suhl (2002), S. 154 nach AWF/REFA (1969).

¹³⁸ Vgl. Lödding (2008), S. 529.

¹³⁹ Vgl. Lödding (2008), S. 529.

logistische Versorgung der Montageeinheiten zu beleuchten und gegebenenfalls Verbesserungsvorschläge zu erarbeiten. Wesentlicher Unterschied zur bisherigen Arbeit ist, dass anstatt einer Montagelinie nun die Montagestraßen, bestehend aus mehreren Montagelinien, zu betrachten sind. Es wird darauf hingewiesen, dass nicht auf sämtliche möglichen und unmöglichen Konzepte detailliert eingegangen werden kann, da dies weit über den Umfang dieser Arbeit hinausgehen würde. Vordergründig werden jene Konzepte erarbeitet, welche mit der Lean-Philosophie konform gehen.

6.1 Rahmenbedingungen

Das Produktangebot der Hilti AG umfasst die Produktlinien Positioniersysteme, Bohr- und Abbautechnik, Diamanttechnik, Direktbefestigung, Schraubtechnik, Dübeltechnik, Installationstechnik, Trenn- und Schleiftechnik sowie Brandschutz- und Schaumsysteme. Das Unternehmen verkauft nicht einfach ein Produkt oder eine Dienstleistung, sondern versucht die Lösung für ein spezifisches Problem anzubieten. Hierbei positioniert und behauptet sich die Hilti AG beispielsweise in der Bohr- und Abbautechnik bereits seit Jahrzehnten in einem hart umworbenen Hochqualitäts- und Hochpreissegment gegen Unternehmen wie Bosch, Makita, Hitachi, Metabo, Black&Decker, Einhell, Dewalt, AEG, Milwaukee und viele andere. Die Montage der unterschiedlichen Geräte erfolgt in kundenspezifischer Auftragsfertigung. Dadurch soll der Aufbau von Lagerbeständen an Baugruppen und fertigen Geräten weitestgehend vermieden werden.

6.2 Logistische Zielsetzung

Im Vordergrund der kundenspezifischen Auftragsfertigung der Hilti AG steht eine möglichst hohe Kundenzufriedenheit. Wunschtermin- und Liefertreue trotz kurzer Vorlaufzeiten tragen wesentlich zur Kundenzufriedenheit und Kundenbindung bei und rechtfertigen aus logistischer Sicht einen höheren Preis. Weiters wird versucht, die Kapitalbindungskosten zu minimieren. Daher werden momentan grundsätzlich nur Einzelteile auf Lager gelegt, jedoch keine Baugruppen oder Fertiggeräte. In Anlehnung an den Lean-Gedanken sind Umlaufbestände gering zu halten, um schnell und flexibel reagieren zu können und somit die logistischen Zielsetzungen entsprechend der „6 R“ zu erreichen.

6.3 Fertigungsumgebung

Die Montage erfolgt im Fließprinzip an Montagestraßen aus zwei oder mehreren Montagelinien bzw. -stationen. Auftragsgrößen variieren stark und können von einem Stück eines speziellen Gerätes bis zu einigen hundert Stück einer speziellen Baugruppe betragen. Auch die Auftragsdurchlaufzeiten schwanken zwischen wenigen Tagen bei Schnellläufern (A-Geräte) und mehreren Wochen bei Langsamdrehern (C-Geräte). Geräte, welche nur wenige Fertigungsstufen durchlaufen, haben deutlich kürzere Durchlaufzeiten als Geräte, welche eine Vielzahl serieller und paralleler Fertigungsstufen durchlaufen müssen und daher auch einem höheren Steuerungs- und Koordinationsaufwand unterliegen.

Die Wiederholungshäufigkeit ist hoch und die Variantenzahl ist beschränkt. Im Wesentlichen unterscheiden sich die Varianten in

- ... Gerätetypen (unterschiedliche Leistungsmerkmale),
- ... länderspezifischen Eigenschaften (z.B.: Netzteil, Gebrauchsanweisung, ...)

Der Materialfluss ist nicht komplex, jedoch muss beim Umrüsten eine Vielzahl von Teilen ausgetauscht werden. Aufgrund des zweistündigen Versorgungsintervalls durch die Lagerlogistik, der fehlenden Rücklagerungsmöglichkeit von Teilen in das zentrale Lager sowie der retrograden Materialanforderung nach dem Min./Max.-Prinzip, ist die Schaffung eines relativ großen Supermarktbereichs bei jeder Montaglinie zwingend erforderlich. In diesem Zusammenhang ist wichtig zu erwähnen, dass eine Überproduktion bzw. ein Vorfertigen von Baugruppen oder fertigen Geräten ohne Auftrag momentan vermieden wird, da dies neben unklaren Materialbeständen zusätzlichen Handlingaufwand und zusätzlichen Platzbedarf im Supermarkt für die unterschiedlichen Baugruppen bzw. fertigen Geräte bedeuten würde.

| Kriterium | Ausprägungen | | | | |
|------------------------------------|------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------|--------------|
| | Werkbankprinzip | Baustellenprinzip | Werkstättenprinzip | Inselprinzip | Fließprinzip |
| Fertigungsprinzip | Werkbankprinzip | Baustellenprinzip | Werkstättenprinzip | Inselprinzip | Fließprinzip |
| Fertigungsart | Einmalfertigung | Einzel- und Kleinserienfertigung | Serienfertigung | Massenfertigung | |
| Teilefluss | Chargenfertigung | Losweiser Transport | Überlappte Fertigung | One-Piece-Flow | |
| Variantenanzahl | Sehr niedrig | Niedrig | Mittel | Hoch | Sehr hoch |
| Materialflusskomplexität | Sehr niedrig | Niedrig | Mittel | Hoch | Sehr hoch |
| Schwankungen des Kapazitätsbedarfs | Sehr niedrig | Niedrig | Mittel | Hoch | Sehr hoch |
| Kapazitätsflexibilität | Sehr niedrig | Niedrig | Mittel | Hoch | Sehr hoch |
| Belastungsflexibilität | Sehr niedrig | Niedrig | Mittel | Hoch | Sehr hoch |

Abbildung 59: Steuerungsrelevante Fertigungsmerkmale der Hilti AG¹⁴⁰

¹⁴⁰ Vgl. Lödding (2008), S. 544 ff.

6.4 Produktionsplanung

Wesentliche Schnittstelle der Produktionsplanung zur Fertigungssteuerung ist die Bestimmung der Liefertermine.

6.5 Auftragserzeugung

Trifft ein Kundenauftrag bei der Hilti AG ein, wird dieser direkt in einen Fertigungsauftrag umgewandelt. Plan-Zugang, Plan-Abgang und die geplante Reihenfolge werden mit Rücksicht auf den Kundenauftrag festgelegt. Der Plan-Zugang entspricht dem Auftragseingang und der Plan-Abgang entspricht dem zugesagten Liefertermin, welcher primär eingehalten werden sollte. Die Reihenfolge der Abarbeitung der Fertigungsaufträge ist jedoch nicht fix und kann im weiteren Vorgehen noch übersteuert werden.

Bei der Auftragserzeugung sind die drei Klassifizierungsmerkmale Auslösungsart, Erzeugungsumfang und Auslösungslogik zu unterscheiden:¹⁴¹

Bei der Hilti AG erfolgt eine Auftragsauslösung ausschließlich nach Eingang des Kundenauftrages. Um den Lagerbestand an Halb- und Fertigerzeugnisse im Sinne der Lean-Philosophie möglichst gering zu halten, werden keine Aufträge auf Lager gefertigt.

Der Erzeugungsumfang bei Eingang eines Kundenauftrages ist mehrstufig. Das heißt, eingehende Aufträge erzeugen wiederum interne Aufträge über mehrere Stücklistenstufen hinweg.

Die Auslöselogik ist unterschiedlich. In der Regel erfolgt die Auslösung von Aufträgen sofort.

6.6 Auftragsfreigabe

Durch die Auftragsfreigabe erhält die Montage die Erlaubnis, einen Auftrag zu bearbeiten, und eine Materialreservierung wird vorgenommen. Es werden die drei Klassifizierungsmerkmale Kriterium, Detaillierungsgrad und Auslösungslogik unterschieden:¹⁴²

Die Freigabe des Kundenauftrages erfolgt sofort nach Einlangen des Kundenauftrages und ohne weitere Kriterien.

Der Detaillierungsgrad ist niedrig einzustufen, das heißt, wird ein Auftrag freigegeben, so gilt diese Freigabe für alle zu durchlaufenden Arbeitssysteme. Diese Art der Auftragsfreigabe wird auch als zentrale Bestandsregelung bezeichnet.

Die Auslösungslogik beruht auf folgender Systematik: Ausgehend vom zugesagten Fertigstellungstermin eines Auftrages wird rechnergestützt eine Rückwärtsterminierung der Stücklistenstufen vorgenommen, um den spätesten Starttermin für die Montage der unterschiedlichen Fertigungsstufen für die benötigten Baugruppen und abschließend des fertigen Gerätes zu ermitteln. In der Folge werden die Montageaufträge an den unterschiedlichen Arbeitssystemen automatisch und entsprechend den retrograd berechneten Plan-Startterminen freigegeben. Ist das zu fertigende Gerät einfach gestaltet und durchläuft es nur wenige in Serie geschaltete Arbeitssysteme, funktioniert diese Systematik in der Regel

¹⁴¹ Vgl. Lödding (2008), S. 134 ff.

¹⁴² Vgl. Lödding (2008), S. 298 ff.

gut. Problematisch ist jedoch die Fertigung von Geräten, welche aus einer Vielzahl von Baugruppen bestehen, welche wiederum aus anderen Baugruppen bestehen usw. Eine Störung während des Fertigungsprozesses oder der Einschub eines dringenden Auftrages mit hoher Priorität hat zur Konsequenz, dass vom rechnergestützten Planungsmodul Aufträge freigegeben werden, für welche die benötigten Baugruppen noch gar nicht montiert wurden.

6.7 Kapazitätssteuerung

Ziel der Kapazitätssteuerung ist es, die Ist-Kapazität so anzupassen, dass die freigegebenen Fertigungsaufträge termingerecht abgearbeitet werden können. Personelle und maschinelle Kapazitätsanpassungen werden bei der Hilti AG von den Meistern und Fertigungsleitern durchgeführt.

Um auch in konjunkturellen Hochphasen ausreichend personelle Kapazitäten zur Verfügung zu haben, bedient sich dabei die Hilti AG einer Vielzahl von Ausgleichsmaßnahmen. Flexible Arbeitszeitregelungen (Überstunden, Wochenendbetrieb, Zeitausgleich, Mehrschichtbetrieb etc.), Ausbildung der Mitarbeiter an mehreren Arbeitssystemen (Mehrfachqualifikation durch job-rotation) sowie die Beschäftigung von Leiharbeitern ermöglicht es, Belastungsschwankungen gut auszugleichen. Hinsichtlich der Anlagenkapazitäten kommt es in der Regel bei der Hilti AG nicht zu Engpässen. Passiert dies doch, kann jedoch nur schwer kurzfristig reagiert werden. Nachfolgende Abbildung 60 stellt die wesentlichen Strategien zur Kapazitätsanpassung dar.

| Strategien zur Kapazitätsanpassung | | |
|---|---|--|
| Organisatorisch | Personell | Technisch |
| <ul style="list-style-type: none"> • Veränderung der Schichtzahl • Samstags-/Sonntagsarbeit • Variation der Arbeitszeit • Zeitweise Stilllegung der Anlage • Fertigwarenlager • Produkt-/typenflexible Montage • Ein-/Ausgliederung von Vormontage • Fremdvergabe der Montage | <ul style="list-style-type: none"> • Veränderung der Mitarbeiterzahl • Einsatz von Springerpersonal | <ul style="list-style-type: none"> • Veränderung des Automatisierungsgrades • Betriebsmittel-/Arbeitsplatzüberkapazität • Haupt- und Nebensystemgestaltung • Duplizierung der Montageanlage • Stufenweiser Aus-/Rückbau der Anlage • Automatisierung des Materialflusses |

Abbildung 60: Strategien zur Kapazitätsanpassung¹⁴³

Die Bestandsregelung erfolgt dezentral. Nach Abarbeitung des Auftrages erfolgt beim Unterschreiten einer Mindestmenge eine Materialanforderung durch das jeweilige Arbeitssystem (siehe Abbildung 61 und Kapitel 3.1 – retrograde Stücklistenabbuchung). Es wird we-

¹⁴³ Vgl. Grünz, Nave (2003/2004), S. 103, in Anlehnung an Krüger (1999), S. 8.

der ein arbeitsspezifischer Belastungsabgleich noch eine arbeitsspezifische Bestandsregelung durchgeführt. Dieser zusätzliche Aufwand ist angesichts folgender Gegebenheiten bei der Hilti AG nicht erforderlich:¹⁴⁴

- Die gleichmäßige Auslastung einzelner Arbeitssysteme ist kein primäres Ziel.
- Die Belastungsflexibilität ist gering, da es kaum Lieferterminverschiebungen gibt.
- Die Kapazitätsflexibilität reicht aus, um Belastungsschwankungen zu kompensieren.

6.8 Reihenfolgebildung

Grundsätzlich wird von der Montageleitung eine Wochen-Grobplanung bzw. Auftragsreihung vorgenommen. Die Feinplanung und Einsteuerung der Montageaufträge erfolgt durch die zuständigen Meister täglich.

In erster Linie erfolgt eine liefertreueorientierte Reihenfolgebildung. Dabei werden die freigegebenen Fertigungsaufträge nach dem frühesten Plan-Endtermin gereiht.

In zweiter Linie wird eine leistungsorientierte Reihenfolgebildung durchgeführt. Das heißt, nach der Reihung entsprechend dem frühesten Plan-Endtermin wird eine rüstzeitoptimierte Reihung vorgenommen.

Zu beachten ist wiederum, dass Aufträge mit hoher Priorität jederzeit einlangen können und flexibel in die Produktion aufgenommen werden müssen.

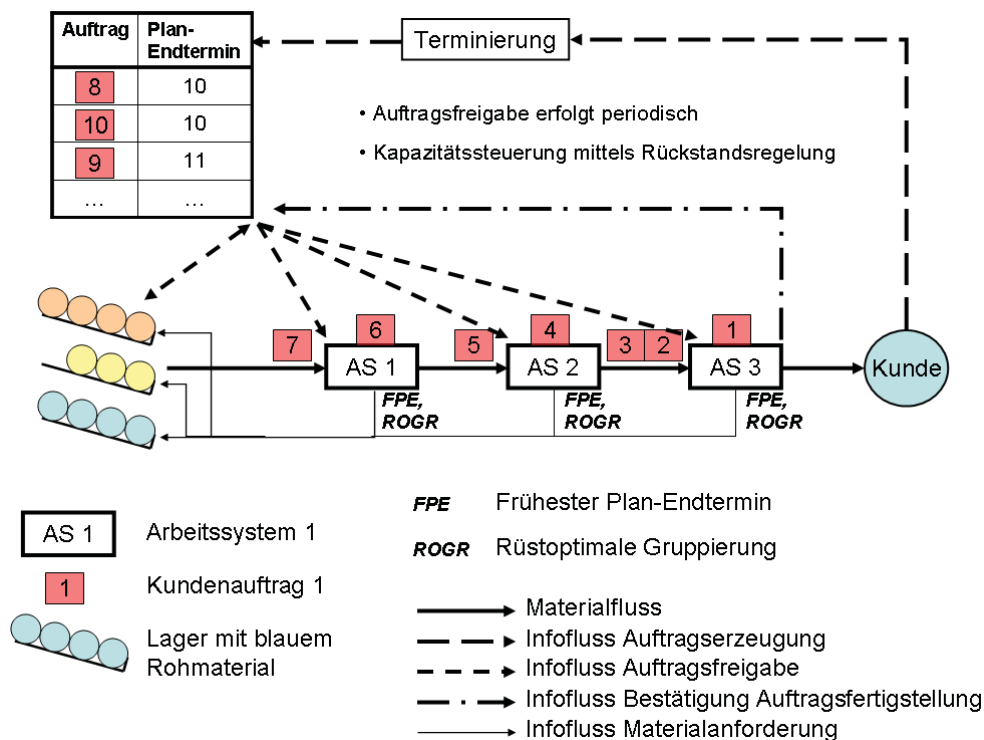


Abbildung 61: Konfiguration der Fertigungssteuerung der Hilti AG¹⁴⁵

¹⁴⁴ Vgl. Lödging (2008), S. 558.

6.9 Lean-Lösungsansatz Heijunka

Wie bereits in Kapitel 2.1.2.2 kurz erläutert wurde, versteht man unter dem Begriff Heijunka die Nivellierung bzw. Glättung ungleichmäßig auftretender Bedarfe im Bereich der Produktionsplanung und –steuerung. Ziel ist ein kontinuierlicher und möglichst schlanker Materialfluss sowie die Vermeidung des Peitscheneffektes (bullwhip effect¹⁴⁶).¹⁴⁷

Bei der Hilti AG ist die Produktionssteuerung bei unterschiedlichen Arbeitssystemen vielfach unterschiedlich organisiert. Das Einsteuern von Kundenaufträgen in die Produktion erfolgt nicht nach einem vorgegebenen Schema, sondern in der Regel nach Ermessen des zuständigen Leiters der Produktionsstraße. Wesentliche Entscheidungsparameter für die Priorität eines Auftrages sind der Kundenwunschtermin und der Rüst- bzw. Umrüstaufwand.

Anhand eines einfachen Beispiels soll nachfolgend die Funktionalität von Heijunka erläutert werden. Anschließend an das Beispiel ist zu überlegen, wie der Heijunka-Ansatz zur Nivellierung der Produktionsplanung und –steuerung in der Hilti AG brauchbar umgesetzt werden kann.

6.9.1 Heijunka: Praxisbeispiel zur Produktionsnivellierung¹⁴⁸

An einer Montagelinie wird acht Stunden pro Tag, fünf Tage pro Woche und 20 Tage pro Monat gearbeitet. Sowohl die Fertigung eines Produktes, als auch der Umrüstvorgang nimmt 30 Minuten in Anspruch.

Der durchschnittliche monatliche Bedarf an den unterschiedlichen Produkten in Stück beträgt wie folgt:

| Rot | Orange | Gelb | Grün | Hellblau | Indigo | Violett | Gesamt | Umrüsten |
|-----|--------|------|------|----------|--------|---------|--------|----------|
| 20 | 100 | 30 | 10 | 6 | 40 | 60 | 266 | 7 |

Bei traditioneller Planung werden Aufträge für gleiche Produkte zusammengefasst, um die vorhandenen Ressourcen möglichst effizient zu nutzen. Weiters ist es üblich, die größten Positionen als erstes zu bearbeiten, weil davon ausgegangen wird, dass die größten Aufträge auch die wichtigsten für das Unternehmen sind. Daher würden die Produktionsaufträge wie in nachfolgender Abbildung 62 grafisch dargestellt eingesteuert und abgearbeitet.

¹⁴⁵ Vgl. Lödding (2008), S. 544 ff.

¹⁴⁶ Der Bullwhip-Effekt, oder auch Peitscheneffekt genannt, basiert auf Nachfrageschwankungen in Lieferketten. Diese Schwankungen steigen umso stärker an bzw. schaukeln sich auf, je weiter ein Unternehmen in der Lieferkette vom Endverbraucher entfernt ist.

¹⁴⁷ Vgl. Dickmann (2007), S. 9.

¹⁴⁸ Beispiel in Anlehnung an Becker (2006) S. 298 ff. und <http://chohmann.free.fr/>

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | | 16 | 32 | 48 | 64 | 80 | 96 | 11 | 27 | 43 | 59 | 14 | 30 | 5 | 21 | 6 | 1 | 6 | | |
| 2 | 1 | 17 | 33 | 49 | 65 | 81 | 97 | 12 | 28 | 44 | 60 | 15 | 31 | 6 | 22 | 7 | 2 | | | |
| 3 | 2 | 18 | 34 | 50 | 66 | 82 | 98 | 13 | 29 | 45 | | 16 | 32 | 7 | 23 | 8 | 3 | | | |
| 4 | 3 | 19 | 35 | 51 | 67 | 83 | 99 | 14 | 30 | 46 | 1 | 17 | 33 | 8 | 24 | 9 | 4 | | | |
| 5 | 4 | 20 | 36 | 52 | 68 | 84 | 100 | 15 | 31 | 47 | 2 | 18 | 34 | 9 | 25 | 10 | 5 | | | |
| 6 | 5 | 21 | 37 | 53 | 69 | 85 | | 16 | 32 | 48 | 3 | 19 | 35 | 10 | 26 | 11 | 6 | | | |
| 7 | 6 | 22 | 38 | 54 | 70 | 86 | 1 | 17 | 33 | 49 | 4 | 20 | 36 | 11 | 27 | 12 | 7 | | | |
| 8 | 7 | 23 | 39 | 55 | 71 | 87 | 2 | 18 | 34 | 50 | 5 | 21 | 37 | 12 | 28 | 13 | 8 | | | |
| 9 | 8 | 24 | 40 | 56 | 72 | 88 | 3 | 19 | 35 | 51 | 6 | 22 | 38 | 13 | 29 | 14 | 9 | | | |
| 10 | 9 | 25 | 41 | 57 | 73 | 89 | 4 | 20 | 36 | 52 | 7 | 23 | 39 | 14 | 30 | 15 | 10 | | | |
| 11 | 10 | 26 | 42 | 58 | 74 | 90 | 5 | 21 | 37 | 53 | 8 | 24 | 40 | 15 | | 16 | | | | |
| 12 | 11 | 27 | 43 | 59 | 75 | 91 | 6 | 22 | 38 | 54 | 9 | 25 | | 16 | 1 | 17 | 1 | | | |
| 13 | 12 | 28 | 44 | 60 | 76 | 92 | 7 | 23 | 39 | 55 | 10 | 26 | 1 | 17 | 2 | 18 | 2 | | | |
| 14 | 13 | 29 | 45 | 61 | 77 | 93 | 8 | 24 | 40 | 56 | 11 | 27 | 2 | 18 | 3 | 19 | 3 | | | |
| 15 | 14 | 30 | 46 | 62 | 78 | 94 | 9 | 25 | 41 | 57 | 12 | 28 | 3 | 19 | 4 | 20 | 4 | | | |
| 16 | 15 | 31 | 47 | 63 | 79 | 95 | 10 | 26 | 42 | 58 | 13 | 29 | 4 | 20 | 5 | | 5 | | | |



Abbildung 62: Traditionelle Produktionsplanung und -steuerung

Die traditionelle Vorgehensweise hat ihre Berechtigung aufgrund des sehr effizienten Ressourceneinsatzes. Jedoch ergeben sich für Produkte, welche nur in geringen Mengen bestellt werden, sehr lange Wartezeiten für die Kunden. So müsste ein Kunde, der zu Beginn des Monats von jedem Produkt ein Stück bestellt hat, mindestens 17 Tage warten, bis sein Auftrag erfüllt werden könnte. Auch wird beim Einlangen einer dringenden Bestellung, welche vorgezogen werden muss, die gesamte Planung umgestellt. Zusätzliche ungeplante Umrüstvorgänge sind erforderlich und zugesagte Liefertermine können nicht eingehalten werden und müssen verschoben werden. Alles in allem eine unzufriedenstellende Situation.

Um die Lieferfähigkeit zu erhöhen bzw. die Lieferzeiten zu verkürzen, ist eine deutliche Verbesserung zu erzielen, indem die Reihenfolge der nach deren Größe abzuarbeitenden Aufträge umgekehrt wird. Das heißt, es werden die kleinen Aufträge vorgezogen, während die größten Aufträge zu letzt abgearbeitet werden, wie dies in nachfolgender Abbildung 63 grafisch dargestellt ist.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|
| 1 | | 9 | 14 | 9 | 25 | 10 | 26 | 1 | 17 | 33 | 49 | 4 | 20 | 36 | 52 | 68 | 84 | 100 | | |
| 2 | 1 | 10 | 15 | 10 | 26 | 11 | 27 | 2 | 18 | 34 | 50 | 5 | 21 | 37 | 53 | 69 | 85 | | | |
| 3 | 2 | | 16 | 11 | 27 | 12 | 28 | 3 | 19 | 35 | 51 | 6 | 22 | 38 | 54 | 70 | 86 | | | |
| 4 | 3 | 1 | 17 | 12 | 28 | 13 | 29 | 4 | 20 | 36 | 52 | 7 | 23 | 39 | 55 | 71 | 87 | | | |
| 5 | 4 | 2 | 18 | 13 | 29 | 14 | 30 | 5 | 21 | 37 | 53 | 8 | 24 | 40 | 56 | 72 | 88 | | | |
| 6 | 5 | 3 | 19 | 14 | 30 | 15 | 31 | 6 | 22 | 38 | 54 | 9 | 25 | 41 | 57 | 73 | 89 | | | |
| 7 | 6 | 4 | 20 | 15 | | 16 | 32 | 7 | 23 | 39 | 55 | 10 | 26 | 42 | 58 | 74 | 90 | | | |
| 8 | | 5 | | 16 | 1 | 17 | 33 | 8 | 24 | 40 | 56 | 11 | 27 | 43 | 59 | 75 | 91 | | | |
| 9 | 1 | 6 | 1 | 17 | 2 | 18 | 34 | 9 | 25 | 41 | 57 | 12 | 28 | 44 | 60 | 76 | 92 | | | |
| 10 | 2 | 7 | 2 | 18 | 3 | 19 | 35 | 10 | 26 | 42 | 58 | 13 | 29 | 45 | 61 | 77 | 93 | | | |
| 11 | 3 | 8 | 3 | 19 | 4 | 20 | 36 | 11 | 27 | 43 | 59 | 14 | 30 | 46 | 62 | 78 | 94 | | | |
| 12 | 4 | 9 | 4 | 20 | 5 | 21 | 37 | 12 | 28 | 44 | 60 | 15 | 31 | 47 | 63 | 79 | 95 | | | |
| 13 | 5 | 10 | 5 | 21 | 6 | 22 | 38 | 13 | 29 | 45 | | 16 | 32 | 48 | 64 | 80 | 96 | | | |
| 14 | 6 | 11 | 6 | 22 | 7 | 23 | 39 | 14 | 30 | 46 | 1 | 17 | 33 | 49 | 65 | 81 | 97 | | | |
| 15 | 7 | 12 | 7 | 23 | 8 | 24 | 40 | 15 | 31 | 47 | 2 | 18 | 34 | 50 | 66 | 82 | 98 | | | |
| 16 | 8 | 13 | 8 | 24 | 9 | 25 | | 16 | 32 | 48 | 3 | 19 | 35 | 51 | 67 | 83 | 99 | | | |



Abbildung 63: Traditionelle Produktionsplanung und –steuerung mit umgekehrter Reihenfolge

Durch die Änderung der Reihenfolge müsste ein Kunde, der zu Beginn des Monats von jedem Produkt ein Stück bestellt hat, mindestens elf Tage warten, bis sein Auftrag vollständig abgearbeitet wurde. Somit würde sich die Lieferzeit bei gleichbleibendem Ressourceneinsatz im Vergleich zur ursprünglichen Vorgehensweise deutlich verkürzen. Dringende Bestellungen erfordern jedoch nach wie vor eine Verschiebung der gesamten Monatsplanung.

Die Grundlage für die Umsetzung von Heijunka im Sinne der Lean-Philosophie erfolgt in nachfolgender Auflistung. Dabei wird die Monatsplanung in eine Wochenplanung aufgliedert. Da nur ganze Produkte gefertigt werden können, werden die Stückzahlen abgerundet.

| | Rot | Orange | Gelb | Grün | Hellblau | Indigo | Violett | Gesamt | Umrüsten |
|-------------------------|-----|--------|------|------|----------|--------|---------|--------|----------|
| Monat | 20 | 100 | 30 | 10 | 6 | 40 | 60 | 266 | 28 |
| Woche abgerundet | 5 | 25 | 7 | 2 | 1 | 10 | 15 | | |
| erste 3 Wochen | 15 | 75 | 21 | 6 | 3 | 30 | 45 | | |
| letzte Woche | 5 | 25 | 9 | 4 | 3 | 10 | 15 | | |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 1 | | 5 | 2 | 2 | 18 | | 12 | 17 | 27 | 43 | | 19 | 32 | 52 | 68 | | 22 | 37 | 57 | 87 |
| 2 | 1 | 6 | 3 | 3 | 19 | 2 | 13 | 18 | 28 | 44 | 3 | 20 | 33 | 53 | 69 | 4 | 23 | 38 | 58 | 88 |
| 3 | | 7 | 4 | 4 | 20 | | 14 | 19 | 29 | 45 | | 21 | 34 | 54 | 70 | 5 | 24 | 39 | 59 | 89 |
| 4 | 1 | | 5 | 5 | 21 | 3 | | 20 | 30 | 46 | 5 | | 35 | 55 | 71 | 6 | 25 | 40 | 60 | 90 |
| 5 | 2 | 1 | 6 | 6 | 22 | 4 | 11 | 21 | 31 | 47 | 6 | 21 | 36 | 56 | 72 | | 26 | | | 91 |
| 6 | | 2 | 7 | 7 | 23 | | 12 | 22 | 32 | 48 | | 22 | 37 | 57 | 73 | 7 | 27 | 46 | 76 | 92 |
| 7 | 1 | 3 | 8 | 8 | 24 | 6 | 13 | 23 | 33 | 49 | 11 | 23 | 38 | 58 | 74 | 8 | 28 | 47 | 77 | 93 |
| 8 | 2 | 4 | 9 | 9 | 25 | 7 | 14 | 24 | 34 | 50 | 12 | 24 | 39 | 59 | 75 | 9 | 29 | 48 | 78 | 94 |
| 9 | 3 | 5 | 10 | 10 | | 8 | 15 | 25 | 35 | | 13 | 25 | 40 | 60 | | 10 | 30 | 49 | 79 | 95 |
| 10 | 4 | 6 | 11 | 11 | | 9 | 16 | 26 | 36 | | 14 | 26 | 41 | 61 | | | | 50 | 80 | 96 |
| 11 | 5 | 7 | 12 | 12 | | 10 | 17 | 27 | 37 | | 15 | 27 | 42 | 62 | | 16 | 31 | 51 | 81 | 97 |
| 12 | | 8 | 13 | 13 | | | 18 | 28 | 38 | | | 28 | 43 | 63 | | 17 | 32 | 52 | 82 | 98 |
| 13 | 1 | 9 | 14 | 14 | | 8 | 19 | 29 | 39 | | 15 | 29 | 44 | 64 | | 18 | 33 | 53 | 83 | 99 |
| 14 | 2 | 10 | 15 | 15 | | 9 | 20 | 30 | 40 | | 16 | 30 | 45 | 65 | | 19 | 34 | 54 | 84 | 100 |
| 15 | 3 | | | 16 | | 10 | | | 41 | | 17 | | | 66 | | 20 | 35 | 55 | 85 | |
| 16 | 4 | 1 | 1 | 17 | | 11 | 16 | 26 | 42 | | 18 | 31 | 51 | 67 | | | 36 | 56 | 86 | |



3 Tage

Abbildung 64: Produktionsplanung und -steuerung nach der Heijunka-Systematik

In Abbildung 64 ist grafisch dargestellt, in welcher Reihenfolge die Aufträge abgearbeitet werden. Es ist zu erkennen, dass deutlich häufiger umgerüstet werden muss und daher auch die Effizienz des Ressourceneinsatzes geringer ist als bei der bisherigen Fertigungssteuerung. Jedoch müsste ein Kunde, der am Monatsanfang von jedem Produkt ein Stück bestellt hat, nur noch drei Tage warten, bis sein Auftrag fertig gestellt wurde. Außerdem können dringende Aufträge jederzeit am Ende der Woche, ohne Terminverschiebungen vornehmen zu müssen, eingeschoben werden.

Ein wesentlicher Aspekt der Heijunka-Steuerung ist deren Einfachheit und Übersichtlichkeit. Zudem ist Heijunka bei richtiger Anwendung sehr flexibel und eine Änderung des Arbeitsplans kann schneller und unkomplizierter vorgenommen werden.

6.9.2 Heijunka bei der Hilti AG

Die Umsetzung der Heijunka-Steuerung zur Produktionsnivellierung bei der Hilti AG kann entsprechend den Erläuterungen des vorigen Kapitel 6.9.1 übernommen werden. Allerdings müssten einige Änderungen bei der Fertigungssteuerung vorgenommen werden.

- Kundenaufträge müssen in Teilaufträge gesplittet werden.
- Kunden sollten in konjunkturellen Hochzeiten mit Teillieferungen einverstanden sein.
- Abweichen von der Praxis der reinen Kundenauftragsfertigung zur teilweisen Lagerauftragsfertigung.
- Die Reihenfolgebildung ist auf die Kombination aus plangesteuerter Lagerauftragsfertigung und bedarfsgesteuerter Kundenauftragsfertigung entsprechend Heijunka abzustimmen.

Beim Umrüsten ist neben dem Umbau der Anlagen für die Gerätemontage auch das Auswechseln von Umrüstteilen durch den Unit-Logistiker zu berücksichtigen. Wie bereits erläutert, ist dieser Aufwand für das Umrüsten aufgrund der höheren Umrüsthäufigkeiten erheblich höher, jedoch ist die Planung auch deutlich zuverlässiger, da dringende Aufträge in den unverplanten Zeiten am Ende der Woche produziert werden können.

In der Praxis wird der Umrüstvorgang vom Montagearbeiter eingeleitet. Nachdem dieser den Fertigungsauftrag eines Geräte- oder Baugruppentyps fertig montiert hat, teilt er dem Unit-Logistiker „auf Zuruf“ mit, dass nun ein anderer Typ produziert wird. Der Unit-Logistiker rüstet anhand des Tages-Montageplans sämtliche Umrüstteile auf den neu zu produzierenden Typ um. Nachdem dieser Vorgang abgeschlossen ist und der Montagearbeiter die Montagemaschinen auf die Fertigung des neuen Typs umgestellt bzw. umgebaut hat, kann die Montagetätigkeit für den neuen Geräte- bzw. Baugruppentyp wieder aufgenommen werden.

Für die logistische Zuführung problematisch sind Umrüstteile, welche einer sehr großen Variantenvielfalt unterliegen und Umrüstteile für Produktionsaufträge mit sehr geringen Stückzahlen. Ein Beispiel für eine hohe Variantenvielfalt stellen die Gebrauchsanweisungen, welche dem Hilti-Gerät im Hilti-Gerätekoffer beigelegt werden, dar. Diese stehen in einer Vielzahl von Sprachen zur Verfügung und müssen kundenindividuell abgestimmt werden. So kann es vorkommen, dass, nachdem drei Geräte für einen Auftrag eines chinesischen Kunden gefertigt wurden, ein Auftrag für drei Geräte eines spanischen Kunden gefertigt werden müssen usw. Erfolgt die Zuführung der benötigten Gebrauchsanweisungen über KLT-Behälter mit nicht abgezähltem Inhalt, ist ein sehr großer Supermarktbereich für die indirekte Zuführung freizuhalten. Weiters ist der Umrüstaufwand für den Unit-Logistiker enorm, da er alle paar Minuten die Behälter für die Gebrauchsanweisung an der Verpackungslinie auswechseln muss. Eine abgezahlte Zuführung der Gebrauchsanweisungen durch die Lagerlogistik ist nicht möglich, da diese keine Wiedereinlagerungsmöglichkeit im KTL hat, daher ist die Unterbringung aller Varianten der Gebrauchsanweisungen im Supermarkt unvermeidbar. Jedoch sollte in der Folge die Zuführung an der Verpackungslinie durch den Unit-Logistiker einerseits stückgenau und andererseits für mehrere Aufträge gleichzeitig erfolgen. Dadurch reduziert sich der Zuführungsaufwand durch den Unit-Logistiker erheblich und gleichzeitig wird das Risiko minimiert, dass beim Verpacken eine Gebrauchsanweisung vergessen wird, da diese nach Abarbeitung der Aufträge übrig bleiben würde. Für welche Umrüstteile die stückgenaue Zuführung durch die Unit-Logistik erfolgen sollte, hängt davon ab, wie häufig von einer Variante auf eine andere umgerüstet werden muss und dem daraus resultierenden Umrüstaufwand und ist daher von der zuständigen Unit-Logistik individuell für jedes Umrüstteil zu entscheiden. Eine weitere Beschäftigung hinsichtlich der Fragestellung, ab welcher Umrüsthäufigkeit eine stückgenaue Zuführung sinnvoll ist, erscheint im Rahmen dieser Arbeit nicht sinnvoll, da die dafür erforderlichen Erfahrungswerte fehlen.

Um die Flexibilität und die Qualität der Kurzfristplanung noch zu erhöhen, könnten bei der Hilti AG die Planungsperioden von der Wochen- auf die Tagesplanung umgestellt werden. In diesem Fall, würden von den acht Stunden zur Verfügung stehenden Montagezeiten pro Tag beispielsweise nur sechs Stunden fix verplant, während die restlichen zwei Stunden täglich die notwendige Flexibilität für kurzfristige Änderungen und Anpassungen bieten.

Ein wesentlicher Teil der täglich zur Verfügung stehenden Arbeitszeit wird bei Heijunka auf Lager gefertigt. Welche und wie viele Geräte auf Lager gefertigt werden, wird von den Bedarfen aus Vorperioden abhängig gemacht. Allerdings weicht diese Vorgehensweise von

der Lean-Philosophie ab, da vom reinen pull teilweise auf push umgestellt werden muss. Konsequenzen sind zusätzlicher Platzbedarf im Lager, erhöhte Kapitalbindung, zusätzlicher Logistikaufwand etc.

Nicht zuletzt sollten über die Unternehmensgrenzen hinaus im Rahmen des Supply Chain Management sowohl auf der Beschaffungs- als auch auf der Distributionsseite Einflussmöglichkeiten auf die Logistik und Fertigungssteuerung analysiert werden. Beschaffungsseitig ist beispielsweise die Lieferlosgröße der Teile an die Artikel-Behälter-Lager-Connecte der Hilti AG anzupassen, um unnötige Umpackvorgänge bei der Materialeinlagerung zu vermeiden. Absatzseitig wäre es bezogen auf die Fertigungssteuerung wichtig, Kunden hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Auftragsvorlaufzeit und Liefertreue zu sensibilisieren. Treffen Bestellungen früher ein, verlängert sich die Auftragsvorlaufzeit. Produktionsplanung und die Fertigungssteuerung sind besser zu koordinieren, was wiederum zu einer verbesserten Liefertreue führt.

Die konsequente und nachhaltige Umsetzung aller erwähnten Maßnahmen ermöglicht eine optimale Produktionsnivellierung im Sinne von Heijunka und in Anlehnung an die Lean-Philosophie. Die Konsequenz ist die Nivellierung sämtlicher Logistikprozesse, wodurch speziell der Zuführungsprozess erheblich besser planbar und beherrschbar wird. Somit trägt die Logistik indirekt zur Erhöhung der Liefertreue und somit der Kundenzufriedenheit bei. Zusätzlich können Umlaufbestand und Materialbindungskosten reduziert werden und aufgrund der besseren Planbarkeit Fehlerkosten der Logistik vermieden werden.

7 Resumée und Empfehlungen

7.1 Zusammenfassung

Ausgangspunkt für diese Arbeit war die Problemstellung, dass bei den in Verwendung befindlichen Montageeinheiten des Werk 4 der Hilti AG keine eindeutige und standardisierte Trennung zwischen wertschöpfenden und unterstützenden Montagetätigkeiten durchgeführt wurde, wobei bei dieser Arbeit die unterstützenden Tätigkeiten im Mittelpunkt der Betrachtung standen.

Nach Klärung der Grundlagen und grundlegenden Begrifflichkeiten wurde die Ist-Situation der Montageversorgung der Hilti AG an den bestehenden Montageeinheiten analysiert. Vernetzungen wurden erarbeitet und, am Beispiel der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500, ein neues Versorgungskonzept nach den Prinzipien des Lean-Management konzipiert. Die effiziente und standardisierte Übertragung des neu gestalteten und möglichst schlanken Versorgungskonzepts sowie eine grundlegende Betrachtung der Fertigungssteuerung der Hilti AG rundeten die Arbeit ab.

7.2 Ergebnisse

Bei der Planung und Gestaltung der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 war eine strenge funktionsorientierte Trennung zwischen Montage und Logistik bzw. Versorgung zu erkennen. So war die Montagelinie selbst zu Beginn dieser Arbeit bereits weitestgehend fertig gestellt, während das Versorgungskonzept erst in groben Zügen geplant wurde. Die Detailplanung von effizienten Versorgungsprozessen und –abläufen erwies sich aufgrund der Vielzahl an zu berücksichtigenden Nebenbedingungen sowie der Einschränkungen hinsichtlich der Gegebenheiten an der Referenzmontagelinie als sehr aufwändig. Wäre die Planung und konzeptionelle Gestaltung des Versorgungskonzepts parallel und somit prozessorientiert zur Planung und Gestaltung der Montagelinie durchgeführt worden, wäre die Prozessgestaltung deutlich einfacher gewesen und, noch wesentlicher, die Versorgungsprozesse selbst wären deutlich effizienter zu gestalten gewesen. Ein wesentliches Ergebnis dieser Arbeit ist daher, dass bei zukünftigen Projekten dieser Art eine prozessorientierte Vorgehensweise und somit eine integrierte Betrachtung der Logistik in allen Phasen der Montageplanung und –gestaltung der funktionsorientierten Betrachtung vorzuziehen ist.

Für die eigentliche Aufgabenstellung, die Gestaltung eines Konzepts für die Montageversorgung sowohl der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 als auch für andere Montageeinheiten, konnte nachfolgende zentrale Formel erarbeitet werden.

$$\text{Behälter-anzahl} = \text{aufrunden} \left[\frac{\left(\text{Liefer-intervall} + \text{Bestell-intervall} \right) * \text{Montage-leistung} * \left(1 + \text{Sicherheits-faktor} \right)}{\text{Behälterinhalt}} \right] + 1$$

Diese Formel berücksichtigt alle wesentlichen Parameter, welche die Versorgungsprozesse der Hilti AG beeinflussen. Sie ist sehr einfach anwendbar und auf die meisten Montageeinheiten der Hilti AG übertragbar. Wesentlich ist, dass die erarbeitete Formel sowohl für die indirekte als auch für die zu bevorzugende direkte Montageversorgung ihre Gültigkeit hat und daher für die Systemdimensionierung von entscheidender Bedeutung ist.

Abschließend seien noch die Ergebnisse der Analyse der Fertigungssteuerung von Montageeinheiten der Hilti AG erwähnt. Es konnte festgestellt werden, dass eine Nivellierung der Produktion, in Anlehnung an die Heijunka-Systematik, grundsätzlich möglich und auch sinnvoll erscheint. Allerdings wurde auf die Möglichkeiten und Konsequenzen einer derartigen Umstellung der Fertigungssteuerung in dieser Arbeit nicht detailliert eingegangen, da dies den Rahmen der Arbeit gesprengt hätte.

7.3 Empfehlungen

Im Rahmen dieses abschließenden Kapitels folgt nun noch eine Auflistung der wesentlichen Maßnahmen und Tätigkeiten, welche seitens des Autors, bezugnehmend auf die vorliegende Arbeit, empfohlen werden.

a. Referenzmontagelinie TE1000/TE1500

- Umstellung von Zwei- auf Drei- oder Mehr-Behälter-Prinzip bei Teilen mit geringem Behälterinhalt. Dies würde zu einer Effizienzsteigerung bei der Versorgung trotz gleichbleibendem WIP-Anteil führen.
- Verkürzung des Bestellintervalls (Auftragsgröße). Möglich wäre auch die Materialanforderung zu jenem Zeitpunkt vorzulegen, an dem mit der Montage des Auftrages begonnen wird. In diesem Fall müsste die erarbeitete Formel für die Systemdimensionierung entsprechend Kapitel 4.2.4.1 angepasst werden.
- Überdenken und Überarbeiten der Behälterauswahl an der Montagelinie. Komplizierte Zuführeinrichtungen sowie nicht genormte Behälter verursachen eine minimal höhere Effizienz in der Montage zu Lasten deutlich sinkender Effizienz bei der Zuführung.

b. Zukünftige Montageeinheiten

Bei der Planung und Gestaltung zukünftiger Systeme ist ein konsequentes Vorgehen nach den in Kapitel 5 erläuterten Maßnahmen zu empfehlen:

1. Es ist eine prozessorientierte Herangehensweise zu wählen. Die Logistik ist als Querschnittsfunktion in allen Phasen des Wandels integriert zu berücksichtigen.

Logistik als Querschnittsfunktion

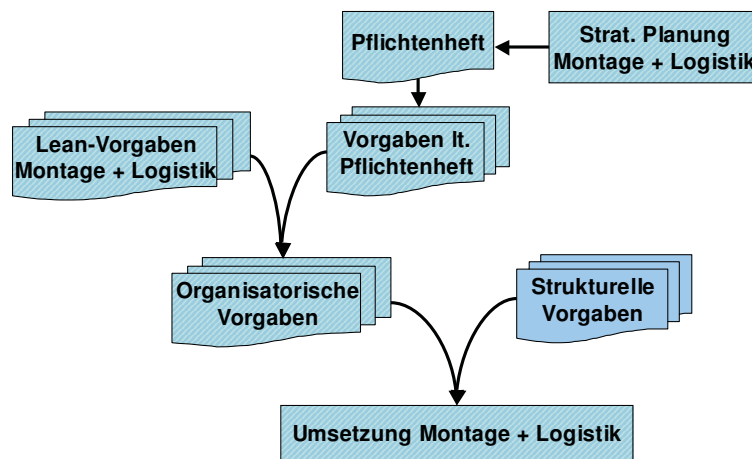


Abbildung 65: Planungs- und Bauphasen zukünftiger Montagelinien

2. Die Auswahl des Versorgungskonzepts ist abhängig zu machen von den Parametern Bestellintervall, Lieferintervall, Behälterfüllmenge und Montageleistung.

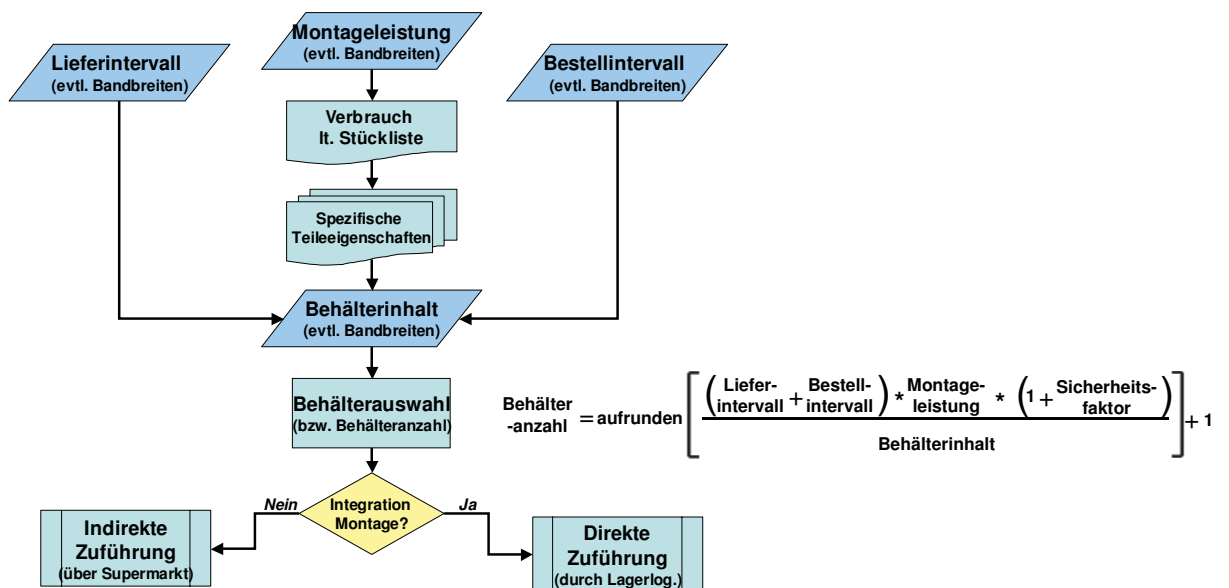


Abbildung 66: Entscheidungsfindung direkte/indirekte Zuführung und Ermittlung Behälteranzahl

c. Allgemeine Empfehlungen

Strukturelle Maßnahmen

Die unter a) und b) genannten Empfehlungen betreffen ausschließlich die operative Planung und Gestaltung von Montageeinheiten allgemein und der Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 im Speziellen. Es seien jedoch hier auch kurz die wesentlichen strukturellen Gegebenheiten erwähnt, welche wesentlichen Einfluss auf Hilti-Montageeinheiten allgemein haben.

- Die retrograde Materialabbuchung anhand der Stückliste
- Fehlende Möglichkeit der Einlagerung eines Teiles in unterschiedlichen Lagern
- Fehlende Möglichkeit der Rücklagerung von Teilmengen ins Lager
- Lieferintervalle von zwei Stunden
- Neu-Konfiguration der Fertigungssteuerung

Diese strukturellen Rahmenbedingungen können jedoch nicht kurzfristig abgeändert werden, da aufgrund der Prozessvernetzung der verschiedensten Bereiche der Hilti AG durch eine derartige Veränderung die Konsequenzen für alle Beteiligten erarbeitet, analysiert und abgewogen werden müssten.

Maßnahmen während der Produktentstehungsphase

Die Berücksichtigung der Logistik als Querschnittsfunktion und somit die Einbeziehung der für die Versorgung der Montagelinien Verantwortlichen bereits in der Produktentwicklungs- bzw. -entstehungsphase erscheint auf den ersten Blick überzogen. Ein wesentlicher Schritt in die richtige Richtung wäre jedoch zumindest, eine Sensibilisierung der Mitarbeiter der Produktentwicklung hinsichtlich logistischer Interessen zu erreichen.

SCM-Maßnahmen

Abschließend sollte ein Blick über die Unternehmensgrenzen hinaus gewagt werden. In diesem Zusammenhang ist die Einbindung von Kunden und Lieferanten bereits in der Produktentwicklungsphase denkbar. Deren Einbeziehung und daraus resultierende Bindung zur Hilti AG im Rahmen des Supply-Chain-Management ist unumgänglich und die daraus resultierenden Vorteile unumstritten.

Literaturverzeichnis

Die verwendeten Quellen wurden an den betreffenden Stellen als Fußnoten zitiert und werden hier nochmals aufgelistet. Bilder bzw. Abbildungen, welche nicht explizit zitiert werden, stammen aus eigenen Aufnahmen bzw. wurden selbst erstellt.

Verwendete Literatur:

- Arnold D., Isermann H., Kuhn A., Tempelmeier H., Furmans K., Handbuch Logistik, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2008
- Becker H., Phänomen Toyota – Erfolgsfaktor Ethik, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2006
- Becker T., Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2008
- Becker J., Rosemann M., Die effiziente Material- und Informationsflussgestaltung im Industrierunternehmen, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1993
- Bellmann K., Der japanische Markt – Herausforderungen und Perspektiven für deutsche Unternehmen, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2007
- Berndt R., Business Reengineering – Effizientes Neugestalten von Geschäftsprozessen, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1997
- Biedermann H., Ersatzteil-Logistik – Beschaffung, Disposition, Organisation, VDI-Verlag GmbH Düsseldorf 1995
- Böge A., Handbuch Maschinenbau - Grundlagen und Anwendungen der Maschinenbau-Technik, Vieweg+Teubner Verlag Wiesbaden 2007
- Brecht U., BWL für Führungskräfte - Was Entscheider im Unternehmen wissen müssen, Gabler-Verlag Wiesbaden 2005
- Cobb C. G., Enterprise Process Mapping, Integrating Systems for Compliance and Business Excellence, American Society for Quality 2005
- Dickmann P., Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kanban und Innovationen, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2007
- Dinter B., Integrierte Informationslogistik, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2008
- Engelbrecht Ch., Logistikoptimierung durch Outsourcing – Erfolgswirkung und Erfolgsfaktoren, DUV, Dt. Univ.-Verl. 2004
- Engelhardt-Nowitzki C., Lackner E., Chargenverfolgung - Möglichkeiten, Grenzen und Anwendungsgebiete, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2006
- Figgenger O., ten Hompel M., Artikel: Beitrag zur Prozessstandardisierung in der Intralogistik, Zeitschrift: Logistics Journal, nicht referierte Veröffentlichungen, ISSN 1860-5923, 2007
- Gharajedaghi J., Systems Thinking - Managing Chaos and Complexity - a Platform for Designing Business Architecture, Elsevier B. V. Amsterdam 1999

- Glaser H., Geiger W., Rohde V., PPS Produktionsplanung und –steuerung - Grundlagen, Konzepte, Anwendungen, Gabler-Verlag Wiesbaden 1992
- Grünz L., Nave M., Schlussbericht zum Forschungsvorhaben: Untersuchung und Bewertung von Fehlern in der Materialbereitstellung hinsichtlich Zeit, Kosten und Fehlerrisiko, Lehrstuhl für Fertigungsvorbereitung am Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik, Dortmund 2003/2004
- Gudehus T., Logistik: Grundlagen- Strategien- Anwendungen, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2005
- Günther H.-O., Tempelmeier H., Produktion und Logistik, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2003
- Hammer M., Champy J., Business Reengineering - Die Radikalkur für das Unternehmen, Campus-Verlag Frankfurt am Main 1994
- Hertel J., Zentes J., Schramm-Klein H., Supply-Chain-Management und Warenwirtschaftssysteme im Handel, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2005
- Janker Ch., Multivariate Lieferantenbewertung - Empirisch gestützte Konzeption eines anforderungsgerechten Bewertungssystems, DUV, Dt. Univ.-Verl. 2004
- Jodlbauer H., Produktoptimierung – Wertschaffende sowie kundenorientierte Planung und Steuerung, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2006
- Jöbstl O., Einsatz von Qualitätsinstrumenten und –methoden – Ein Anwendungsmodell für Dienstleistungen am Beispiel Instandhaltung / Oliver Jöbstl. Mit einem Geleitw. von Hubert Biedermann. – Wiesbaden: DUV, Dt. Univ.-Verl. 1999
- Kamiske G. F., Brauer J. P., ABC des Qualitätsmanagements, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München, 2008
- Kellermann K., Elektronische Beschaffungslogistik bei KMU – Chancen, Risiken, Spannungsfelder, DUV, Dt. Univ.-Verl. 2005
- Kistner K.P., Steven M., Produktionsplanung, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2001
- Köcher M.M., Fulfillment im Electronic Commerce Gestaltungsansätze, Determinanten, Wirkungen - Gestaltungsansätze, Determinanten, Wirkungen, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2006
- Krüger R., Das Just-in-time-konzept für globale Logistikprozesse, DUV, Dt. Univ.-Verl. 2003
- Krüger W., Excellence in Change – Wege zur strategischen Erneuerung, Gabler-Verlag Wiesbaden 2006
- Lödding H., Verfahren der Fertigungssteuerung – Grundlagen, Beschreibung, Konfiguration, 2. erweiterte Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2004, 2008
- Lohmann L.G.E., Banklogistik – Logistiksysteme und –prozesse in Banken, Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. Berlin 1998
- Lotter B., Wiendahl H.-P., Montage in der industriellen Produktion, Ein Handbuch für die Praxis, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2006
- Martin H., Transport- und Lagerlogistik – Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik, Vieweg+Teubner Verlag Wiesbaden 2008

- Marxt Ch., Hacklin F., Business Excellence in technologieorientierten Unternehmen, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2008
- Mattner Ph., Die veränderte Rolle von Produktionslogistik und Supply Chain Management in Logistik-Netzwerken, GRIN Verlag GmbH München 2008
- May C., Die 16 Verlustarten von TPM von Prof. Dr. Constantin May, Centre of Excellence for TPM, FH Ansbach, Centre of Excellence for TPM at Ansbach University of Applied Sciences 03/2007
- Plümer Th., Logistik und Produktion, Oldenbourg Wissenschaftsverlag München 2003
- Schedlbauer M., Tenerowicz P., Artikel: Fabrik von morgen, Zeitschrift: Logistik Heute 9/2007, Huss Verlag GmbH München 2007
- Schenk M., Wirth S., Fabrikplanung und Fabrikbetrieb – Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2004
- Schönheit M., Artikel: Die lagerfreie Produktion – Jeder Handgriff schafft Werte, Zeitschrift: Logistik für Unternehmen 10/2006, Springer-VDI-Verlag GmbH & Co. KG Düsseldorf 2006
- Schönsleben P., Integrales Logistikmanagement - Operations and Supply Chain Management in umfassenden Wertschöpfungsnetzwerken, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2007
- Schulte Ch., Logistik – Wege zur Optimierung des Material- und Informationsflusses, 3. Auflage, Verlag Franz Vahlen GmbH München 1999
- Sennheiser A., Schnetzler M.J, Wertorientiertes Supply Chain Management – Strategien zur Mehrung und Messung des Unternehmenswertes durch SCM, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2008
- Steven M., BWL für Ingenieure, 2. Auflage, Oldenbourg Wissenschaftsverlag München 2006
- Syska A., Produktionsmanagement - Das A-Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute, Gabler-Verlag Wiesbaden 2006
- Vahrenkamp R., Logistik – Management und Strategien, Oldenbourg Wissensverlag München 2005
- Verein Deutscher Ingenieure e.V., Richtlinie 3300 – Materialfluss-Untersuchungen, VDI-Verlag GmbH Düsseldorf 1973
- Warnecke H.J., Der Produktionsbetrieb, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1995
- Weder J., Betriebliche Anwendungen der Informatik – Industrie, Books on Demand GmbH, 2003
- Wstkämper E., Einführung in die Organisation der Produktion, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2006
- Womack J.P., Jones D.T., Roos D., The Machine That Changed the World - The Story of Lean Production, 1st HarperPerennial New York 1990
- Womack J.P., Jones D.T., Lean Thinking – Balast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern, Campus-Verlag Frankfurt am Main 2004

Verwendete Firmenseiten im Internet:

<http://www.hilti.com/> (Stand 9. November 2010)

<http://scholar.google.at/> (Stand 9. November 2010)

<http://www.encyclopedia.chicagohistory.org/> (Stand 9. November 2010)

<http://www.toyota.co.jp/> (Stand 9. November 2010)

<http://www.jungheinrich.de/> (Stand 9. November 2010)

<http://www.fronius.com/> (Stand 9. November 2010)

<http://www.bitto.de/> (Stand 9. November 2010)

<http://chohmann.free.fr/> (Stand 9. November 2010)

Interviewpartner:

Mathis Alexander, Firma Hilti (Werk 3), 11. Nov. 2008

Batlogg Dominik, Firma Hilti (Werk 4), 02. Sep. 2008, 09. Jan. 2009

Balter Karl, Firma Hilti (Werk 4), 22. Sep. 2008, 27. Jan. 2009

Egger Helmut, Firma Hilti (Werk 4), 24. Sep. 2008

Ehgartner Walter, Firma Hilti (Werk 4), 23. Sep. 2008, 27. Jan. 2009

Konzett Klaus, Firma Hilti (Werk 4), 21. Aug. 2008

Montageteam TE1000/TE1500, Erhart Reinhold, Recheis Sonja, Spasojevic Radenko, Firma Hilti (Werk 4), 25.-27. Aug., 09.-12. Sep. 2008

Steinke Joachim, Firma Staufen AG, 25.-27. Aug., 09.-12. Sep. 2008

Anhang

| Behälterplanung TE1000/TE1500 | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------|------------------------------------|------------|--------|---------------------|-------------------------------|------------|--|------------------------------------|
| Pos. | Artikelnummer | Benennung | Gerätetype | | Verbrauch pro Gerät | Teile pro Behälter an Montage | Supermarkt | Begründung | Behältertransfer von - über - nach |
| | | | TE1000 | TE1500 | | | | | |
| 1 | 330763 | Zentrierscheibe | X | X | 1 | 45 | ja | Behältertransfer + Reichweite | KLT - Schäfer |
| 2 | 330822 | Stangendichtung Turcom Glyd - ölen | X | X | 2 | 250 | ja | Behältertransfer + Ölen | KLT - Schäfer |
| 3 | 330824 | O-Ring 23,47x2,62 - ölen | X | X | 2 | 250 | ja | Behältertransfer + Ölen | KLT - Schäfer |
| 4 | 330939 | Anschlag 210 S | X | X | 1 | 90 | ja | Behältertransfer + Reichweite | KLT - Schäfer |
| 5 | 330940 | Dichtungsträger | X | X | 1 | 125 | ja | Behältertransfer | KLT - Schäfer |
| 6 | 330942 | Staubabweiser Filz | X | X | 1 | 240 | ja | Behältertransfer | KLT - Schäfer |
| 7 | 270243 | Dopper klein | X | X | 1 | 60 | ja | Behältertransfer + Umrüsten + Reichweite | KLT - SBH |
| 8 | 330642 | Dopper groß | X | X | 1 | 60 | ja | Behältertransfer + Umrüsten + Reichweite | KLT - SBH |
| 9 | 330990 | Dichtscheibe | X | X | 1 | 250 | ja | Behältertransfer | KLT - Schäfer |
| 10 | 330995 | O-Ring 51x5 | X | X | 1 | 250 | ja | Behältertransfer | KLT - Schäfer |
| 11 | 330941 | Scheibe 21,4x33,9x1,5 | X | X | 1 | 250 | ja | Behältertransfer | KLT - Schäfer |
| 12 | 330602 | Werkzeugaufnahme WZA | X | X | 1 | 20 | ja | Behältertransfer + Reichweite | Palette - KLT |
| 13 | 330762 | Flansch S Fertig | X | X | 1 | 10 | ja | Behältertransfer + Reichweite | Palette - KLT - SBH |
| 14 | 330842 | Käfig | X | X | 1 | 100 | ja | Reichweite | KLT |
| 15 | 70123 | Walze | X | X | 2 | 500 | ja | Behältertransfer | KLT - Schäfer |
| 16 | 343379 | O-Ring 42x8 | X | X | 1 | 200 | nein | | KLT |
| 17 | 330930 | O-Ring 56x2 - ölen | X | X | 1 | 200 | ja | Behältertransfer + Ölen | KLT - Schäfer |
| 18 | 330855 | O-Ring 37x2,5 | X | X | 1 | 200 | ja | Behältertransfer | KLT - Schäfer |
| 19 | 330992 | O-Ring 32x12 HNBR 70 | X | X | 1 | 125 | nein | | KLT |
| 20 | 330972 | Verriegelung | X | X | 1 | 40 | ja | Reichweite | KLT |
| 21 | 330962 | Haltering | X | X | 1 | 120 | nein | | KLT |
| 22 | 234058 | Druckfeder | X | X | 1 | 70 | ja | Reichweite | KLT |
| 23 | 234026 | Kugel 15 III | X | X | 3 | 250 | ja | Behältertransfer | KLT - Schäfer |
| 24 | 234019 | Sprengring | X | X | 1 | 100 | ja | Behältertransfer + Reichweite | KLT - Schäfer - SBH |
| 25 | 330804 | Kappe | X | X | 1 | 30 | ja | Reichweite | KLT |
| 26 | 330864 | Hülse | X | X | 1 | 100 | ja | Reichweite | KLT |
| 27 | 330856 | Führungsring | X | X | 1 | 100 | ja | Reichweite | KLT |
| 28 | 330960 | Staubschutzkappe Gummi | X | X | 1 | 60 | ja | Reichweite | KLT |
| 29 | 330961 | Schutzkappe Metall | X | X | 1 | 45 | ja | Reichweite | KLT |
| 30 | 330992 | O-Ring 32x12 HNBR 70 | X | X | 1 | 125 | nein | | KLT |
| 31 | 330764 | Dämpfung (Kunststoff) | X | X | 1 | 150 | ja | Umrüsten | KLT |
| 32 | 330936 | Dämpfung (Metall) | X | X | 1 | 150 | ja | Umrüsten | KLT |
| 33 | 330810 | Distanzscheibe | X | X | 1 | 500 | ja | Umrüsten | KLT |
| 34 | 330854 | Distanzring | X | X | 1 | 120 | ja | Umrüsten + Reichweite | KLT |
| 35 | 330844 | Distanzhülse | X | X | 1 | 100 | ja | Reichweite | KLT |
| 36 | 330833 | Führungsrohr | X | X | 1 | 1 | ja | Behältertransfer + Umrüsten + Reichweite | Palette - KLT - SBH |
| 37 | 330831 | Führungsrohr | X | X | 1 | 1 | ja | Behältertransfer + Umrüsten + Reichweite | Palette - KLT - SBH |
| 38 | 330595 | Erregerkolben kpl. | X | X | 1 | 100 | ja | Umrüsten + Reichweite | KLT |
| 39 | 330839 | Erregerkolben kpl. | X | X | 1 | 100 | ja | Umrüsten + Reichweite | KLT |
| 40 | 330635 | Schlagkolben | X | X | 1 | 19 | ja | Behältertransfer + Umrüsten + Reichweite | KLT - SBH |
| 41 | 330614 | Schlagkolben | X | X | 1 | 19 | ja | Behältertransfer + Umrüsten + Reichweite | KLT - SBH |
| 42 | 330605 | O-Ring 36,1x2,65 - ölen | X | X | 1 | 60 | ja | Behältertransfer + Ölen | KLT - SBH |

Anhang a: Entscheidung über direkte Zuführung oder Zuführung über Supermarkt bzw. Unit-Logistik inkl. Ausschlussgründen für direkte Zuführung

Behälterplanung TE1000/TE1500

| Pos. | Artikelnummer | Benennung | Gerätetype | | Verbrauch pro Gerät | Stück pro Behälter an Mont. | Anzahl Behälter an Mont. | Supermarkt | Menge pro KLT | Anzahl Behälter an Mont. + SM | | Anzahl KLT bzw. Pal. an SM | Begründung | Behältertransfer von-über-nach |
|--------------------------------------|---------------|------------------------------------|------------|--------|---------------------|-----------------------------|--------------------------|------------|---------------|-------------------------------|--------------------|----------------------------|--|--------------------------------|
| | | | TE1000 | TE1500 | | | | | | näherungsweise Lösung | heuristiche Lösung | | | |
| 1 | 330763 | Zentrierscheibe | X | X | 1 | 45 | 2 | ja | 90 | 3 | 3 | 3 | Behältertransfer + Reichweite | KLT - Schäfer |
| 2 | 330822 | Stangendichtung Turcon Glyd - ölen | X | X | 2 | 250 | 2 | ja | 1000 | 2 | 2 | 2 | Behältertransfer + Ölen | KLT - Schäfer |
| 3 | 330824 | O-Ring 23,47x2,62 - ölen | X | X | 2 | 250 | 2 | ja | 2000 | 2 | 2 | 2 | Behältertransfer + Ölen | KLT - Schäfer |
| 4 | 330939 | Anschlag 210 S | X | X | 1 | 90 | 2 | ja | 180 | 2 | 2 | 2 | Behältertransfer + Reichweite | KLT - Schäfer |
| 5 | 330940 | Dichtungsträger | X | X | 1 | 125 | 2 | ja | 500 | 2 | 2 | 2 | Behältertransfer | KLT - Schäfer |
| 6 | 330942 | Staubabweiser Filz | X | X | 1 | 240 | 2 | ja | 960 | 2 | 2 | 2 | Behältertransfer | KLT - Schäfer |
| 7 | 270243 | Dopper klein | X | X | 1 | 60 | 2 | ja | 45 | 4 | 4 | 4 | Behältertransfer + Umrüsten + Reichweite | KLT - SBH |
| 8 | 330642 | Dopper groß | X | X | 1 | 60 | 2 | ja | 35 | 5 | 5 | 5 | Behältertransfer + Umrüsten + Reichweite | KLT - SBH |
| 9 | 330990 | Dichtscheibe | X | X | 1 | 250 | 2 | ja | 500 | 2 | 2 | 2 | Behältertransfer | KLT - Schäfer |
| 10 | 330996 | O-Ring 51x5 | X | X | 1 | 250 | 2 | ja | 500 | 2 | 2 | 2 | Behältertransfer | KLT - Schäfer |
| 11 | 330941 | Scheibe 21,4x33,9x1,5 | X | X | 1 | 250 | 2 | ja | 2000 | 2 | 2 | 2 | Behältertransfer | KLT - Schäfer |
| 12 | 330602 | Werkzeugaufnahme WZA | X | X | 1 | 20 | 4 | ja | 20 | 7 | 7 | 7 | Behältertransfer + Reichweite | Palette - KLT |
| 13 | 330762 | Flansch S Fertig | X | X | 1 | 10 | 8 | ja | 40 | 4 | 4 | 4 | Behältertransfer + Reichweite | Palette - KLT - SBH |
| 14 | 330842 | Käfig | X | X | 1 | 100 | 2 | ja | 100 | 3 | 3 | 3 | Reichweite | KLT |
| 15 | 70123 | Walze | X | X | 2 | 500 | 2 | ja | 8000 | 2 | 2 | 2 | Behältertransfer | KLT - Schäfer |
| 16 | 343379 | O-Ring 42x8 | X | X | 1 | 200 | 2 | nein | 200 | 2 | 2 | 2 | Behältertransfer | KLT |
| 17 | 330930 | O-Ring 56x2 - ölen | X | X | 1 | 200 | 2 | ja | 2000 | 2 | 2 | 2 | Behältertransfer + Ölen | KLT - Schäfer |
| 18 | 330856 | O-Ring 37x2,5 | X | X | 1 | 200 | 2 | ja | 2000 | 2 | 2 | 2 | Behältertransfer | KLT - Schäfer |
| 19 | 330992 | O-Ring 32x12 HNBR 70 | X | X | 1 | 125 | 2 | nein | 125 | 2 | 2 | 2 | Reichweite | KLT |
| 20 | 330972 | Vermegelung | X | X | 1 | 40 | 2 | ja | 40 | 4 | 4 | 4 | Reichweite | KLT |
| 21 | 330962 | Haltering | X | X | 1 | 120 | 2 | nein | 120 | 2 | 2 | 2 | Reichweite | KLT |
| 22 | 234058 | Druckfeder | X | X | 1 | 70 | 2 | ja | 70 | 3 | 3 | 3 | Reichweite | KLT |
| 23 | 234026 | Kugel 15 III | X | X | 3 | 250 | 2 | ja | 700 | 2 | 2 | 2 | Reichweite | KLT |
| 24 | 234019 | Sprengring | X | X | 1 | 100 | 3 | ja | 2000 | 2 | 2 | 2 | Behältertransfer | KLT - Schäfer |
| 25 | 330804 | Kappe | X | X | 1 | 30 | 2 | ja | 30 | 5 | 5 | 5 | Behältertransfer + Reichweite | KLT - Schäfer - SBH |
| 26 | 330864 | Hülse | X | X | 1 | 100 | 2 | ja | 100 | 3 | 3 | 3 | Reichweite | KLT |
| 27 | 330856 | Führungsring | X | X | 1 | 100 | 2 | ja | 100 | 3 | 3 | 3 | Reichweite | KLT |
| 28 | 330960 | Staubschutzkappe Gummi | X | X | 1 | 60 | 2 | ja | 60 | 3 | 3 | 3 | Reichweite | KLT |
| 29 | 330961 | Schutzkappe Metall | X | X | 1 | 45 | 2 | ja | 45 | 4 | 4 | 4 | Reichweite | KLT |
| 30 | 330992 | O-Ring 32x12 HNBR 70 | X | X | 1 | 125 | 2 | nein | 125 | 2 | 2 | 2 | Reichweite | KLT |
| 31 | 330764 | Dämpfring (Kunststoff) | X | X | 1 | 150 | 2 | ja | 150 | 2 | 2 | 2 | Umrüsten | KLT |
| 32 | 330936 | Dämpfring (Metall) | X | X | 1 | 150 | 2 | ja | 150 | 2 | 2 | 2 | Umrüsten | KLT |
| 33 | 330810 | Distanzscheibe | X | X | 1 | 500 | 2 | ja | 500 | 2 | 2 | 2 | Umrüsten | KLT |
| 34 | 330854 | Distanzring | X | X | 1 | 120 | 2 | ja | 120 | 2 | 3 | 3 | Umrüsten + Reichweite | KLT |
| 35 | 330844 | Distanzhülse | X | X | 1 | 100 | 2 | ja | 100 | 3 | 3 | 3 | Reichweite | KLT |
| 36 | 330833 | Führungsröhre | X | X | 1 | 1 | 80 | ja | 24 | 6 | 6 | 6 | Reichweite | KLT |
| 37 | 330831 | Führungsröhre | X | X | 1 | 1 | 80 | ja | 14 | 10 | 9 | 9 | Behältertransfer + Umrüsten + Reichweite | Palette - KLT - SBH |
| 38 | 330596 | Eregerkolben kpl. | X | X | 1 | 100 | 2 | ja | 100 | 3 | 3 | 3 | Umrüsten + Reichweite | KLT |
| 39 | 330839 | Eregerkolben kpl. | X | X | 1 | 100 | 2 | ja | 100 | 3 | 3 | 3 | Umrüsten + Reichweite | KLT |
| 40 | 330636 | Schlagkolben | X | X | 1 | 19 | 6 | ja | 35 | 5 | 5 | 5 | Behältertransfer + Umrüsten + Reichweite | KLT - SBH |
| 41 | 330614 | Schlagkolben | X | X | 1 | 19 | 6 | ja | 25 | 6 | 6 | 6 | Behältertransfer + Umrüsten + Reichweite | KLT - SBH |
| 42 | 330605 | O-Ring 36,1x2,65 - ölen | X | X | 1 | 60 | 3 | ja | 1000 | 2 | 2 | 2 | Behältertransfer + Ölen | KLT - SBH |
| Summe KLT-Behälter Mont. + SM | | | | | | | | | | 131 | 131 | 67 | | |
| Summe KLT-Behälter SM | | | | | | | | | | | | | | |

Anhang b: Behälterplanung und Dimensionierung des Supermarkts mittels näherungsweise und heuristiche Lösungsverfahren

| Maximale Kapitalbindung TE1000/TE1500 (Montage + Supermarkt) in CHF | | | | | | | | | | |
|---|--|------------------------------------|---------------------|---------------|--------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------|------|------------------|
| Artikelnummer | Benennung | Gerätetype | Verbrauch pro Gerät | Menge pro KLT | Anzahl KLT an Mont. + SM | Anzahl Teile an Mont. + SM | Materialwert in CHF | gebundenes Kapital in CHF | | |
| Pos. | | TE1000 | TE1500 | | | näherungs- weise Lösung | | | | |
| 1 | 330763 | Zentrierscheibe | X | X | 90 | 3 | 270 | k.a. | k.a. | |
| 2 | 330822 | Stangendichtung Turcon Glyd - ölen | X | X | 2 | 2 | 2000 | k.a. | k.a. | |
| 3 | 330824 | O-Ring 23,47x2,62 - ölen | X | X | 2000 | 2 | 4000 | k.a. | k.a. | |
| 4 | 330939 | Anschlag 210 S | X | X | 180 | 2 | 360 | k.a. | k.a. | |
| 5 | 330940 | Dichtungsträger | X | X | 500 | 2 | 1000 | k.a. | k.a. | |
| 6 | 330942 | Staubabweiser Filz | X | X | 950 | 2 | 1900 | k.a. | k.a. | |
| 7 | 270243 | Döpper klein | X | X | 45 | 4 | 180 | k.a. | k.a. | |
| 8 | 330642 | Döpper groß | X | X | 35 | 5 | 175 | k.a. | k.a. | |
| 9 | 330990 | Dichtscheibe | X | X | 1 | 2 | 1000 | k.a. | k.a. | |
| 10 | 330995 | O-Ring 51x5 | X | X | 500 | 2 | 1000 | k.a. | k.a. | |
| 11 | 330941 | Scheibe 21,4x33,9x1,5 | X | X | 2000 | 2 | 4000 | k.a. | k.a. | |
| 12 | 330602 | Werkzeugaufnahme WZA | X | X | 20 | 7 | 140 | k.a. | k.a. | |
| 13 | 330762 | Flansch S Fertig | X | X | 40 | 4 | 160 | k.a. | k.a. | |
| 14 | 330842 | Käfig | X | X | 100 | 3 | 300 | k.a. | k.a. | |
| 15 | 70123 | Walze | X | X | 8000 | 2 | 16000 | k.a. | k.a. | |
| 16 | 343379 | O-Ring 42x8 | X | X | 200 | 2 | 400 | k.a. | k.a. | |
| 17 | 330930 | O-Ring 56x2 - ölen | X | X | 2000 | 2 | 4000 | k.a. | k.a. | |
| 18 | 330855 | O-Ring 37x2,5 | X | X | 2000 | 2 | 4000 | k.a. | k.a. | |
| 19 | 330992 | O-Ring 32x12 HNBR 70 | X | X | 125 | 2 | 250 | k.a. | k.a. | |
| 20 | 330972 | Vernegelung | X | X | 40 | 4 | 160 | k.a. | k.a. | |
| 21 | 330962 | Haltering | X | X | 120 | 2 | 240 | k.a. | k.a. | |
| 22 | 234058 | Druckfeder | X | X | 70 | 3 | 210 | k.a. | k.a. | |
| 23 | 234026 | Kugel 15 III | X | X | 700 | 2 | 1400 | k.a. | k.a. | |
| 24 | 234019 | Sprengtring | X | X | 2000 | 2 | 4000 | k.a. | k.a. | |
| 25 | 330804 | Kappe | X | X | 30 | 5 | 150 | k.a. | k.a. | |
| 26 | 330864 | Hülse | X | X | 100 | 3 | 300 | k.a. | k.a. | |
| 27 | 330866 | Führungsring | X | X | 100 | 3 | 300 | k.a. | k.a. | |
| 28 | 330960 | Staubschutzkappe Gummi | X | X | 60 | 3 | 180 | k.a. | k.a. | |
| 29 | 330961 | Schutzkappe Metall | X | X | 45 | 4 | 180 | k.a. | k.a. | |
| 30 | 330992 | O-Ring 32x12 HNBR 70 | X | X | 125 | 2 | 250 | k.a. | k.a. | |
| 31 | 330764 | Dämpfung (Kunststoff) | X | X | 150 | 2 | 300 | k.a. | k.a. | |
| 32 | 330936 | Dämpfung (Metall) | X | X | 150 | 2 | 300 | k.a. | k.a. | |
| 33 | 330810 | Distanzscheibe | X | X | 500 | 2 | 1000 | k.a. | k.a. | |
| 34 | 330854 | Distanzring | X | X | 120 | 2 | 240 | k.a. | k.a. | |
| 35 | 330844 | Distanzhülse | X | X | 100 | 3 | 300 | k.a. | k.a. | |
| 36 | 330833 | Führungsrohr | X | X | 24 | 6 | 144 | k.a. | k.a. | |
| 37 | 330831 | Führungsrohr | X | X | 14 | 10 | 140 | k.a. | k.a. | |
| 38 | 330595 | Erregerkolben kpl. | X | X | 100 | 3 | 300 | k.a. | k.a. | |
| 39 | 330839 | Erregerkolben kpl. | X | X | 100 | 3 | 300 | k.a. | k.a. | |
| 40 | 330635 | Schlagkolben | X | X | 35 | 5 | 175 | k.a. | k.a. | |
| 41 | 330614 | Schlagkolben | X | X | 25 | 6 | 150 | k.a. | k.a. | |
| 42 | 330605 | O-Ring 36,1x2,65 - ölen | X | X | 1000 | 2 | 2000 | k.a. | k.a. | |
| | Summe gebundenes Kapital Mont. + SM | | | | | | | | | 53.955,88 |

Anhang c. Maximale Kapitalbindung im Montagebereich (Montage + Supermarkt) in CHF

Materialflussplanung TE1000/TE1500 bei maximaler Kapazitätsauslastung von 220 Stück pro Schicht

| Pos. | Artikel- nummer | Benennung | Gerätetype TE1000 TE1500 | Verbrauch pro Gerät | Inhalt KLT | Verbrauch Schicht (8 Std.) | | Verbrauch pro Lieferintervall (2 Std.) | | | |
|------|--------------------|---|-----------------------------|------------------------|------------|----------------------------|-----------------------|--|-----------------------|---|------|
| | | | | | | Teile KLT 43xx | KLT 64xx Palette P0 | Teile KLT 43xx | KLT 64xx Palette P0 | | |
| 1 | 330763 | Zentrierscheibe | X | 1 | 90 | 220 | 2,44 | 55 | 0,61 | - | - |
| 2 | 330822 | Stangendichtung Turcon Glyd - ölen | X | 2 | 1000 | 440 | 0,44 | 110 | 0,11 | - | - |
| 3 | 330824 | O-Ring 23,47x2,62 - ölen | X | 2 | 2000 | 440 | 0,22 | 110 | 0,06 | - | - |
| 4 | 330939 | Anschlag 210 S | X | 1 | 180 | 220 | 1,22 | 55 | 0,31 | - | - |
| 5 | 330940 | Dichtungsträger | X | 1 | 500 | 220 | 0,44 | 55 | 0,11 | - | - |
| 6 | 330942 | Staubabweiser Filz | X | 1 | 950 | 220 | 0,23 | 55 | 0,06 | - | - |
| 7 | 270243 | Döpper klein | X | 0,5 | 45 | 110 | 2,44 | 28 | 0,61 | - | - |
| 8 | 330642 | Döpper groß | X | 0,5 | 35 | 110 | 3,14 | 28 | 0,79 | - | - |
| 9 | 330990 | Dichtscheibe | X | 1 | 500 | 220 | 0,44 | 55 | 0,11 | - | - |
| 10 | 330995 | O-Ring 51 x5 | X | 1 | 500 | 220 | 0,44 | 55 | 0,11 | - | - |
| 11 | 330941 | Scheibe 21,4x33,9x1,5 | X | 1 | 2000 | 220 | 0,11 | 55 | 0,03 | - | - |
| 12 | 330602 | Werkzeugaufnahme WZA | X | 1 | 20 | 220 | - | 0,69 | 55 | - | 0,17 |
| 13 | 330762 | Flansch S Fertig | X | 1 | 40 | 220 | - | 0,34 | 55 | - | 0,09 |
| 14 | 330842 | Käfig | X | 1 | 100 | 220 | 2,20 | 55 | 0,55 | - | - |
| 15 | 70123 | Walze | X | 2 | 8000 | 440 | 0,06 | 110 | 0,01 | - | - |
| 16 | 343379 | O-Ring 42x8 | X | 1 | 200 | 220 | 1,10 | 55 | 0,28 | - | - |
| 17 | 330930 | O-Ring 56x2 - ölen | X | 1 | 2000 | 220 | 0,11 | 55 | 0,03 | - | - |
| 18 | 330855 | O-Ring 37x2,5 | X | 1 | 2000 | 220 | 0,11 | 55 | 0,03 | - | - |
| 19 | 330992 | O-Ring 32x12 HNBR 70 | X | 1 | 125 | 220 | 1,76 | 55 | 0,44 | - | - |
| 20 | 330972 | Verniegeln | X | 1 | 40 | 220 | 5,50 | 55 | 1,38 | - | - |
| 21 | 330962 | Haltering | X | 1 | 120 | 220 | 1,83 | 55 | 0,46 | - | - |
| 22 | 234058 | Druckfeder | X | 1 | 70 | 220 | 3,14 | 55 | 0,79 | - | - |
| 23 | 234026 | Kugel 15 III | X | 3 | 700 | 660 | 0,94 | 165 | 0,24 | - | - |
| 24 | 234019 | Sprengring | X | 1 | 2000 | 220 | 0,11 | 55 | 0,03 | - | - |
| 25 | 330804 | Kappe | X | 1 | 30 | 220 | 7,33 | 55 | 1,83 | - | - |
| 26 | 330864 | Hülse | X | 1 | 100 | 220 | 2,20 | 55 | 0,55 | - | - |
| 27 | 330856 | Führungsring | X | 1 | 100 | 220 | 2,20 | 55 | 0,55 | - | - |
| 28 | 330960 | Staubschutzkappe Gummi | X | 1 | 60 | 220 | 3,67 | 55 | 0,92 | - | - |
| 29 | 330961 | Schutzkappe Metall | X | 1 | 45 | 220 | 4,89 | 55 | 1,22 | - | - |
| 30 | 330992 | O-Ring 32x12 HNBR 70 | X | 1 | 125 | 220 | 1,76 | 55 | 0,44 | - | - |
| 31 | 330764 | Dämpfung (Kunststoff) | X | 0,5 | 150 | 110 | 0,73 | 28 | 0,18 | - | - |
| 32 | 330936 | Dämpfung (Metall) | X | 0,5 | 150 | 110 | 0,73 | 28 | 0,18 | - | - |
| 33 | 330810 | Distanzscheibe | X | 0,5 | 500 | 110 | 0,22 | 28 | 0,06 | - | - |
| 34 | 330854 | Distanzring | X | 0,5 | 120 | 110 | 0,92 | 28 | 0,23 | - | - |
| 35 | 330844 | Distanzhülse | X | 1 | 100 | 220 | 2,20 | 55 | 0,55 | - | - |
| 36 | 330833 | Führungsrohr | X | 0,5 | 24 | 110 | - | 0,57 | 28 | - | 0,14 |
| 37 | 330831 | Führungsrohr | X | 0,5 | 14 | 110 | - | 0,98 | 28 | - | 0,25 |
| 38 | 330959 | Erregerkolben kpl. | X | 0,5 | 100 | 110 | 1,10 | 28 | 0,28 | - | - |
| 39 | 330839 | Erregerkolben kpl. | X | 0,5 | 100 | 110 | 1,10 | 28 | 0,28 | - | - |
| 40 | 330635 | Schlagkolben | X | 0,5 | 35 | 110 | 3,14 | 28 | 0,79 | - | - |
| 41 | 330614 | Schlagkolben | X | 0,5 | 25 | 110 | 4,40 | 28 | 1,10 | - | - |
| 42 | 330605 | O-Ring 36,1x2,65 - ölen | X | 1 | 1000 | 220 | 0,22 | 55 | 0,06 | - | - |
| | | Durchschnittlicher Materialfluss KLT-Behälter Mont. + SM | | | | | 65,25 | 2,69 | 16,31 | - | 0,65 |

Anhang d: Materialflussplanung zur Berechnung der erforderlichen Transportkapazität

Zeitlicher Aufwand Unit-Logistik bei Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 pro Schicht

| Pos. | Artikelnummer | Benennung | Verbrauch pro Gerät | Stück pro Behälter an Montage | Anzahl an Behälter an Montage | SM | Begründung: BT-Behältertransfer RW-Reichweite U-Umrüsten Ö-Ölen | Behältertransfer von - über - nach | Transportieren (sehen) | Transferieren | | | Ölen | Umrüsten (1 mal / Schicht) |
|------|---------------|------------------------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|------|---|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------|------|----------------------------|
| | | | | | | | | | | Umschlitten (15 Sek./Behälter) | Umschlichten (60 Sek./Behälter) | Magazinieren (3 Sek./Teil) | | |
| 1 | 330763 | Zentrierscheibe | 1 | 45 | 2 | ja | BT, RW | KLT - Schäfer | 5 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 330822 | Stangendichtung Turcon Glyd - ölen | 2 | 250 | 2 | ja | BT, Ö | KLT - Schäfer | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 3 | 330824 | O-Ring 23,47x2,62 - ölen | 2 | 250 | 2 | ja | BT, Ö | KLT - Schäfer | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 4 | 330939 | Anschlag 210 S | 1 | 90 | 2 | ja | BT, RW | KLT - Schäfer | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 330940 | Dichtungsträger | 1 | 125 | 2 | ja | BT | KLT - Schäfer | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 330942 | Staubabweiser Fliz | 1 | 240 | 2 | ja | BT | KLT - Schäfer | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 330642 | Döpper groß | 1 | 60 | 2 | ja | BT, U, Ö | KLT - SBH | 4 | 0 | 0 | 220 | 0 | 2 |
| 9 | 330990 | Dichtscheibe | 1 | 250 | 2 | ja | BT | KLT - Schäfer | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 330995 | O-Ring 51x5 | 1 | 250 | 2 | ja | BT | KLT - Schäfer | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 330941 | Scheibe 21,4x33,9x1,5 | 1 | 250 | 2 | ja | BT | KLT - Schäfer | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 330602 | Werkzeugaufnahme WZA | 1 | 20 | 4 | ja | BT, RW | Palette - KLT | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 330762 | Flansch S Fertig | 1 | 10 | 8 | ja | BT, RW | Palette - KLT - SBH | 22 | 0 | 0 | 220 | 0 | 0 |
| 14 | 330842 | Käfig | 1 | 100 | 2 | ja | RW | KLT | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 70123 | Waize | 2 | 500 | 2 | ja | BT | KLT - Schäfer | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 343379 | O-Ring 42x8 | 1 | 200 | 2 | nein | | KLT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 330930 | O-Ring 56x2 - ölen | 1 | 200 | 2 | ja | BT, Ö | KLT - Schäfer | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 18 | 330855 | O-Ring 37x2,5 | 1 | 200 | 2 | ja | BT | KLT - Schäfer | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 330992 | O-Ring 32x12 HNBR 70 | 1 | 125 | 2 | nein | | KLT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 330972 | Verriegung | 1 | 40 | 2 | ja | RW | KLT | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 330962 | Haltering | 1 | 120 | 2 | nein | | KLT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 234058 | Druckfeder | 1 | 70 | 2 | ja | RW | KLT | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 234026 | Kugel 15 III | 3 | 250 | 2 | ja | BT | KLT - Schäfer | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 234019 | Sprengring | 1 | 100 | 3 | ja | BT, RW | KLT - Schäfer - SBH | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 330804 | Kappe | 1 | 30 | 2 | ja | RW | KLT | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 330864 | Hülse | 1 | 100 | 2 | ja | RW | KLT | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 330856 | Führungsring | 1 | 100 | 2 | ja | RW | KLT | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 330960 | Staubschutzkappe Gummi | 1 | 60 | 2 | ja | RW | KLT | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 330961 | Schutzkappe Metall | 1 | 45 | 2 | ja | RW | KLT | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 330992 | O-Ring 32x12 HNBR 70 | 1 | 125 | 2 | nein | | KLT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 32 | 330936 | Dampfung (Metall) | 1 | 150 | 2 | ja | U | KLT | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 34 | 330854 | Distanzring | 1 | 120 | 2 | ja | U, RW | KLT | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 35 | 330844 | Distanzhülse | 1 | 100 | 2 | ja | RW | KLT | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 37 | 330831 | Führungsröhre | 1 | 1 | 80 | ja | BT, U, RW | Palette - KLT - SBH | 16 | 0 | 0 | 220 | 0 | 6 |
| 39 | 330839 | Erregerkolben kpl. | 1 | 100 | 2 | ja | U, RW | KLT | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 41 | 330814 | Schlagkolben | 1 | 19 | 6 | ja | BT, U, RW | KLT - SBH | 12 | 0 | 0 | 220 | 0 | 5 |
| 42 | 330605 | O-Ring 36,1x2,65 - ölen | 1 | 60 | 3 | ja | BT, Ö | KLT - SBH | 4 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| | | Summe der Wiederholungen | | | | | | | 144 | 28 | 5 | 880 | 10 | 19 |
| | | Zeitverbrauch Prozess in Sek. | | | | | | | 2874 | 420 | 300 | 2640 | 300 | 570 |
| | | Zeitverbrauch Total in Std. | | | | | | | | | 7104 | | | |
| | | | | | | | | | | | | 1,97 | | |

Anhang e: Kapazitätsplanung Unit-Logistik

Zeitlicher Aufwand Lagerlogistik bei Referenzmontagelinie TE1000/TE1500 pro Schicht

| Pos. | Artikelnummer | Benennung | Verbrauch pro Gerät | Stück pro Behälter an Montage | SM | Begründung: BT-Behältertransfer RW-Reichweite U-Umrüsten Ö-Ölen | Behältertransfer von - über - nach | Auslagern | | Zuführen | | Abführen | | |
|------------------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------|-------------------------------|------|---|------------------------------------|---|---|-------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|
| | | | | | | | | Entnahme (15 Sek.,KLT bzw. 40 Sek.,Pal) | Verladen (15 Sek.,KLT bzw. 40 Sek.,Pal) | Fahren (150 Sek.,Fahrt) | Einlagern (20 Sek.,KLT bzw. 60 Sek.,Pal) | Fahren (150 Sek.,Fahrt) | Einlagern (5 Sek.,KLT bzw. 5 Sek.,Pal) | Fahren (150 Sek.,Fahrt) |
| 1 | 330763 | Zentrierschleibe | 1 | 90 | ja | BT, RW | KLT - Schäfer | 3 | 3 | | 3 | | | |
| 2 | 330822 | Stangendichtung Turcon Glyd - ölen | 2 | 1000 | ja | BT, Ö | KLT - Schäfer | 1 | 1 | | 1 | | | |
| 3 | 330824 | O-Ring 23,47x2,62 - ölen | 2 | 2000 | ja | BT, Ö | KLT - Schäfer | 1 | 1 | | 1 | | | |
| 4 | 330939 | Anschlag 210 S | 1 | 180 | ja | BT, RW | KLT - Schäfer | 2 | 2 | | 2 | | | |
| 5 | 330940 | Dichtungsträger | 1 | 500 | ja | BT | KLT - Schäfer | 1 | 1 | | 1 | | | |
| 6 | 330942 | Staubabweiser Filz | 1 | 950 | ja | BT | KLT - Schäfer | 1 | 1 | | 1 | | | |
| 8 | 330642 | Döpper groß | 1 | 35 | ja | BT, U, Ö | KLT - SBH | 7 | 7 | | 7 | | | |
| 9 | 330990 | Dichtschleibe | 1 | 500 | ja | BT | KLT - Schäfer | 1 | 1 | | 1 | | | |
| 10 | 330995 | O-Ring 51x6 | 1 | 500 | ja | BT | KLT - Schäfer | 1 | 1 | | 1 | | | |
| 11 | 330941 | Schleibe 21,4x33,9x1,5 | 1 | 2000 | ja | BT | KLT - Schäfer | 1 | 1 | | 1 | | | |
| 12 | 330602 | Werkzeugaufnahme WZA | 1 | 20 | ja | BT, RW | Palette - KLT | 1,00 | 1,00 | | 1,00 | | | |
| 13 | 330762 | Flansch S Fertig | 1 | 40 | ja | BT, RW | Palette - KLT - SBH | 1,00 | 1,00 | | 1,00 | | | |
| 14 | 330842 | Käfig | 1 | 100 | ja | RW | KLT | 3 | 3 | | 3 | | | |
| 15 | 70123 | Walze | 2 | 8000 | ja | BT | KLT - Schäfer | 1 | 1 | | 1 | | | |
| 16 | 343379 | O-Ring 42x8 | 1 | 200 | nein | | KLT | 2 | 2 | | 2 | | | |
| 17 | 330930 | O-Ring 56x2 - ölen | 1 | 2000 | ja | BT, Ö | KLT - Schäfer | 1 | 1 | | 1 | | | |
| 18 | 330855 | O-Ring 37x2,5 | 1 | 2000 | ja | BT | KLT - Schäfer | 1 | 1 | | 1 | | | |
| 19 | 330992 | O-Ring 32x12 HNBR 70 | 1 | 125 | nein | | KLT | 2 | 2 | | 2 | | | |
| 20 | 330972 | Verniegelung | 1 | 40 | ja | RW | KLT | 6 | 6 | | 6 | | | |
| 21 | 330962 | Haltering | 1 | 120 | nein | | KLT | 2 | 2 | | 2 | | | |
| 22 | 234058 | Druckfeder | 1 | 70 | ja | RW | KLT | 4 | 4 | | 4 | | | |
| 23 | 234026 | Kugel 15 III | 3 | 700 | ja | BT | KLT - Schäfer | 1 | 1 | | 1 | | | |
| 24 | 234019 | Sprengring | 1 | 2000 | ja | BT, RW | KLT - Schäfer - SBH | 1 | 1 | | 1 | | | |
| 25 | 330804 | Kappe | 1 | 30 | ja | RW | KLT | 8 | 8 | | 8 | | | |
| 26 | 330864 | Hülse | 1 | 100 | ja | RW | KLT | 3 | 3 | | 3 | | | |
| 27 | 330856 | Führungsring | 1 | 100 | ja | RW | KLT | 3 | 3 | | 3 | | | |
| 28 | 330960 | Staubschutzkappe Gummi | 1 | 60 | ja | RW | KLT | 4 | 4 | | 4 | | | |
| 29 | 330961 | Schutzkappe Metall | 1 | 45 | ja | RW | KLT | 5 | 5 | | 5 | | | |
| 30 | 330992 | O-Ring 32x12 HNBR 70 | 1 | 125 | nein | | KLT | 2 | 2 | | 2 | | | |
| 32 | 330936 | Dämpfing (Metall) | 1 | 150 | ja | U | KLT | 2 | 2 | | 2 | | | |
| 34 | 330854 | Distanzring | 1 | 120 | ja | U, RW | KLT | 2 | 2 | | 2 | | | |
| 35 | 330844 | Distanzhülse | 1 | 100 | ja | RW | KLT | 3 | 3 | | 3 | | | |
| 37 | 330831 | Führungsrohr | 1 | 14 | ja | BT, U, RW | Palette - KLT - SBH | 2,00 | 2,00 | | 2,00 | | | |
| 39 | 330839 | Erregerkolben kpl. | 1 | 100 | ja | U, RW | KLT | 3 | 3 | | 3 | | | |
| 41 | 330814 | Schlagkolben | 1 | 25 | ja | BT, U, RW | KLT - SBH | 9 | 9 | | 9 | | | |
| 42 | 330805 | O-Ring 36,1x2,65 - ölen | 1 | 1000 | ja | BT, Ö | KLT - SBH | 1 | 1 | | 1 | | | |
| | | | | | | | | 1480 | 1560 | 600 | 2000 | 600 | 460 | 600 |
| Zeitverbrauch Prozess in Sek. | | | | | | | | | | | 7300 | | | |
| Zeitverbrauch Total in Sek. | | | | | | | | | | | 203 | | | |
| Zeitverbrauch Total in Std. | | | | | | | | | | | | | | |

Anhang f: Kapazitätsplanung Lagerlogistik – Zuführungsprozess