



BACHELORARBEIT

Frau
Anastasiia Pogorelova, B.Sc.

**Die Erforschung und Anwendung des
Lean-Konzepts auf dem Beispiel des
Unternehmens Vitesco Technologies AG**

Mittweida, Oktober 2023

Fakultät **Wirtschaftsingenieurwesen**

BACHELORARBEIT

Die Erforschung und Anwendung des Lean-Konzepts auf dem Beispiel des Unternehmens Vitesco Technologies AG

Autorin:

Anastasiia Pogorelova

Studiengang:

Betriebswirtschaftslehre

Seminargruppe:

BW18w-AA

Erstprüfer:

Prof. Dr. rer. oec. Serge Velesco

Zweitprüfer:

Prof. Dr. rer. oec. Johannes Stelling

Einreichung:

Mittweida, 01.10.2023

Verteidigung/Bewertung:

Mittweida, 2023

Faculty of **Industrial Engineering**

BACHELOR THESIS

Exploring and applying lean concepts to companies such as Vitesco Technologies

Author:

Anastasiia Pogorelova

Course of Study:

Business Administration

Seminar Group:

BW18w-AA

First Examiner:

Prof. Dr. rer. oec. Serge Velesco

Second Examiner:

Prof. Dr. rer. oec. Johannes Stelling

Submission:

Mittweida, 01.10.2023

Defense/Evaluation:

Mittweida, 2023

Bibliografische Beschreibung:

Pogorelova, Anastasiia:

Die Erforschung und Anwendung des Lean-Konzepts auf dem Beispiel des Unternehmens Vitesco Technologies AG. – 2023. – 41 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida – University of Applied Sciences, Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen, Bachelorarbeit, 2023.

Referat:

Diese Bachelorarbeit untersucht die Möglichkeit der Steigerung der Lagerleistung mithilfe des Lean-Konzepts und bietet eine Analyse der Implementierung eines automatisierten Systems zur Entschlüsselung von Lieferabrufnummern für Injektoren und DMC-Codes.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
2 Theoretische Grundlagen	3
2.1 Lean Management	3
2.2 Methoden im Lean Management	4
2.2.1 Kaizen	4
2.2.2 Kanban	6
2.2.3 Total Productive Maintenance (TPM)	11
2.2.4 5S Methode	13
2.3 Praktische Lean-Methoden für die Verbesserung der Werkarbeit	14
2.3.1 Wertstromanalyse (Ist-Zustand)/ Value Stream Mapping (VSM)	15
2.3.2 Wertstromdesign (Soll-Zustand)/ Value Stream Design (VSD)	17
2.3.3 PDCA-Zyklus	18
3 Anwendung der Methoden des Lean-Konzeptions	21
3.1 Problemstellung – Stadtmission Bürgstadt	22
3.2 Optimierung der Intralogistik	27
3.2.1 Aufbau des Lagers	29
3.2.2 Algorithmus	33
3.2.3 Bewertung der Effektivität der Automatisierung	36
4 Fazit und Ausblick	39
Anhang	41
A Implementation des Algorithmus in der Programmiersprache Python	41
Literaturverzeichnis	43
Eidesstattliche Erklärung	47

Abbildungsverzeichnis

2.1 Grad der Wirksamkeit des Änderungsmanagements	5
2.2 Kumulatives Flussdiagramm für PCR5 Injektor im Werk LBO	8
2.3 Kanban-Board	11
2.4 5S Methode	13
2.5 Prozess und Materialsymbole in Wertstromanalyse	16
2.6 Informations- und allgemeine Symbole in Wertstromanalyse	16
3.1 VSM Stadtmission Burgstädt April 2022	23
3.2 VSM Stadtmission Burgstädt Dezember 2022	24
3.3 VSD Stadtmission Burgstädt Dezember 2022	25
3.4 Aktionsliste Stadtmission Burgstädt	26
3.5 Projekt zur Einführung eines Rahmens mit integrierter Kamera Cognex In-Sight D900 in Stadtmission Burgstädt	28
3.6 Schema eines Rahmens in Stadtmission Burgstädt	29
3.7 Plan des Stadtmission Burgstädt	30
3.8 Flussdiagramm	34
3.9 Data-Matrix-Codes	35

Tabellenverzeichnis

3.1 Kennzahlen zur Effizienz des Stadtmission Burgstädt 36

Abkürzungsverzeichnis

5S	5 Steps - Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke
CFD	Cumulative Flow Diagram
ERP	Enterprise Resource Planning
FIFO	First In First Out
JIT	Just In Time
KI	künstliche Intelegenz
KPI	Key Performance Indicators
KVP	kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LBO	Limbach-Oberfrohn
OEE	Overall Equipment Effectiveness
PDCA	Deming-Zyklus oder "Plan-Do-Check-Act"
SCM	Supply Chain Management
TPM	Total Productive Maintannance
VSD	Value Stream Design
VSM	Value Stream Mapping
WIP	Work in Progress

1 Einleitung

Die Steigerung der Effizienz industrieller Produktion zu jeder Zeit und unter allen Bedingungen ist eine wichtige und aktuelle Aufgabe. Die Automatisierung verschiedener Geschäftsprozesse und Aktivitäten, einschließlich Prozessen in Lagerlogistik, spielt eine wesentliche Rolle bei ihrer Lösung. Logistische und produktive Prozesse haben Auswirkungen auf die Kosten aller Aktivitäten des Unternehmens sowie auf die Effizienz des Lagermanagements in verschiedenen Bereichen der logistischen Kette und der Steuerung des Materialflusses insgesamt. Die Optimierung der meisten Prozesse ermöglicht eine verbesserte Unternehmensleistung und folglich, durch logisch zusammenhängende Managemententscheidungen, die Festlegung von Wegen für eine nachhaltige finanzielle Stabilität des Unternehmens, was dank des Lean-Konzepts erreicht werden kann.

In Deutschland ist die Entwicklung von Marktbeziehungen in der heutigen Zeit hauptsächlich auf die Notwendigkeit der Erforschung moderner, effizienter Managementmethoden zurückzuführen. Diese ermöglichen es Unternehmen, Rentabilität und Liquidität auf einem hohen Niveau zu halten. Ein Schlüsselement der unternehmerischen Tätigkeit jedes Unternehmens ist die richtige Wahl der Managementstrategie. Dies erklärt sich daraus, dass eine korrekt gewählte Strategie ein wesentlicher Faktor für die effektive Entwicklung eines Unternehmens darstellt. Die Auswahl des Konzepts und der Methoden ist ebenfalls von großer Bedeutung. Lean-Produktionsstrategien legen großen Wert auf die Kostensenkung und Qualitätssteigerung durch Prozessvereinfachung. Die Herstellung des Produkts erfolgt mit minimalem Verlust und geringstmöglichen Kosten.

Das Forschungsobjekt ist die Optimierung der logistischen Prozesse im Unternehmen Vitesco Technologies AG durch ein eigenständige Stadtmission Burgstädt.

Das Forschungsziel besteht darin, theoretische Aspekte der logistischen Prozesse im Unternehmen zu untersuchen, Schwachstellen im Organisationssystem der logistischen Systeme des Unternehmens zu identifizieren und verschiedene Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz der logistischen Prozesse zu betrachten.

Um dieses Ziel zu erreichen, waren folgende Aufgaben zu lösen:

- Anwendung des Lean Management Methoden in dem Unternehmen;
- Effiziente Darstellung von „Flaschenhälsen“ in logistischen Prozessen erreichen;
- Die Verbesserung des Wertschöpfungsflusses in sinnvoller und optimaler Weise umsetzen;
- Die Herausforderungen der Automatisierung logistischer Prozesse erfolgreich bewältigen.

2 Theoretische Grundlagen

Wenn man eine Verbesserung oder Optimierung des Arbeitsprozesses in der [Supply Chain Management \(SCM\)](#) Abteilung vorschlägt, ist es wichtig, über theoretische Grundkenntnisse in Logistik zu verfügen. Nur auf der Grundlage dieser Theorie kann man praktische Lösungen finden. Angesichts der schnellen Entwicklung des Themas Industrie 4.0 und seiner zunehmenden Bedeutung für viele Unternehmen besteht ein wachsendes Interesse daran, Prozesse zu optimieren und zu automatisieren. Dieser Abschnitt soll dazu dienen, die Einführung effektiver Methodologien in Unternehmen wie Vitesco Technologies AG zu erleichtern.

In diesem Teil des Berichts werden verschiedene Methoden und Instrumenten des Lean Managements durchgeführt und anschließend eine kurze Betrachtung von den auf dem bereits auf dem Markt verfügbaren Optionen dargestellt. Lean-Konzeption soll letztendlich eine Unterstützung für die Auswahl eines passenden Systems für die Zeiterfassung für das Unternehmen sein, um bessere Auswertung der Ergebnisse zu ermöglichen. Außerdem wird auch kurz darauf eingegangen, warum diese Erfassung wichtig für Vitesco Technologies AG ist.

2.1 Lean Management

Seit Anfang 2019 wird am Standort [Limbach-Oberfrohna \(LBO\)](#) die Logik des „Lean Managements“ nach und nach etabliert. Beim „Lean Management“ handelt es sich um eine Unternehmensstruktur und Lebensweise, die auf der Grundlage verschiedener Anwendungsmethodiken basiert.

Der Begriff „Lean“ wird direkt als „schlank“ übersetzt, aber kann auch als „gesund“ interpretiert werden [12]. Charakterisiert wird dabei die Unternehmensgesundheit, welche vor allem in einem hochkompetitiven Umfeld, wie der Markt, in dem sich Vitesco Technologies AG befindet, wichtig ist. Hauptziel des Lean Managements ist es eine Managementphilosophie zu erschaffen, welche auf eine niemals endende Suche nach Verbesserungen fokussiert ist. Alle Aktivitäten, die für die Wertschöpfung notwendig sind, sollen optimal aufeinander abgestimmt und überflüssige Tätigkeiten eliminiert werden.

Im Werk [Limbach-Oberfrohna](#) gibt es für jeden Fertigungsbereich einen eigenen Lean Manager, dessen Hauptaufgabe die Verbesserung der Arbeit auf Grundlage verschiedener Lean-Methoden ist. Eine enge und gut vernetzte Zusammenarbeit mit dem Produktionsmanager und dem gesamten Fachbereich ist für den Lean Manager wichtig. Dadurch kennt Lean Manager einerseits die aktuellen Problemstellen der Fertigung, um neue Lösungsansätze zu finden – und ist zeitgleich auf dem Laufenden, um eine funktionierende Stellvertretung im Bedarfsfall zu gewährleisten. Durch dieses abteilungsübergreifende Miteinander kann der Bereich kontinuierlich verbessert und gleichzeitig gute Führungsarbeit geleistet werden.

Nachhaltigkeit ist ein integraler Bestandteil des Geschäftsmodells von Vitesco Technologies AG. Mit innovativen und effizienten Lösungen will man die Umweltauswirkungen der Automobilindustrie weltweit verringern und langfristig emissionsfreie Mobilität fördern.

Dies spiegelt sich im Bestreben wider, Nachhaltigkeit in allen Geschäftsaktivitäten entlang der gesamten Wertschöpfungskette voranzutreiben. Projekt von Vitesco Technologies AG „DIRECTION 2030“ formuliert dieses Selbstverständnis im Anspruch „Driver of Sustainability“:

- Ziel: die Bereitung des Weges zur sauberen Mobilität durch Elektrifizierung.
- Antrieb: die Entwicklung intelligenter und zuverlässiger Lösungen, die (emotional¹) bewegen.
- Umfeld: die Möglichkeit der E-Mobilität überall – für alle Märkte, alle Architekturen, alle Menschen [22].

Die Veränderungen wirken sich nicht nur direkt vor Ort in der Fertigung aus, wo Prozesse optimiert und Verschwendungen beseitigt wurden, sondern tragen auch zu einer beeindruckenden Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit des Standorts bei. Allein im Werk [Limbach-Oberfrohn](#) wurden für das Jahr 2022 durch Verbesserungsprojekte über ein mittlerer sechstelliger Betrag eingespart [3].

2.2 Methoden im Lean Management

Methoden können für viele Menschen praktische Anleitungen für Handlungen sein, die den Anschein erwecken, „die perfekte Lösung“ für ein Problem zu bieten. Es ist jedoch hauptsächlich zu betrachten, dass jede Methode nur als ein Werkzeug zu verstehen ist, das in unterschiedlichen Situationen effektiv sein kann. Im Lean Management steht uns eine „Toolbox“ zur Verfügung, aus der wir schöpfen können. Es gibt jedoch kein universelles Werkzeug für alle Probleme. Nachfolgend stehen aktiv verwendete Methode, welche Vitesco Technologies AG die beste Wahl für eine nachhaltige Verwaltung der Geschäftseinheit erachtet hat, dar.

2.2.1 Kaizen

Bei „Kaizen“ handelt es sich um eine Wortzusammensetzung aus „Kai“ (Veränderung) und „Zen“ (besser), was im Kontext des Lean Management kontinuierliche Verbesserung bedeutet. Diese Methode ist aus Japan und gründet sich auf der Strategie des kollektiven Wunsches, seine Unternehmen besser und seinen Arbeitsplatz prestigeträchtiger zu machen [11]. In Europa hat sich die Kaizen-Methode unter der Bezeichnung „[kontinuierlicher Verbesserungsprozess \(KVP\)](#)“ etabliert. Diese Methode basiert darauf, den gegenwärtigen Zustand zu akzeptieren, zu analysieren und modifiziert weiterzuführen. Der Ansatz selbst ist dabei humanorientiert und hat die Förderung der Motivation aller Mitarbeiter:innen und deren Identifikation mit den Arbeitsinhalten an ihrem Arbeitsplatz zum Ziel. Um dieses Ziel umzusetzen, werden Mitarbeiter:innen in die Gestaltung von Prozessen eingebunden.

Eine der Hauptwerte der Methode ist die maximale Aufmerksamkeit für die Steigerung der Effizienz des Teams mit jeder Arbeitsiteration. Abbildungen sind ein visuelles Instrument, das den Teams ermöglicht, nicht stehenzubleiben. Wenn das gesamte Team Zugang zu den Daten hat, ist es einfacher, Engpässe im Prozess zu erkennen und zu beseitigen. Die [Abbildung 2.1](#) zeigt die Dauer des Zyklus zur Ausführung jeder Aufgabe sowie den gleitenden Durchschnitt für das gesamte Team.

¹Die Strategie besteht aus der Vision, der Mission und den fünf damit verbundenen Schwerpunktbereichen von Vitesco Technologies AG und bietet Orientierung in einem volatilen Marktumfeld. Die Vision wird mit dem Slogan „Electrified. Emotion. Everywhere“. Er bedeutet, dass das Unternehmen die Weichen für saubere Mobilität durch Elektrifizierung für jeden Markt, jede Architektur und einfach jeden Menschen mit intelligenten und zuverlässigen Lösungen stellt, die Bewegung und Emotion ermöglichen.

Das Ziel des Teams ist es, die Durchlaufzeit der Aufgaben in den Arbeitsprozessphasen zu verkürzen. Wenn die durchschnittliche Zykluszeit auf der Kontrollgrafik sinkt, ist das Team auf dem richtigen Weg.

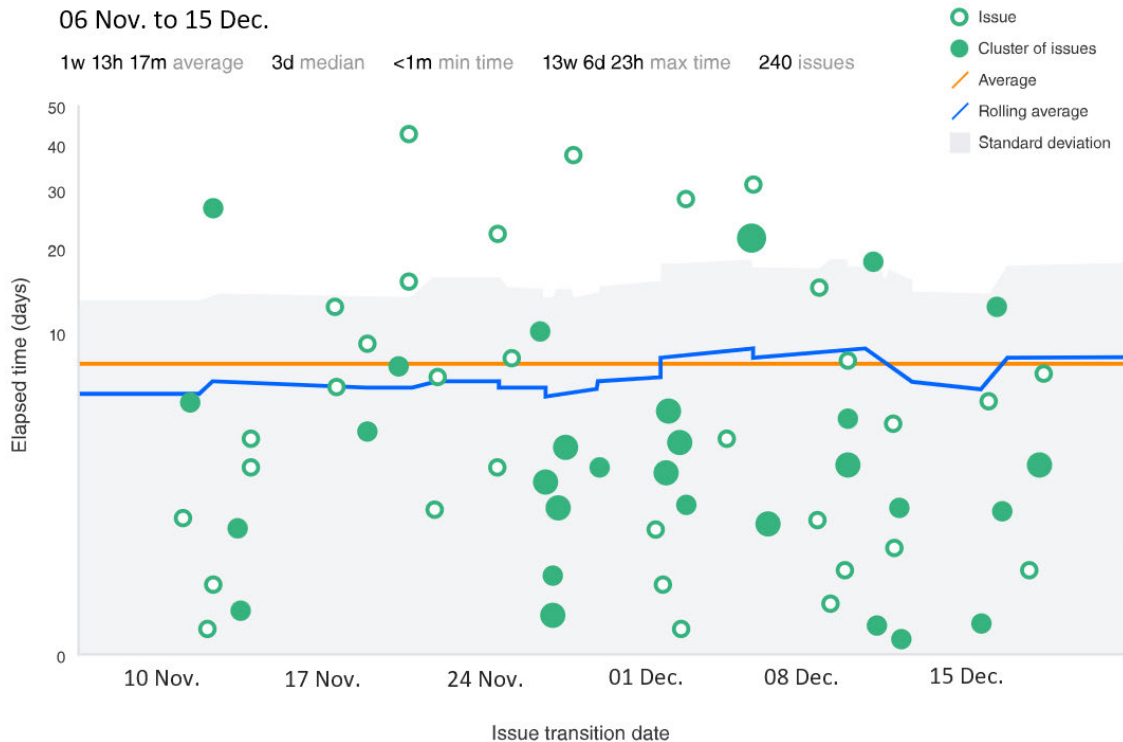


Abbildung 2.1: Grad der Wirksamkeit des Änderungsmanagements

In diesem Fall umfasste die Transformation der Geschäftsprozesse bei Vitesco Technologies AG eine Reihe von Projekten: Einführung neuer Strategien, IT-Strukturierung, Reengineering-Projekte und so weiter. Das Team aus **SCM-Abteilung** analysierte, wie die **Key Performance Indicators (KPI)** ursprünglich im Business Case beschrieben waren: „Kostensenkung“, „Prozessgeschwindigkeit“, „Prozessleistung“ usw. Dann verglich das Team dies mit den Ergebnissen und bewertete sie hinsichtlich der Effizienz des Change Managements [28]. Das Ergebnis war eine ziemlich einfache graphische Darstellung 2.1, das zeigt: Je genauer das Change Management ausgerichtet ist, desto effektiver werden die Projektausführung und -umsetzung sein.

Das grundlegende Postulat des Kaizen lautet ungefähr wie folgt: Kleine Schritte in die richtige Richtung tragen dazu bei, bedeutende Ergebnisse zu erzielen. Dies bedeutet, dass beeindruckende Ergebnisse nicht durch radikale Innovationen, sondern durch eine langsame, schrittweise und tägliche Arbeit erreicht werden.

Um die Funktionsweise der Kaizen-Methode besser zu verstehen, habe ich fünf Hauptelemente identifiziert, die auch als das Herzstück des Kaizen bezeichnet werden:

1. **Verstehen Sie Ihre Kunden.** Dies bedeutet, dass Sie ein klares Bild von der Person haben müssen, der Sie Dienstleistungen anbieten oder Produkte verkaufen: Ihre Werte, Wünsche und Bedürfnisse. Die beste Strategie besteht darin, herauszufinden, was er möchte und warum das Produkt oder die Dienstleistung für ihn einen Wert darstellen. Das Wissen über die Ziele und Wünsche des Kunden ermöglicht eine Verbesserung des Prozesses.
2. **Beseitigen Sie Verschwendung.** Kaizen ist eng mit den Konzepten „Zero Waste“ verbunden. Dieser Grundsatz kann jedoch breiter verstanden werden: Streben Sie danach, in der Arbeit nichts Überflüssiges zu verwenden, nehmen Sie nur das, was wirklich benötigt wird, beseitigen Sie physischen und informatorischen Müll. Der Produktionsprozess sollte in einem arbeitsfähigen Zustand gehalten werden, und jeder Mitarbeiter sollte sich auf die maximale Müllreduzierung konzentrieren.
3. **Gehen Sie zum „Ort des Geschehens“.** Im Original wird das Wort „Gemba“ verwendet, das aus dem Japanischen übersetzt werden kann als „Ort, an dem die Arbeit stattfindet“. Die Essenz dieses Kaizen-Elements besteht darin, dass der Manager die Arbeitsprozesse gut verstehen muss und alle Anstrengungen darauf konzentrieren muss, Veränderungen in erster Linie dort einzuführen.
4. **Stützen Sie sich auf Fakten.** Am besten ist es, Statistiken zu führen und zu überprüfen, Änderungen in signifikanten Indikatoren und konkrete Zahlen, anstatt sich auf die „Empfindungen“ des Leiters zu stützen. Alle Verbesserungen sollten „greifbar und sichtbar“ sein.
5. **Inspirieren Sie das Team.** In diesem Fall geht es darum, den Menschen konkrete Ziele zu setzen und ihnen bei der Verfolgung dieser Ziele zu helfen. Kaizen impliziert, dass jedes Teammitglied angehört werden sollte, wenn es etwas zu sagen hat. Gemeinsame Brainstorming-Sitzungen können abgehalten, individuelle Interviews durchgeführt oder eine „Ideenbox“ aufgestellt werden. Ideen, die von den Menschen vorgebracht werden, sollten geprüft und schrittweise umgesetzt werden, wenn sie es wert sind.

Kaizen bedeutet auch, dass, wenn eine bestimmte Mechanik oder ein Team besser funktionieren können, Verbesserungen angestrebt werden sollten. Probleme und potenzielle Fehler sollten im Team diskutiert werden, und die Führungskräfte sollten den untergeordneten Mitarbeitern Feedback geben.

Das Hauptziel der Kaizen-Methodik ist die Optimierung und Kostensenkung von Prozessen sowie die Sicherstellung der Produktqualität.

Wahrscheinlich kann man diese Methode mehr als Lifestyle betrachten. Es ist eine einzigartige Symbiose zwischen der Unternehmensstrategie und dem Lebensstil des Mitarbeiters.

2.2.2 Kanban

Kanban ist eine Methode zur Produktionsprozesssteuerung. Das Ziel von Kanban ist es, die Materialengpässe zu vermeiden und Wartezeiten durch fehlendes Material zu beseitigen.

Die Kanban-Methode beinhaltet Echtzeit-Leistungsbesprechungen und vollständige Transparenz der Arbeitsprozesse. Die Arbeitsaufgaben sind visuell auf einem Kanban-Board dargestellt, was den Teammitgliedern ermöglicht, den Status jeder Aufgabe zu jeder Zeit zu sehen.

Vitesco Technologies AG hat dieses System in ihren Werkstätten angewendet, um die beeindruckenden Lagerbestände besser mit der Zeit, die für die Herstellung bestimmter Bauteile aufgewendet wird, in Einklang zu bringen. Zur Verfolgung der Produktionsmengen in der Werkstatt (und zur Interaktion mit Lieferanten) wurde eine spezielle Karte (oder Kanban-Karte) in Echtzeit verwendet, die zwischen den Teams übergeben wurde. Wenn die im Produktionsbereich verwendeten Bauteile in der Werkrolley zur Neige gingen, wurde eine Kanban-Karte mit Angabe der benötigten Teile, der benötigten Menge usw. an das Lager übergeben. Im Lager stand bereits neue Rollwagen mit diesem Bauteile bereit: Sie wurde zur Werkstatt geschickt, und die Lagerarbeiter schickten ihre Kanban-Karte an den Lieferanten zurück. Beim Lieferanten gab es ebenfalls ein Trolley mit diesem Bauteile, die bereit war, und er schickte sie an das Lager. Die Kanban-Methode basiert auf dem [Just In Time \(JIT\)](#)-Herstellungsprozess.

Bei Vitesco Technologies AG wird das [JIT](#)-Prinzip angewendet, um die Übereinstimmung zwischen dem Umfang der unfertigen Arbeit ([Work in Progress \(WIP\)](#)) und der Leistung des Teams sicherzustellen [25]. Dies verleiht den Teams mehr Flexibilität bei der Planung, ermöglicht schnellere Ergebnisse, erleichtert die Konzentration auf die Arbeit und gewährleistet Transparenz während des gesamten Entwicklungszyklus.

Die Arbeit von Kanban-Teams basiert auf eine Kanban-Tafel, das zur Visualisierung und Optimierung des Arbeitsprozesses verwendet wird. Obwohl einige Teams physische Tafel bevorzugen, sind virtuelle Boards schon lange eine Standardfunktion: die Tafeln erleichtern die Verfolgung von Prozessen, organisieren die Zusammenarbeit und den Zugang von verschiedenen Orten aus.

Boards sind erforderlich, um die Teamarbeit zu visualisieren, den Prozess zu standardisieren und Mängel und Abhängigkeiten zu identifizieren und zu beseitigen. Es spielt keine Rolle, in welcher Form sie präsentiert werden – physisch oder digital. Auf einem Standard-Kanban-Board besteht der Prozess aus drei Schritten: „Geplant“, „In Arbeit“ und „Fertig“. Das Board kann jedoch je nach dem in der jeweiligen Teamgröße, -struktur und -zielen akzeptierten Prozess angepasst werden.

In der Übersetzung aus dem Japanischen bedeutet Kanban wörtlich „visuelles Signal“. In Teams, die Kanban verwenden, wird jede Arbeitsaufgabe als separate Karte auf dem Board dargestellt.

In der Kanban-Methode wird oft ein kumulatives Flussdiagramm verwendet.

Ein kumulatives Flussdiagramm (auch als [Cumulative Flow Diagram \(CFD\)](#) bekannt) ist eines der fortschrittlichsten Diagramme der Kanban-Methode. Es bietet eine kurze Visualisierung der drei wichtigsten Kennzahlen Ihres Flusses:

- Zykluszeit
- Durchsatz
- Arbeit im Prozess [23]

Das Hauptziel des Diagramms besteht darin zu zeigen, wie stabil der Fluss ist und zu helfen zu verstehen, worauf sich konzentriert werden muss, um den Prozess vorhersehbarer zu gestalten. Es bietet eine quantitative und qualitative Darstellung von vergangenen und aktuellen Problemen und kann große Datenvolumina visualisieren.

Auf der Zusammenfassungsdarstellung des Prozesses 2.2 wird die Anzahl der Aufgaben in jedem Zustand angezeigt. Es ist einfach, problematische Bereiche zu identifizieren: Wenn die Anzahl der Aufgaben in einem der Schritte zunimmt, läuft etwas schief. Zwischenzustände wie „In Arbeit“ oder „Fertig“ weisen darauf hin, dass die Aufgabe noch nicht an den Kunden geliefert wurde. Wenn solche Aufgaben immer zahlreicher werden, steigt die Wahrscheinlichkeit schwerwiegender Konflikte während des Code-Mergings.

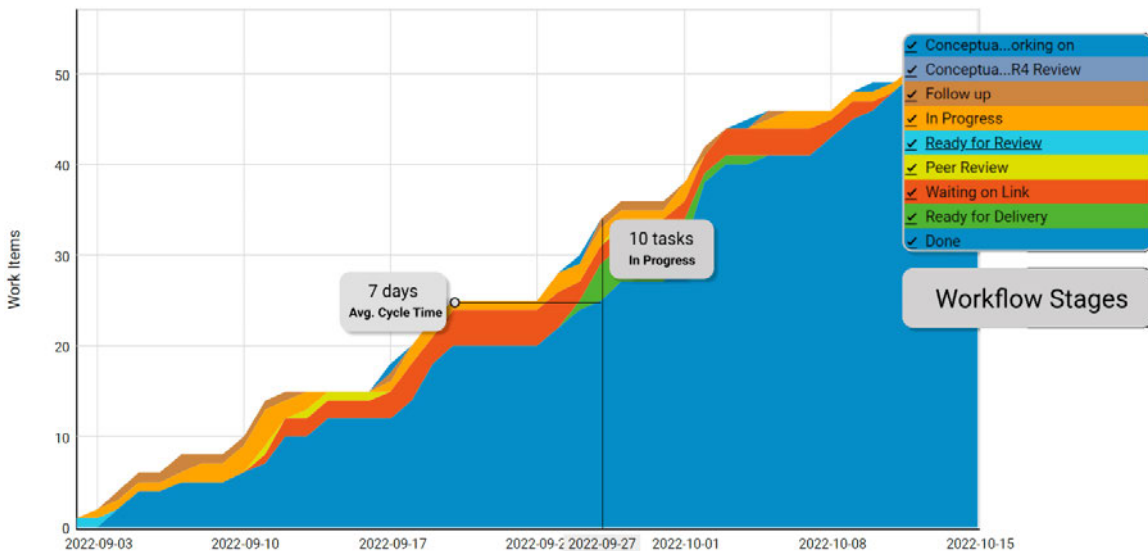


Abbildung 2.2: Kumulatives Flussdiagramm für PCR5 Injektor im Werk LBO

Die horizontale Achse des Diagramms stellt ein zeitliches Intervall dar, für das der Graph die Daten anzeigt. Die vertikale Achse zeigt die kumulierte Anzahl der Karten im Arbeitsprozess zu verschiedenen Zeitpunkten. Die farbigen Bänder, die die Bereiche im aufsteigenden Fluss trennen, repräsentieren die verschiedenen Phasen des Arbeitsprozesses in der Form, wie sie auf dem Kanban-Board angezeigt werden. Die Bänder bewegen sich immer nach oben oder seitlich, je nachdem, wie viele Aufgaben produziert werden.

Die obere Grenze jedes Bandes im kumulativen Flussdiagramm ist der Eingangspunkt für Aufgaben auf dem entsprechenden Schritt des Kanban-Boards, und die untere Grenze zeigt an, wann diese Aufgaben ihn verlassen. Wenn die Linie horizontal wird, bedeutet dies, dass nichts in diesen Schritt hereinkommt oder herausgeht.

Wenn das Band im Flussdiagramm ständig schmaler wird, bedeutet dies, dass die Kapazität des Schrittes, den es repräsentiert, größer ist als die Eintrittsgeschwindigkeit. Dies ist ein Anzeichen dafür, dass dieser Schritt mehr Produktivität hat, als tatsächlich benötigt wird. Es sollte daher verschoben werden, um den Fluss zu optimieren.

Jedes Mal, wenn die Bänder in dem Diagramm breiter werden, bedeutet dies, dass die Anzahl der Karten, die in den entsprechenden Schritt auf dem Kanban-Board gelangen, größer ist als die Anzahl der Aufgaben, die ihn verlassen. Dies ist ein häufiges Problem, das durch Multitasking und andere wertlose Aktivitäten verursacht wird, die keinen Wert schaffen.

Kanban verwendet Serviceklassen, um die Priorität bestimmter Arten von Arbeiten zu erhöhen, Kunden Priorität zu geben oder die Auswirkungen auf das Geschäft wie die Kosten der Verzögerung auszugleichen [29]. Die Kosten der Verzögerung beziehen sich auf den entgangenen Gewinn oder die Kosten, die durch nicht rechtzeitige Erbringung von Dienstleistungen entstehen. Betrachten wir die Auswirkungen der Kosten der Verzögerung und der entsprechenden Serviceklasse anhand von Beispielen:

1. **Die beschleunigte Klasse** – ein Detail mit hoher Priorität. Es gibt keine Zeit, um das Problem zu verschieben. Es muss so schnell wie möglich hergestellt werden.
2. **Die Klasse mit festem Datum** – die Kosten der Verzögerung steigen stark nach einem bestimmten Zeitraum. Beispiel: Ein Projekt mit einem festen Startdatum. Wenn wir nicht rechtzeitig fertig werden, besteht das Risiko, die Lizenz zu verlieren.
3. **Die Standardklasse** – die Kosten der Verzögerung steigen proportional zurzeit. Wenn wir es sofort erledigen, erhalten wir sofort Gewinn. Wenn wir es lange tun, erhalten wir den Gewinn langsam.
4. **Die immaterielle Klasse** – wir erledigen die Arbeit, aber sie bringt keinen klaren Gewinn, die Kosten der Verzögerung steigen langsam.

Warum sollte die Arbeit in Form einer Karte auf eine Kanban-Tafel dargestellt werden? Durch diese visuelle Darstellung wird es den Teammitgliedern leichter fallen, den Lebenszyklus von Arbeitsaufgaben zu verfolgen [7]. Kanban-Karten enthalten wichtige Informationen zu einer bestimmten Arbeitsaufgabe, die dem gesamten Team zugänglich sind: der Name der für die Aufgabe verantwortlichen Person, eine kurze Beschreibung der durchgeführten Arbeit, eine Schätzung der benötigten Zeit usw.. Auf virtuellen Kanban-Boards werden Karten auch um Screenshots und andere wichtige technische Details für den Ausführenden ergänzt. Alle Teammitglieder sehen den Status jeder Arbeitsaufgabe zu jeder Zeit sowie alle damit verbundenen Informationen.

Vitesco Technologies AG werden praktische Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeit und zur Steigerung der Servicequalität eingesetzt, darunter die Methode des Feedback-Loops (Kadenz). Im Kontext der Kanban-Methode bezeichnet sie einen Rhythmus oder regelmäßige Treffen. Die Regelmäßigkeit legt den Rhythmus fest, in dem der Arbeitsfluss stattfindet. Hier sind einige stabile Kadenzklassen:

1. **Daily Meeting** (*täglich*). Hier wird der Status blockierter Aufgaben diskutiert. Es ist wichtig zu verstehen, ob Blockaden die Projektfristen beeinflussen werden. Jedes Teammitglied sollte aktiv an dem Gespräch teilnehmen.
2. **Replenishment Meeting** (*alle zwei Wochen*). Es wird Kontakt zu allen Verantwortlichen aus verschiedenen Abteilungen für Produktion und Planung hergestellt, und es wird besprochen, wie die aktuelle Situation im Lager zu bewältigen ist. In Kanban ist der kontinuierliche Zustrom von Aufgaben sehr wichtig. Daher muss die Warteschlange (Backlog) ständig aufgefüllt werden. In dieser Warteschlange befinden sich alle priorisierten Aufgaben zu diesem Zeitpunkt.
3. **Delivery Planning Meeting** (*alle zwei Wochen*). Die Lieferplanung basiert auf Daten aus den Berichten zur Teamleistungsbeurteilung. Bei diesem Treffen muss festgelegt werden:
 - a) Welche Aufgaben müssen erledigt werden, um das Projekt abzuschließen;
 - b) Anhand der Berichtsdaten muss berechnet werden, wie viel Zeit die Erledigung aller Projektaufgaben in Anspruch nehmen wird.

4. **Service Delivery Review** (*alle zwei Wochen*). Die Kommunikation sollte nicht nur innerhalb des Teams erfolgen, sondern auch mit externen Stakeholdern. Durch die Transparenz des Arbeitsprozesses steigt das Vertrauen in das Unternehmen. Bei diesem Treffen zur Überprüfung der Serviceerbringung werden nur zwei Fragen behandelt: Ist der Kunde mit der Qualität der geleisteten Arbeit zufrieden und haben die Ausführenden die Fristen eingehalten?
5. **Operation Review** (*monatlich*). Ziel des Treffens ist die umfassende Analyse der Arbeit aller Abteilungen und ihrer Interaktion miteinander. Aufgrund der Analyse sollen Kommunikationsprobleme identifiziert und Lösungen für diese Probleme entwickelt werden. Die Versammlung zielt also auf eine Steigerung der Effizienz nicht nur eines speziellen Teams ab, wie es bei den anderen von uns aufgezählten Treffen der Fall ist, sondern auf die gesamte Organisation als Ganzes. Besonderes Augenmerk sollte auf den Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Kanban-Systemen im Unternehmen liegen. Es ist notwendig, die Ursachen von Problemen zu identifizieren, die eine Kettenreaktion auslösen und die Lieferfristen beeinflussen [16].
6. **Risk Review** (*monatlich*). Bei der Risikoanalyse-Sitzung müssen zwei Dinge getan werden:
 - a) Blockaden, auf die das Team in früheren Projekten gestoßen ist, werden untersucht. Durch die Untersuchung der Blockadengeschichte können zukünftige Risiken bei der Bearbeitung von Aufgaben prognostiziert oder Arbeitsprozesse geändert werden, um solche Probleme zu vermeiden;
 - b) Die Warteschlange der aktuellen Aufgaben wird auf Lieferrisiken überprüft. Basierend auf früheren Misserfolgen können Maßnahmen ergriffen werden, um neue Aufgaben vor Blockaden zu schützen oder bei der Planung von Lieferfristen mögliche Probleme zu berücksichtigen.
7. **Strategy Review** (*quartalsweise*). Dies ist eine wichtige strategische Veranstaltung, an der Top-Manager und Teamleiter teilnehmen. Die Ziele des Treffens sind:
 - sicherzustellen, dass das Unternehmen auf dem richtigen Weg zu seinen strategischen Zielen ist;
 - zu prüfen, ob die Ziele den sich ändernden Marktbedingungen entsprechen;
 - zu überprüfen, ob der gewählte Arbeitsmodus und die Managementmethode zur Erreichung der Ziele beitragen.Als Ergebnis des Treffens sollten potenzielle Probleme identifiziert und die Strategie gegebenenfalls angepasst werden.

Die Kanban-Methode basiert auf vollständiger Transparenz der Arbeit und der Diskussion der Leistung in Echtzeit. Daher sollte das Kanban-Board die einzige zuverlässige Informationsquelle über die Arbeit des Teams sein.

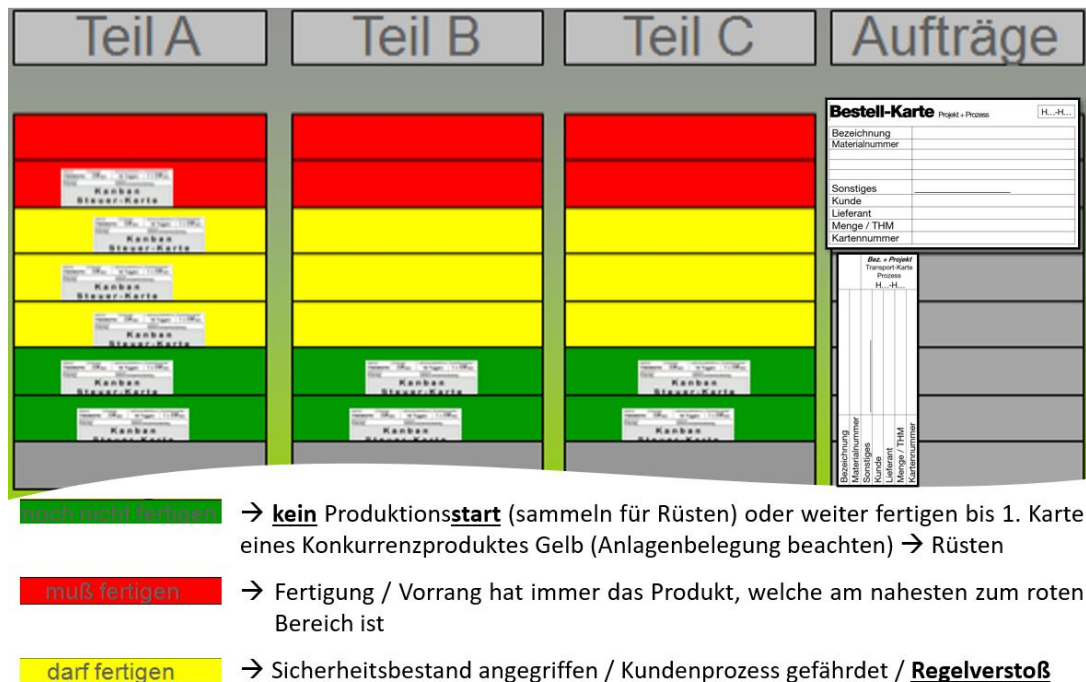


Abbildung 2.3: Kanban-Board

Dazu wird eine Kanban-Tafel (siehe Abb. 2.3) mit Karten erstellt. Von links nach rechts bildet die Tafel den aktuellen Prozessablauf mit Aufgaben ab, die zu bearbeiten, in Bearbeitung und abgeschlossen sind. Mit Karten sind physische Kärtchen gemeint, die an die Wand geklebt werden. Der nächste Schritt im Kanban ist das Pull-Prinzip: Mitarbeiter können selbst entscheiden, welche Aufgaben sie erledigen möchten und sich diese eigenverantwortlich von der Kanban-Tafel ziehen. Entsteht irgendwo ein Aufgabenstau, wird dieser sofort sichtbar und Mitarbeiter können einander helfen.

In der praktischen Anwendung ist Kanban komplexer als ein bloßes Board mit drei Spalten. Die Informationen auf den Kanban-Tickets sind individualisierbar². Nutzen von dieser Methode sind kurze Durchlaufzeiten und Material ist verfügbar, wenn es benötigt wird.

2.2.3 Total Productive Maintenance (TPM)

Ein weiteres wichtiges Werkzeug ist ein proaktives Instandhaltungssystem, welches oft mit „**Total Productive Maintenance (TPM)**“ bezeichnet wird. Dabei bedeuten die einzelnen Begriffe:

- *Total*, was bedeutet, dass jeder Mitarbeiter des Unternehmens einbezogen wird, von der obersten Führungsebene bis hin zu den Mitarbeitern in der Werkstatt;
- *Productive*, d.h. keine vergeudeten Aktivitäten oder die Produktion von Waren und Dienstleistungen, die die Erwartungen der Kunden erfüllen oder übertreffen;
- *Maintenance*, was bedeutet, dass Maschinen und Anlagen in einem guten Betriebszustand gehalten werden, d.h. in einem Zustand, der mindestens genauso gut ist wie der ursprüngliche Zustand [4].

²Es lassen sich z.B. verschiedene Aufgabentypen, Unteraufgaben oder Kanban-Klassen durch Kartenpapierfarbe, Kartendruckfarbe, Markierungen, oder zusätzliche Spalten und Zeilen hinzufügen. Dieses Formblatt kann für allgemeine Informationen am Standort [Limbach-Oberfrohnna](#) genutzt werden.

Ziel des **Total Productive Maintenance** ist die Steigerung der Lebensdauer von Ausrüstungen bei gleichzeitiger Reduzierung aller möglichen Verluste, wie Ausfallzeiten, Ausschuss und Arbeitsunfälle. Die Idee des **TPM** basiert auf vorbeugender Wartung von Technologie, an der nicht nur der Kundendienst beteiligt ist. Dieser Ansatz ermöglicht es, Verluste zu verhindern, anstatt erst nach ihrem Auftreten dagegen anzugehen.

Total Productive Maintenance basiert auf acht grundlegenden Prinzipien:

1. **Kontinuierliche Verbesserung:** Dieses Prinzip setzt voraus, dass Mitarbeiter gemeinsam die Arbeit an den Geräten verbessern und Verluste reduzieren. Dafür werden interdisziplinäre Teams aus verschiedenen Abteilungen des Unternehmens gebildet.
2. **Eigenständige Wartung:** Dieses Prinzip sieht vor, dass die tägliche Wartung der Geräte von den operierenden Mitarbeitern ohne die Beteiligung des Kundendienstes durchgeführt wird. Die Umsetzung dieses Prinzips führt dazu, dass die Betreiber eine bessere Kenntnis der Maschinen entwickeln, auf denen sie arbeiten, und rechtzeitig Störungen oder Situationen erkennen, die bald auftreten werden. Kundendienstspezialisten werden nur für komplexere Aufgaben hinzugezogen, wodurch ihre Auslastung optimiert wird.
3. **Planung der technischen Wartung:** Dies umfasst die Sicherstellung der 100%-igen Einsatzbereitschaft der Ausrüstung sowie die Durchführung von Kaizen-Maßnahmen im Bereich der technischen Wartung. Ein durchdachter Ansatz zur geplanten Wartung hilft dabei, die Dauer und Häufigkeit von ungeplanten Ausfallzeiten zu reduzieren und beschleunigt die Selbstwartung. Gleichzeitig wird die Logistik für den Kauf von Verbrauchsmaterialien überarbeitet, wodurch Lagerbestände optimiert werden.
4. **Schulung und Ausbildung:** Gemäß diesem Prinzip absolvieren Fachkräfte, die mit der Ausrüstung arbeiten, sowie Führungskräfte auf verschiedenen Ebenen zusätzliche Schulungen zur Verbesserung ihrer Qualifikation in Bezug auf die Bedienung und Wartung von Geräten, was dazu beiträgt, die Besonderheiten der Geräte besser zu verstehen.
5. **Qualitätskontrolle der Wartung:** Während der Wartung werden die Ursachen von Defekten analysiert, und wenn wiederholte Muster erkannt werden, wird das Problem auf einer höheren Ebene gelöst. Dies ermöglicht die Reduzierung von Maschinenstillstandszeiten und den Aufwand für die Inbetriebnahme.
6. **Qualitätsmanagement:** Die Erfahrung in der Wartung von Geräten wird genutzt, um Geräte der nächsten Generation zu entwickeln und „null Fehler in der Qualität“ in Produkten und Ausrüstungen zu realisieren. Dies erleichtert die Wartung und beschleunigt die Einführung neuer Technologien.
7. **TPM in administrativen Bereichen:** Ähnliche Praktiken werden auf das administrative Personal in Büros angewendet, das direkt nicht mit den Produktionsprozessen verbunden ist [30].
8. **Arbeitssicherheit, Umweltschutz und Gesundheit:** Gemäß diesem Prinzip ermöglichen Ordnung am Arbeitsplatz und etablierte Prozesse die Reduzierung von Gesundheitsrisiken, Unfällen und damit verbundenen Ausfallzeiten.

Infolgedessen steigt die Effizienz der Nutzung teurer Ausrüstung, zusammen mit der Gesamtproduktivität des Unternehmens. Da die Herstellungskosten des Endprodukts auch aus der Abschreibung der Ausrüstung bestehen, werden sie gesenkt. Durch die Aufmerksamkeit auf die Reduzierung von Ausschuss steigt die Gesamtqualität der Produktion.

Ausrüstung muss ordnungsgemäß betrieben und gewartet werden. In Zeiten wirtschaftlicher Instabilität, in denen Unternehmen Ausgaben kürzen, ist es ratsam, nach Möglichkeiten zu suchen, anstatt wertvolle Mitarbeiter zu entlassen, die Organisation der Prozesse so zu gestalten, dass eine effizientere technische Wartung und Produktion erreicht wird. Dieser Ansatz führt nicht sofort zu Ergebnissen, bietet aber langfristig die Möglichkeit, nicht nur in Krisenzeiten zu überleben, sondern auch Wettbewerber bereits in der Wachstumsphase der Wirtschaft zu übertreffen.

Total Productive Maintenance ist eine Methode, um durch gezielte Instandhaltungstechniken und aktive Beteiligung aller Organisationsebenen die bestmögliche Maschinenleistung zu erreichen. Nur einige Beispiele sind aus den 27 erfolgreich abgeschlossenen L.E.A.N.-Verbesserungsprojekten in den Werkshallen des Clusters (Nürnberg/**Limbach-Oberfrohna**) im Jahr 2022: Kaizen-Aktivitäten aus dem Value Stream Mapping in der PCR5-Injektorenproduktion und Instandhaltungskostenoptimierung durch **TPM**- und Schulungsmaßnahmen in der **Limbach-Oberfrohna** Focus in Produktion des Injektors [9].

2.2.4 5S Methode

5 Steps - Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke (5S) ist ein Prozess, der entwickelt wurde, um den Arbeitsplatz zu organisieren, sauber zu halten, einen effektiven und standardmäßigen Zustand aufrechtzuerhalten [10]. Ziel ist es, durch strukturierte Organisation des Arbeitsplatzes, nicht gewinnbringende Tätigkeiten zu reduzieren. Es bietet die Grundlage für effiziente Arbeitsabläufe eines Mitarbeiters, da keine zusätzliche Zeit für die Suche nach Werkzeugen, Papieren, Informationen usw. benötigt wird. Die Methode umfasst fünf Schritte, welche die genannten Ziele erreichen sollen (siehe Abb. 2.4).






<p>Sortiere (Japanisch: (Seiri))</p>		<p>Aussortieren und Entfernen unnötiger Dinge am Arbeitsplatz. Alle Artikel werden unter dem Aspekt der Verwendungshäufigkeit, der Menge und dem Zeitpunkt der letzten Verwendung bewertet.</p>
<p>Schaffe Ordnung (Japanisch: (Seiton))</p>		<p>Gegenstände werden je nach Anwendung klassifiziert und einsortiert. Implementierung des 3F-Konzepts: > Festgelegter Gegenstand, > Festgelegter Ort, > Festgelegte Menge.</p>
<p>Säubere (Japanisch: Seiso)</p>		<p>Reinigen des Arbeitsplatzes, der Maschinen sowie des gesamten Arbeitsumfeldes. Systematische Sauberkeit kann nur erreicht werden, wenn Verfahren zur Durchführung der Reinigungstätigkeit verfügbar und klar angegeben sind.</p>
<p>Standardisiere (Japanisch: Seiketsu)</p>		<p>Die ersten drei S müssen kontinuierlich durchgeführt werden. Diese Standards sollen das Verhalten mittels Checklisten, Audit-Checklisten, Aktionspläne, Kennzahlen, Eskalationsmatrix, etc. überprüft werden.</p>
<p>Selbstdisziplin (Japanisch: Shitsuke)</p>		<p>Das Programm erfordert von allen eine Verantwortung und auch eine bestimmte Zuständigkeit: Es sollten verantwortliche Personen (Paten) mit festgelegten Bereichen zur Unterstützung geben. 5S-Audits sollten sichtbare und klare Maßnahmen mit Start- und Fälligkeitsdatum haben.</p>

Abbildung 2.4: 5S Methode

Die 5S-Umsetzung im Alltag des Mitarbeitenden führt zur Reduzierung von Suchzeiten und Aufwand für Ordnung und Reinigung sowie zu einer effizienteren Arbeitsweise. Eine offene Kommunikation und eine gemeinsame Entscheidungsfreiheit in Bezug auf neue Themenumsetzungen seien zudem ein wichtiger Faktor.

5S ist ein Werkzeug des Lean-Managements. Ordnung und Sauberkeit am Arbeitsplatz, nicht „geordnetes Chaos“, bilden die Grundlage für alle Verbesserungen, die Steigerung der Produktivität und Qualität in der Industrieproduktion und anderen Branchen. Nur in einer sauberen und geordneten Umgebung können fehlerfreie Produkte und Dienstleistungen hergestellt werden, die den Anforderungen der Kunden entsprechen, und die angemessene Leistungsfähigkeit der angewendeten Prozesse erreicht werden [18].

Vitesco Technologies AG betrachtet 5S Methode als Grundbaustein für alle Standards und kontinuierliche Verbesserungsaktivitäten³ und integriert es in die Lean-Kultur zur Standardisierung eines operativen oder administrativen Prozesses [1].

Im Rahmen des Lean Management wurden verschiedene Methoden identifiziert, darunter Kanban, Total Productive Maintenance, 5S-Methode und Kaizen. Einige dieser Methoden gelten als eigenständige Produktionskonzepte.

Im Lean Management ist die Optimierung der Produktionsprozesse und die Vermeidung von Verschwendung ein kontinuierlicher Prozess, der regelmäßig angepasst werden muss, um den sich ändernden Rahmenbedingungen gerecht zu werden. Jeder Mitarbeiter, nicht nur hoch qualifizierter Spezialist, wird ermutigt, die Abläufe zu hinterfragen, Fehler zu finden und Verbesserungsvorschläge einzureichen, um die Wettbewerbsfähigkeit des Standorts in Limbach-Oberfrohna zu erhöhen. Jede erfolgreiche Umsetzung einer Verbesserungsidee bringt das Unternehmen einen Schritt näher an dieses Ziel.

2.3 Praktische Lean-Methoden für die Verbesserung der Werkarbeit

Die fortwährende Wettbewerbssituation verlangt von allen Unternehmen die permanente Optimierung der Leistungserstellung. Mehr denn je steht heute beim Lean Management, bei der Gestaltung von Produktionssystemen und einer Supply Chain die ganzheitliche Optimierung von Wertströmen über Unternehmensgrenzen hinweg im Fokus. Eine einfache und gleichzeitig hochwirksame Methode zur Erfassung und Darstellung von Informationsflüssen und Produktionsprozessen ist die Wertstromanalyse.

Die Methode Wertstromanalyse / Wertstromdesign ist ein zentrales Werkzeug des Lean-Konzeptes zur Optimierung von Produktionsprozessen. Wertstromanalyse / Wertstromdesign wird angewendet, um die Abläufe bei der Wertschöpfung im Unternehmen vollständig zu durchdringen und zu dokumentieren – vom Rohmaterial bis zum Kunden, also von Rampe zu Rampe. Des Weiteren ist sie eine wichtige Grundlage, um Schwachstellen und Verbesserungsmöglichkeiten zu finden und auf diese

³Die vorgestellte Methode ist eng mit der Kaizen-Methode verbunden, bei der schrittweise und tägliche Arbeit dazu beiträgt, darin beeindruckendes Ergebnis im Werk LBO zu erzielen.

Weise Verschwendungen zu reduzieren [27]. Die kontinuierliche Verbesserung der Qualität ist ein fortlaufender Prozess, der die Qualität selbst erzeugt, und dies ist das Wesen des [Deming-Zyklus](#) oder "Plan-Do-Check-Act" (PDCA)-Zyklus.

2.3.1 Wertstromanalyse (Ist-Zustand)/ Value Stream Mapping (VSM)

Die Wertstromanalyse ist ein Instrument zur Visualisierung von Material- und Informationsflüssen in einer Organisation. Sie dient als „Landkarte der Arbeit“, um die Prozesse zu identifizieren, die erforderlich sind, um Produkte vom Rohmaterial bis zum Kunden zu erstellen [31]. Eine Prozesskarte bietet uns einen Überblick, ermöglicht die Identifizierung von Fehlern und die Ableitung erster Schlussfolgerungen. Die Grafik ist eine vereinfachte Darstellung, da eine Wertstromanalyse unterschiedliche Symbole nutzen und viel komplexer sein kann. Heutzutage gibt es professionelle Tools wie Software Visio, die bei der Erstellung einer Prozesskarte helfen können. Die Software Visio stellt alle notwendigen Symbole zur Verfügung und ermöglicht so eine strukturierte Visualisierung der Wertströme.

Aufnahme, Darstellung und Analyse der gegenwärtigen Produktionssituation, des Ist-Zustandes erfolgt:

- immer von „Rampe zu Rampe“ (also von Beginn bis zum Ende einer Prozesskette), vor Ort und anhand standardisierter Wertstromsymbolik;
- Aufnahme aller Prozessschritte in Wertschöpfungsfolge (immer von links nach rechts);
- Erfassung von Wertstromdaten zu den einzelnen Prozessen;
- Erfassung und Dokumentation aller Materialbestände jeweils vor, zwischen und nach den einzelnen Prozessen;
- Erfassung und Dokumentation aller Materialflüsse inklusive Nacharbeit / N.I.O.-Teile und Transporthilfsmittel;
- Erfassung und Dokumentation aller Informationsflüsse.

Alle Personen, die mit dem Wertstrom arbeiten, müssen dasselbe Verständnis der angewandten Symbolik haben.




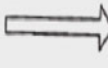




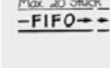

Prozess & Materialsymbole		
	Externe Quellen	Wird verwendet für Kunden, Zulieferer und externe Herstellungsprozesse.
	Datenfeld	Zur Aufzeichnung von Informationen über einen Herstellungsprozess, Abteilung, Kunde, usw.
	Materialtransfer durch PUSH	Material, das produziert und bewegt wird, bevor der nächste Prozess es benötigt; erfolgt in der Regel nach einem Produktionsplan.
	Lieferung	Für den Transfer von Fertigwaren zum Kunden.
	Puffer oder Sicherheitsbestand	Zu erfassen sind „Puffer“ oder „Sicherheitsbestand“.
	Fertigungsprozess	Ein Prozesskasten steht für einen Fertigungsabschnitt innerhalb des Materialflusses oder einer Abteilung.
	Bestand	Zum Festhalten von Menge und Zeit (Bestandsreichweite).
	Supermarkt	Ein kontrollierter Teilebestand, dem ein vorgelagerter Prozess zur Produktionssteuerung dient.
	Transfer festgelegter Materialmengen zwischen den Prozessen in der „First-In-First-Out“ (FIFO)-Reihenfolge	Verweis auf eine Einrichtung zur Bestandsbegrenzung. Stellt den FIFO-Materialfluss zwischen den Prozessen sicher. Die Maximalmengen sollten erfasst werden.
	Entnahme	Materialentnahme, normalerweise aus einem Supermarkt.

Abbildung 2.5: Prozess und Materialsymbole in Wertstromanalyse


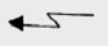
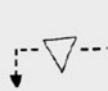




Informationssymbole		
	Manueller Informationsfluss	Zum Beispiel: Produktions- oder Lieferplan.
	Elektronischer Informationsfluss	Zum Beispiel: elektronische Datenübertragung.
	Signal-Kanban	Ein Kanban pro Produktionslos. Signalisiert, dass im Supermarkt ein Nachbestellungspunkt erreicht worden ist und eine weitere Losmenge produziert werden muss. Wird dort verwendet, wo Lieferprozesse wegen Umrüstzeiten in Losmengen fertigen müssen.
	„Go See“ - Produktionsplanung	Anpassen der Produktionsplanung auf Basis überprüfter Bestands-höhen.
	Ausgleich	Hilfsmittel, um Kanban-Lose zu unterbrechen und Produktionsvolumen und Typenmix über einen bestimmten Zeitraum auszugleichen.
Allgemeine Symbole		
	Mitarbeiter	Darstellung einer Person von oben.
	„Kaizen-Blitz“	Markiert notwendige Verbesserungen in spezifischen Prozessen, um den Soll-Zustand des Wertstroms zu realisieren. Kann zur Planung von Kaizen-Workshops verwendet werden.

Abbildung 2.6: Informations- und allgemeine Symbole in Wertstromanalyse

Mithilfe unterschiedlicher Symbole zur Darstellung verschiedener Operationen und Informationsströme ist es möglich, Analysen und Optimierungen in den Prozessen der Produktlieferkette durchzuführen. Die **Value Stream Mapping (VSM)**-Methode erweist sich besonders nützlich bei der Identifizierung und Beseitigung von verschwendeten Ressourcen [21]. Jedes Element auf der Karte wird dabei eine individuelle Wertigkeit zugeordnet. Das Ziel dieser Darstellung besteht darin, Elemente zu eliminieren, die keinen Mehrwert bieten.

Aufgrund mangelndes gemeinsames Verständnisses des Wertstroms eines Unternehmens können verschiedene Abteilungen unterschiedliche Prioritäten setzen. Es können fortwährende Auseinandersetzungen darüber entstehen, was tatsächlich wichtig ist. Dies ist normal, da jede Abteilung ihren eigenen Verantwortungsbereich schützt. Aufgrund des Fehlens eines ganzheitlichen Überblicks können sie nicht an dem Gesamtsystem arbeiten. Sie können nicht den gesamten Wertstrom entwickeln, da sie nur für bestimmte Abschnitte verantwortlich sind.

Natürlich strebt jede Abteilung danach, den Prozess zu verbessern. Sie optimieren den Teil des Prozesses, der zu ihrer Abteilung gehört. Tatsächlich kann dies bedeuten, dass sie Änderungen einführen, die ihren eigenen Prozess (den Prozess eines spezifischen Wertstromabschnitts, für den ihre Abteilung verantwortlich ist) verbessern, aber gleichzeitig den Gesamtprozess des Wertstroms beeinträchtigen, da diese Änderungen Auswirkungen auf andere Abteilungen haben können.

Genau aus diesem Grund ist es wichtig, am gesamten Wertstrom zu arbeiten, und hier kommt die Wertstromanalyse ins Spiel. Die **VSM** bietet dem Team und seinen Führungskräften die Möglichkeit, zu erkennen, wo tatsächlicher Mehrwert im Prozess generiert wird, und ermöglicht es ihnen, Entscheidungen zur Optimierung der Gesamteffizienz im Zusammenhang mit der Entwicklung und Bereitstellung von Softwareprodukten oder neuen Funktionen zu treffen, anstatt sich nur auf die Anzahl der Schritte zu konzentrieren [26].

2.3.2 Wertstromdesign (Soll-Zustand)/ Value Stream Design (VSD)

Das Wertstromdesign baut auf der Wertstromanalyse auf und bezieht sich auf ein Instrument zur Navigation und Visualisierung, das bei der Entwicklung eines Soll-Zustands unterstützt, indem es identifiziert, wo organisatorische oder technische Änderungen und Optimierungen im Wertstrom sinnvoll sind. Das Ziel besteht darin, einen Wertstrom aufzubauen, bei dem die einzelnen Prozesse durch eine kontinuierliche Fließfertigung oder Pull-Verknüpfung mit ihren jeweiligen Kunden verbunden sind [6]. Unter Wertstromdaten sind die zur Analyse und Verbesserung notwendigen Daten wie z.B. Prozessdaten, Bestandsdaten, Informationen zu verstehen. Microsoft Excel ist für die Erfassung und Berechnung der Wertstromdaten zu verwenden.

Im Folgenden sind die wichtigsten Daten aufgeführt:

Prozessdaten:

- Zykluszeit [s / St]
- Planbelegungszeit [s]
- **OEE** [%]
- Erstausrüstungsrate [%]
- Ausschuss [%], Nacharbeit [%]
- Rüstzeit [s]
- Ausbringungsmenge [St]

Informationsdaten:

- Kundentakt [s/St]
- Prozessbezeichnung
- Anzahl Schichten
- Anzahl Mitarbeiter

Bestandsdaten:

- Anzahl von Einzelteilen/ Baugruppen / Fertigprodukten [St]

Das Wertstromdesign zielt darauf ab, die Investitions-, Management- und Betriebsentwicklungsmodelle so zu verändern, dass die Investitionen ganzheitlich auf den gesamten Wertstrom ausgerichtet sind, der bis zum individuellen Endkunden am Ende dieses Stroms reicht, und nicht auf einzelne Teile dieses Stroms [20]. Im Wesentlichen hat das Wertstromdesign das Ziel sicherzustellen, dass der gesamte durch eine Investition geschaffene Wert vollständig beim Endkunden ankommt und weitere Investitionen risikoarm sind und von der ständigen Rückkopplungsschleife aus dem Feld geleitet werden.

Bei der Verbesserung eines Wertstroms muss die Rechtfertigung seiner gesamten Struktur – der aktuellen Wertgenerierungsmechanismen – infrage gestellt werden. Die Entwicklung sollte immer auf die optimale Kombination von Ressourcen abzielen, die benötigt werden, um den bestmöglichen Wert zu generieren. Andernfalls kann die Entwicklung in eine partielle Optimierung des Gesamtbildes abgleiten, bei der Verbesserungen im Maßstab von 1% als signifikante Erfolge angesehen werden.

Was entwickelt und optimiert werden sollte, erstreckt sich horizontal über mehrere Ökosysteme, die im Einklang mit dem Wertstrom stehen. Allerdings fehlen den meisten Branchen immer noch die Denkweisen, Kooperationsmodelle, Geschäftsregeln, Methoden und sogar Konzepte, die notwendig sind, um in diesem Kontext Entwicklung durchzuführen.

2.3.3 PDCA-Zyklus

Der **PDCA**-Zyklus, auch **PDCA**-Methode genannt, ist ein allgemeines Modell zur Verbesserung des Qualitätsmanagements in Unternehmen. Der Zyklus besteht aus vier Schritten zur Problemlösung: „Plan – Do – Check – Act“. Das langfristige Ziel der Anwendung des **PDCA**-Zyklus ist die Etablierung einer stabilen Grundlage für das Qualitätsmanagement innerhalb des Unternehmens [32]. Jeder Durchlauf des Zyklus bietet die Möglichkeit, neue und verbesserte Standards für das Unternehmen oder den Arbeitsbereich zu definieren und einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess einzuleiten.

Der **PDCA**-Zyklus besteht aus vier Elementen, wobei jeder dieser Schritte als eigenständiger Prozess betrachtet wird. Diese Schritte bilden einen geschlossenen Zyklus. Da der Zyklus keinen endgültigen Abschluss hat, müssen die **PDCA**-Maßnahmen immer wieder wiederholt werden, um kontinuierliche Verbesserungen im Prozess zu gewährleisten. Die Anzahl der Iterationen ist nicht begrenzt. Anpassungen sollten vorgenommen werden, bis das Problem behoben ist.

Die Schritte des **PDCA**-Zyklus sollten in jeder Anwendungssituation wie folgt verstanden werden:

- **Plan (Planung):** Der erste Schritt in der Planungsphase beinhaltet die Festlegung von Zielen, die Identifizierung der Methoden zur Zielerreichung und die Bewertung der Fortschritte. Um einen Plan zu entwickeln, sollte man zunächst das Problem verstehen. Es ist ratsam, ein Projektteam zu versammeln, um die Situation aus verschiedenen Blickwinkeln zu bewerten. Der Arbeitsablauf und der Zeitrahmen sollten mit dem Team abgestimmt werden. Um die begrenzte Zeit effektiv zu nutzen, sollte der Schwerpunkt in der Planungsphase auf den Prozessen oder Maßnahmen liegen, die erforderlich sind, um solche Möglichkeiten zu identifizieren. Wenn ein Problem im Zusammenhang mit einem Prozess gelöst werden muss, ist es möglicherweise notwendig, eine Ursachenanalyse durchzuführen, bevor der Plan umgesetzt wird.
- **Do (Durchführung):** Im zweiten Schritt ist es wichtig, gemäß dem Plan zu handeln, ohne den Projektverlauf zu ändern. Bei Einhaltung der Bedingungen kann bewertet werden, ob die gefundene Lösung effektiv ist. In dieser Phase erfolgt die praktische Überprüfung der ursprünglich vorgeschlagenen Änderungen. Dies ist jedoch immer noch ein Experiment, da es noch nicht an der Zeit ist, die Lösung oder die Prozessänderung vollständig umzusetzen. Daher sollte dieser Schritt in kleinem Maßstab und in kontrollierter Umgebung durchgeführt werden [19]. Externe Faktoren sollten keinen Einfluss darauf haben, und er sollte die anderen

Prozesse und die regulären Aktivitäten der Organisation nicht beeinträchtigen. Der Zweck dieses Schrittes liegt darin, Daten und Informationen zu sammeln, die als Grundlage für die folgenden Schritte des Prozesses dienen.

- **Check (Überprüfung):** Im dritten Schritt erfolgt die Analyse der während der Durchführung gesammelten Informationen, die mit den ursprünglichen Zielen verglichen werden. Es sollte überprüft werden, ob die Änderungen zu den gesteckten Zielen geführt haben. Bei der Bewertung sollte die Organisation des Prozesses und das erzielte Ergebnis berücksichtigt werden. Nach Abschluss der Tests sollte bewertet werden, ob die vorgeschlagenen Änderungen oder Lösungen die erwartete Wirkung erzielt haben. Nach der Ergebnisbewertung sollte entschieden werden, welche Maßnahmen im nächsten Schritt des Prozesses ergriffen werden müssen.
- **Act (Korrektur):** Der vierte Schritt beinhaltet die Fehlerbehebung. Es sollte entschieden werden, ob der Prozess skaliert oder eine neue Strategie vorgeschlagen werden soll. Nach Abschluss des Zyklus sollten gemeinsam mit den Mitgliedern des Projektteams die Änderungen festgelegt werden, die in den Prozess eingeführt werden. PDCA-Zyklus wird jedoch nicht ohne Grund als Zyklus bezeichnet, da die Änderungen, die in der Durchführungsphase vorgenommen werden, nicht das Ende des Prozesses darstellen. Die verbesserte Technologie oder die optimierte Lösung für das Problem bilden die Grundlage für weitere Iterationen des Zyklus.

Der **PDCA-Zyklus** ist ein effektives Instrument zur Projektsteuerung. Die Fähigkeit, dieses Modell anzuwenden, ist für Manager in Unternehmen von großer Bedeutung. Dieser Ansatz kann zur Lösung einer Vielzahl von Aufgaben verwendet werden, angefangen von der Produktentwicklung bis hin zur Steigerung der Unternehmensgewinne [15].

3 Anwendung der Methoden des Lean-Konzeptions

Die Welt verändert sich rasant, und die Erwartungen der Kunden ändern sich nicht weniger schnell. Die Geschwindigkeit des Wandels drängt Unternehmen dazu, erhebliche Mittel in digitale Transformationen zu investieren, um effektive Lösungen auf Unternehmensebene zu skalieren und umzusetzen. Allerdings erreichen nur wenige die gewünschten Ergebnisse. Um die gesteckten Ziele zur Kostensenkung vollständig zu realisieren, müssen die kommerziellen und technologischen Teams Konsistenz erreichen und aufrechterhalten. Vollständige Konsistenz auf Unternehmensebene ist eine entscheidende Voraussetzung für die Wettbewerbsfähigkeit in der modernen Wirtschaft [14].

Die Schwierigkeit dieses Prozesses besteht in der Kluft zwischen den Teams, die die Arbeit ausführen, und den Teams, die die Finanzierung verteilen. Um diese Kluft zu überbrücken, sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- **Erhöhung der Transparenz:** Die Arbeit sollte visuell dargestellt werden (für Pläne) und in Präsentationen (für neue Lösungen);
- **Verständnis des Arbeitsprozesses:** Die Ergebnisse in einzelnen Phasen sollten analysiert werden, um den Fortschritt bei der Erreichung der Endziele zu bewerten;
- **Optimierung der Investitionen:** Die Strategie sollte angepasst oder der Plan konsequent verfolgt werden, indem Mittel umverteilt werden, um die Wertschöpfung maximal zu beschleunigen.

Um die Konsistenz zu erreichen und aufrechtzuerhalten, führt das Unternehmen Vitesco Technologies AG die Lean-Methoden ein.

Lean Management ist ein System zur Steuerung von Prozessen und Arbeitsorganisation, das darauf abzielt, die Produktivität und Effizienz eines Unternehmens zu steigern, d.h., die Rentabilität seiner Produkte und die Qualität zu verbessern. Dies wird durch die Optimierung von Produktions- und Geschäftsprozessen erreicht, insbesondere durch die Reduzierung der Zeit für Aufgaben, die keinen Einfluss auf die Produktkosten haben (z.B. Sortieren). Auch die Arbeitsbedingungen der Mitarbeiter werden zwangsläufig verbessert.

In Kapitel 2 wurden alle Methoden von Lean-Konzeption vorgestellt, die im Unternehmen Vitesco Technologies AG verwendet wurden und immer noch verwendet werden. Solche Methoden wie Kanban, TPM und 5S werden täglich in der Praxis in der Stadtmission Burgstädt⁴ angewendet. Gemäß der Kaizen-Methode, die auf kontinuierliche Verbesserung der vorhandenen Geschäftsprozesse und deren Management abzielt, erfolgte eine Beteiligung an der Verbesserung. Die vorgenommenen Anpassungen an den Arbeitsanweisungen zur Anwendung und Nutzung dieser Methoden hatten einen positiven Einfluss auf die Leistung nicht nur für der Supply Chain Management-Abteilung,

⁴Stadtmission Burgstädt ist eine unmittelbare Einheit innerhalb des Unternehmenskomplexes von Vitesco Technologies AG.

sondern auch der Stadtmission Bürgstädt. Die Vorschläge wurden von der Geschäftsleitung der **SCM**-Bereich geprüft und als genehmigte Muster für Arbeitsanweisungen genehmigt, die bereits im Vitesco-eigenes Afo-Tool-Programm⁵ enthalten sind.

3.1 Problemstellung – Stadtmission Bürgstadt

Industrie 4.0 beinhaltet nicht nur die Implementierung von Big Data, Machine Learning und anderen **KI**-Methoden zur Optimierung von Aktivitäten. Vor allem zielt die digitale Transformation darauf ab, Produktions- und Logistikprozesse zu verändern, um sie zu beschleunigen und gleichzeitig Kosten und Fehler zu reduzieren und die Effizienz zu steigern. Bei der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle werden nicht nur erweiterte Big Data-Analysen verwendet, sondern auch bereits lange bestehende und erfolgreich angewendete Methoden der Systemanalysen und Qualitätsmanagements. Die Grundphilosophie von Lean besteht darin, Verschwendung zu beseitigen – Aktivitäten, die keinen Mehrwert für den Endverbraucher schaffen. Die Methoden Wertstromanalyse, Wertstromdesign und Deming-Zyklus wurden verwendet, da sie aus der Sicht des Lean Managements nützlich und visuell ansprechend sind. Das Ziel besteht darin, den Prozess kontinuierlich zu verbessern, zunächst durch die Festlegung einer Strategie und dann durch die Umsetzung taktischer Maßnahmen. Verbesserungen können verschiedene Formen annehmen, wie Änderungen in den Verfahren, die Integration von Automatisierung, die Einführung neuer Werkzeuge, die Erhöhung der Mitarbeiteranzahl usw.

Value Stream Mapping kann verwendet werden, um ein klares Verständnis des Gesamtprozesses zu vermitteln oder sich auf einzelne Schritte des Prozesses zu konzentrieren, um bestimmte Ziele und Ergebnisse zu erreichen. Wertschöpfungsströme können für jedes einzelne Produkt und jede Dienstleistung jeglicher Art definiert werden. In diesem Fall wird **VSM** jedoch in der Entwicklung neuer Automatisierungsmöglichkeiten für mehrere Lageraktionen in Stadtmission Bürgstadt angewendet, um Verluste optimal und wirtschaftlich zu identifizieren und die Qualität aller Aktivitäten in Fertigungsabschnitten zu bewerten.

Das Unternehmen Vitesco Technologies AG strebt kontinuierlich Verbesserungen in den Produktions- und wirtschaftlichen Kennzahlen aller untergeordneten Einrichtungen an. In Abbildung 3.1 ist nach der Analyse zahlreicher Lagerdokumente die ursprüngliche Version der **VSM** zu sehen. Die entsprechenden Werte wurden so erfasst, wie sie im April 2022 vorlagen, nicht wie sie sein sollten. Die entstandene Zustandskarte zu diesem Zeitpunkt ist von großer Bedeutung, da sie die Grundlage für Verbesserungen und Vergleiche darstellt. Die Abbildung 3.1 zeigt alle Fertigungsprozesse und Datenfelder, manuelle und elektronische Informationsflüsse, die wichtigsten Schwerpunkt-Punkte, „Flaschenhälse“ oder „Bottleneck“, Beständen und „Kaizen-Blitz“. Sie wurde allen notwendigen Symbolen, Normen und Beschreibungen zur Erstellung einer Schaltung in Visio-Software bereitgestellt. Im Stadtmission Bürgstadt wird ein **First In First Out (FIFO)**-Materialfluss verwendet. Die Produktionssteuerung nutzt **FIFO**, um zwei Prozesse miteinander zu verknüpfen, wobei der Nachfolgeprozess den Vorgängerprozess steuert [17], ohne dass **Enterprise Resource Planning (ERP)**-Tools erforderlich sind.

⁵Afo-Tool dient als Data Bank für alle anerkannten Standards, Arbeitsanweisungen innerhalb des Produktion- und Logistikprozesses aktualisieren und abzufragen.

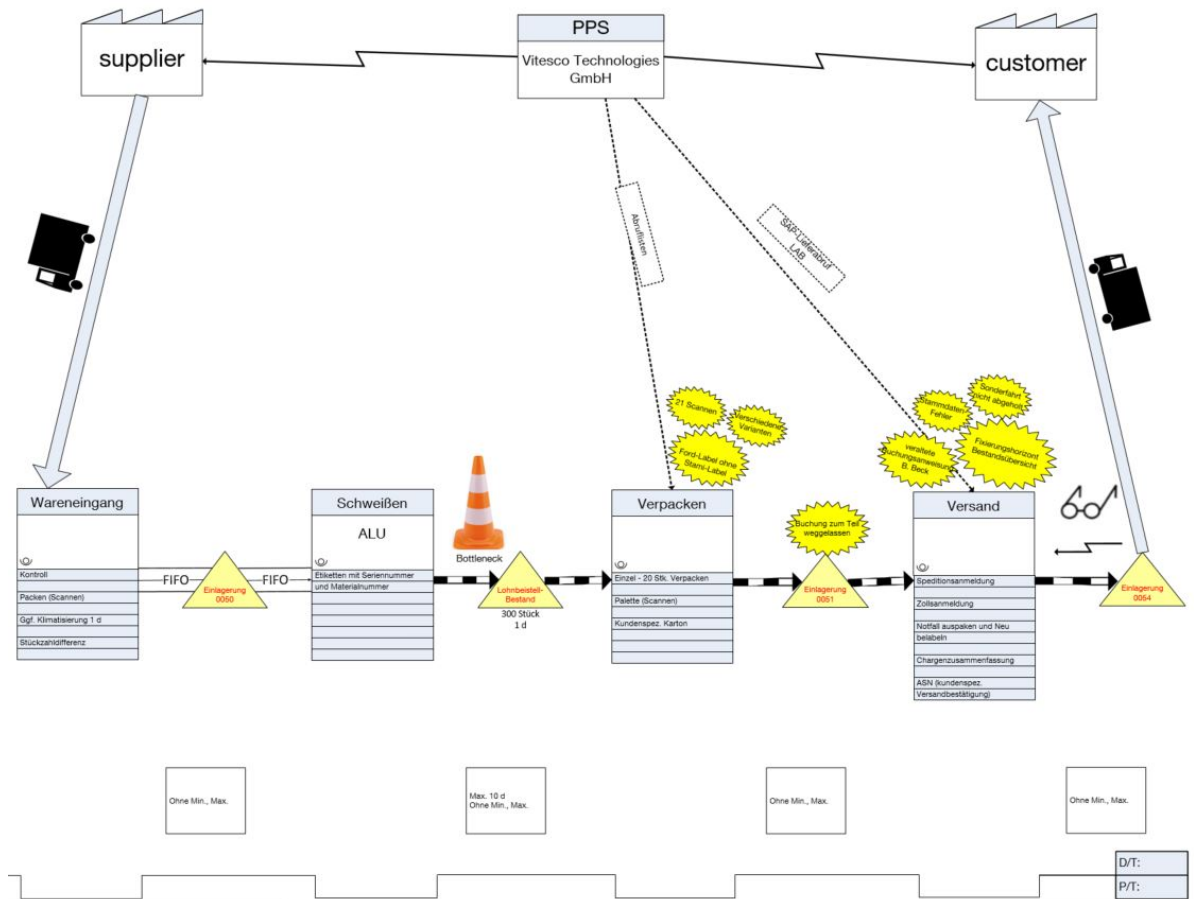


Abbildung 3.1: VSM Stadtmission Burgstädt April 2022

Gemäß Verpackungsmatrix der Logistik werden bestimmte Injektoren welche am Leerhub i.O. manuell komplettiert, bspw. DV4 Injektoren (K06.05/K06.14). Die Komplettierung erfolgt manuell beim externen Dienstleister Stadtmission Burgstädt. Am Leerhubcenter werden die Injektoren entsprechend der gültigen Arbeitsfolgekarten entnommen, nach Verpackungsspezifikation verpackt und an die Stadtmission Burgstädt zum weiteren Einzelteilehandling versandt. Injektoren, die beim Komplettieren als n.i.O. deklariert werden, müssen entsprechend der gültigen Arbeitsfolgekarte zur Nacharbeit. Alle i.O. Injektoren werden zu Stadtmission Burgstädt zur Einzelverpackung verschickt. Alle leeren grauen Reman (Remanufacturing) KLT's⁶ sollen auf einer Palette oder ggf. wenn benötigt mehreren Paletten gesammelt werden. Diese Gebinde werden von Produktionsbereich Injektor, mit ausgefülltem Reinigungsauftrag, an der Schleuse bei den Prüflinien abgestellt, damit LKY⁷ sie abholen kann.

Für ein besseres Verständnis, wie und welche Prozesse miteinander interagieren und welche möglichen Verluste oder Kosten übersehen wurden, wurde ein persönlicher Besuch des Stadtmission Burgstädt organisiert. Im Dezember 2022 fand eine ausführliche Diskussion mit den Lagermitarbeitern statt, um herauszufinden, mit welchen Problemen sie konfrontiert sind und wohin die meiste Arbeitszeit fließt. Das Ziel dieser Reise bestand darin, die Situation im Stadtmission durch die Methoden des Lean Management-Konzepts konkret darzustellen. Obwohl es in den frühen Stadien der

⁶Name des externen Servicepartners

⁷Name des externen Servicepartners

Erstellung einer verbesserten Version von Wertstromanalyse einige kleinere Fehler gab, gelang es nach einiger Zeit, die Prozesskarte in einen idealen Zustand zu versetzen, der visuell genau dem tatsächlichen Zustand in Stadtmission Burgstädt entspricht.

Um die Durchsatzrate der Artikel zu erhöhen, muss die Leistung im Stadtmission gesteigert werden, indem mehr Aufträge pro Tag abgewickelt werden, insbesondere durch die Verarbeitung von Lieferabrufnummern von Injektoren. Der effizienteste Weg hierzu ist die Reduzierung der Bearbeitungszeit eines Artikels durch den Einsatz zusätzlicher Ausrüstung in Form einer Kamera, d.h., die teilweise Automatisierung des Versandprozesses. Um nicht in die Mikro-Optimierung verschiedener Aktivitäten in den Fertigungsabschnitten zu verfallen, wurde Abbildung 3.2 erstellt. In der Abteilung für Auftragszusammenstellung und Montage im Stadtmission Burgstädt spielt die Verbesserung der täglichen Prozesse (Zykluszeiten) eine wichtige Rolle. Die Abbildung 3.2 umfasst „Kaizen-Blitzen“, die notwendige Verbesserungen in bestimmten Prozessen hervorheben, einschließlich der Anzahl der Injektoren zur Verarbeitung und der benötigten Zeit. Auf der gezeigten Abbildung sieht man noch 9 identifizierten Punkte, an denen die Prozessleistung verbessert werden kann.

Allerdings würde die Durchführung des gesamten „Kaizen-Blitzen“ nicht nur während des Fertigungsabschnittes der Versand, sondern auch während der Wareneingang und dem Verpacken sehr zeitaufwendig. Daher werden nur die problematischsten Abläufe beim Versandprozess untersucht. Die SCM-Abteilung hat die Probleme entsprechend dem Qualifikationsniveau und dem Wissensbereich der Teilnehmer verteilt, wie in Abbildung 3.4 dargestellt.

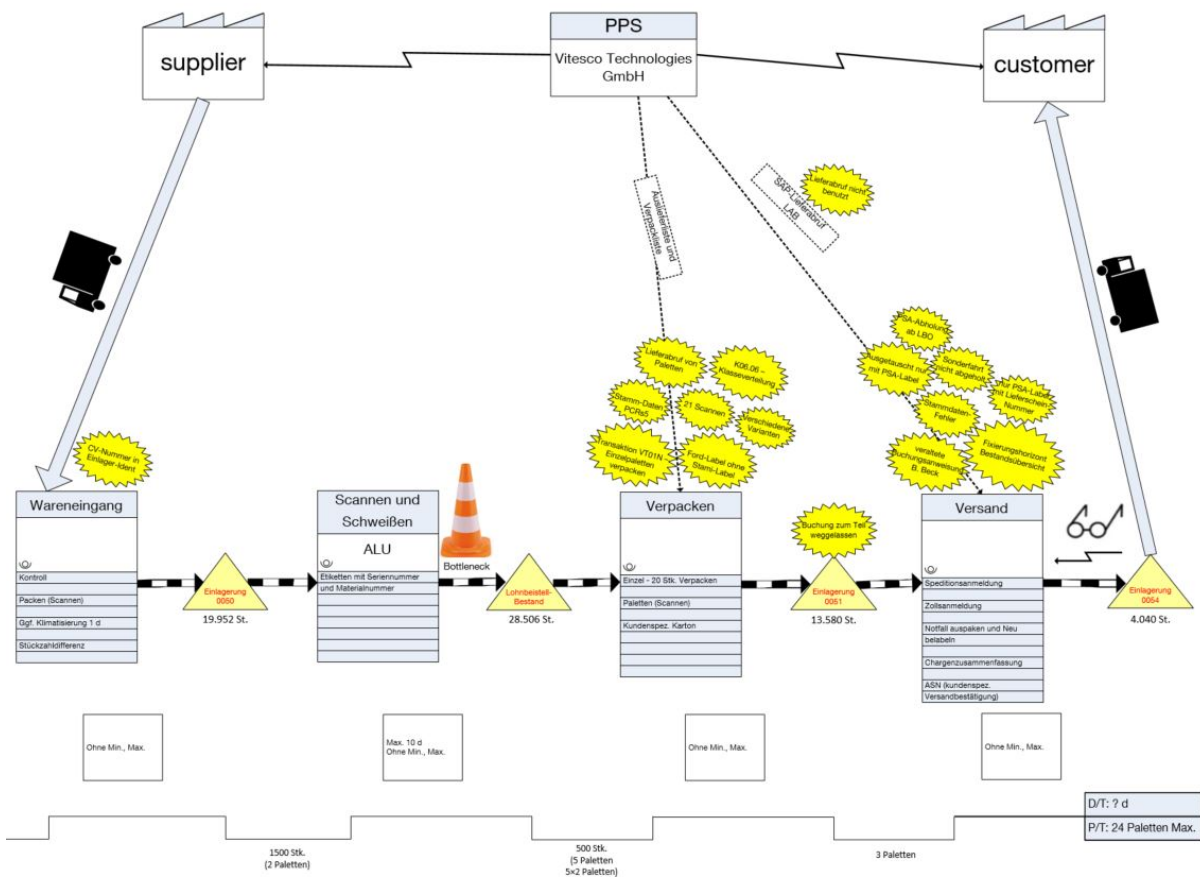


Abbildung 3.2: VSM Stadtmission Burgstädt Dezember 2022

Das Unternehmen Vitesco Technologies AG verlässt sich in erster Linie auf Teamarbeit zur Identifizierung, Definition und Lösung von Problemen (siehe Kapitel 2.2.1). Unter Verwendung dieser Methode wurde ein Treffen mit allen Kollegen organisiert, die aktiv an der Diskussion teilnehmen konnten. Die Wertstromanalyse kann äußerst nützlich sein, um Führungskräften, Stakeholdern und Teammitgliedern eine gemeinsame Perspektive zu vermitteln. Diese zusätzliche Perspektive hilft jedem Einzelnen, seinen individuellen Beitrag als bedeutender, wertvoller und wichtig in den Gesamtprozess der Produktlieferung zu sehen. Die Teilnahme an **VSM**-Aktivitäten ist eine ausgezeichnete Möglichkeit für Teammitglieder, den Nutzen oder den Wert ihrer Rollen zu verstehen, da sie jedem Einzelnen hilft, seinen individuellen Beitrag zu sehen. Die **Value Stream Mapping**-Methode ist eng mit der Kaizen-Methode verbunden und hat auch eine große Bedeutung für die Verbesserung des individuellen und Teamgeistes.

Im Fertigungsabschnitt der Versand wird die höchste Ansammlung von Flaschenhälsen im Stadtmission Burgstädt erfasst. Gemäß der Lean-Konzeption ist es erforderlich, den arbeitsaufwändigen und ineffizientesten Prozess zu verbessern, um den Soll-Zustand des Wertstromes zu erreichen. Dieser Prozess beinhaltet das manuelle Scannen von Etiketten mit PSA-Label und Lieferabrufnummern sowohl für die Kisten mit Injektoren als auch für einzelne Einheiten und ihre DMC Codes.

In diesem Fall war die Erstellung des **Value Stream Design (VSD)** eine unkomplizierte Aufgabe, da die Daten auf Grundlage des Ist-Zustand eingegeben werden mussten (siehe Abb. 3.3). Während der Wertstromarbeit wird der Material- und Informationsfluss in Form eines Prozessflusses visualisiert, um Schwachstellen zu identifizieren. Die Anzahl der Mitarbeiter, die Anzahl der Warenstücke und die für jeden Prozess aufgewendete Zeit, die in **VSD** verwendet werden, können schnell identifiziert werden.

		WE	ALU Vorbesten an	Scannen ALU Einsatz max. 3 Arbeitsplätze	Vakuumieren an	Papier schneid an	Karton falten	Verpacken	Versand
Farbcode									
manuelle Eingabefelder									
Ergebnisfeld									
keine manuelle Eingabe erforderlich									
Prozess									
Materialnummer									
Anzahl Mitarbeiter / Schicht		1	4	3	1	1	1	10	3
Anzahl Anlagen	Faktor	1	4	2	1	1	1	5	1
Anzahl Schichten/ Woche		5	5	5	5	5	5	5	5
Anzahl Stunden pro Woche		-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30
Pausenabzug	h/ Woche	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25
Geplante organisatorische Stillstände	h/ Woche	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl Rüstvorgänge geplant	St / W	0	0	0	0	0	0	0	0
Rüstzeit pro Rüstvorgang (inkl. ETF)	h	0	0	0	0	0	0	0	0
Geplante technische Stillstände (z.B. Wartung)	h/ Woche	0	0	0	0	0	0	0	0
Planleistungsmesswert	h/ Woche	23,75	23,75	23,75	23,75	23,75	23,75	23,75	23,75
OEE letzte 4 KW	%	99%		90%				90%	
OEE max (letzte 4 KW)	%								
OEE min (letzte 4 KW)	%								
Taktzeit	sec	19		11				50	
Belastungsanteil	Faktor								1
Ausschuss = Scrap	%								
Nacharbeit	%								
Kapaz. / Woche pro Anlage	Stück			8.925				1.538	
Kapaz. / Schicht pro Anlage	Stück			13.991				7.695	
Kapaz. / Schicht pro Prozess				1.399				308	
Kapaz. / Schicht pro Prozess				2.798				1.539	
Kapaz. bei 8h PBZ pro Schicht inkl. OEE%/Monat für Infozwecke		1501		2.356	20-30 Kartons		unregelmäßig	518	20-30 Kartons
Taktzeit Artikel A				inkl. Rails	2 MA je Plat	3 MA je besetzt	1 Pal. pro Arbeitsplatz		Stretchen, Transportanmeldung +1 d
Taktzeit Artikel B				inkl. Pumpe schäumen	4 MA Au vorber.		Beutel Scannen -> EinzelLabel		Zollanmeldung Fr. Nüperst +1 d
Taktzeit Artikel C				inkl. Schaumstoff für VW+Nissan	HMA	1 MA Papier schn.	Erpackkarton		CU Label Erstellung bei Lieferung
Taktzeit Artikel D				inkl. Label drucken			20 Stk. Scannen -> Karton-Label		DFU nach Abholung
Taktzeit Artikel E				1 Pal. Pro Arbeitsplatz			Kundespez. Label/Karton		Lieferanmeldung 07.04. vom 29.03.
...				448			"untersch. Varianten"		
Puffer S2 vor Anlage	Stück				7xKL1,64 xLTL				
Stück pro Trolley	St								
Puffer S1 nach Anlage	Stück								
Stück pro Trolley	St								

Abbildung 3.3: VSD Stadtmission Burgstädt Dezember 2022

Durch die Analyse von Prozessdaten wie Zykluszeiten, **Overall Equipment Effectiveness (OEE)** und Rüstzeit können zuverlässige Schichtmodelle erstellt werden. Auf dieser Grundlage können auch Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet werden. Die Zykluszeit im Fertigungsabschnitt der Versand

beträgt 180 Sekunden und nimmt unter allen Prozessen die meiste Zeit in Anspruch, was zu OEE von weniger als 60% führt. Da dies im unerwünschten Bereich liegt, wurde die Entscheidung getroffen, diesen Prozess zu automatisieren, um die Gesamtprozessleistung zu steigern. Das Vergleichen von Wertstrom ist eine hervorragende Möglichkeit, Änderungen und Verbesserungen im Prozess vorzunehmen, ohne die Degradation einzelner Segmente zu verursachen.

Sobald Verbesserungen identifiziert und geplant sind, muss ein Implementierungsplan entwickelt werden. Diese Verbesserungen erfordern oft einen schrittweisen Ansatz, um die erforderlichen Änderungen zur Erreichung des Zielergebnisses einzuführen. Der Vorteil des zyklischen Ansatzes liegt in der Fähigkeit, kontinuierlich Probleme zu identifizieren, Prozesse zu verbessern und optimale Methoden zu finden. Eine einzige Iteration wird wahrscheinlich nicht ausreichen, um die Ergebnisse radikal zu verbessern. Die PDCA-Methode wird nicht nur als Lösung für Probleme betrachtet, sondern auch als Informationsquelle zur Verbesserung von Prozessen in der gesamten Organisation. Deming-Zyklus zielt auf die Optimierung des Versandprozesses ab, was der Lean-Konzeption entspricht.

Nr. #	Datum	Thema	Problembeschreibung <i>Notiz: Bei Wiederholfall – vorherige Nr. Vermerk als Referenz</i>	Aktion	Verantwortlich	Gegenmaßnahme		Status	Entscheidung <i>□ Thema abgeschlossen □ Wiederholfall > neuer PDCA □ Transfer A3/8D Problemlösung und Vermerk Referenz-Nr.</i>
						Bis wann	Datum implementiert		
1.	13.12.2022		PSA-Abholung ab Limbach-Oberfrohna	PSA-Abholung ab Stadtmission	PRIO 1				Eskalation läuft
2.	13.12.2022		Veraltete Buchungsanweisung	Erschaffen neue SAP-Buchungsanweisung inkl. Lieferabrufen	PRIO 1				Projekt läuft
3.	13.12.2022		Ford-Label ohne Stami-Label -> Stami Label in MULL	Hinzufügen Stami-Label in Ford-Label	PRIO 2				Zurückgestellt, Kapa SCM A
4.	13.12.2022		Bestandsübersicht StaMi	Siehe Punkt 2, Abstimmung mit	PRIO 1 A. Pogorelova				erledigt Ist in Buchungsanweisung enthalten
5.	13.12.2022		SAP-Lieferabruf Versand wird nicht benutzt	Siehe Punkt 2, Abstimmung mit	PRIO 1	28.02.2023			DoKu an
6.	13.12.2022		Lieferabruf manuell		PRIO 2				Zurückgestellt, bleibt so
7.	13.12.2022		PSA-Label mit Lieferschein-Nummer	Kundenanforderungen prüfen (muss Lieferschein-Nr. enthalten sein) Brainstorming	PRIO 1 A. Pogorelova	28.02.2023			Ansprechpartner
8.	13.12.2022		7-8 verschiedene Varianten für Verpacken-> Teile können nicht verpackt werden, bis Kundentestart vorliegt	Reduzierung der Menge von Verpackungsvarianten (neue Alternative)	PRIO 2				Zurückgestellt, Kapa SCM A
9.	31.01.2023		Bestandsübersicht StaMi	Integration in Bestandsübersicht nach VSM	PRIO 1	28.02.2023			
10.	13.12.2022		K06.06 – Klasseverteilung in Bestand nicht ersichtlich	Brainstorming	PRIO 2	28.02.2023			Seperater Termin, z.B. 3 Klassen am LHK
11.	13.12.2022		Transaktion VT01N – Einzelpaletten verpacken	Hinweis von , ggf. Arbeitsanweisung in AFO-Tool	PRIO 2 A. Pogorelova	28.02.2023			Support

Topic: Standard, WIP & log. Output, Abgabe, Standard Work, 5S, 5W, OEE...

1. Plan - Problem identifiziert und analysiert; Gegenmaßnahmen formuliert.

2. Do - Plan entwickelt, kommuniziert und umgesetzt.

3. Check - Ergebnis/Wirksamkeit wird überprüft; ggfs. Überarbeitung Plan, kein Wiederholfall für 5 Tage.

4. Act - Maßnahmen haben voll gegrieffen; Standardisiere Gegenmaßnahmen oder Neustart PDCA.

Abbildung 3.4: Aktionsliste Stadtmission Burgstädt

Wie aus Abbildung 3.4 ersichtlich ist, wurden einige Aufgaben bereits mithilfe der von mir verfassten Arbeitsanweisungen erfolgreich erledigt, die dazu beigetragen haben, SAP-Transaktionen MMBE und VT01N für Bestandsübersicht und Palettierung in Stadtmission Burgstädt zu identifizieren und die Lagerarbeit erleichterten⁸. Die verbleibenden Aufgaben sind noch ungelöst, da ihre Koordination, das Brainstorming und die Umsetzung viel Zeit und Ressourcen erfordern.

⁸Bereits gelöste Probleme in Stadtmission Burgstädt sind ausgegaut.

Kurze Beschreibung des Problems:

Die manuelle Erfassung von Barcode und Lieferabrufnummern ist erforderlich, da die entsprechende Materialnummer für die Lieferabrufnummer in einer benachbarten Datenbank des SAP Analytics Programm mit einer anderen Niederlassung des Unternehmens Vitesco Technologies AG gefunden und gedruckt werden muss. Alle genannten Tätigkeiten erfordern erheblich mehr Zeit im Vergleich zu einem vollständig vorbereiteten und automatisierten System zur Erkennung von Buchstaben, Zahlen und DMC Codes, außerdem durch den Einfluss des Humanfaktors, kann die Häufigkeit des Fehlers relativ groß werden und damit auch der Unternehmenswirtschaft negativ bewirken. Die Arbeitsprozessleistung der Lagerarbeitsprozesse wird durch die Reduzierung des Zeitaufwands für die Informationsrecherche und -zuordnung erheblich gesteigert.

3.2 Optimierung der Intralogistik

Intralogistik – der Schlüssel zur Industrie 4.0. Zu den aktuellen Herausforderungen gehören die umfassende Integration und Automatisierung der Lagerlogistik. Lösungen müssen die ständig steigenden Anforderungen berücksichtigen, die an die Intralogistik gestellt werden, zukunftsorientiert, effizient und energieeffizient sein. Stadtmission Burgstädt benötigen nicht nur Hochgeschwindigkeits-Sortiersysteme, Systeme zur Messung von Abmessungen und Gewicht der Fracht, sondern auch effiziente und platzsparende Förderbandanlagen, die der Lean-Konzeption entsprechen. Um das oben genannte Problem in dem Kapitel 3.1 zu lösen, existiert eine umfassende Lösung mit hochwertiger, zuverlässiger und vor allem kostengünstiger Ausrüstung.

Die zuverlässige und effiziente Bearbeitung von Paletten und Kisten mit Waren gewinnt in modernen Warenströmen zunehmend an Bedeutung. In vielen Fällen stehen die Reduzierung der Transportzeit zwischen Wareneingang und -ausgang, die Bewegung zwischen Lager- und Produktionsstätten sowie die Steigerung der Effizienz dieser Transportprozesse durch Automatisierung, geringe Montageanforderungen und flexible Erweiterungsmöglichkeiten an erster Stelle. Das Unternehmen Vitesco Technologies AG hat bei der Konstruktion und Ausstattung seines Stadtmission Burgstädt die Dienstleistungen Interroll Group in Anspruch genommen, die Schwerkraft-Palettensysteme, Cross-Belt-Hochgeschwindigkeits-Sortiersysteme und Förderbandanlagen für Paletten und Kisten herstellt [24]. Das Förderbandsystem besteht aus angetriebenen Rollenfördermodulen, angetriebenen Bandfördermodulen, Transfermechanismen und nicht angetriebenen Fördermodulen. Trotz der vorhandenen Ausrüstung im Stadtmission gibt es immer noch zahlreiche Möglichkeiten zur Steigerung von Effizienz und Leistung in verschiedenen Produktionsphasen.

Der rot markierte Bereich in Abbildung 3.5 stellt die ideale Lösung zur Verbesserung der geordneten Durchlässigkeit von Kisten mit Injektoren dar und dient als Ergänzung zur Förderplattform im Stadtmission Burgstädt. Wie ersichtlich, ordnet das Gestell nicht nur die Kisten und einzelnen Warenpositionen an und trägt zur Automatisierung der Ausgabe und des Empfangs von Waren auf den Fertigungslinien bei, sondern es wird auch oben eine Kamera Cognex In-Sight D900 angebracht [13], um Lieferscheinnummern der Injektoren und DMC-Codes zu entschlüsseln. Die Kamera Cognex In-Sight D900 verfügt nicht nur über alle erforderlichen Funktionen, um dieses Ziel zu erreichen, sondern wird auch zusätzlich die Arbeitszeit der Lagermitarbeiter bei der Suche nach und der Erkennung von Warenfehlern reduzieren. Sie löst gleichzeitig mehrere mögliche Probleme: Sie lädt die Palette

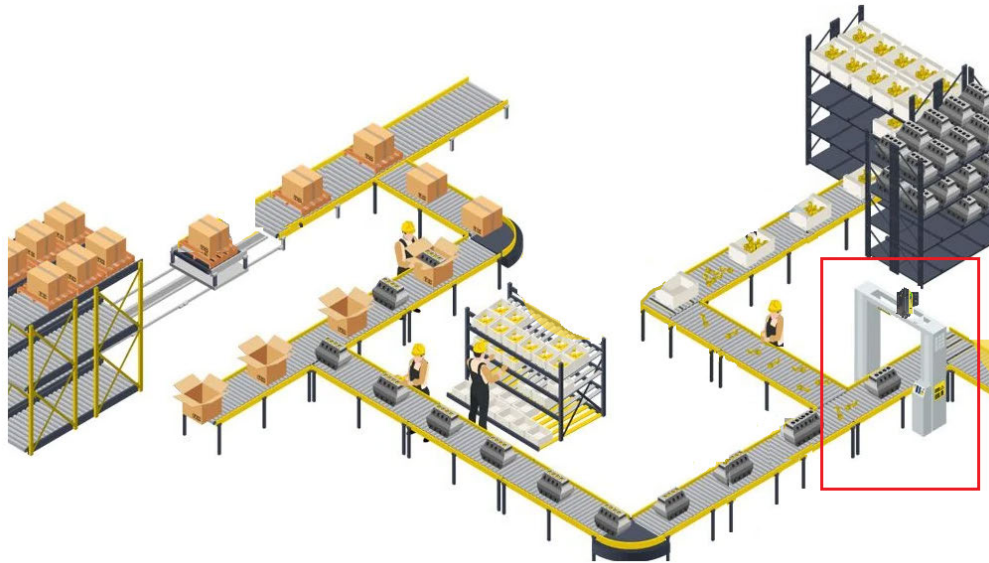


Abbildung 3.5: Projekt zur Einführung eines Rahmens mit integrierter Kamera Cognex In-Sight D900 in Stadtmission Burgstädt

auf das Förderband genau ausgerichtet, erhöht die Linienleistung, verbessert die Arbeitssicherheit an der Linie und erleichtert die Arbeit der Lagermitarbeiter. Die Kamera Cognex In-Sight D900 ist ein eigenständiges Gerät, das in die Förderlinie integriert wird.

Die Kamera Cognex In-Sight D900 wird manuell auf dem Rahmen installiert, das sich wiederum auf der angetriebenen Förderlinie im Startbereich der Bestellung befindet. Die Kamera gibt beim Start der Bestellung Informationen über die Route aus, die die Palette, die Kiste mit den Injektoren oder einzelne Injektoreinheiten passieren sollte, sowie die zugehörigen Lieferabrufnummern und zusätzliche Informationen. Das Förderbandsystem mit dem installierten Rahmen und der Kamera, das für dieses Projekt entwickelt wurde, gewährleistet die Umsetzung der Bewegungslogik der Behälter entlang der gesamten Förderlänge. Nachdem die Behälter alle erforderlichen Bereiche für Ein- oder Ausgangsbearbeitung passiert haben, gelangen sie bei Bedarf (gemäß dem Algorithmus) in den manuellen Kontrollbereich. Wenn keine zusätzliche Überprüfung erforderlich ist, wird die Bestellung weiterhin auf das Förderband zur Verschlusszone transportiert. Dort werden die Kisten manuell mit einer Abdeckung verschlossen und auf das angetriebene Förderband verschoben, das die Kisten auf die Palette legt. Anschließend durchlaufen sie die Umreifungsmaschine.

Alle Kisten gelangen in die Sortierzone nach Routen, wo sie je nach Auftrag in 11 Richtungen gelenkt werden. Der Algorithmus ermöglicht die schnelle Behebung von Fehlern im automatischen Modus. Zum Beispiel, wenn der Data-Matrix-Code nicht gelesen wurde oder keine Aufgabe vom Algorithmus erhalten wurde, wird die Ware zur manuellen Fehlerbehandlung in den äußersten Sortierkanal verschoben.

Die auf dem Rahmen montierte Kamera Cognex In-Sight D900 erfasst die Bewegung von Paletten mit einem Gewicht von bis zu 1.200 kg bei einer maximalen Geschwindigkeit von 0,5 m/s und ermöglicht eine Gesamtleistung des Systems von bis zu 120 Paletten pro Stunde. Die Systemkomponenten funktionieren garantiert im Temperaturbereich von -28 bis +40 °C, was bedeutet, dass diese Ausrüstung auch in kalten Lagern verwendet werden kann. Darüber hinaus ist Arbeitssicherheit und eine gesunde Arbeitsumgebung von großer Bedeutung. Das neue Rahmen wurde sorgfältig

getestet und extremen Belastungstests unterzogen, die gezeigt haben, dass dieses System den Sicherheitsstandards entspricht und während des Betriebs nur einen Lärmpegel von 68 dB (A) aufweist [2].

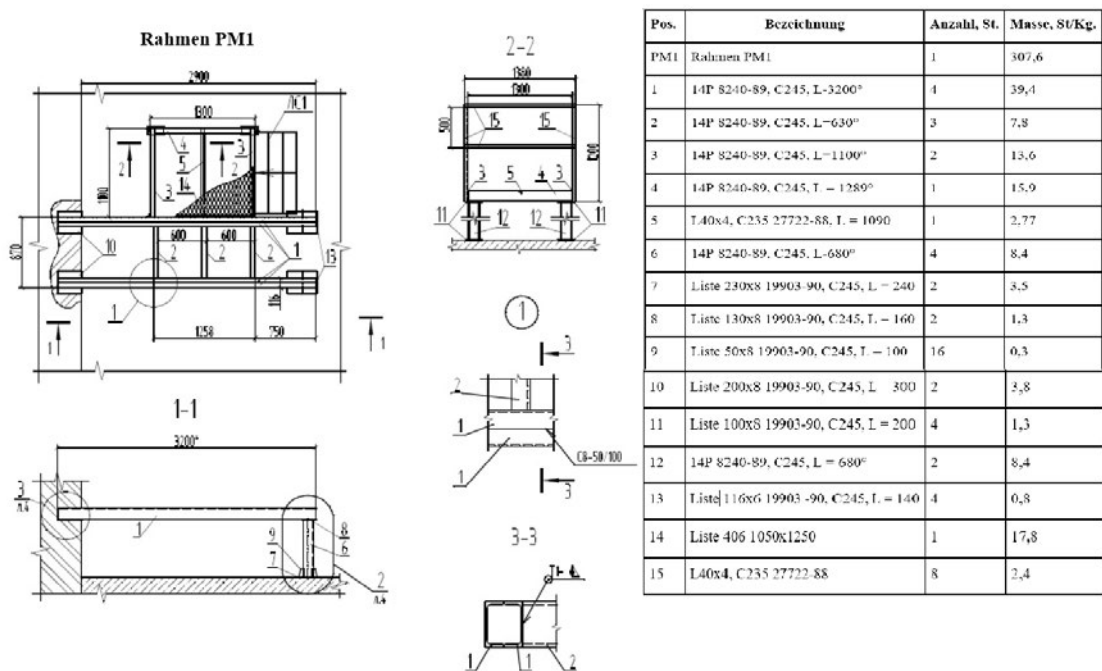


Abbildung 3.6: Schema eines Rahmens in Stadtmission Burgstädt

Das Rahmen mit der Kamera Cognex In-Sight D900 ermöglicht eine effiziente Arbeit, ist eine gute Alternative zur manuellen Arbeit und hat im Vergleich zu den Lohnkosten der Lagerarbeiter niedrigere Kosten. Dieses Rahmen ist eine äußerst vielseitige Komponente für Palettentransportsysteme, die sich durch eine äußerst flexible modulare Konstruktion auszeichnet, die es ermöglicht, mit dem Stadtmission Burgstädt mitzuwachsen oder die Systemkonfiguration bei Änderungen anzupassen (siehe Abb. 3.6). Das Rahmen kann in jeden Teil der Rollenförderer und zusätzliche Module wie Transfers integriert werden. Es wurde optimal von der Interroll Group entwickelt und wird nahezu komplett montiert geliefert, was eine schnelle und einfache Installation ermöglicht. Darüber hinaus kann das Rahmen später leicht und mit minimalen Kosten angepasst oder erweitert werden.

3.2.1 Aufbau des Lagers

Effiziente Abläufe in der logistischen Warenlieferkette hängen in großem Maße von der technischen Ausstattung der Transport- und Lagerkomplexe des Vitesco Technologies AG ab. Es ist offensichtlich, dass zur erfolgreichen Geschäftstätigkeit die höchste Präzision und Zuverlässigkeit im Stadtmission Burgstädt gewährleistet sein müssen. Selbst bei der Umsetzung fortschrittlichster Lagertechnologie mit teuren Informationssystemen und modernster Ausrüstung spielt der menschliche Faktor eine wichtige Rolle. Dies ist einer der Gründe, warum die Automatisierung in jedem Abschnitt des technologischen Prozesses in jüngster Zeit zu einem wichtigen Trend bei der Verbesserung der Lagertechnologie geworden ist.

Lagerprozesse sind technisch anspruchsvoll und erfordern Arbeits- und Finanzressourcen. Um die Bestandsverwaltung zu vereinfachen und die Verarbeitung von Lieferabrufnummern für Injektoren zu beschleunigen, müssen alle damit verbundenen Informationen systematisiert und eine vollständige Integration in das unternehmenseigene Lagerverwaltungssystem vorgesehen werden. Spezialisierte Ausrüstung und Software unterstützen die Beschleunigung der Produktionsaufgaben. In diesem Zusammenhang sollte das Managementsystem Folgendes umfassen:

- Eine Software-Schnittstelle zur automatischen Erfassung von Daten zu den Typen und Mengen der auf das Lager kommenden Produkte;
- Bequeme Datenerfassung und Datensicherheit – Kopien, Speicherung von Informationen in der Cloud für Datenbanken;
- Minimierung des Einflusses des menschlichen Faktors;
- Unterstützung für mobile Druckmöglichkeiten, einschließlich automatischer Druckvorgänge;
- Fähigkeit zur Arbeit mit Kennzeichnung und Geräten zur Serien- und Chargenkennzeichnung, einschließlich Integration in Förderlinien;
- Unterstützung für Funkterminaltechnologie;
- Dynamisches Bestandsmanagement mit Serien- und Chargenkontrolle;
- Reduzierung der Zeit- und Arbeitsaufwände für den Wareneingang, die Entladung und den Versand von Waren.

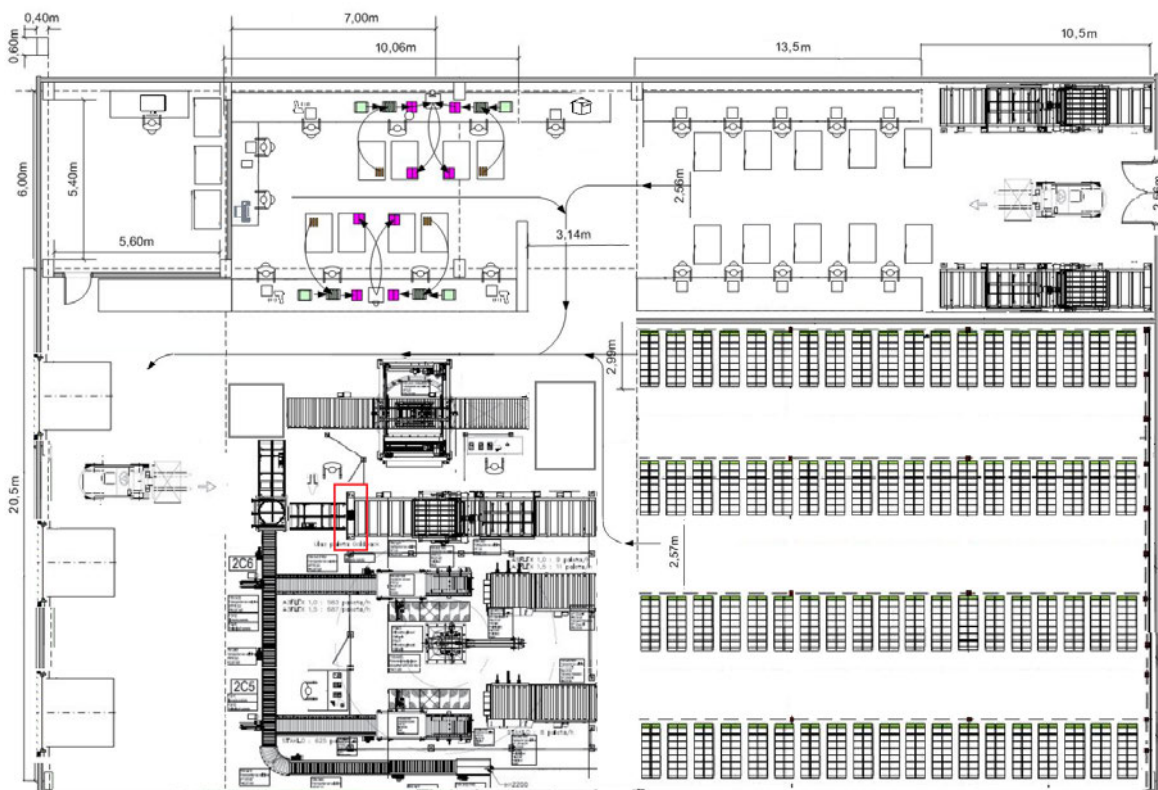


Abbildung 3.7: Plan des Stadtmission Burgstädt

In der Arbeit der Lagerkomplexe in Stadtmission Burgstädt werden hauptsächlich Rollen- und Kettenförderer, sowie verschiedene Drehtische entsprechender Konstruktion entlang der vorgegebenen Förderlinie eingesetzt. Anhand der Abbildung 3.7 ist ersichtlich, dass das Lagersystem auf einem recht hohen Niveau optimiert ist und alle erforderlichen Arten von Palettenförderern umfasst, die für den Transport von Paletten und Gitterboxen sowie für Einzelgüter gemäß den erforderlichen

Algorithmen eingesetzt werden. Mit diesem System können Förderanlagen verschiedener Komplexitätsstufen zur Lösung vieler gestellter Aufgaben konfiguriert werden, darunter die automatisierte Beförderung von Paletten über kurze Strecken, das Stretchwickeln von Paletten, die automatisierte Palettierung von Waren usw.

Manuelles Auswählen, Kommissionieren und Vorbereiten von Waren für den Versand gehören zu den zeitaufwändigsten Lageroperationen. Die Effizienz und Effektivität des gesamten Lagers hängen von der Qualität der Organisation dieser Prozesse ab. Gleichzeitig gehören diese Prozesse zu den kostspieligsten, da sie einen erheblichen Einsatz von Arbeitskräften erfordern.

Die Arbeitszeitaufteilung eines Mitarbeiters zeigt, dass die Arbeitszeit ungefähr wie folgt, verteilt ist (detaillierter in Abb. 3.3 dargestellt):

- Auftragskommissionierung - 22%;
- Zwangspausen während der Nachschubvorgänge im Auswahllager - 8%;
- Arbeit mit Code-Scanning, Datenbankeintrag und Drucken neuer Materialnummern für Injektoren - 37%;
- Verpackung und Vakuumgärung von Injektoren in Aluminiumbeutel - 24%;
- Bewegung zwischen Auswahlzonen - 9%.

Die Steigerung der Effizienz der intralagernden Verarbeitung von Waren hängt weitgehend von der Rationalisierung der Technologie zur Digitalisierung von Abrufnummern für Injektoren und der Reduzierung der Kosten für diese logistische Operation in Stadtmission Burgstädt ab. Das oben genannte prozentuale Verhältnis zeigt deutlich, wie die Automatisierung dieses Prozesses seine Effizienz steigern wird.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird spezielle Ausrüstung eingesetzt – der Rahmen mit einer Kamera Cognex In-Sight D900, das an der entsprechenden technologischen Einheit des Förderers montiert ist. Die Kombination einer Förderlinie mit einem automatischen Identifikationssystem für Waren und Ladungseinheiten ermöglicht maximale Effizienz in der gesamten logistischen Kette. Die Warenidentifikation erfolgt mithilfe einer stationären Kamera Cognex In-Sight D900, die fest im Rahmen montiert ist. Die Anwendung dieser Technologie ermöglicht eine erhebliche Reduzierung von Fehlern, die mit manueller Dateneingabe in das Warenbewegungssystem verbunden sind, wenn Informationen von einem Lagerverarbeitungsschritt zum nächsten übertragen werden, und reduziert die Arbeitszeit des Lagerpersonals für die Dokumentenverarbeitung erheblich.

In einer Welt, in der Effizienz und Produktivität unerlässlich für den Erfolg eines Unternehmens sind, spielen moderne Technologien eine entscheidende Rolle. Dieser Bericht widmet sich der Analyse der Wirksamkeit der Implementierung des Cognex In-Sight D900 2D-Machine-Vision-Systems in die Arbeitsabläufe eines Lagers. Insbesondere wird untersucht, wie dieses Gerät zur Lösung eines zentralen Problems beitragen kann, das die Lagerarbeit verlangsamt. Es handelt sich um die zeitaufwändige Bearbeitung von Injektoren und Düsen mit PSA-Labeln und Lieferschein-Nummern, welche bislang manuell bewältigt wurden.

Im herkömmlichen Lagerbetrieb führt die Belieferung von Injektoren und Düsen mit PSA-Labeln und Lieferschein-Nummern zu einer beträchtlichen Verzögerung der Arbeitsabläufe. Bei diesem Prozess muss der Lagerarbeiter die Lieferschein-Nummer im Datenbanksystem am Computer suchen, die

zugehörige Materialnummer ermitteln, ein Etikett am jeweiligen Artikel anbringen, die Einheiten auf Mängel prüfen und schließlich die Teile gemäß den Kundenanforderungen verpacken und versenden. Dieser manuelle Vorgang beansprucht 15 Minuten pro Kiste und beeinträchtigt die Gesamtproduktivität des Lagers erheblich.

Das Cognex In-Sight D900 2D-Machine-Vision-System stellt eine innovative Lösung dar, die speziell entwickelt wurde, um die genannten Herausforderungen in der Lagerarbeit anzugehen. Durch den Einsatz fortschrittlicher Bildverarbeitungsalgorithmen kann das System PSA-Label erkennen, Lieferschein-Nummern zuordnen und die zugehörigen Materialnummern extrahieren. Darüber hinaus ermöglicht es eine schnelle und präzise Überprüfung der Teile auf Mängel und Unregelmäßigkeiten.

Vorteile des Cognex In-Sight D900:

1. Zeitersparnis: Einer der markantesten Vorteile des Cognex In-Sight D900 ist die drastische Reduzierung der benötigten Zeit für den beschriebenen Prozess. Wo früher 15 Minuten erforderlich waren, um die genannten Schritte abzuschließen, kann das System diese Aufgaben nun in beeindruckenden 1 Minute bewältigen. Dies führt zu einer erheblichen Beschleunigung der Arbeitsabläufe und trägt zu einem reibungslosen Lagerbetrieb bei;
2. Präzision: Das Machine-Vision-System gewährleistet eine höhere Genauigkeit bei der Identifizierung von Teilen, der Zuordnung von Materialnummern und der Überprüfung auf Mängel. Die Automatisierung dieser Prozesse minimiert potenzielle menschliche Fehler und reduziert den Ausschuss von fehlerhaften Teilen;
3. Automatisierung: Die Implementierung des Cognex In-Sight D900 führt zu einer höheren Automatisierung der Lagerprozesse. Dies ermöglicht es den Mitarbeitern, sich auf anspruchsvollere Aufgaben zu konzentrieren, die menschliches Urteilsvermögen und Kreativität erfordern, anstatt Zeit mit wiederholenden, manuellen Aufgaben zu verschwenden;
4. Echtzeit-Verarbeitung: Das System arbeitet in Echtzeit, wodurch Informationen unmittelbar verfügbar sind, ohne dass Mitarbeiter auf manuelle Datenbankabfragen angewiesen sind. Dies ermöglicht eine nahtlose Integration in den bestehenden Arbeitsablauf.

Berechnungen und erwartete Produktivitätssteigerung: Um den konkreten Nutzen der Implementierung des Cognex In-Sight D900 zu verdeutlichen, können wir eine quantitative Analyse durchführen. Angenommen, das Lager bearbeitet im Durchschnitt 100 Kisten mit Teilen pro Tag. Ohne das Gerät würde jeder Vorgang 15 Minuten in Anspruch nehmen, was zu insgesamt 1500 Minuten führt. Mit dem Cognex In-Sight D900 hingegen beträgt die Zeit pro Vorgang nur noch 1 Minute, was zu insgesamt 100 Minuten führt.

Daraus ergibt sich eine erwartete Zeitersparnis von $1500 \text{ Minuten} - 100 \text{ Minuten} = 1400 \text{ Minuten}$ pro Tag.

DMC-code- und Radiofrequenzidentifikation werden im Stadtmission Burgstädt für die Verarbeitung von Einzelstückgut bzw. bei Operationen mit Ladungseinheiten eingesetzt. Die Einführung der automatischen Identifikationstechnologie für Waren, die sich auf dem Förderband bewegen, ermöglicht es, zu jedem Zeitpunkt genaue Informationen über den Status der Kundenaufträge zu erhalten – dies ermöglicht eine flexible Prozesssteuerung. Es ist offensichtlich, dass in diesem Fall die Dauer des „Wareneingang – Versand“-Zyklus erheblich verkürzt wird. Bei der Installation des Rahmens spielen Beleuchtungseinrichtungen und ihre Positionierung im Lager eine wichtige Rolle. Die richtige

Positionierung des Rahmens mit der Kamera ist entscheidend, um sicherzustellen, dass die Förderbänder von oben nach unten gleichmäßig beleuchtet sind und keine dunklen Bereiche vorhanden sind. Darüber hinaus muss die Position der Geräte nicht nur in der horizontalen Ebene, sondern auch in der vertikalen berücksichtigt werden: Wenn die Beleuchtung zu niedrig angebracht ist, kann sie im Falle eines Fehlers das Lagerpersonal stören.

Je größer und komplexer das Lager ist, desto höher ist der Grad der Automatisierung erforderlich, um einen effizienten Betrieb zu gewährleisten. Wenn die Lagerprozesse optimiert werden müssen, wird die Verbesserung der Automatisierung zu einer der prioritären Richtungen des Lean-Konzepts. Die Automatisierung beschleunigt die Durchführung von Lageroperationen, optimiert die Personalführung und den Einsatz von Technologie, reduziert die Logistikkosten und bietet qualitativ hochwertige Analysen für Planung und Kontrolle durch das Management.

3.2.2 Algorithmus

Das vorliegende Flussdiagramm in Abbildung 3.8 veranschaulicht den Ablauf des zuvor erläuterten Konzepts.

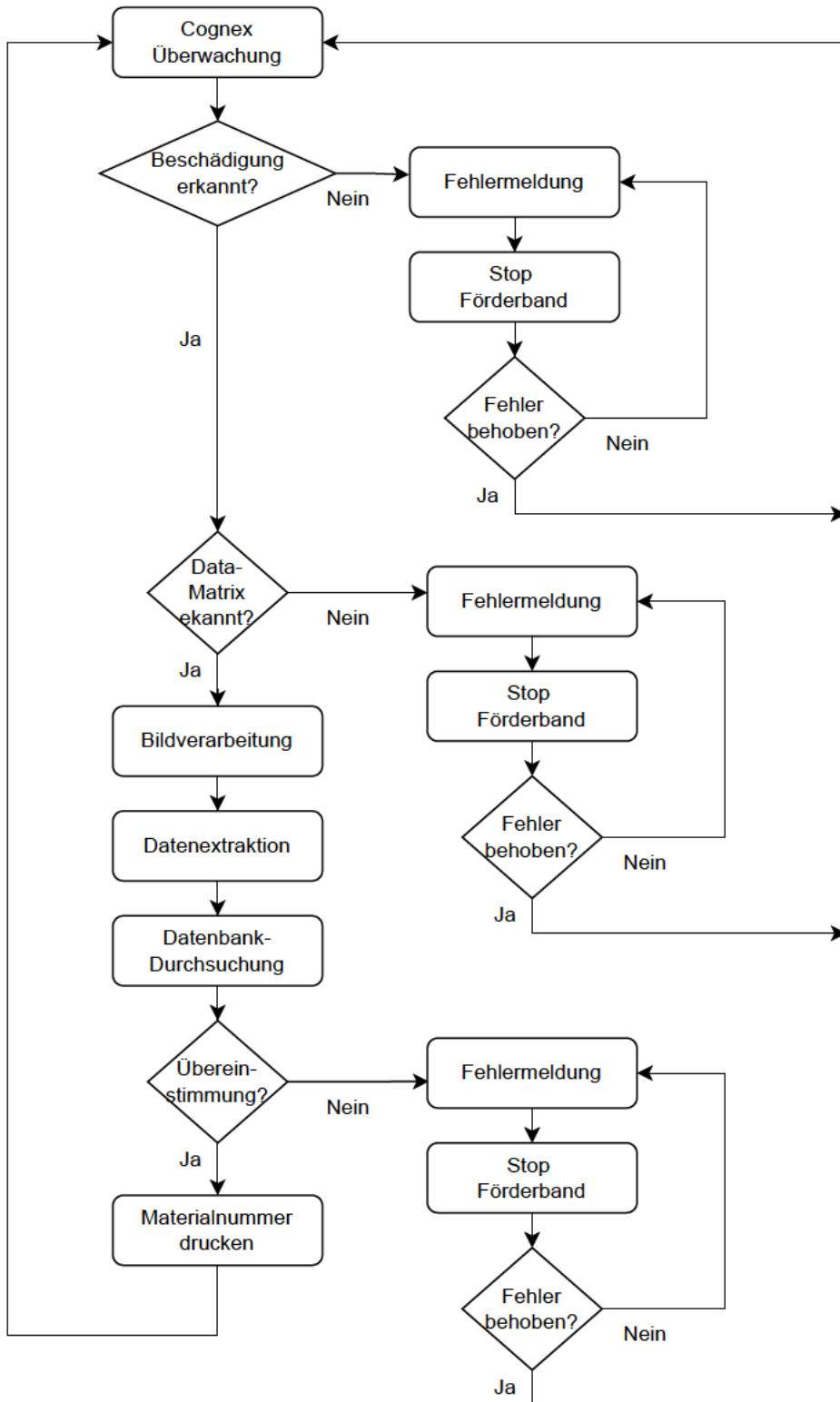


Abbildung 3.8: Flussdiagramm

Es wird vorausgesetzt, dass die Konfiguration der Kamera und der zugehörigen KI-basierten Software [5] erfolgreich von der IT-Abteilung durchgeführt wurde. Die auf dem Förderband befindlichen Pakete werden kontinuierlich von der Kamera überwacht.

Im Rahmen dieses Verfahrens erfolgt nicht lediglich die Erkennung des Data-Matrix-Codes, wie in Abbildung 3.9 illustriert, sondern es erfolgt auch eine systematische Überprüfung auf potenzielle Beschädigungen der Ware. Im Falle der Identifikation solcher Beschädigungen wird unmittelbar eine Fehlermeldung generiert, die zur unverzüglichen Stilllegung des Förderbands führt. Die zügige Quittierung der Fehlermeldung durch das zuständige Personal ist hierbei von essenzieller Bedeutung.

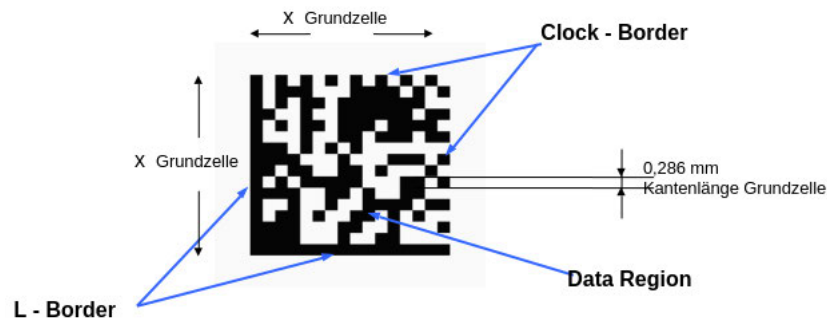


Abbildung 3.9: Data-Matrix-Codes

Falls hingegen keine Anomalien im Zustand der Waren erkannt wurden, richtet die Kamera ihre Aufmerksamkeit auf den Data-Matrix-Code. In einem reibungslosen Verlauf des Verfahrens erfolgt daraufhin eine eingehende Decodierung des besagten Codes. Mittels der erzeugten Bilder werden relevante Informationen, insbesondere Kennnummern, extrahiert und weiterverarbeitet. Anschließend wird in der verbundenen Datenbank nach weiteren Bestellnummern gesucht und diese auf die Etiketten aufgebracht. Mithilfe eines kleinen Automatisierungsskripts kann die extrahierte Information (Text zusammen mit der Paketnummer) auf das Papier gedruckt werden. Sollte in der Datenbank keine Übereinstimmung gefunden werden oder das Paket keine Kennnummer aufweisen, erfolgt die Ausgabe einer Fehlermeldung. Aufgrund der sequenziellen Abfolge der Pakete und der automatisch generierten Etiketten kann ein fehlerhaftes Paket problemlos identifiziert werden [8].

Die Automatisierung des zuvor vorgestellten Prozesses kann mittels verschiedener Programmiersprachen implementiert werden. Die Planung und Entwicklung einer Softwarelösung, unter Berücksichtigung von Zeit- und Kosteneffizienz, gestaltet sich jedoch als anspruchsvolle Aufgabe. Daher empfiehlt es sich, bereits während des Entwurfsprozesses einen Prototyp zu konzipieren und zu erproben. In diesem Zusammenhang nimmt die Programmiersprache Python eine prominente Stellung ein, da sie über eine breite Palette ausgereifter KI-Bibliotheken verfügt. Im beigefügten Anhang finden Sie eine mögliche Variante des Skripts zur Automatisierung des diskutierten Algorithmus.

Diese Anwendung der Kamera ist integraler Bestandteil der Prozessautomatisierung und trägt zur Optimierung des vorgestellten Ablaufs bei, indem sie manuelle Arbeitsschritte durch das Automatisierungsskript effizienter gestaltet. Darüber hinaus erleichtert sie die Fehlererkennung durch die lückenlose Verfolgung der Produktionskette mithilfe der automatisch erstellten Etiketten. Das Risiko von Fehlern aufgrund menschlicher Einflüsse wird somit erheblich minimiert.

3.2.3 Bewertung der Effektivität der Automatisierung

Die Bewertung der Effizienz der Lagerautomatisierung ist eine der Hauptprobleme bei der Einführung von automatisierten Soft- und Hardware-Systemen. Dies ist auf die finanziellen Investitionen in den Erwerb solcher Geräte sowie die möglicherweise hohe Folgekosten zurückzuführen. Im Gegensatz zu Systemen für operatives Produktionsmanagement und Unternehmensführung ist der positive Effekt der Einführung eines automatisierten Systems zur Entschlüsselung von Materialnummern für Injektoren und DMC-Codes offensichtlich, er erfordert jedoch eine quantitative Bewertung. Darüber hinaus sollte festgestellt werden, inwieweit die Kennzahlen für Produktions- und betriebliche Buchführungsprozesse verbessert werden und die Effizienz des automatisierten Lagerkomplexes gesteigert wird.

Auf dieser Grundlage kann der Effekt der Entwicklung eines eigenen automatisierten Verwaltungssystems in Stadtmission Burgstädt bewertet werden, was tatsächlich Gegenstand dieser Untersuchung ist. In Tabelle 3.1 sind die wichtigsten vergleichenden Kennzahlen für die Effizienz der Lagerarbeit vor und nach der Einführung des automatisierten Entschlüsselungssystems aufgeführt.

Tabelle 3.1: Kennzahlen zur Effizienz des Stadtmission Burgstädt

Lagerleistungsindikator	Vor der Automatisierung der Versandprozess	Nach der Automatisierung der Versandprozess
Jährlicher Lagerfrachtfluss (Q), Einheiten/Jahr	1481373	2816941
Haltbarkeitsdauer der Lagerbestände (t), Tage	30	22
Anzahl der Betriebstage im Jahr (T), Tage	245	245
Warenumschlag im geschäftigsten Monat ($Q_{max.Monat}$), Stück/Monat	186618	341944
Durchschnittlicher monatlicher Warenfluss (Q_d), Stück/Monat	51436	234745
Effiziente Nutzung des Lagervolumens, %	85	92
Ungleichmäßigkeitskoeffizient der Lagerbeladung ($\gamma=1-Q_d/Q_{max.Monat}$), %	63	26

Die Analyse der in Tabelle 3.1 dargestellten Daten zeigt, dass die Potenziale für die rationelle Organisation der Lagerarbeit in der Schaffung eines effizienten Lagerbuchführungssystems liegen. Alle in der Tabelle aufgeführten Faktoren müssen bei der Einführung automatisierter Entschlüsselungssysteme und deren Integration in das Unternehmensführungssystem des Vitesco Technologies AG berücksichtigt werden. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass das Gesamtkonzept zur Schaffung des automatisierten Lagersystems im Einklang mit der Lean-Strategie des Unternehmens wirtschaftlich sein sollte, was die Organisation von Planungs- und Betriebsprozessen des Lagerhaushalts zur Umsetzung der Interessen des Unternehmens als Ganzes bedeutet. In diesem Zusammenhang ist eine Kostenreduzierung bei der Einführung eines automatisierten Lagerverwaltungssystems durch die interne Implementierung im Rahmen der Unternehmensstrategie zur Schaffung einer einheitlichen Informationsumgebung möglich.

Die Einführung eines automatisierten Entschlüsselungssystems im Stadtmission Burgstädt ermöglichte es:

1. Eine rationale Planung der Lagerbestände zu gewährleisten, was zu Kosteneinsparungen und zur Verbesserung des Kommissionierungsprozesses führte;
2. Die effektive Implementierung des Rahmens mit Kamera Cognex In-Sight D900 an der entsprechenden technologischen Einheit des Förderers zu realisieren, was die Lagerdichte erhöhte und die Arbeitsbedingungen der Arbeiter verbesserte (die Einführung des Systems zur automatisierten Entschlüsselung reduzierte die Zeit für das Scannen, Suchen und Drucken von Materialnummern für Injektoren);
3. Universelle Ausrüstung zu verwenden, die verschiedene Lageroperationen durchführt, was zu einer erheblichen Reduzierung des Lagerbestandes an manuellen Scannern führte;
4. Die innerbetrieblichen Transportrouten zur Reduzierung der Betriebskosten und zur Erhöhung der Kapazität des Lagers zu minimieren.

Die Einführung eines automatisierten Entschlüsselungssystems hat neben den oben genannten Auswirkungen auch eine maximale Nutzung der Informationssysteme für operatives Produktionsmanagement ermöglicht, was zu erheblichen Zeit- und Kosteneinsparungen im Zusammenhang mit Dokumentenverwaltung und Informationsaustausch bei der Kommissionierung führte. Darüber hinaus ermöglichte der entwickelte Algorithmus, in dem alle Lagerbereiche in einem eigenen Informationsnetzwerk arbeiten, das von der Kommissionierungsauftrag-Server getrennt ist, die Beschränkung des Zugriffs auf Informationen zur Produktionsplanung, was sich positiv auf die Stabilität und Zuverlässigkeit des Systems für operatives Produktionsmanagement auswirkte.

4 Fazit und Ausblick

Die vorliegende Forschungsarbeit hat erfolgreich die definierten Ziele erreicht, die von entscheidender Bedeutung für die Automatisierung von Logistikprozessen gemäß dem Lean-Konzept waren. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurden Probleme in verschiedenen Produktionsprozessen identifiziert und die Möglichkeit der Optimierung des Lagerausrüstungssystems auf der Grundlage vorhandener Daten untersucht.

Die Einführung automatisierter Systeme erhöht die Effizienz des Managements von Waren und Materialwerten, schafft Transparenz in den Buchungsprozessen auf Produktionsebene und ermöglicht die Integration von Lagerprozessen in den Produktionsprozess des Unternehmens Vitesco Technologies AG. Die Einführung von Hardware- und Softwarelösungen eines einzigen Herstellers ist jedoch mit finanziellen Aufwendungen verbunden und befreit nicht von der Notwendigkeit der Anpassung des automatisierten Managementsystems an die spezifischen Anforderungen des Vitesco Technologies AG.

Der in dieser Bachelorarbeit vorgestellte Ansatz zur Automatisierung von Versandprozessen umfasst eine eingehende Analyse der bestehenden Informationsinfrastruktur des Unternehmens Vitesco Technologies AG, die Identifizierung von Schlüssel Lean-Methoden und Softwareplattformen, auf denen ein einheitlicher Informationsraum aufgebaut wird, sowie die Gestaltung und Umsetzung eines Algorithmus für das automatisierte Lagerprozessen im Stadtmission Burgstädt. In dem entwickelten Algorithmus für Stadtmission Burgstädt wurde eine Methode zur Digitalisierung und Entschlüsselung von Lieferabrufnummern für Injektoren und DMC-Codes implementiert, die darin besteht, eine sequenzielle Liste von Materialnummern für Injektoren zu erstellen, die Positionen zu lokalisieren und eine zyklische Bestätigung für den Übergang zum nächsten Prozess durchzuführen. Dieser Ansatz ermöglicht die Sicherstellung der Stabilität des Lagerbetriebs, die Standardisierung und Skalierbarkeit des automatisierten Managementsystems.

Die Ergebnisse der Maßnahmen zur Automatisierung des Lagers umfassen:

1. Verbesserte Qualität der Lagerführung;
2. Erhöhte Geschwindigkeit der Logistikoperationen;
3. Steigerung der Arbeitsproduktivität der Lagermitarbeiter;
4. Effiziente Nutzung der Arbeitszeit;
5. Verringerung der Zeit für Managemententscheidungen.

Die Implementierung des Cognex In-Sight D900 2D-Machine-Vision-Systems hat das Potenzial, einen signifikanten Mehrwert für den Lagerbetrieb zu bieten. Durch die Vorteile der Zeitersparnis, Präzision, Automatisierung und Echtzeit-Verarbeitung kann die Gesamtproduktivität erheblich gesteigert werden. Die erwartete Zeitersparnis von 1400 Minuten pro Tag verdeutlicht, wie das Gerät die Arbeitsabläufe optimiert und die Effizienz im Lagerbetrieb maximiert. In einer Zeit, in der Wettbewerb und Kundenanforderungen ständig steigen, könnte die Implementierung solcher Technologien den Unterschied zwischen einem reaktionsschnellen und erfolgreichen Lagerbetrieb und einem langsamen, ineffizienten Prozess ausmachen.

Die Wirksamkeit dieses Ansatzes wird durch die Leistungsindikatoren des Unternehmensressourcen- und -planungssystems bestätigt, das eine signifikante Reduzierung des Arbeitsaufwands und der Zeit für die Zuweisung von Produktionsaufträgen sowie die Wahrscheinlichkeit von Fehlern aufgrund menschlicher Fehler verzeichnet. Es entsteht die Möglichkeit, Datensätze für den Einsatz in betrieblichen Buchungs- und Produktionsplanungssystemen zu generieren sowie einige Elemente der aktuellen Geschäftsprozesse und Produktionsaufgaben zu automatisieren.

Als vielversprechende Entwicklungsrichtung für das System zur Automatisierung des Lagerbestands in Stadtmission Burgstädt wird die Integration in das operative Produktionsplanungssystem des Unternehmens Vitesco Technologies AG betrachtet. Darüber hinaus wird das entwickelte System in Zukunft dazu beitragen, Lagerpersonal durch die automatisierte Organisation der Ausgabe von Waren und Materialwerten zu entlasten.

Dieses Projekt kann als erfolgreich betrachtet werden, da es einen positiven Einfluss auf die Produktionsprozesse im Stadtmission Burgstädt hatte, in die Abteilung des Auftraggebers integriert wurde und eine kurze Amortisationszeit aufweist.

Anhang A: Implementation des Algorithmus in der Programmiersprache Python

Quelltext A.1: Pythonprogrammierte Script

```
import cv2
from pyzbar.pyzbar import decode
import hdbcli

# Load an image containing a barcode
image_path = 'barcode.png'
image = cv2.imread(image_path)

# Decode the barcode
barcodes = decode(image)

# Check if any barcodes were found
if len(barcodes) > 0:
    # Extract data from the first barcode
    barcode_data = barcodes[0].data.decode('utf-8')

    try:
        # Connect to SAP HANA (replace with your connection details)
        conn = hdbcli.connect(
            address='your_hana_server',
            port=your_port,
            user='your_username',
            password='your_password',
            current_schema='your_schema'
        )

        cursor = conn.cursor()

        # Search for information based on the extracted barcode data
        cursor.execute("SELECT * FROM your_table WHERE barcode = ?",
            (barcode_data,))
        result = cursor.fetchone()

        if result:
            # Assuming 'your_table' has a column named 'item_name' for the item's
            # name
            item_name = result[1]
            print(f"Item Name: {item_name}")
        else:
            print("No matching record found in the database.")

        # Close the database connection
        conn.close()
    except Exception as e:
        print(f"Error connecting to SAP HANA database: {str(e)}")
else:
```

```
print("No barcodes found in the image or the barcode is not readable or the box  
is damaged.")
```

Literaturverzeichnis

- [1] *5S Best in Class im Cluster Limbach-Oberfrohna*. URL: <https://intranet.vitesco-technologies.net/vt-home-de/locations/vitesco-technologies-standorte/vitesco-technologies-standorte-uebersicht/europa/deutschland/vt-nuernberg-sieboldstrasse/5s-best-in-class---erfahrungswerte-zu-5s-von-peggy-zabel/304860>. (accessed: 20.08.2023).
- [2] *A Wide Array Of Solutions For The World Of Automotive*. URL: <https://www.interroll.com/automotive-tire/#slide5>. (accessed: 20.09.2023).
- [3] *BILANZ DER LEAN MANAGER AUS LIMBACH-OBERFROHNA*. URL: <https://intranet.vitesco-technologies.net/vt-home-de/locations/vitesco-technologies-standorte/vitesco-technologies-standorte-uebersicht/europa/deutschland/vt-nuernberg-sieboldstrasse/-2021---bilanz-der-lean-manager-aus-limbach-oberfrohna/270304>. (accessed: 26.08.2023).
- [4] Charles Mbohwa Bupe. G. Mwanza. „Design of a Total Productive Maintenance Model for Effective Implementation: Case Study of a Chemical Manufacturing Company“. In: *Procedia Manufacturing* 4 (2018), S. 461–470. URL: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.063>.
- [5] D. Doermann, Jian Liang und Huiping Li. „Progress in camera-based document image analysis“. In: *Seventh International Conference on Document Analysis and Recognition, 2020. Proceedings*. 2020, 606–616 vol.1. DOI: [10.1109/ICDAR.2020.1227735](https://doi.org/10.1109/ICDAR.2020.1227735).
- [6] Klaus Erlach. „Wertstromdesign, Der Weg zur schlanken Fabrik“. In: (Jan. 2020). DOI: [10.1007/978-3-662-58907-6](https://doi.org/10.1007/978-3-662-58907-6).
- [7] Cristian Făgărășan u. a. „Kanban in Software Development—The Role of Leadership and Metrics“. In: März 2023, S. 369–384. ISBN: 978-3-031-15601-4. DOI: [10.1007/978-3-031-15602-1_28](https://doi.org/10.1007/978-3-031-15602-1_28).
- [8] Gaijinliu Gangmei und Polash Pratim Dutta. „Smart Manufacturing Systems for Industry 4.0“. In: *Intelligent Manufacturing Management Systems*. John Wiley Sons, Ltd, 2023. Kap. 1, S. 1–22. ISBN: 9781119836780. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119836780.ch1>. eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781119836780.ch1>. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781119836780.ch1>.
- [9] *GO SEE AND ELIMINATE WASTE PAYS OFF FOR CLUSTER NBG/LBO*. URL: <https://intranet.vitesco-technologies.net/vt-home-de/locations/vitesco-technologies-standorte/vitesco-technologies-standorte-uebersicht/europa/deutschland/limbach-oberfrohna/go---see-and-eliminate-waste-pays-off-for-cluster-nbg-lbo-/273240>. (accessed: 10.12.2022).
- [10] Marc Helmold. „5S Concept in Quality Management“. In: Juni 2023, S. 113–126. ISBN: 978-3-031-30088-2. DOI: [10.1007/978-3-031-30089-9_10](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30089-9_10).
- [11] Marc Helmold. „Kaizen, Lean Management und Digitalisierung, Mit den japanischen Konzepten Wettbewerbsvorteile für das Unternehmen erzielen“. In: (Jan. 2021). DOI: [10.1007/978-3-658-32342-4](https://doi.org/10.1007/978-3-658-32342-4).

- [12] Claus Hüsselmann. *Lean Project Management: Hybride Methoden wertschöpfend anwenden*. Jan. 2021. ISBN: 9783791052373. DOI: [10.34156/9783791052373](https://doi.org/10.34156/9783791052373).
- [13] *IN-SIGHT D900 VISION-SYSTEM*. URL: <https://www.cognex.com/de-de/products/machine-vision/2d-machine-vision-systems/in-sight-d900>. (accessed: 21.09.2023).
- [14] Manfred Kircher. „Wettbewerbsfähigkeit und Innovationspotenzial“. In: Mai 2020, S. 39–44. ISBN: 978-3-662-61000-8. DOI: [10.1007/978-3-662-61001-5_4](https://doi.org/10.1007/978-3-662-61001-5_4).
- [15] Daniela Kudernatsch. „PDCA-Zyklus verankert KVP-Kultur“. In: *Ideen- und Innovationsmanagement* (Jan. 2018). DOI: [10.37307/j.2198-3151.2018.01.05](https://doi.org/10.37307/j.2198-3151.2018.01.05).
- [16] Ursula Kusay-Merkle. „Agiles Projektmanagement im Berufsalltag, Für mittlere und kleine Projekte“. In: (Jan. 2021). DOI: [10.1007/978-3-662-62810-2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-62810-2).
- [17] Christoph Leipoldt, Roman Ungern-Sternberg und Klaus Erlach. „Prozessanalyse in der Wertstromlogistik/Process analysis of value stream logistics – Extension of value stream analysis to integrate production logistics“. In: *wt Werkstattstechnik online* 111 (Jan. 2021), S. 195–200. DOI: [10.37544/1436-4980-2021-04-17](https://doi.org/10.37544/1436-4980-2021-04-17).
- [18] Oleksandr Lysenko u. a. „Secrets of successful implementation of 5S“. In: (Okt. 2022), S. 31–39. DOI: [10.46783/smart-scm/2022-14-3](https://doi.org/10.46783/smart-scm/2022-14-3).
- [19] Frank Matzen. „Instrumente, Herausforderungen und Methoden des Energieinvestitionscontrollings im PDCA-Zyklus“. In: Jan. 2019, S. 459–499. ISBN: 978-3-658-07605-4. DOI: [10.1007/978-3-658-07606-1_22](https://doi.org/10.1007/978-3-658-07606-1_22).
- [20] Joachim Metternich, Tobias Meudt und Lukas Hartmann. „Wertstrom 4.0: Wertstromanalyse und Wertstromdesign für eine schlanke, digitale Auftragsabwicklung“. In: Sep. 2022, S. I–XI. ISBN: 978-3-446-47229-7. DOI: [10.3139/9783446473140_fm](https://doi.org/10.3139/9783446473140_fm).
- [21] Tobias Meudt. *Wertstromanalyse 4.0*. Okt. 2020. ISBN: 978-3-8440-7612-7.
- [22] *NEW BUSINESS STRATEGY FOR VITESCO TECHNOLOGIES*. URL: <https://intranet.vitesco-technologies.net/vt-home-de/vitesco-at-a-glance/media/new-business-strategy-for-vitesco-technologies-/130112>. (accessed: 24.07.2023).
- [23] Diéssica de Oliveira-Dias u. a. „Implications of using Industry 4.0 base technologies for lean and agile supply chains and performance“. In: *International Journal of Production Economics* 262 (2023), S. 108916. ISSN: 0925-5273. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108916>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527323001482>.
- [24] *Palettenfördermodule. Vielseitige Lösungen für das Handling von Paletten*. URL: <https://www.interroll.com/de/produkte/handling-paletten/mpp/>. (accessed: 20.09.2023).
- [25] Christina Papadimitropoulou u. a. „Digitally Enhancing Kanban Lean Practice in Support of Just-in-Time Reconfigurable Supply: A Case Study“. In: Sep. 2023. ISBN: 978-3-031-43661-1. DOI: [10.1007/978-3-031-43662-8_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-43662-8_6).
- [26] Roman Pichler. „SCHNELLER, KOSTEN- GÜNSTIGER, SCHLANKER: PROZESSOPTIMIERUNG MIT WERTSTROMANALYSE“. In: (Sep. 2023).
- [27] Conrad Reynvaan. „Moderne Produktion: Ziele setzen, Delegation von Verantwortung, kontinuierliche Verbesserung, Empowerment“. In: Dez. 2022, S. 73–82. ISBN: 978-3-662-65849-9. DOI: [10.1007/978-3-662-65850-5_12](https://doi.org/10.1007/978-3-662-65850-5_12).

- [28] „Supply Chain Management“. In: *Cost and Value Management in Projects*. John Wiley Sons, Ltd, 2023. Kap. 10, S. 285–316. ISBN: 9781394207190. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781394207190.ch10>. eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781394207190.ch10>. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781394207190.ch10>.
- [29] Bhaskar Tambi und Anil Mashalkar. „Modified Trigger Quantity Model in Digital Kanban System“. In: Aug. 2023, S. 23–45. ISBN: 978-3-031-40397-2. DOI: [10.1007/978-3-031-40398-9_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-40398-9_2).
- [30] Lalit Toke und Shyamkumar Kalpande. „An assessment of key performance indicators and its relationship for implementation of total productive maintenance in manufacturing sector“. In: *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)* 17 (März 2023). DOI: [10.1007/s12008-023-01252-5](https://doi.org/10.1007/s12008-023-01252-5).
- [31] *Was ist Lean Management? Definition und Methoden*. URL: <https://ifm-business.de/aktuelles/business-news/was-ist-lean-management-definition-methoden.html>. (accessed: 10.09.2023).
- [32] Ina Wiegard-Szramek. „Buch des fnb e. V.: „Qualitätsmanagement in Dialyseabteilungen“ wird überarbeitet und neu aufgelegt“. In: *Dialyse aktuell* 23 (Nov. 2019), S. 382–382. DOI: [10.1055/a-0969-0513](https://doi.org/10.1055/a-0969-0513).

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich – Anastasiia Pogorelova – an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe.

Sämtliche Stellen der Arbeit, die im Wortlaut oder dem Sinn nach Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt oder anderweitig veröffentlicht.

Mittweida, 29. September 2023

Ort, Datum



Anastasiia Pogorelova, B.Sc.