



HOCHSCHULE
HAMM-LIPPSTADT

**Erweiterung des Traceability- und
Kennzahlensystems um eine trackingbasierte
Auftragssteuerung**

Projektarbeit

im Studiengang „Mechatronik“

von

Changlai Bao

Matr.-Nr.: 6220001

vorgelegt am 23.05.2023

an der Hochschule Hamm-Lippstadt

Betreuer:

Prof. Dr.-Ing. Matthias Mayer

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einführung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung	2
1.3 Vorgehensweise	2
2 Grundlagen	5
2.1 Asset-Tracking-Systeme	5
2.1.1 Die Bedeutung des Asset-Trackings	5
2.1.2 Technologien und Methoden für Asset-Trackingsysteme	6
2.1.3 Grundlegende Überlegungen für Asset-Tracking-Systeme	8
2.1.4 Real-Time Location System (RTLS)	9
2.1.5 Komponenten und Funktionen des UWB-basierten Tracking Systems . .	10
2.2 Kennzahlen und Kennzahlensysteme	11
2.3 Auftragssteuerung	12
2.3.1 Auftrag	12
2.3.2 Kundenauftrag	13
2.3.3 Innenauftrag	13
2.3.4 Auftragsabwicklung	13
2.3.5 Die Verwendung von elektronischen Steuerungssystemen	15
2.4 Benutzeroberflächendesign	16
3 Designentwurf und Umsetzung	18
3.1 Anforderungen der Auftragssteuerung	18
3.2 Erstellung des Konzepts	19
3.3 Erstellung der grafischen Benutzeroberfläche (GUI)	21
3.3.1 Schnittstelle zur Erfassung von Kundenaufträgen	21
3.3.2 Schnittstelle zur Erfassung von neuem internem Auftrag	23
3.3.3 Schnittstelle zur Erfassung von fehlerhaftem Produkt	25
3.3.4 Gestaltung des Auftragsboards	27
3.4 Möglichkeiten zur Erfassung und Nachverfolgung	29

3.5	Anweisungen für den Benutzer	33
4	Testen und Ergebnisanalyse	34
4.1	Tests der Funktionsintegrität	34
4.2	Ergebnisanalyse	36
4.2.1	Testergebnisse	36
4.2.2	Zukünftige Erweiterungen	38
5	Zusammenfassung und Ausblick	40
6	Literaturverzeichnis	42
7	Anhang	44
8	Sperrvermerk	70

Abbildungsverzeichnis

2.1	Technologie Asset Tracking (Teil 1) (vgl. Taylor 2020b)	7
2.2	Technologie Asset Tracking (Teil 2) (vgl. Taylor 2020b)	8
2.3	Ablaufmodell einer Produktion (vgl. Bauernhansl 2020, S. 216)	14
3.1	Icon Frontpage	20
3.2	Icon Tagübersicht	20
3.3	Gestaltung des Auftrageintrags	22
3.4	Pop-up-Fenster Tags platzieren	23
3.5	Gestaltung des Innenauftrageintrags	24
3.6	Gestaltung des FehlerhaftenProdukteintrags	25
3.7	Pop-up-Fenster Neuer interne Auftrag	26
3.8	Pop-up-Fenster Auftrag abschließen	26
3.9	Pop-up-Fenster Daten löschen	28
3.10	Pop-up-Fenster Produktion abschließen	28
3.11	Icon Auftragsboard	28
3.12	Tagtabelle Eventlog	29
3.13	Tagtabelle Auftragsboard	31
7.1	Einstellung von Anzahl Objekte pro WST	44
7.2	Neue Datenaufnahme starten	44
7.3	Gestaltung des Auftragsboards	45
7.4	Auftragsboard Kundenauftrag1 Bearbeitung1	46
7.5	Auftragsboard Kundenauftrag1 offen	47
7.6	Auftragsboard Kundenauftrag1 Bearbeitung2	48
7.7	Auftragsboard Kundenauftrag1 produziert1	49

7.8 Auftragsboard Kundenauftrag1 produziert	50
7.9 Auftragsboard Kundenauftrag1 fehlerhafte Produkte	51
7.10 Auftragsboard Kundenauftrag1 Neuer Internauftrag	52
7.11 Auftragsboard Kundenauftrag1 Neuer Internauftrag2	53
7.12 Auftragsboard Kundenauftrag1 Neuer Internauftrag3	54
7.13 Auftragsboard Kundenauftrag1 Lieferung	55
7.14 Auftragsboard Kundenauftrag2 Bearbeitung	56
7.15 Auftragsboard Kundenauftrag2 produziert	57
7.16 Auftragsboard Kundenauftrag2 produziert2	58
7.17 Auftragsboard Kundenauftrag2 fehlerhafte Produkte	59
7.18 Auftragsboard Kundenauftrag2 Lieferung	60
7.19 Eventlog Aufzeichnungen	61
7.20 Anweisungen für den Benutzer	62
7.21 Auftrageintrag Code	63
7.22 Innenauftrageintrag Code	64
7.23 FehlerhafteProdukteeintrag Code	65
7.24 Auftragsboard Code	66
7.25 Auftragsboardfunktionen Code (Teil 1)	67
7.26 Auftragsboardfunktionen Code (Teil 2)	68
7.27 Auftragsboardfunktionen Code (Teil 3)	69

Tabellenverzeichnis

3.1	Anforderungen der Auftragssteuerung (Teil 1)	18
3.2	Anforderungen der Auftragssteuerung (Teil 2)	19
4.1	Tests der Funktionsintegrität (Teil 1)	34
4.2	Tests der Funktionsintegrität (Teil 2)	35
4.3	Tests der Funktionsintegrität (Teil 3)	36

Abkürzungsverzeichnis

AP	Arbeitsplatz
BLE	Bluetooth Low Energy
GPS	Global Positioning System
GUI	Graphical user interface
HSHL	Hochschule Hamm-Lippstadt
LoRa	Long Range
LPWAN	Low-Power Wide-Area-Netzwerk
LTE	Long Term Evolution
NLOS	Non-Line of Sight
OKR	Objectives and Key Result
QCD	Quality, Cost and Delivery
RF	Radio-Frequency
RFID	Radio-Frequency Identification
RSSI	Received Signal Strength Indication
RTLS	Real-Time Location System
UI	User Interface
UWB	UltraWide Band
VBA	Visual Basic for Applications
WiFi	Wireless Fidelity
WIP	Work-In-Progress

1 Einführung

Im Folgenden werden das Problem, das Ziel und der Prozess dieser Projektarbeit in drei Abschnitten dargelegt. Kapitel 1.1 behandelt das gegenwärtige Problem, während Kapitel 1.2 das angestrebte Ziel zur Behebung des Problems erläutert. Schließlich präsentiert Kapitel 1.3 den voraussichtlichen Verlauf der Projektarbeit.

1.1 Problemstellung

In der heutigen Zeit sind Personalisierung und Vielfalt zunehmend gefragt, wenn Kunden nach Produkten suchen. Dies äußert sich in einer Vielzahl von Varianten und geringen Bestellmengen, die häufig Änderungen und dringende Aufträge erfordern. Vor dem Hintergrund dieser Marktsituation sind herkömmliche Massenproduktions- und Prognosemethoden nicht länger angemessen und ineffizient.

Die historische Entwicklung dieser Situation lässt sich bis ins 19. Jahrhundert zurückverfolgen: Im Jahr 1850 war die Vielfalt der Produkte sehr hoch, während das Produktionsvolumen sehr gering war und die Produkte manuell hergestellt wurden (vgl. Joppen ET AL. 2019). Mit der Zeit stieg das Produktionsvolumen an und die Produktvielfalt sank drastisch. Im Jahr 1955 wurde der Begriff Massenproduktion geprägt (vgl. Joppen ET AL. 2019). Danach nahm die Produktvielfalt erneut stark zu, während das Produktionsvolumen erheblich zurückging. Das Ergebnis war die kundenspezifische Massenproduktion, eine Entwicklung, die sich bis heute fortsetzt (vgl. Joppen ET AL. 2019).

Um den steigenden Herausforderungen in der Produktion gerecht zu werden, gilt die Industrie 4.0 oder genauer gesagt die Digitalisierung als Lösung und gleichzeitig als nächster Entwicklungsschritt in der Fertigung (vgl. Joppen ET AL. 2019). Der Fokus liegt auf der Vernetzung aller Systeme und Technologien, die am Wertschöpfungsprozess beteiligt sind, und der Nutzung der erfassten Daten zur Steigerung der Produktivität. Die Computerisierung und Vernetzung werden als Vorstufen oder Grundlagen der Industrie 4.0 angesehen.

Die Entwicklungsstufen der Industrie 4.0 werden in die Phasen Sichtbarkeit, Transparenz, Prognosefähigkeit und Anpassungsfähigkeit unterteilt (vgl. Joppen ET AL. 2019). Eine Voraussicht und Selbstoptimierung basiert daher auf einem Verständnis der Prozesse und einer Analyse dieser. Kennzahlen (engl. KPIs) sind von zentraler Bedeutung und ein wichtiges Kontrollinstrument. Diese Daten können dazu beitragen, Verbesserungspotenziale zu identifizieren, Prozesse zu optimieren, die Qualität zu steigern und Kosten zu reduzieren. Aktuell stellt dies die fortschrittlichste Produktionsmethode in einer informationsbasierten

Marktumgebung dar.

Darüber hinaus kann ein Unternehmen ein trackingbasiertes Auftragssteuerungssystem einsetzen, um Bestellungen und Lagerbestände effektiver zu verwalten. Dieses System kann Bestellmengen und Lieferzeiten dynamisch an die tatsächlichen Anforderungen anpassen und das Risiko von Überbeständen oder Lieferengpässen minimieren. Auf diese Weise kann das Unternehmen die Kundenzufriedenheit steigern und seine Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markt verbessern.

1.2 Zielsetzung

Das Hauptziel dieser Projektarbeit besteht in der Konzeptionierung einer trackingbasierten Auftragssteuerung für die manuelle Montage. Das entwickelte Konzept soll in der manuellen Montage implementiert und im Lean Management-Labor der HSHL evaluiert werden. Hierbei werden Kennzahlen ermittelt und in einem auf Excel basierenden Tool visualisiert.

In Anlehnung an das von (vgl. Raweewan UND Kojima 2020) vorgestellte LEGO-Automodell, liegt der Fokus der Arbeit auf der Verwendung von LEGO-Flugzeugbausteinen für die Montage. Es handelt sich hierbei um eine praktische Anwendung, die Studierenden sowohl kognitive als auch nicht-kognitive Fähigkeiten während der Lean-Transformation vermittelt. Dabei wird von drei Varianten des LEGO-Flugzeugs ausgegangen: rot, gelb und blau.

Die Arbeit zielt darauf ab, Erfassung, Verfolgung und Identifizierung dieser Produktvarianten zu ermöglichen, um eine bedarfsgerechte Zuweisung zu gewährleisten.

1.3 Vorgehensweise

In Übereinstimmung mit Kapitel 1.2 verfolgt das vorliegende Projekt das Ziel, die bestehende Software durch Erweiterung eines Excel-Tools zu optimieren. Im Rahmen der Entwicklung effizienter Softwarelösungen besteht die optimale Vorgehensweise aus mehreren grundlegenden Schritten, die jeweils wichtige Rollen in diesem Prozess spielen.

Der erste Schritt beinhaltet die Sammlung und Analyse von Anforderungen. Hierbei geht es darum, den Bedarf des Marktes und der Benutzer genau zu verstehen und zu definieren, welche Funktionen und Eigenschaften die zu entwickelnde Software aufweisen soll. Im Anschluss daran folgt die Konzeptionsphase. Hierbei werden auf der Grundlage der zuvor gesammelten Anforderungen Ideen entwickelt und in ein konzeptionelles Design überführt. Nachdem das konzeptionelle Design abgeschlossen ist, beginnt die Phase der Gestaltung der Softwareoberfläche. In diesem Schritt wird das User Interface (UI) erstellt, welches für eine

intuitive und benutzerfreundliche Bedienung der Software sorgt. Im Anschluss an die Gestaltung der Softwareoberfläche beginnt die Phase der Code-Programmierung. Hier werden die im vorherigen Schritt entwickelten Designs in funktionierenden Code umgesetzt. Nachdem die Programmierung abgeschlossen ist, folgt der Test des Endprodukts. Dabei wird die Software auf Fehler und Probleme überprüft und deren Leistung und Funktionstüchtigkeit bewertet. Schließlich erfolgt die Analyse der Testergebnisse. Auf der Grundlage dieser Analyse können Probleme identifiziert und Lösungen entwickelt werden.

Basierend auf den oben genannten Phasen ist es möglich, die Kapitel dieser Arbeit in 3 Hauptabschnitte zu unterteilen:

Kapitel 2: Grundlagen

In diesem Stadium wird eine ausführliche Analyse durchgeführt. Es wird eine Sammlung von Informationen und Literatur geben, um ein umfassendes Verständnis der Anforderungen zu erhalten und Beherrschung der aktuellen Technologie. Dies umfasst:

- Die Bedeutung und Grundlagen des Asset-Trackings
- Die Rolle und Bedeutung von Kennzahlen und Kennzahlensystemen
- Die Grundlagen und Anforderungen der Auftragssteuerung
- Die Grundprinzipien der Softwareentwicklung

Kapitel 3: Designentwurf und Umsetzung

Dieses Stadium umfasst die Erstellung des Konzepts basierend auf der vorherigen Analyse, gefolgt von der Erstellung der grafischen Benutzeroberfläche (engl. GUI) und der Implementierung des Konzepts in Software-Code. Dies beinhaltet:

- Erfassung und Analyse der Anforderungen an den Softwareentwurf
- Entwurf und Entwicklung von Funktionsmodulen
- Gestaltung der Benutzeroberfläche und Interaktion
- Algorithmus-Design und -Implementierung

Kapitel 4: Testen und Ergebnisanalyse

Schließlich wird das fertige Produkt getestet, um die Funktionsfähigkeit sicherzustellen. Nach dem Testen wird eine gründliche Analyse der Testergebnisse durchgeführt, um mögliche Verbesserungen zu identifizieren. Dies beinhaltet:

- Darstellung von Testfällen und -szenarien
- Analyse und Bewertung der Testergebnisse
- Fehler und Schwächen des Fertigprodukts und seine Skalierbarkeit

2 Grundlagen

Das vorliegende Kapitel hat das Ziel, das erforderliche Hintergrundwissen zur Unterstützung des Verständnisses des Themas dieser Arbeit zu vermitteln. In Kapitel 2.1 stehen Asset-Tracking-Systeme im Fokus. Im Rahmen von Unterkapitel 2.2.1 erfolgt eine Erläuterung der Bedeutung von Asset-Tracking-Systemen. In Kapitel 2.2.2 wird die Technologie und Methode von Asset-Tracking-Systemen erläutert, während in Kapitel 2.2.3 die grundlegenden Überlegungen für Asset-Tracking-Systeme beschrieben werden. Das Echtzeitortungssystem (engl. Real-Time Location Systems, RTLS) wird in Kapitel 2.2.4 beschrieben, während Unterkapitel 2.2.5 die Komponenten und Funktionen von UWB-basierten Ortungssystemen beschreibt.

In Kapitel 2.2 folgt eine eingehende Auseinandersetzung mit Kennzahlen und Kennzahlensystemen. Kapitel 2.3 greift die Tracking-basierte Auftragssteuerung auf und gliedert sich in mehrere Unterkapitel. Hierbei stellt Unterkapitel 2.3.1 die Definition von Auftrag dar, Unterkapitel 2.3.2 erläutert die Definition von Kundenauftrag und Unterkapitel 2.3.3 die Definition von Innenauftrag. Die Definition von Auftragsabwicklung ist Gegenstand von Unterkapitel 2.3.4. Schließlich befasst sich das abschließende Kapitel 2.4 mit Erläuterungen zum Design von Benutzeroberflächen.

2.1 Asset-Tracking-Systeme

2.1.1 Die Bedeutung des Asset-Trackings

Ein Asset-Tracking-System ist ein System, das Unternehmen dabei hilft, ihr physisches Anlagevermögen zu überwachen und zu verwalten (vgl. Rittenberg 2022). Dies wird erreicht, indem die Vermögenswerte mit Technologien wie GPS-Tracking-Systemen, Barcode-Scannern oder Radiofrequenz-Identifikation (RFID) ausgestattet werden (vgl. Rittenberg 2022). Dieses System ermöglicht die Überwachung von Vermögenswerten wie Generatoren, Fahrzeugen, Computern und anderer technologischer Ausrüstung, die für die Funktion des Unternehmens entscheidend sind (vgl. Rittenberg 2022). Dabei unterscheidet es sich vom Inventarverwaltungssystem, das primär für die Überwachung und Verwaltung von Lagerbeständen verwendet wird, während das Asset-Tracking-System auf die Verfolgung der Vermögenswerte abzielt, die zur Verwaltung und Unterstützung dieser Lagerbestände verwendet werden (vgl. Rittenberg 2022).

Die finanziellen Auswirkungen von Diebstählen am Arbeitsplatz sind enorm, mit geschätzten jährlichen Kosten von bis zu 50 Milliarden Dollar allein in den USA (vgl. Taylor 2020a). Um diesen Betrag ins Verhältnis zu setzen, könnten die dadurch eingesparten Mittel fast

eine Million durchschnittlicher US-Arbeitnehmergehälter finanzieren (vgl. Taylor 2020a). In bestimmten Branchen, wie dem Bauwesen, belaufen sich die Kosten für den Verlust von nicht verfolgten Werkzeugen auf bis zu 1 Milliarde Dollar pro Jahr (vgl. Taylor 2020a). Selbst wenn Vermögenswerte nur vorübergehend verlegt oder intern verloren gehen, ist dies eine teure Ineffizienz, die beträchtliche Kosten verursacht.

In diesem Kontext kann die Implementierung eines Asset-Tracking-Systems helfen, solche Verluste und Ineffizienzen zu minimieren. Es unterstützt Unternehmen bei der Überwachung und Verwaltung ihrer Vermögenswerte, was zu Kosteneinsparungen und verbesserten Effizienzen führt. Darüber hinaus kann es zur Verbesserung der Arbeitssicherheit beitragen, indem es gezielte Lösungen für die Standortverfolgung von gefährlichen Vermögenswerten oder exponierten Mitarbeitern bietet. Letztendlich kann ein Asset-Tracking-System zur Steigerung des Umsatzes beitragen, indem es Prozesse optimiert und so zu erhöhter Produktivität, mehr verfügbaren Arbeitsstunden für andere Aufgaben oder sogar zur Erschließung neuer Einnahmequellen führt. Die potenziellen Vorteile sind in jedem Fall beträchtlich.

2.1.2 Technologien und Methoden für Asset-Trackingsysteme

Im Kontext von Asset-Tracking-Systemen sind eine Reihe von Technologien und Methoden von zentraler Bedeutung, die in verschiedenen Industrien zum Einsatz kommen:

1. Barcodes: Diese ermöglichen eine eindeutige Identifikation, auch wenn sie nicht unbedingt Zeit- oder Standortdaten liefern. Sie sind kostengünstig, zuverlässig und massiv skalierbar. Erweiterte Codierungstechniken, wie unsichtbare oder Matrix-Barcodes (QR-Codes), erweitern die Möglichkeiten (vgl. Taylor 2020b).
2. Radio-Frequency Identification (RFID): RFID-Systeme arbeiten hauptsächlich durch die Kombination von elektromagnetischen Lesegeräten und Tags. Diese Tags enthalten Identifikationsdaten, die von stationären und tragbaren RFID-Lesegeräten erfasst werden können (vgl. Taylor 2020b).
3. UltraWide Band (UWB): UWB nutzt einen großen Teil des Funkspektrums zur Datenübertragung. Diese Technologie eignet sich ideal für Standortbestimmung und Tracking in anspruchsvollen Industrien und GPS-verdeckten Umgebungen (vgl. Taylor 2020b).
4. Bluetooth Low Energy (BLE): Ähnlich wie UWB erfordern BLE-Systeme im Allgemeinen kein manuelles Scannen oder Suchen. Die meisten BLE-Systemarchitekturen nutzen Empfangene Signalstärkeanzeigen (engl. Received Signal Strength Indication, RSSI), um die Nähe von Asset-Standorten zu bestimmen, wenn sich Objekte bewegen (vgl. Taylor 2020b).
5. Wireless Fidelity (WiFi): WiFi nutzt hauptsächlich RSSI-Techniken zur Lokalisierung und

Verfolgung von Assets. Einige WiFi-Lösungen können auch AoA und ToF-Messungen verwenden, obwohl diese in der Regel eine komplexere Einrichtung und Kalibrierung erfordern (vgl. Taylor 2020b).

6. Low-Power Wide-Area-Netzwerk (LPWAN): Zu den bekanntesten Technologien im LPWAN-Asset-Tracking gehören LoRa (engl. Long Range) Technologie, NarrowBand IoT (NB-IoT), Sigfox und LTE (engl. Long Term Evolution) Advanced for Machine Type Communications (LTE-M) (vgl. Taylor 2020b).

7. Zellulär: Zellulares Asset-Tracking, wie die Positionierung mit 2G, kann den Zustand, die Stadt oder sogar die Nachbarschaft eines Objekts aus vielen Kilometern Entfernung bestimmen (vgl. Taylor 2020b).

8. Global Positioning System (GPS): GPS basiert auf einem Netzwerk von in Orbit befindlichen Satelliten, die ihre Standorte kennen und ihre Uhren genau aufeinander abstimmen (vgl. Taylor 2020b).

Jede dieser Technologien hat spezifische Vor- und Nachteile. Die Auswahl der richtigen Technologie hängt von den spezifischen Anforderungen der zu überwachenden Assets ab. Abbildung 2.1 und 2.2 verdeutlicht die Vor- und Nachteile der einzelnen Technologien.

Technologie	Genauigkeit	Skalierbarkeit	Reichweite
Barcodes	sehr genau, beim Scannen des Standortes	sehr skalierbar, innerhalb der Grenzen des manuellen Scannens	sehr kurz/ benötigt Sichtlinie
RFID	variiert stark: genau bis zum letzten Scan	sehr skalierbar	bis zu 600 m
Ultra-wideband (UWB)	-1 m-10 cm	sehr skalierbar	bis zu 100 m
Bluetooth / BLE	-2-3 m	begrenzt	bis zu 100 m
WiFi	-3 m	sehr begrenzt	bis zu 50 m
LPWAN-Technologien	-50-800 m	sehr skalierbar	bis zu mehrere km
Zellulär	-30-100 m	im Freien skalierbar	-30 km
GNSS (GPS)	-7-10 m	im Freien skalierbar	globaler Zugang innerhalb der Sichtlinie des Satelliten

Abbildung 2.1: Technologie Asset Tracking (Teil 1) (vgl. Taylor 2020b)

Technologie	Datenübertragungsrate	Zusammenfassung
Barcodes	N/A	effektiv zur Identifikation, aber nicht zur Standortbestimmung von Vermögenswerten
RFID	N/A	effektiv zur Objekterkennung, aber nicht zur echten Lokalisierung
Ultra-wideband (UWB)	bis zu 27Mbps	effektiv für die präzise Standortverfolgung von Vermögenswerten
Bluetooth / BLE	bis zu 2Mbps	effektiv für die Standortverfolgung basierend auf Zonen
WiFi	bis zu 1Gbps	effektiv für die Standortverfolgung basierend auf Zonen im kleinen Maßstab
LPWAN-Technologien	variabel	viele effektive Tracking-Optionen je nach Region
Zellulär	100Mbps+	effektiv für die Verfolgung von großen / wertvollen Vermögenswerten im Freien
GNNS (GPS)	N/A	effektiv für die Verfolgung von großen Vermögenswerten im Freien

Abbildung 2.2: Technologie Asset Tracking (Teil 2) (vgl. Taylor 2020b)

Durch den Einsatz dieser Technologien können Unternehmen die Effizienz steigern, Kosten reduzieren und das Risiko von Asset-Verlusten minimieren.

2.1.3 Grundlegende Überlegungen für Asset-Tracking-Systeme

Die Implementierung eines Asset-Tracking-Systems erfordert die sorgfältige Berücksichtigung verschiedener Schlüsselfaktoren. Zunächst einmal bestimmt der Ort der Asset-Verfolgung die Art des benötigten Kommunikationslinks. Für die Innenraumverfolgung könnten Technologien wie Wi-Fi, Bluetooth Low Energy (BLE) oder Ultrabreitband (UWB) eingesetzt werden, während für die Außenraumverfolgung Low-Power Wide-Area-Netzwerktechnologien wie LoRa, LTE-M oder 5G geeignet sein könnten (vgl. Quinnell 2021).

Zweitens beeinflusst die gewünschte Genauigkeit der Standortinformationen die Wahl des Kommunikationslinks. LTE oder 5G könnten zur Triangulation herangezogen werden, wenn eine Genauigkeit von etwa einer halben Meile ausreichend ist, während für eine Genauigkeit innerhalb von 50 Metern Technologien wie GPS oder 5G-basiertes Polte erforderlich sein könnten (vgl. Quinnell 2021).

Die Batterielebensdauer ist ein weiterer wichtiger Aspekt. Da die meisten zu verfolgenden Vermögenswerte keinen ständigen Zugang zu Strom haben, muss das IoT-Gerät batteriebetrieben sein. Faktoren wie Kommunikationslink, Zeit für ein Standortupdate, Stromverbrauch im Standby-Zustand zwischen den Updates und die Häufigkeit dieser Updates beeinflussen die Batterielebensdauer (vgl. Quinnell 2021).

Darüber hinaus sind die Auswirkungen des Gerätedesigns auf die Backhaul-Anforderungen zu berücksichtigen. Ein Gerät, das lediglich Signalinformationen erfasst und diese rohen Daten zur Standortverarbeitung an das Netzwerk sendet, verursacht mehr Netzwerklast als ein System, das zunächst seinen Standort ermittelt und nur das Ergebnis übermittelt (vgl. Quinnell 2021).

Zuletzt bestimmen die Kosten des Asset-Tracking-Systems, welche Anwendungen es effektiv bedienen kann. Es gibt zwei Arten von Kosten zu berücksichtigen: die Gerätekosten und die Systemkosten, einschließlich der erforderlichen Backhaul-Infrastruktur (vgl. Quinnell 2021). Selbst wenn die Tracking-Geräte relativ günstig sind, können Kosten für Netzwerkinfrastruktur, Datenübertragung oder benötigte Cloud-Ressourcen die praktische Größe eines Asset-Tracking-Systems einschränken.

2.1.4 Real-Time Location System (RTLS)

Diese Projektarbeit konzentriert sich stark auf tag-basierte Echtzeit-Ortungssysteme (engl. RTLS), die typischerweise Radiofrequenzen (engl. RF) nutzen, um die relative Position eines verfolgten Objekts (ausgestattet mit einem Tag) in Bezug auf mehrere sogenannte „Anker“ innerhalb eines Rasters zu bestimmen (vgl. Thiede ET AL. 2021). RTLS liefert Informationen über „Was“, „Wo“ und „Wann“ innerhalb eines definierten Ortes und quantifiziert diese Informationen auf eine Weise, die für Entscheidungsträger verständlich ist. Ein Beispiel hierfür ist die Verwendung von RTLS zur Darstellung, welcher Gabelstapler (was) eine bestimmte Abholspur in einem Lager (wo) zu einer bestimmten Zeit (wann) überquerte (vgl. Taylor 2023).

Es gibt ständig neue innovative Wege zur Realisierung von Echtzeitpositionierung. Der am häufigsten verwendete Ansatz ist die Anwendung von Radiofrequenz-Identifikationstechnologien (engl. RFID), wie z.B. WiFi oder Ultra-Wideband (engl. UWB) (vgl. Taylor 2023). Drahtlose Transceiver, oft als Tracker-Tags oder einfach Tags bezeichnet, markieren die zu verfolgenden Objekte oder Personen. Gleichzeitig berechnet ein System von Referenzpunkten an bekannten Orten anhand der Übertragungen dieser Tags tatsächliche Zeit- und Standortdaten.

Im Vergleich zu traditionellen Asset-Tracking-Systemen, die lediglich Momentaufnahmen des Standorts eines Assets beim Scannen oder Inventarisieren bieten, erweist sich das RTLS als eine erhebliche Verbesserung. Es ermöglicht eine erweiterte Datenerfassung und -analyse durch Bereitstellung von kontinuierlichen, genauen und zeitlich synchronisierten Informationen über Standort und Zustand von Assets (vgl. Taylor, 2023). Darüber hinaus fördert RTLS durch die Möglichkeit, den Bewegungsverlauf eines Assets zu verfolgen, eine Optimierung der Prozesse und eine Steigerung der Effizienz (vgl. Taylor 2023).

Insbesondere in der Fertigungsindustrie erweist sich RTLS als unschätzbar wertvoll für die

Nachverfolgung von in Bearbeitung befindlichen Produkten (engl. Work-In-Progress, WIP). Am Anfang der Montagelinie wird ein eindeutiges Etikett oder ein Barcode mit dem WIP verknüpft, der es durch Scannen identifizierbar macht (vgl. Toro, Wang UND Akhtar 2021). Während an dem WIP gearbeitet wird und es verschiedene Stationen durchläuft, wird dieser Code entweder von fest installierten Scannern oder von Fabrikarbeitern gescannt. Dies ermöglicht eine Aktualisierung des Status und der relativen Position des WIP im System und bietet eine Schätzung seines Fortschritts, wenn es die Arbeitsstationen betritt oder verlässt.

Ähnlich wie bei Teilen kann das RTLS entweder Gruppen bilden oder einzelne WIP zu wiederverwendbaren Schalen zuweisen, die bereits mit Tags versehen sind (vgl. Toro, Wang UND Akhtar 2021). Im Gegensatz zu derzeit verwendeten Tags oder Barcodes erfordern RTLS-Tags kein manuelles Scannen und können automatisch Echtzeitstandorte und WIP-Fortschritte liefern. Die gesammelten Daten können genauere durchschnittliche Bearbeitungszeiten und Produktionsraten an jeder Station liefern.

Solche Datenpunkte unterstützen Hersteller dabei, die tatsächliche WIP-Trajektorie zu verstehen, Fehler frühzeitig zu korrigieren und Arbeitsabläufe insgesamt zu optimieren (vgl. Taylor 2023). Somit spielt RTLS eine entscheidende Rolle bei der Verbesserung und Optimierung sowohl des Asset-Trackings als auch speziell der WIP-Nachverfolgung.

2.1.5 Komponenten und Funktionen des UWB-basierten Tracking Systems

Im Kontext des Lean Management-Labors an der Hochschule Hamm-Lippstadt, wo GPS-Signale aufgrund der Innenraumumgebung beeinträchtigt sind, bietet die in Kapitel 2.1.2 vorgestellte UWB-Technologie eine Lösung für die präzise Lokalisierung von Objekten in Innenräumen und ermöglicht so die Realisierung von RTLS.

Das UWB-basierte Asset-Tracking-System von SEWIO umfasst folgende Komponenten:

1. Anker: Diese stationären Geräte sind an der Decke oder den Wänden montiert, um die UWB-Signale von den Tags zu empfangen und weiterzuleiten (vgl. Sewio RTLS 2021). Sie bilden ein drahtloses Netzwerk, das den gesamten Bereich abdeckt, in dem die Lokalisierung stattfinden soll. Sie sind mit einem zentralen Server verbunden, der die Daten sammelt und verarbeitet.
2. Tags: Diese mobilen Geräte sind an den zu verfolgenden Objekten oder Personen angebracht und senden UWB-Signale aus, um deren Identität und Position zu bestimmen (vgl. Sewio RTLS 2021). Die Tags besitzen eine lange Batterielaufzeit und können verschiedene Sensoren integrieren, wie z.B. Beschleunigungsmesser, Gyroskop oder Temperaturfühler.
3. RTLS Studio: Dies ist eine Softwareplattform, die die Daten von den Ankern verarbeitet und die Lokalisierungsergebnisse auf einer digitalen Karte darstellt (vgl. Sewio RTLS 2021). Die Software

bietet zudem verschiedene Funktionen für die Analyse, Visualisierung und Integration der Daten.

Das UWB-basierte Asset-Tracking-System von SEWIO ermöglicht die Realisierung verschiedener Anwendungsfälle und ist aufgrund seiner Skalierbarkeit und Flexibilität an spezifische Bedürfnisse und Anforderungen anpassbar. Es bietet folgende Funktionen:

1. Lokalisierung: Echtzeitbestimmung und Darstellung der Position und Orientierung von Objekten oder Personen auf einer digitalen Karte (vgl. Sewio RTLS 2022).
2. Verfolgung: Nachverfolgung der Bewegung und des Status von Objekten oder Personen über die Zeit sowie Speicherung und Abruf historischer Daten (vgl. Sewio RTLS 2022).
3. Analyse: Berechnung und Visualisierung verschiedener Kennzahlen und Indikatoren, wie z.B. Auslastung, Durchlaufzeit, Flaschenhälse, Engpässe, Warteschlangen, etc. (vgl. Sewio RTLS 2022).
4. Alarmierung: Durch den Einsatz innovativer Technologien zur Echtzeit-Überwachung von Kransystemen, können verschiedene Ereignisse oder Zustände erkannt und entsprechende Benachrichtigungen oder Aktionen ausgelöst werden (vgl. Sewio RTLS, 2022). Die gleiche Infrastruktur kann für die Verfolgung von Mitarbeitern verwendet werden, wodurch die Sicherheit der Arbeiter vor Ort durch automatische Warnmeldungen auf dem Bildschirm des Kranführers erhöht wird, wenn sich jemand in unmittelbarer Nähe zum Haken befindet (vgl. Sewio RTLS 2022).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das UWB-basierte Asset-Tracking-System von SEWIO eine innovative Lösung zur präzisen Lokalisierung und Verfolgung von Objekten und Personen in Innenräumen darstellt. Es erfüllt hohe Anforderungen an Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Skalierbarkeit und Flexibilität und ermöglicht die Implementierung verschiedener Anwendungsfälle im Bereich des Lean Managements und darüber hinaus.

2.2 Kennzahlen und Kennzahlensysteme

Kennzahlen und Kennzahlensysteme stellen im Lean Management bedeutende Instrumente dar, um die Leistung und Verbesserungspotenziale der gesamten Wertschöpfungskette zu messen und zu steuern. Kennzahlen liefern aggregierte Informationen über relevante Sachverhalte und Entwicklungen, während Kennzahlensysteme die logische Verknüpfung von Kennzahlen zu einem übersichtlichen und zielorientierten Informations- und Steuerungssystem darstellen (vgl. Helmold 2021, S. 139).

Das Kennzahlensystem des Lean Managements gliedert sich in die folgenden Teile:

1. QCD (engl.: Quality, Cost and Delivery) + α-Methode: Ein umfassendes Indikatoren-System, das Quality (Q), Cost (C), Delivery (L) und weitere relevante Faktoren (α) wie Sicherheit, Umwelt und Mitarbeiterzufriedenheit einschließt. Diese Indikatoren spiegeln die Leistung des Unternehmens aus verschiedenen Perspektiven wie Kunden, internen Prozessen, Lernen und Innovationen wider (vgl. Helmold 2021, S. 140).

2. OKR (engl.: Objectives and Key Result): Ein Indikatoren-System für das Zielmanagement, das Objectives (O) und Key Result (KR) umfasst. Diese Indikatoren unterstützen Unternehmen bei der Klärung der strategischen Ausrichtung, Festlegung konkreter messbarer Ziele und Aufteilung wichtiger Ergebnisse auf verschiedenen Ebenen und in verschiedenen Abteilungen, um Zielabstimmung und -umsetzung zu erreichen (vgl. Helmold 2021, S. 143).

3. KPI (engl.: Key Performance Indicators): Ein Indikatoren-System für kritische Geschäftsprozesse, das wichtige Schlüsselkennzahlen (KPI) beinhaltet. Diese Indikatoren helfen Unternehmen, den Betriebsstatus wichtiger Geschäftsprozesse zu überwachen und bewerten, Probleme und Verbesserungsmöglichkeiten zu identifizieren und somit die Geschäftseffizienz und -effektivität zu steigern (vgl. Helmold 2021, S. 144).

Das Lean Management-Labor der Hochschule Hamm-Lippstadt kann KPIs einsetzen, um seine zentralen Geschäftsprozesse wie Forschung und Entwicklung, Tests, Validierung usw. zu definieren und diese an den strategischen Zielen und Kundenanforderungen des Labors auszurichten. KPIs ermöglichen es dem Labor, seine Geschäftsleistung in Bereichen wie Qualität, Effizienz und Innovationen zu quantifizieren und zu überwachen und diese mit angestrebten Zielen oder Branchenstandards zu vergleichen, um Stärken und Schwächen zu erkennen. Darüber hinaus kann das Labor KPIs nutzen, um seine Geschäftsprozesse kontinuierlich zu optimieren. Durch Datenanalyse und Feedback-Mechanismen können Probleme identifiziert, Verbesserungsmaßnahmen entwickelt und deren Auswirkungen bewertet werden, um die Wettbewerbsfähigkeit und den Wert des Labors zu steigern.

2.3 Auftragssteuerung

2.3.1 Auftrag

Der Begriff „Auftrag“ hat in unterschiedlichen Kontexten verschiedene Bedeutungen. Hier wird die Definition aus dem bürgerlichen Recht gewählt. Im Bürgerlichen Recht handelt es sich bei einem Auftrag um einen Vertrag nach §§ 662–674 BGB, durch den sich eine Partei (der Beauftragte) verpflichtet, ein ihr von der anderen Partei (dem Auftraggeber) übertragenes Geschäft für diese unentgeltlich sorgfältig auszuführen (vgl. Berwanger 2018). Der Beauftragte ist verpflichtet, dem Auftraggeber die erforderlichen Auskünfte zu geben, über den Stand

des Geschäfts zu informieren und nach Beendigung des Auftrags Rechenschaft abzulegen (vgl. Berwanger 2018). Der Auftraggeber muss dem Beauftragten die Aufwendungen ersetzen, die er zur Ausführung des Auftrags gemacht hat und für erforderlich halten durfte (vgl. Berwanger 2018). Der Auftrag kann von dem Auftraggeber jederzeit widerrufen und von dem Beauftragten jederzeit gekündigt werden (vgl. Berwanger 2018).

2.3.2 Kundenauftrag

Ein „Kundenauftrag“, bezeichnet eine durch einen Kunden ausgelöste Aufforderung, eine spezifische Leistung oder ein spezifisches Gut zu erstellen (vgl. Voigt 2018a). Diese spezifische Leistung oder das spezifische Gut kann ein Produkt oder ein Produktbündel sein. Die Erstellung des gewünschten Gutes oder der gewünschten Leistung erfordert bestimmte Aktionen, die als Arbeiten, Operationen oder Tätigkeiten bezeichnet werden. Diese Aktionen werden von Aktionsträgern durchgeführt, die auch als Potenzialelemente bezeichnet werden (vgl. Voigt 2018a). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ein Kundenauftrag eine kundenspezifische Anforderung an ein Unternehmen darstellt, eine bestimmte Leistung zu erbringen oder ein bestimmtes Produkt zu liefern, was durch spezifische Aktionen und Ressourcen erreicht wird.

2.3.3 Innenauftrag

„Innenauftrag“, bezieht sich auf einen Auftrag, der nicht durch eine Kundenbestellung (Kundenauftrag) veranlasst wird, sondern direkt von betriebsinternen Stellen ausgeht (vgl. Voigt 2018b). Es gibt zwei Haupttypen von Innenaufträgen: Vorratsaufträge zur Lagerergänzung und Aufträge zur Erstellung innerbetrieblicher Leistungen, wie Anlagen, Werkzeuge und Dienstleistungen, einschließlich Reparaturen (vgl. Voigt 2018b).

In der Kostenrechnung sollten Innenaufträge grundsätzlich wie Kundenaufträge abgerechnet werden, um eine korrekte Kostenverteilung zu gewährleisten (vgl. Voigt 2018b). Dies bedeutet, dass die verursachenden Kostenstellen zugunsten der leistenden belastet werden. Durch dieses Vorgehen kann die Kostenentwicklung überwacht und festgestellt werden, ob die Selbstherstellung kostengünstiger ist als der Fremdbezug. Insgesamt dient der Innenauftrag der internen Betriebssteuerung und der Optimierung der Ressourcenallokation.

2.3.4 Auftragsabwicklung

Die Auftragsabwicklung, auch als Order Process bekannt, bezeichnet den Prozess der Erfüllung von Kundenaufträgen (vgl. Voigt 2018c). Dieser erstreckt sich vom Zeitpunkt der Bestellaufgabe durch den Kunden bis zum Zahlungseingang des Leistungsentgelts beim Lieferanten.

Dieser Prozess besteht aus verschiedenen Teilfunktionen:

1. Die Auftragsübermittlung umfasst verschiedene Formen der Bestellung durch den Kunden, beispielsweise formlose Bestellungen, Übermittlung von Bestellformularen per Brief oder Telefax, telefonische Bestellungen, internetbasierte Bestellungen über Shop-Systeme, Bestellannahme durch Außendienstmitarbeiter, elektronische Übermittlung über Kommunikationsschnittstellen und automatisierte Bestellsysteme (vgl. Voigt 2018c).
2. Die Auftragsbearbeitung beinhaltet die Überprüfung der Kundenaufträge hinsichtlich Preiskonditionen, Liefermodalitäten und Bonität des Kunden sowie die Einplanung in das Produktions- und Logistiksystem (vgl. Voigt 2018c).
3. Die Fertigung und Auftragszusammenstellung umfassen die Produktion und die auftragsgemäße Zusammenstellung der Güter im Lager, auch Kommissionierung genannt (vgl. Voigt 2018c).
4. Verpackung und Versand beinhalten die Verpackung der Güter, die Erstellung der Versandpapiere und den Versand der Güter (vgl. Voigt 2018c).
5. Die Fakturierung umfasst die Rechnungsstellung für die erbrachten Leistungen, die entweder vor oder nach der Kommissionierung erfolgen kann (vgl. Voigt 2018c).
6. Die Zahlungstransaktion kann entweder eine papierbasierte oder elektronische Übermittlung der Zahlung oder eine Barzahlung umfassen (vgl. Voigt 2018c).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Auftragsabwicklung ein umfangreicher Prozess ist, der sowohl die Bestellabwicklung als auch die Produktion, Lieferung und Bezahlung von Waren und Dienstleistungen umfasst. Die Modellierung einer gesamten Produktion mit ihren Auftragsabwicklungsschritten vom Kunden bis zum Kunden zeigt Abbildung 2.3.



Abbildung 2.3: Ablaufmodell einer Produktion (vgl. Bauernhansl 2020, S. 216)

2.3.5 Die Verwendung von elektronischen Steuerungssystemen

Die Nutzung von elektronischen Steuerungssystemen in Auftragsmanagementprozessen ist von großer Bedeutung und hilft, transparente und effiziente Abläufe zu etablieren, die auf die Kundenanforderungen nach Individualität, Flexibilität und Zuverlässigkeit zugeschnitten sind (vgl. Salesforce 2020). Transparent organisierte Prozesse können dazu beitragen, die Kosten zu senken und den Gewinn pro Auftrag zu maximieren. Hingegen können ineffiziente Prozesse zu hohen Ausfällen und möglichen Vertragsstrafen führen.

Praktische Anwendungen für elektronische Steuerungssysteme sind vielfältig. Beispielsweise ist die automatische Erfassung von Anfragen oder Aufträgen, die über einen Online-Shop eingehen, eine Möglichkeit. Direkt aus diesen Informationen lässt sich ein Auftrag generieren. Des Weiteren besteht die Nutzungsmöglichkeit für den Versand von automatischen Bestätigungen. In diesen Bestätigungen lassen sich wichtige Informationen zur Bestellung, das voraussichtliche Lieferdatum sowie die Zahlungsbedingungen integrieren.

Zusätzlich unterstützen sie bei der Prüfung eingegangener Waren in der Warenannahme und bei der Weitergabe dieser Informationen an die Versandabteilung. Sie sind in der Lage, automatische Benachrichtigungen zu senden, welche anzeigen, dass eine Lieferung unterwegs ist, und sie stellen zudem Trackingnummern bereit, um eine Bestellung in Echtzeit verfolgen zu können.

Weiterhin tragen elektronische Steuerungssysteme maßgeblich zur Kundenzufriedenheit während und nach dem Kauf bei. Sie ermöglichen digitale Dienste und bieten Kunden die Möglichkeit, ihre Waren im stationären Handel abzuholen. Zudem bieten sie digitale Interaktionsmöglichkeiten für Kundenanfragen und einen erstklassigen Kundenservice.

Zusammengefasst spielen elektronische Steuerungssysteme eine zentrale Rolle im Auftragsmanagement. Sie fördern transparente, effiziente und gut koordinierte Prozesse, die die Kundenzufriedenheit erhöhen, die Kosten senken und den Gewinn pro Auftrag maximieren. Obwohl sie viele Vorteile bieten, gibt es noch Raum für Verbesserungen, insbesondere in mittelständischen Unternehmen, in denen die Auftragsabwicklung teilweise noch auf Papierbasis stattfindet (vgl. Salesforce 2020).

Die Notwendigkeit, elektronische Steuerungssysteme in Betracht zu ziehen und zu optimieren, ist daher für Unternehmen aller Branchen und Größen offensichtlich. Ein konkretes Beispiel für ein solches elektronisches System ist Excel, das als visuelles Werkzeug im Lean Management-Labor der Hochschule Hamm-Lippstadt eingesetzt wird. Hierbei sollen die Bereiche Auftragseingang, Auftragsplanung, Auftragsausführung und Auftragsauslieferung in das bestehende Asset-Tracking-System integriert werden. Dies illustriert die praktische Anwendung elektronischer Steuerungssysteme und deren Möglichkeiten in der Auftragsverwaltung.

2.4 Benutzeroberflächendesign

In diesem Kapitel werden die zehn grundlegenden Prinzipien des Benutzeroberflächendesigns (engl. User Interface, UI) zusammengefasst. Diese Prinzipien umfassen eine Vielzahl von Designansätzen und betonen die Notwendigkeit, den Benutzer in den Mittelpunkt des Designprozesses zu stellen. Ein effektives UI-Design zeichnet sich durch Einfachheit, Vorhersehbarkeit und Benutzerfreundlichkeit aus, wobei Konsistenz und Klarheit eine zentrale Rolle spielen.

1. Einfachheit im UI-Design: UI-Design sollte stets benutzerorientiert sein und nicht auf den persönlichen Vorlieben des Designers basieren. Ein effektives UI-Design ist funktional statt dekorativ, wobei jedes Designelement einen bestimmten Zweck für den Benutzer erfüllen sollte (vgl. Fleck 2021).
2. Antizipation und Vorbeugung: Das Verständnis des Benutzers und seiner Bedürfnisse ist entscheidend. Sobald das Ziel erreicht ist, kann das Design so angepasst werden, dass es vorhersehen kann, was der Benutzer als nächstes tun möchte. Zusätzlich kann es dem Benutzer die notwendigen Werkzeuge, Informationen und Ressourcen zur Verfügung stellen. (vgl. Fleck 2021).
3. Benutzerkontrolle: Benutzer sollten das Gefühl haben, die Kontrolle zu haben. Das bedeutet, dass die Benutzeroberfläche im Hintergrund bleiben sollte. Sie sollte immer dann vorhanden sein, wenn der Benutzer sie braucht, und genau dort, wo er sie erwartet (vgl. Fleck 2021).
4. Methodik und Konsistenz: Konsistenz ist ein grundlegendes Konzept im UI-Design. Dies gilt für alles, von Mustern bis hin zu Terminologien (vgl. Fleck 2021).
5. Vermeidung unnötiger Komplexität im UI-Design: Es sollte stets nach der minimalen Anzahl von Schritten und Bildschirmen gestrebt werden. Informationen sollten so organisiert werden, dass sie logisch, autonom und selbstständig sind (vgl. Fleck 2021).
6. Klare Signale bereitstellen: Die Navigation durch die App sollte niemals einschüchternd oder verwirrend sein. Die Architektur der Seite sollte einfach, logisch und klar beschriftet sein (vgl. Fleck 2021).
7. Toleranz gegenüber Fehlern: Es ist wichtig, dass Benutzer die Möglichkeit haben, schnell und einfach Änderungen rückgängig zu machen oder wiederherzustellen. Dies fördert das Vertrauen der Benutzer in die App und motiviert sie, ohne Angst vor negativen Konsequenzen Änderungen vorzunehmen (vgl. Fleck 2021).
8. Relevantes Feedback geben: Benutzer sollten über ihren Fortschritt informiert werden. Sie sollten eine Bestätigung erhalten, dass ihre Aktionen wahrgenommen wurden, und darüber

informiert werden, dass alles nach Plan läuft (vgl. Fleck 2021).

9. Funktionen priorisieren: Die Erstellung einer klaren Hierarchie ist entscheidend. Jedes Element auf jedem Bildschirm sollte für die Benutzererfahrung unerlässlich sein. Alle überflüssigen Elemente sollten bereits in der Prototyping-Phase entfernt werden. Unter den notwendigen Elementen wird es jedoch einige geben, die unvermeidlich wichtiger sind als andere. Diese Hierarchie sollte im UI-Design klar reflektiert werden (vgl. Fleck 2021).

10. UI-Design für Zugänglichkeit: Apps werden von Menschen aus unterschiedlichsten kulturellen Hintergründen genutzt. Es ist realistisch gesehen unmöglich, jede mögliche Variation in sozialen und kulturellen Konventionen zu berücksichtigen. Dennoch sollte man nicht automatisch davon ausgehen, dass die eigene Art, Dinge zu tun, die einzig logische ist. (vgl. Fleck 2021).

Die vorliegenden Prinzipien des Benutzeroberflächendesigns betonen die Bedeutung von Benutzerzentrierung, Einfachheit, Konsistenz, Klarheit und Zugänglichkeit. Ein effektives Benutzeroberflächendesign sollte dem Benutzer nicht nur eine ansprechende ästhetische Erfahrung bieten, sondern auch eine einfache, effiziente und zufriedenstellende Interaktion mit dem System ermöglichen. Durch die Berücksichtigung dieser Prinzipien können Designer Benutzeroberflächen erstellen, die sowohl für den Benutzer als auch für den Systemersteller vorteilhaft sind.

3 Designentwurf und Umsetzung

In diesem Kapitel wird die Entwicklung eines Auftragssteuerungssystems erörtert, das in das bestehende Asset-Tracking-System integriert werden soll. Die verschiedenen Aspekte der Systemanforderungen, Konzeption, Gestaltung und Implementierung werden detailliert in den folgenden Kapiteln beschrieben. Im Kapitel 3.1 werden die Anforderungen an das Auftragssteuerungssystem dargelegt, welche die Grundlage für die anschließende Konzeption und Implementierung bilden. Darauf aufbauend wird in Kapitel 3.2 ein innovatives Konzept vorgestellt, das diese Anforderungen erfüllt und eine effektive Lösung für das Auftragsmanagement bietet. Der darauffolgende Kapitel 3.3 befasst sich mit der Gestaltung und Erstellung der grafischen Benutzeroberfläche (GUI), die eine intuitive und benutzerfreundliche Interaktion mit dem System ermöglicht. In Kapitel 3.4 finden sich die entsprechenden Anweisungen für die Verwendung dieses Auftragsverwaltungssystems.

3.1 Anforderungen der Auftragssteuerung

In der Entwicklungsphase des Auftragssteuerungssystems wurden die grundlegenden Anforderungen von Prof. Dr.-Ing. Matthias Mayer festgelegt. Durch mehrere Diskussionen und Konsultationen mit wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, insbesondere mit Hedda Lüttenberg und Ibrahim Malatyali, wurden diese Anforderungen präzisiert und weiterentwickelt. Tabellen 3.1 und 3.2 fassen die daraus abgeleiteten grundlegenden Produktanforderungen zusammen.

Tabelle 3.1: Anforderungen der Auftragssteuerung (Teil 1)

Nr	Bezeichnung	Beschreibung
1	Übersichtlichkeit	Die Software muss über eine klare und übersichtliche Benutzeroberfläche verfügen, die es dem Benutzer ermöglicht, schnell und einfach auf die gewünschten Funktionen zuzugreifen. Dazu gehört auch das Hinzufügen von einheitlich gestalteten Icons in der bestehenden Navigationsleiste.
2	Verständlichkeit	Die Software muss einfach zu verstehen sein und darf nicht unnötig kompliziert sein. Die Schaltflächen sollten mit klaren Textbeschreibungen versehen sein, um den Benutzern die Verwendung der Software zu erleichtern.

Tabelle 3.2: Anforderungen der Auftragssteuerung (Teil 2)

Nr	Bezeichnung	Beschreibung
3	Leistungsfähigkeit	Die Software muss schnell und zuverlässig arbeiten und in der Lage sein, große Datenmengen zu verarbeiten. Außerdem sollte sie in der Lage sein, den aktuellen Stand sowie statistische Daten innerhalb kurzer Zeit auf den entsprechenden Seiten anzuzeigen.
4	Anpassungsfähigkeit	Die Software sollte anpassungsfähig sein und auf die spezifischen Bedürfnisse des Nutzers eingehen können. Es sollte möglich sein, die Software durch Anpassung der Einstellungen oder der Konfiguration zu verändern.
5	Design	Die Software sollte ein attraktives Design haben, das dem Benutzer eine angenehme Erfahrung bietet und einfach zu bedienen ist. Dazu gehören ein minimalistisches Design, Symbole in kontrastierenden Farben und Hinweise an geeigneten Stellen.
6	Funktionalität	Die Software sollte alle notwendigen Funktionen und Merkmale für eine wirksame Auftragssteuerung und -verfolgung enthalten, einschließlich Nachverfolgung, Statusaktualisierung, Meldungen über fehlerhafte Produkte sowie, automatische Berechnung und manuelle Änderung des Lagerbestands.

Die im Rahmen dieser Zusammenarbeit formulierten Anforderungen bilden die Grundlage für das entworfene Auftragssteuerungssystem und stellen sicher, dass das System den Bedürfnissen und Anforderungen der verschiedenen Stakeholder gerecht wird. Die Einbeziehung von Expertenmeinungen und die kontinuierliche Überprüfung und Anpassung der Anforderungen tragen wesentlich zur Qualität und Effektivität des entwickelten Systems bei.

3.2 Erstellung des Konzepts

Gemäß Kapitel 3.1 war es notwendig, ein neuartiges Konzept zu entwickeln, um die gewünschte Funktionalität zu erreichen. Die Details dieses innovativen Ansatzes werden in diesem Kapitel beschrieben.

Das Arbeitsblatt zur Auftragssteuerung bezieht sich auf die Bereichsdarstellung der Kanban-Tafel, um alle wichtigen Kennzahlen anzuzeigen (vgl. Powell 2018). In dieses Arbeitsblatt sollten alle Aufträge und ihr jeweiliger Status übersichtlich dargestellt werden. Ein neues Icon wird sowohl auf der Startseite Arbeitsblatt (siehe Abbildung 3.1) als auch auf der Tagessicht Arbeitsblatt (siehe Abbildung 3.2) der bestehenden Software eingefügt. Mit einem Klick auf dieses Icon kann

der Benutzer direkt auf das neu entwickelte Auftragsmanagement Arbeitsblatt zugreifen.

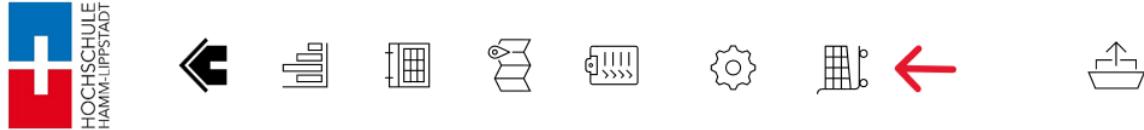


Abbildung 3.1: Icon Frontpage



Abbildung 3.2: Icon Taguebersicht

In dieses Arbeitsblatt sind folgende sechs Spalten vorgesehen: Auftragsnummer, Kundenauftrag, Kundenauftragsstatus, Innenaufträge, Lagerbestand und fehlerhafte Produkte. Kundenaufträge werden in den Varianten rot, gelb und blau angelegt, wobei jeweils die entsprechenden Mengen aufgeführt sind. Aus dem Status eines Kundenauftrags sollte klar hervorgehen, ob der betreffende Auftrag vollständig bearbeitet wurde. Die Innenauftragsverwaltung zeigt für jede Variante die aktuelle Menge an Innenaufträgen sowie den Echtzeitstatus an. Innenaufträge beziehen sich auf die Mengen, die an der Arbeitsbank bearbeitet werden müssen, um den aktuellen Kundenauftrag zu erfüllen. Der Lagerbereich zeigt den jeweiligen Bestand für jede Variante an. Der Fehlerbereich schließlich zeigt für jede Kundenauftragsvariante die Anzahl der fehlerhaften Produkte an.

Um die Interaktivität der Software zu erhöhen, wurden verschiedene Schaltflächen hinzugefügt: eine Schaltfläche zum Eingeben eines neuen Auftrags, eine Schaltfläche zum Abschließen der Produktion der aktuellen Variante, eine Schaltfläche zum Melden fehlerhafter Produkte, eine Schaltfläche zum Abschließen und Liefern des aktuellen Kundenauftrags, eine Schaltfläche zum Löschen aller Daten in dem Arbeitsblatt und eine Schaltfläche zum Zurückkehren zum Frontpage.

Wenn die oben genannten Schaltflächen angeklickt werden, öffnet sich jeweils das

entsprechende Fenster. In diesen Fenstern müssen die Mengen manuell eingegeben werden, um den entsprechenden Vorgang abzuschließen. Es war daher notwendig, mehrere verschiedene Eingabefenster zu erstellen und diese mit den entsprechenden Schaltflächen zu verknüpfen. Um die Benutzeroberfläche logisch und benutzerfreundlich zu gestalten, wurde auf die separaten Schaltflächen zur Eingabe neuer Innenaufträge verzichtet. Stattdessen ist das Eingabefenster für Innenaufträge mit dem Fenster für die Meldung fehlerhafter Produkte verknüpft. Im Falle eines fehlerhaften Artikels muss die Menge des fehlerhaften Produktes manuell geprüft und mit der Menge des aktuellen Kundenauftrags verglichen werden. Der Benutzer wird durch ein Pop-up-Fenster darüber informiert und gefragt, ob ein zusätzlicher interner Auftrag hinzugefügt werden soll, um die Produktion zu aktualisieren, damit der aktuelle Kundenauftrag erfüllt wird.

Außerdem sollte unter der Auftragstabelle eine Live-Position jedes Tags zusammen mit einem Live-Status erstellt werden. Dadurch erhält der Benutzer ein besseres Verständnis für den aktuellen Produktionsprozess.

Schließlich sollten an den entsprechenden Stellen Anleitungen und Hinweise zur Verwendung des Auftragsverwaltungssystems für Nicht-Entwickler eingefügt werden.

3.3 Erstellung der grafischen Benutzeroberfläche (GUI)

In diesem Kapitel wird der Entwicklungsprozess für die grafische Benutzeroberfläche (GUI) und ihre Funktionalität für Konzept in Kapitel 3.2 im Detail beschrieben. Die Software soll eine intuitive und leicht verständliche GUI bereitstellen, die die Funktionen „Kundenauftrag eingeben“, „Fehlerhaftes Produkt eingeben“ und „Neuer interner Auftrag“ umfasst. Schließlich wird erläutert, wie das Auftragsboard entworfen und konstruiert wurde.

3.3.1 Schnittstelle zur Erfassung von Kundenaufträgen

Der erste Schritt in diesem Prozess ist die Erstellung einer Schnittstelle zur Erfassung von Kundenaufträgen. Dazu wird der Excel VBA-Editor (engl. Visual Basic for Applications) verwendet und ein neues Modul namens „Auftrageintrag“ im bestehenden Formulare-Ordner erstellt. Das Modul besteht aus mehreren Komponenten, wie der Titelleiste, Produktvarianten, Mengeneingabe (manuell oder über Schaltflächen zur Mengenanpassung), einer Bestätigungsschaltfläche und einer Abbruchschaltfläche. Die Komponenten des Moduls werden entsprechend des gewünschten Designs benannt.

Der nächste Schritt besteht darin, den Code des Moduls gemäß den definierten Anforderungen zu schreiben. Um die Verständlichkeit und Erweiterbarkeit des Codes für zukünftige Entwickler sicherzustellen, werden an relevanten Stellen geeignete Kommentare hinzugefügt. Der

vollständige Entwurf der Benutzeroberfläche ist in Abbildung 3.3 dargestellt, ein Teil des Codes ist in Abbildung 7.21 zu sehen.



Abbildung 3.3: Gestaltung des Auftrageintrags

Das entwickelte Modul ermöglicht folgende Funktionen: Die aktuelle Kundenauftragsmenge kann für jede Produktvariante manuell oder über den Button Mengenanpassung geändert werden. Durch Klick auf den Bestätigungsbutton wird die eingegebene Menge automatisch in das entsprechende Feld des Kundenauftrags eingetragen und der Auftrag nummeriert. Außerdem errechnet das Modul automatisch die Anzahl der internen Aufträge, die zur Erfüllung der Kundenaufträge erforderlich sind. Wenn der verfügbare Bestand nicht ausreicht, um die gewünschte Menge zu liefern, zeigt das Feld für den Innenauftrag die Anzahl der Innenaufträge an, die für jede Variante erforderlich sind, und weist darauf hin, dass eine Produktion erforderlich ist. Reicht der aktuelle Bestand jedoch aus, um den Kundenauftrag zu erfüllen, wird die Innenauftragsmenge als 0 angezeigt, was bedeutet, dass keine zusätzliche Produktion erforderlich ist. Die Anzahl der Innenaufträge pro Variante basiert auf der Anzahl pro WST-Objekt, die auf dem Frontpage eingestellt ist, mit einem Mindestwert von 1 und einem Höchstwert von 5. Durch Klicken auf die Schaltfläche Abbrechen wird dieses Fenster geschlossen.

Um die Benutzerinteraktion weiter zu optimieren, wurde dem Modul ein Pop-up-Fensters hinzugefügt. Wenn ein neuer Kundenauftrag eingegeben wird, erscheint ein Pop-up-Fenster. In

diesem Fenster wird der Benutzer aufgefordert, den entsprechenden Varianten am Arbeitsplatz Tags zuzuordnen, was den Vorgang transparenter und benutzerfreundlicher macht. Abbildung 3.4 zeigt die Gestaltung dieses Pop-up-Fensters.

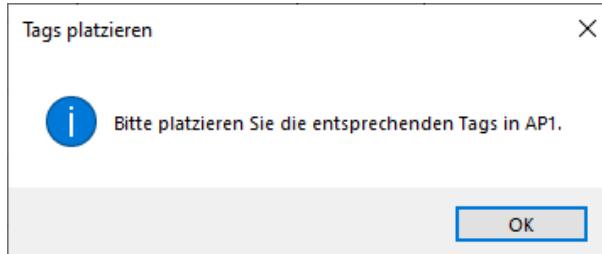


Abbildung 3.4: Pop-up-Fenster Tags platzieren

Nachdem die Schnittstelle zur Erfassung von Kundenaufträgen implementiert wurde, werden weitere Funktionen „Fehlerhafte Produkte erfassen“ und „Neue Innenaufträge“ entwickelt. Die GUI-Komponenten für diese Funktionen sind ähnlich gestaltet wie die Komponenten für die Erfassung von Kundenaufträgen, um eine einheitliche Benutzerführung zu gewährleisten. Die einzelnen Module werden ebenfalls im Excel-VBA-Editor erstellt und entsprechend den Anforderungen und Nutzererwartungen angepasst.

3.3.2 Schnittstelle zur Erfassung von neuem internem Auftrag

Anschließend wird im gleichen Ordner ein neues Modul zur Eingabe neuer interner Aufträge erstellt. Das Design der Benutzeroberfläche ähnelt dem Modul zur Eingabe von Kundenaufträgen in Kapitel 3.3.1. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die Anzahl der Varianten durch die Anzahl der Wiederholungen der Produktion ersetzt wird. Da die Qualitätskontrolle manuell durchgeführt wird, erfolgt die Eingabe der Wiederholungen der Produktion ebenfalls manuell oder durch Klicken auf Schaltflächen. Abbildung 7.22 zeigt einen Teil des Codes für dieses Modul. Das vollständige UI-Design ist in Abbildung 3.5 dargestellt.

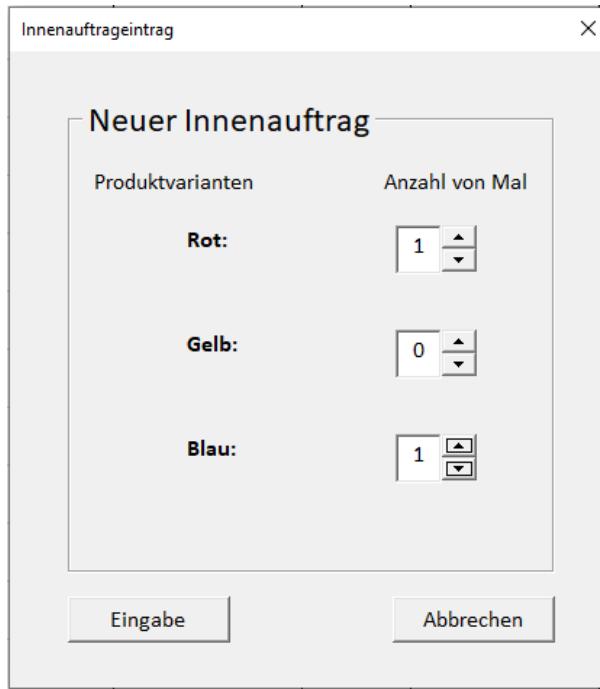


Abbildung 3.5: Gestaltung des Innenauftrageintrags

Dieses Modul bietet folgende Funktionalität: Beim Anklicken des Eingabebuttons wird die gewünschte Anzahl von Innenaufträgen zu der jeweiligen Variante hinzugefügt. Die Anzahl der hinzugefügten Innenaufträge ergibt sich aus der Anzahl der auf der Hauptseite eingestellte Anzahl Objekte pro WST multipliziert mit der Anzahl der neu angelegten Innenaufträge. Die endgültige Berechnung der Anzahl der neuen internen Aufträge ist in der Formel 3.1 angegeben. Das Fenster kann durch Klicken auf die Schaltfläche Abbrechen geschlossen werden.

$$\begin{aligned}
 \text{Neue interner Produktionsauftrag} &= \\
 \text{Alte interner Produktionsauftrag} &+ \\
 \text{Anzahl von Mal} \times \text{Anzahl Objekte pro WST} &
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

Außerdem wird ein Pop-up-Fenster angezeigt, wenn die Schaltfläche Eingabe angeklickt wird. Dieses Pop-up-Fenster fordert den Benutzer deutlich auf, dem Arbeitsplatz manuell Tags hinzuzufügen, um Fehler durch Auslassungen zu vermeiden. Der Entwurf dieses Pop-up-Fensters entspricht Abbildung 3.4.

3.3.3 Schnittstelle zur Erfassung von fehlerhaftem Produkt

Ebenso wird im gleichen Ordner ein neues Modul zum Erfassen von fehlerhaften Produkten erstellt, das als „FehlerhafteProdukteintrag“ bezeichnet wird. Das Gesamtdesign dieses Moduls entspricht dem Auftragseintrag-Modul in Kapitel 3.3.1 zur Eingabe von Kundenaufträgen, mit dem einzigen Unterschied, dass der Titel geändert wurde. Im Anschluss wird der Code für dieses Modul erstellt. Der vollständige Entwurf der Benutzeroberfläche ist in Abbildung 3.6 dargestellt, ein Teil des Codes ist in Abbildung 7.23 zu sehen.



Abbildung 3.6: Gestaltung des FehlerhafteProdukteintrags

Dieses Modul implementiert folgende Funktionen: Durch das Klicken auf die Eingabe-Schaltfläche werden die manuell geprüften und eingegebenen Mengen der fehlerhaften Produkte automatisch in die Spalte für fehlerhafte Produkte auf der aktuellen Arbeitsseite eingetragen. Gleichzeitig wird der aktuelle Lagerbestand jeder Variante um die Menge der fehlerhaften Produkte reduziert. Durch das Klicken auf die Abbrechen-Schaltfläche wird das Fenster geschlossen.

Es wurden mehrere Pop-up-Fenster hinzugefügt, um den Prozess effizienter zu gestalten. Das erste Pop-up-Fenster fragt, ob der aktuelle Lagerbestand nach der manuellen Qualitätskontrolle für die Erfüllung des Kundenauftrags ausreichend ist (Siehe Abbildung 3.7). Wenn „Ja“ gewählt

wird, öffnet sich das Fenster zum Anlegen eines neuen Innenauftrags in Kapitel 3.3.2. Wenn „Nein“ gewählt wird, erscheint ein weiteres Pop-up-Fenster mit der Frage, ob der aktuelle Kundenauftrag bereits abgeschlossen und an den Kunden geliefert wurde (Siehe Abbildung 3.8). Wenn „Ja“ gewählt wird, wird der Status des Kundenauftrags automatisch als abgeschlossen markiert und ein Pop-up-Fenster informiert darüber, dass der aktuelle Kundenauftrag erfolgreich ausgeliefert wurde. Wenn „Nein“ gewählt wird, erscheint ein Pop-up-Fenster, das darüber informiert, dass der aktuelle Kundenauftrag nicht ausgeliefert wurde.

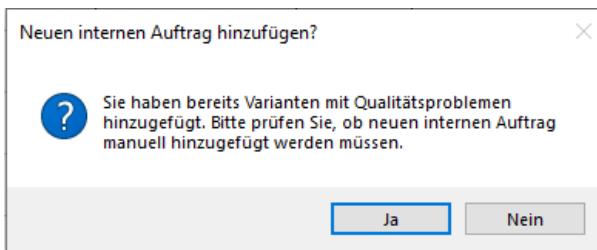


Abbildung 3.7: Pop-up-Fenster Neuer interner Auftrag

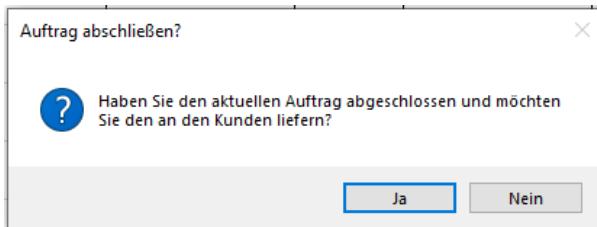


Abbildung 3.8: Pop-up-Fenster Auftrag abschließen

Insgesamt wurden in diesem Kapitel verschiedene Module zur Eingabe von Kundenaufträgen, Erfassung von fehlerhaften Produkten und Erstellung neuer interner Aufträge entwickelt. Die Benutzeroberflächen dieser Module wurden so gestaltet, dass sie konsistent und benutzerfreundlich sind. Durch die Verwendung von klaren Designs, aussagekräftigen Symbolen und intuitiven Interaktionselementen ermöglichen diese Module eine effiziente und angenehme Bedienung für den Endbenutzer. Die Integration von Pop-up-Fenster trägt dazu bei, Fehler bei der Bedienung zu vermeiden und sicherzustellen, dass die Prozesse reibungslos ablaufen.

3.3.4 Gestaltung des Auftragsboards

Die Kapitel 3.3.1 bis 3.3.3 befassen sich mit der Gestaltung der drei benötigten Schnittstellen. Kapitel 3.3.4 konzentriert sich auf die Gestaltung des gesamten Auftragsmanagements Arbeitsblatt und seiner Komponenten.

Zunächst wird die Gliederung in sechs Überschriften gemäß den Anforderungen vorgenommen. In der Spalte „Kundenauftragsstatus“ werden von Zeile 3 bis Zeile 18 Kontrollkästchen eingefügt, um den aktuellen Status der Fertigstellung des Kundenauftrags anzuzeigen. Hierbei kommen Checkboxen der ActiveX-Steuerelemente zum Einsatz. Diese Steuerelemente bieten den Vorteil, dass sie über den VBA-Editor mit der aktuellen Zelle kombiniert werden können. Damit ermöglicht das Arbeitsblatt des Auftragsmanagements die Anzeige von bis zu 16 Kundenaufträgen. Anschließend erfolgt die Unterteilung in drei verschiedene Varianten mithilfe von drei unterschiedlichen Farben. Die rote Variante verwendet Tags im Bereich W001-W004. Die gelbe Variante verwendet Tags im Bereich W005-W007. Die blaue Variante verwendet Tags im Bereich W008-W010. Der ursprüngliche Entwurf des Auftrags ist in Abbildung 7.3 dargestellt.

Als nächster Schritt wird ein neues Modul namens „Auftragsboardfunktionen“ im „Module“-Ordner des VBA-Editors erstellt. Dem Modul wurde neuer Code hinzugefügt, um die folgenden Funktionen zu ermöglichen: Öffnen der Schnittstelle zur Erfassung von Kundenaufträgen in Kapitel 3.3.1, Öffnen der Schnittstelle zur Erfassung von fehlerhaftem Produkt in Kapitel 3.3.3, Lieferung an Kunden, Löschen aller Daten, Aktualisieren des Lagerstatus. Die Funktion „Lieferung an Kunden“ markiert automatisch das ActiveX-Steuerelement im aktuellen Status Kundenauftrag. In einem Pop-up-Fenster wird angezeigt, dass der aktuelle Kundenauftrag abgeschlossen und an den Kunden geliefert wurde. Die Funktion „Alle Daten löschen“ entfernt alle Werte aus der Tabelle und deaktiviert das ActiveX-Steuerelement im Status Kundenauftrag und zeigt in einem Pop-up-Fenster an, dass alle Daten gelöscht wurden (Siehe Abbildung 3.9). Mit der Funktion „Lagerstatus aktualisieren“ kann das aktuelle Fertigprodukt in den verfügbaren Lagerbestand eingefügt werden. Außerdem wird ein Pop-up-Fenster angezeigt. Es zeigt an, dass die aktuelle Produktion abgeschlossen ist und einer Qualitätskontrolle bedarf (Siehe Abbildung 3.10). Der fertige Code ist in den Abbildungen 7.25, 7.26 und 7.27 dargestellt.

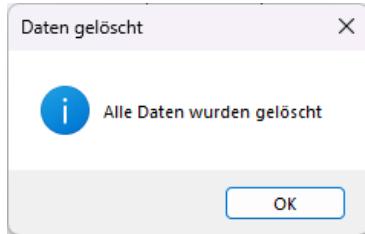


Abbildung 3.9: Pop-up-Fenster Daten löschen

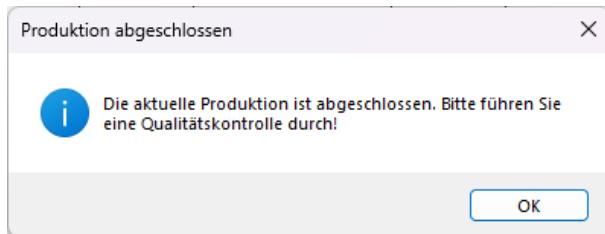


Abbildung 3.10: Pop-up-Fenster Produktion abschließen

Auf der rechten Seite der Tabelle wurden 6 Schaltflächen hinzugefügt. Die Schaltfläche „Zurück zur Startseite“ wurde aus der „HauptZone“ kopiert und führt den Benutzer zurück zur Frontpage, wenn sie angeklickt wird. Anschließend wurden 5 weitere Schaltflächen hinzugefügt, die jeweils mit der entsprechenden Excel-Makrofunktion verknüpft sind, die im Modul „Auftragsboardfunktionen“ definiert wurde. Schließlich wurden diese 6 Schaltflächen benannt und jeweils mit einem passenden Symbol auf der rechten Seite der Tabelle platziert. Der endgültige Entwurf ist in Abbildung 3.11 dargestellt.



Abbildung 3.11: Icon Auftragsboard

3.4 Möglichkeiten zur Erfassung und Nachverfolgung

In diesem Kapitel wird dargelegt, wie Daten zu den aktuell verwendeten Tags erfasst und verfolgt werden. Dies beinhaltet die aktuellen und vorherigen Positionen der Tags. Darüber hinaus wird erläutert, wie der aktuelle Status eines Kundenauftrags durch Berechnung ermittelt wird.

Nach dem Vergleich der auf verschiedenen Arbeitsblättern dargestellten Daten wurde die Berechnungsmethode auf dem Arbeitsblatt Tagübersicht angewendet. Denn auf diesem Blatt werden Oberjektbezeichnung, die aktuelle und die vorherige Position intuitiv dargestellt. Analog dazu kann eine neue Tabelle auf der rechten Seite des Arbeitsblattes Eventlog erstellt und eine ähnliche Formel wie auf dem Arbeitsblatt Tagübersicht verwendet werden, um die benötigten Positionsdaten in den entsprechenden Zellen (Spalten L und M) des Arbeitsblattes Eventlog zu berechnen. Die komplette Tabelle ist in Abbildung 3.12 dargestellt.

K	L	M	N	O
Objektbezeichnung	Aktuelle Zone	Letzte Zone	Status	Status pro Variante
W001	PAP5_X	AP5	produziert	
W002	NoData	NoData		produziert
W003	NoData	NoData		
W004	NoData	NoData		
W005	NoData	NoData		
W006	NoZone	Fertigteile	offen	offen
W007	NoData	NoData		
W008	NoData	NoData	produziert	produziert
W009	PAP5_X	AP5		
W010	NoData	NoData		

Abbildung 3.12: Tagtabelle Eventlog

Die Tabelle verwendet zwei hauptsächliche Formelalgorithmen zur Berechnung der Tags-Positionen. Der erste ist die Berechnung der Aktuellen Zone (siehe Algorithmus 3.1). Das Prinzip dieser Formel besteht darin, in der EventlogTabelle nach dem „Object“-Wert zu suchen, der identisch mit dem der aktuellen Zeile in Spalte K ist. Wenn dieser Wert nicht gefunden wird, gibt die Formel „NoData“ zurück. Wenn der Wert gefunden wird, prüft sie, ob das neueste Ereignis dieses „Objects“ (d.h. das Ereignis mit der größten Zeilenzahl) „Verlassen“ ist. Ist dies der Fall, gibt sie „NoZone“ zurück. Ist dies nicht der Fall, gibt sie den Wert der entsprechenden Zelle in Spalte C zurück.

```

1 =WENN(ZÄHLENWENN(EventlogTable[[#Alle];[Object]];INDEX(K:K;ZEILE())))
=0;"NoData";WENN(INDEX(Eventlog!$D:$D;MAX(((EventlogTable[[#Alle]
;[Object]]=INDEX(K:K;ZEILE()))*ZEILE(EventlogTable[[#Alle];
[Object]]))))="Verlassen";"NoZone";INDEX(Eventlog!$C:$C;MAX(((
EventlogTable[[#Alle];[Object]]=INDEX(K:K;ZEILE()))*ZEILE(
EventlogTable[[#Alle];[Object]]))))))

```

Algorithmus 3.1: Excel Formula für Aktuelle Zone

Der zweite ist die Berechnung der letzten Zone (siehe Algorithmus 3.2). Das zugrunde liegende Prinzip dieser Formel besteht darin, in der „EventlogTable“ nach einem „Object“-Wert zu suchen, der mit dem Wert in der aktuellen Zeile von Spalte K übereinstimmt. Wenn ein solcher Wert nicht vorhanden ist, gibt die Formel „NoData“ aus. Sollte der Wert jedoch vorhanden sein, überprüft die Formel, ob das zuletzt aufgezeichnete Ereignis dieses „Object“ (d.h., das Ereignis mit der höchsten Zeilennummer) „Verlassen“ ist. Falls dies der Fall ist, sucht die Formel den entsprechenden Wert in der Spalte „C“ der „Eventlog“-Tabelle und gibt diesen zurück. Ist das letzte Ereignis jedoch nicht „Verlassen“, gibt die Formel „NoData“ aus. Auf diese Weise wird versucht, das Verlassen-Ereignis des jeweiligen „Object“ zu identifizieren und den entsprechenden Wert aus der „Eventlog“-Tabelle zu extrahieren.

```

1 =WENNFEHLER(WENN(ODER(ZÄHLENWENN(EventlogTable[[#Alle];[Object]];
INDEX(K:K;ZEILE()))=0;MAX(((EventlogTable[[#Alle];[Object]]=INDEX(
K:K;ZEILE()))*(EventlogTable[[#Alle];[Event]]="Verlassen"))*ZEILE(
EventlogTable[[#Alle];[Object]])))=0);"NoData";INDEX(Eventlog!$C:$C;
MAX(((EventlogTable[[#Alle];[Object]]=INDEX(K:K;ZEILE()))*(
EventlogTable[[#Alle];[Event]]="Verlassen"))*ZEILE(EventlogTable[[#Alle];
[Object]]))));"NoData")

```

Algorithmus 3.2: Excel Formula für Letzte Zone

Die Berechnung einer einzelnen Tag-Position wird durch die beiden vorherigen Algorithmen durchgeführt. Anschließend kann der aktuelle Status der Tags durch Berechnung der Positionsänderungen ermittelt werden. Eine neue Formel wird in den Zellen (N2 bis N11) der Tabelle erstellt, um die Berechnung des aktuellen Status durchzuführen. Wenn ein Tag AP5 verlässt, wird der Status zu „offen“. Wenn ein Tag sich an AP (Arbeitsplatz) befindet, wird der Status zu „in Bearbeitung“. Wenn ein Tag AP5 verlässt, wird der Status zu „produziert“. Diese Formel entspricht den Produktionsanforderungen des HSHL Lean Management-Labor optimal.

Da jede Variante mehrere Tags hat, für jede Variante muss ein entsprechender Produktionsstatus, d.h. der aktuelle Status des Kundenauftrags, hinzugefügt werden. Der aktuelle Zustand jedes

Tags aus dem vorherigen Schritt (Zelle N2 bis N11) wird hier für die Berechnung verwendet. Die erstellte Formel führt die folgenden Operationen aus: Wenn der aktuelle Status von Tags derselben Variante irgendwo „offen“ ist, wird der aktuelle Status der Variante ebenfalls als „offen“ beurteilt. Als nächstes, wenn der aktuelle Status von Tags derselben Variante irgendwo „in Bearbeitung“ ist, wird der aktuelle Status der Variante ebenfalls als „in Bearbeitung“ beurteilt. Schließlich, wenn der aktuelle Status von Tags derselben Variante irgendwo „produziert“ ist, wird der aktuelle Status der Variante ebenfalls als „produziert“ beurteilt. Darüber hinaus, wenn alle Positionsdaten eines Tags „NoData“ sind, wird der aktuelle Status der Variante ebenfalls als „offen“ beurteilt. Alle diese Operationen werden in der angegebenen Reihenfolge ausgeführt. Zum Beispiel, wenn „offen“ auftritt, werden die anderen beiden Status nicht angezeigt. Auf diese Weise können Benutzer zuerst „offen“ in der Software sehen und die Produktion erst dann fortsetzen, wenn sichergestellt ist, dass keine Fehler auftreten. Dies verhindert auch, dass ein Produkt nach dem Verlassen des AP nicht entfernt wird, wenn der Tag noch vorhanden ist.

Als nächstes muss diese Tabelle auf dem Arbeitsblatt Auftragsboard angewendet werden. Alle Vorgänge sind konsistent mit denen auf dem Eventlog-Blatt, und die neu erstellte Tabelle wird unter der Kundenauftragstabelle platziert. Gleichzeitig wird der Status der Varianten in der Tabelle in Form von Formeln in die Spalte für den internen Auftragsstatus der oberen Kundenauftragstabelle importiert, wie in der Abbildung 3.13 dargestellt.

Objektbezeichnung	Aktuelle Zone	Letzte Zone	Status	Status pro Variante
W001	PAP5_X	AP5	produziert	
W002	NoData	NoData		
W003	NoData	NoData		
W004	NoData	NoData		
W005	NoData	NoData		
W006	NoZone	Fertigteile		
W007	NoData	NoData	offen	offen
W008	NoData	NoData		
W009	PAP5_X	AP5	produziert	
W010	NoData	NoData		

Abbildung 3.13: Tagtabelle Auftragsboard

Die Verwendung eines Timers ist in dem von den vorherigen Entwicklern entwickelten Modul Dashboardfunktionen zu sehen. Um die Formeln im Arbeitsblatt Auftragsboard automatisch ausführen zu lassen, muss dieser Timer verwendet werden. Zunächst werden in diesem Modul zwei neue Variablennamen angelegt (siehe Algorithmus 3.3). Dieser Timer wird dann aufgerufen, damit die Formeln im Arbeitsblatt Auftragsboard automatisch jede Sekunde berechnet werden (siehe Algorithmus 3.4).

```
1 Dim AuftragsboardStart As Variant  
2 Dim AuftragsboardEnd As Variant
```

Algorithmus 3.3: Variablenname erstellt

```
1 AuftragsboardStart = Timer  
2 Auftragsboard.Calculate  
3 AuftragsboardEnd = Timer
```

Algorithmus 3.4: Aufruf von Auftragsboard.Calculate

Um die Löschdaten vor jedem Lauf zu initialisieren, wurde der in Algorithmus 3.5 gezeigte Code hinzugefügt. Dadurch kann der Vorgang vor jedem Durchlauf einmal neu berechnet werden, um den Löscheffekt der Daten zu erreichen.

```
1 Sub PrepareAuftragsboard()  
2     'Makro zum Vorbereiten des Auftragsboard  
3  
4     With Auftragsboard  
5         On Error GoTo Catch  
6  
7         'Löschen aller Datenzeilen im Listenobjekt  
8         ThisWorkbook.Worksheets("Auftragsboard").Calculate  
9  
10    End With  
11  
12 End Sub
```

Algorithmus 3.5: Sub PrepareAuftragsboard()

Somit wurden die Erfassung und Verfolgung der Positionsdaten für Tags sowie die Berechnung des aktuellen Status, des Variantenstatus und des Status des Kundenauftrags entwickelt.

3.5 Anweisungen für den Benutzer

Dieses Kapitel enthält Anweisungen zur Verwendung des Produkts, um dem Benutzer die Bedienung zu erleichtern. Abbildung 7.21 zeigt die der Software hinzugefügten Anweisungen.

Bitte befolgen Sie die nachstehenden Schritte, um das Auftragsverwaltungssystem zu bedienen.

1. Klicken Sie auf Frontpage auf Neue Datenaufnahme starten, um die Datenerfassung zu starten.
 2. Klicken Sie auf den Button Kundenauftrag eingeben auf der rechten Seite, um einen neuen Auftrag zu erfassen.
 3. Platzieren Sie die entsprechenden Tags in AP1.
 4. Warten Sie, bis der Status aller erforderlichen Produktionen produziert angezeigt, was bedeutet, dass die Produktion abgeschlossen ist. Klicken Sie auf die Schaltfläche Varianten produziert auf der rechten Seite, um die Produktion abzuschließen.
 5. Überprüfen Sie die Qualität der produzierten Produkte. Wenn ein Qualitätsproblem festgestellt wird, klicken Sie auf die Schaltfläche Fehlerhafte Produkte melden auf der rechten Seite, geben Sie die entsprechende Anzahl der fehlerhaften Artikel ein und fahren Sie gemäß dem Pop-up-Fenster fort.
 6. Wird ein neuer interner Auftrag erstellt, wiederholen Sie den Vorgang wie in den Schritten 3 bis 5. Wenn alle Varianten produziert wurden und der aktuelle Kundenauftrag erfüllt ist, klicken Sie rechts auf die Schaltfläche Lieferung der Aufträge an die Kunden, um die Abrechnung des aktuellen Kundenauftrags abzuschließen.
-

4 Testen und Ergebnisanalyse

4.1 Tests der Funktionsintegrität

In Tabellen 4.1, 4.2 und 4.3 sind die für diese Software erforderlichen Tests aufgeführt. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf den Funktionalitätstests. Die erforderlichen Funktionalitätstests wurden aus der Anforderungstabelle in Kapitel 3.1 und aus Gesprächen mit Experten während des Entwurfs abgeleitet. Die Tests wurden im Lean Management-Labor der HSHL durchgeführt und für den allgemeinen maximalen Einsatzfall simuliert (bei Verwendung von 3 verschiedenen Varianten von Tags).

Tabelle 4.1: Tests der Funktionsintegrität (Teil 1)

Nr.	Funktionsintegrität
1	<p>Funktion „Kundenauftrag eingeben“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überprüfen, ob das Auftragseingabe-Interface durch Klicken auf den Button „Kundenauftrag eingeben“ geöffnet wird und ob Daten korrekt eingegeben und in der Spalte „Kundenauftrag“ angezeigt werden. • Überprüfen, ob Kundenaufträge automatisch nummeriert werden. • Überprüfen, ob die korrekte Anzahl in der Spalte „interner Produktionsauftrag“ angezeigt wird.
2	<p>Erfassung und Nachverfolgung von Tags</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überprüfen, ob die aktuell verwendeten Tags korrekt erkannt werden. • Überprüfen, ob die Position der Tags auf dem Arbeitsplatz korrekt erkannt wird, einschließlich der aktuellen Position und der vorherigen Position. • Überprüfen, ob der aktuelle Status der Tags korrekt berechnet wird. • Überprüfen, ob der Gesamtstatus der Tags für jede Variante korrekt berechnet und gleichzeitig in der Spalte „interner Produktionsauftrag“ angezeigt wird.

Tabelle 4.2: Tests der Funktionsintegrität (Teil 2)

Nr.	Funktionsintegrität
3	<p>Funktion „Produktion abschließen“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überprüfen, ob durch Klicken auf den Button „Varianten produziert“ die entsprechende Anzahl an Varianten korrekt zum Lagerbestand hinzugefügt wird.
4	<p>Funktion „Fehlerhafte Produkte melden“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überprüfen, ob das Interface zum Melden fehlerhafter Produkte durch Klicken auf den Button „Fehlerhafte Produkte melden“ geöffnet wird und ob die entsprechende Anzahl an Varianten korrekt zur Spalte „fehlerhafte Produkte“ hinzugefügt und aus der Spalte „Lagerbestand“ abgezogen wird. • Überprüfen, ob nach der Eingabe fehlerhafter Produkte das Interface für die Erstellung von internen Aufträgen aufgerufen wird.
5	<p>Funktion „Neuen internen Auftrag erstellen“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überprüfen, ob das Interface für die Erstellung von internen Aufträgen die korrekte Anzahl an Produktionsdurchläufen eingibt und die erforderliche Anzahl an Varianten berechnet und zur Spalte „interner Produktionsauftrag“ hinzufügt.
6	<p>Funktion „Aktuellen Kundenauftrag abschließen“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überprüfen, ob durch Klicken auf den Button „Lieferung der Aufträge an die Kunden“ die entsprechende Anzahl an Varianten korrekt aus dem Lagerbestand abgezogen wird. • Überprüfen, ob das Kontrollkästchen „fertig“ in der Zeile „Status Kundenauftrag“ angekreuzt ist.
7	<p>Funktion „Zur Startseite zurückkehren“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überprüfen, ob durch Klicken auf den Button „Zurück zur Startseite“ zum Frontpage zurückgekehrt wird.

Tabelle 4.3: Tests der Funktionsintegrität (Teil 3)

Nr.	Funktionsintegrität
8	<p>Funktion „Alle Daten löschen“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überprüfen, ob durch Klicken auf den Button „Alle Daten löschen“ alle Werte in der Tabelle gelöscht werden.
9	<p>Lesbarkeit, Ästhetik und Benutzerfreundlichkeit der Seite</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überprüfen, ob die Tags durch unterschiedliche Farben deutlich in der Tabelle voneinander abgehoben sind. • Überprüfen, ob die Tabelle notwendige Anmerkungen und Benutzungsanweisungen enthält. • Überprüfen, ob die Schaltflächen in Form von klaren Symbolen dargestellt werden. • Überprüfen, ob die Tabelle an die Größe der Seite angepasst ist.

Diese Tests haben sich als entscheidend erwiesen, um die Effizienz der Software zu beurteilen und ihre Zuverlässigkeit sicherzustellen. Durch diese detaillierte Funktionsprüfung konnte eine hohe Qualität der Software sichergestellt und mögliche Fehler frühzeitig erkannt und behoben werden.

4.2 Ergebnisanalyse

4.2.1 Testergebnisse

Alle aufgeführten Funktionen wurden gemäß den Testtabellen in Kapitel 4.1 gründlich getestet. Jede Funktion hat entsprechende Untertests, um die Vollständigkeit und Genauigkeit des Systems sicherzustellen. Bei der Überprüfung der Lesbarkeit, Ästhetik und Benutzerfreundlichkeit der Seite konnten Tags durch verschiedene Farben deutlich in der Tabelle unterschieden werden. Die Tabelle enthielt die notwendigen Anmerkungen und Gebrauchsanweisungen. Die Schaltflächen wurden in Form klarer Symbole dargestellt und die Tabelle passte sich der Größe der Seite an.

Funktionale Tests werden durch die Simulation der Kundenauftrags-Eingabe unter normalen Bedingungen durchgeführt. Dabei wird die Anzahl Objekte pro WST (siehe Abbildung 7.1) in Frontpage auf 4 gesetzt und Neue Datenaufnahme starten (siehe Abbildung 7.2) angeklickt.

Zunächst wird die entsprechende Anzahl an Kundenaufträgen durch Klicken auf die Schaltfläche „Kundenauftrag eingeben“ eingegeben und die entsprechenden Tags werden auf AP1 platziert (siehe Abbildung 7.4). Danach wird eine Simulation der roten Variante durchgeführt, die AP1 verlässt. Der entsprechende interne Produktionsauftrag zeigt korrekterweise den Status „offen“ an (siehe Abbildung 7.5).

Dann wird die Bearbeitung simuliert und die entsprechenden Tags werden entlang der Fließbandlinie auf AP3 verschoben (siehe Abbildung 7.6). Die Bearbeitung wird fortgesetzt und die entsprechenden Tags werden entlang der Fließbandlinie verschoben, bis sie AP5 verlassen. Der entsprechende interne Produktionsauftrag zeigt korrekterweise den Status „produziert“ an (siehe Abbildung 7.7).

Nachdem auf die Schaltfläche „Varianten produziert“ geklickt wurde, wurden die produzierten Varianten korrekt dem Lagerbestand hinzugefügt (siehe Abbildung 7.8). Danach wird ein Qualitätsproblem mit dem Produkt simuliert, indem auf die Schaltfläche „Fehlerhafte Produkte melden“ geklickt und die entsprechende Anzahl eingegeben wird. Nachdem auf die Option „Ja“ im Pop-up-Fenster geklickt wurde, wird ein neuer interner Produktionsauftrag erstellt (siehe Abbildung 7.9). Es ist zu sehen, dass die Anzahl der internen Produktionsaufträge korrekt geändert wurde (siehe Abbildung 7.10). Die Produktion wird fortgesetzt, bis die Tags AP5 verlassen (siehe Abbildung 7.11).

Nach einem erneuten Klick auf die Schaltfläche „Varianten produziert“ werden die produzierten Varianten korrekt dem Lagerbestand hinzugefügt (siehe Abbildung 7.12). Schließlich wird auf „Lieferung der Aufträge an die Kunden“ geklickt. Der Lagerbestand wird korrekt reduziert und der Status des Kundenauftrags wird korrekt markiert (siehe Abbildung 7.13). Dies bedeutet, dass der erste Kundenauftrag erfolgreich abgeschlossen wurde.

Die Simulation des zweiten Kundenauftrags beginnt in gleicher Weise wie der erste (siehe Abbildung 7.14 bis 7.18). Hier ist zu beachten, dass nach dem Klick auf „Fehlerhafte Produkte melden“ und der Eingabe der entsprechenden Anzahl kein neuer interner Produktionsauftrag erstellt werden muss. Im Pop-up-Fenster wird die Option „Nein“ ausgewählt (siehe Abbildung 7.17). Die Bedienung wird fortgesetzt, bis die zweite Kundenauftragslieferung abgeschlossen ist. Abbildung 7.19 zeigt einen Teil der Anzeige des Eventlog-Arbeitsblatts während der Durchführung der oben genannten Operationen.

Im Verlauf mehrerer Tests wurde festgestellt, dass die Positionierungsgenauigkeit der aktuellen Tags gelegentlich unzureichend sein kann. Es gab mehrere Fälle, in denen Positionsaktualisierungen der Tags verzögert wurden oder Änderungen der Position der Tags nicht erkannt werden konnten. Diese Unzulänglichkeiten erforderten, dass die Tags zur Neupositionierung an AP1 zurückgesendet werden mussten, um den Test neu zu starten.

Es könnte vermutet werden, dass diese Ungenauigkeiten auf Fehler zurückzuführen sind, die durch NLOS (engl. Non-Line of Sight) Bedingungen hervorgerufen werden (vgl. Wang ET AL. 2018). In der Laborumgebung werden die direkten Pfade zwischen der Positionierungsbasisstation und dem Positionierungstag oft blockiert, was zu NLOS-Fehlern führt. Diese Art von Fehlern könnte die Positionierungsgenauigkeit beeinträchtigen, selbst wenn Korrekturmethoden wie der Kalman-Filter verwendet werden (vgl. Wang ET AL. 2018). Allerdings ist es wichtig zu betonen, dass obwohl diese NLOS-Fehler eine mögliche Ursache für die beobachteten Unzulänglichkeiten sein könnten, sie nicht das primäre Fokus dieses Papiers sind und weitere Untersuchungen notwendig wären, um ihre Rolle zu bestätigen und geeignete Korrekturmaßnahmen zu implementieren.

Diese Herausforderung bei der Positionierungsgenauigkeit der Tags sollte jedoch nicht die allgemeine Beurteilung der Systemleistung überschatten. Denn in der Gesamtschau haben alle Funktionstests erfolgreich bestanden. Dies weist auf eine stabile Systemleistung, eine umfassende Funktionalität und eine benutzerfreundliche Benutzeroberfläche hin, die den Anforderungen der Benutzer gerecht wird.

4.2.2 Zukünftige Erweiterungen

Dieses Kapitel beschreibt die Mängel des derzeit entwickelten Produkts und gibt Empfehlungen für die zukünftige Entwicklung.

Das derzeit entwickelte Produkt kann nur eine einzelne Kundenauftrag bearbeiten, nicht jedoch mehrere Kundenaufträge gleichzeitig. In der zukünftigen Entwicklung sollte das Auftragsverwaltungssystem in der Lage sein, möglichst viele Aufträge gleichzeitig zu produzieren und zu verfolgen. Beispielsweise, wenn die erste Kundenauftrag keine rote Variante produzieren muss, kann eine nachfolgende Auftrag hinzugefügt werden, um die rote Variante zu produzieren. Dies stellt sicher, dass der AP so schnell wie möglich genutzt wird, um eine maximale Produktionseffizienz zu erzielen.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Benutzeroberfläche attraktiver und moderner zu gestalten. Beispielsweise könnten die verschiedenen Status in Form von Icons dargestellt werden, da diese oft intuitiver sind als Text. Dies umfasst auch, dass der Designstil des Auftragsboards dem des Frontpages ähneln sollte.

Darüber hinaus können die gemeldeten Qualitätsprobleme je nach der tatsächlichen Situation variieren. Dies bedeutet, dass Produkte mit Qualitätsproblemen in verschrottete Produkte (die nicht wiederverarbeitet werden können) und nachbearbeitete Produkte (die wiederverarbeitet werden können) unterteilt werden sollten.

Darüber hinaus sollte eine Schnittstelle zum manuellen Zurücksetzen oder Aktualisieren der Position von Tags eingeführt werden. Aus der Darstellung der Testergebnisse in Kapitel 4.2.1 geht nämlich hervor, dass die automatische Positionierung der Tags derzeit instabil ist. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, die Möglichkeit zur manuellen Korrektur der Position der Tags hinzuzufügen. Während die Berechnung des internen Auftragsstatus auf der Position der Tags basiert, liefert das manuelle Zurücksetzen oder Aktualisieren der Position der Tags eine genaue Erfassung des aktuellen Status.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Der folgende Abschlussteil enthält eine Zusammenfassung der erzielten Ergebnisse und einen Ausblick auf die langfristige Zukunft des Produkts.

In dieser Arbeit werden theoretische Grundlagen zu Asset-Tracking-Systemen, Kennzahlensystemen und der Gestaltung von Benutzeroberflächen vorgestellt. Anschließend wird ein auf dem Asset-Tracking-System aufbauendes Auftragssteuerungssystem vorgestellt, das hinsichtlich der Auftragssteuerung und der Gestaltung der grafischen Benutzeroberfläche verbessert wurde. Die in Kapitel 4.1 durchgeführten Funktionalitätstests bestätigten, dass das System die Anforderungen an Genauigkeit, Vollständigkeit und Benutzerfreundlichkeit erfüllt.

Die Anwendung ermöglicht eine effiziente Verwaltung von Kundenaufträgen, und das visuelle Interface ermöglicht die Unterscheidung von Tags durch verschiedene Farben. Darüber hinaus passt sich die Tabelle dynamisch an die Größe der Seite an und bietet klare Symbole für die Schaltflächen.

Im Rahmen der simulierten Tests wurde der Prozess der Auftragsabwicklung, einschließlich Eingabe, Bearbeitung, Abschluss und Qualitätssicherung, gründlich untersucht. Es wurde festgestellt, dass der Prozess flüssig und effizient verläuft, wobei alle getesteten Funktionen erfolgreich waren.

Eine der größten Herausforderungen war die Ungenauigkeit des Asset-Tracking-Systems, das manchmal zu verzögerten Updates oder nicht erkannten Positionsänderungen führte. Trotz dieser Herausforderung funktioniert das Auftragssteuerungssystem insgesamt gut und bietet eine solide Basis für zukünftige Erweiterungen und Verbesserungen.

In Bezug auf die zukünftige Entwicklung dieses Auftragssteuerungssystems liegt der Schwerpunkt auf der Verbesserung der Ortungsgenauigkeit des Asset-Tracking-Systems und der Weiterentwicklung des Auftragsverwaltungssystems, um mehrere Aufträge gleichzeitig bearbeiten zu können. Es ist ebenfalls wichtig, die Benutzeroberfläche weiter zu verbessern, um sie attraktiver und intuitiver zu gestalten. Zusätzlich sollte das System weiter optimiert werden, um unterschiedliche Arten von Qualitätsproblemen besser zu bewältigen.

Es ist auch wichtig, das System kontinuierlich zu überwachen und zu optimieren, um eine hohe Produktqualität und eine gute Benutzererfahrung zu gewährleisten. Obwohl Excel derzeit die Verarbeitung einzelner Aufträge effizient handhabt, könnten Leistungseinbußen auftreten, wenn in der Zukunft mehrere Aufträge gleichzeitig bearbeitet werden müssen. In solchen Fällen wäre es ratsam, auf eine leistungsfähigere Softwareplattform umzusteigen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das entwickelte Auftragssteuerungssystem, das auf dem Asset-Tracking-System basiert, ein vielversprechendes System ist. Es bietet eine Reihe von Funktionen, die sowohl für die Auftragsverwaltung als auch für die Benutzerfreundlichkeit nützlich sind. Mit den geplanten Verbesserungen und kontinuierlichen Anpassungen bietet das System großes Potenzial für die Zukunft.

6 Literaturverzeichnis

- Bauernhansl, T. (Ed.). (2020). *Management in der produktion* (Vol. 1). Springer Vieweg.
- Berwanger, J. (2018). Definition: Auftrag. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/auftrag-28061>
- Fleck, R. (2021). 10 fundamental ui design principles you need to know | dribbble. <https://dribbble.com/resources/ui-design-principles>
- Helmold, M. (2021). *Kaizen, lean management und digitalisierung: Mit den japanischen konzepten wettbewerbsvorteile für das unternehmen erzielen*. Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-32342-4>
- Joppen, Robert & Enzberg, Sebastian von & Gundlach, Jan & Kühn, Arno & Dumitrescu, Roman. (2019). Key performance indicators in the production of the future. *Procedia CIRP*, 81, 759–764. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.190>
- Powell, D. J. (2018). Kanban for lean production in high mix, low volume environments. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 140–143. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.248>
- Quinnell, R. (2021). 5 key considerations in iot asset tracking design. *EDN*. <https://www.edn.com/5-key-considerations-in-iot-asset-tracking-design/>
- Raweewan, Morrakot & Kojima, Fumio. (2020). Digital lean manufacturing - collaborative university-industry education in systems design for lean transformation. *Procedia Manufacturing*, 45, 183–188. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.092>
- Rittenberg, J. (2022). What is asset tracking? benefits & how it works. *Forbes*. <https://www.forbes.com/advisor/business/what-is-asset-tracking/>
- Salesforce. (2020). Auftragsabwicklung effizient gestalten: Schritt für schritt zum unternehmenserfolg. <https://www.salesforce.com/de/blog/2020/12/auftragsabwicklung.html>
- Sewio RTLS. (2021). Indoor location tracking and positioning. <https://www.sewio.net/indoor-location-tracking-and-positioning/>
- Sewio RTLS. (2022). Asset tracking and material flow analysis in real-time. <https://www.sewio.net/indoor-asset-tracking-and-material-flow-analysis/>
- Taylor, S. (2021). A comprehensive guide to asset tracking technologies (2021). *WISER Systems*. <https://www.wisersystems.com/blog/asset-tracking-technologies-comprehensive-guide>
- Taylor, S. (2023). Everything you need to know about rtls in 2023 — wiser systems. <https://www.wisersystems.com/rtls>

- Taylor, S. (5/11/2023). A comprehensive guide to asset tracking technologies (2021) — wiser systems. <https://www.wisersystems.com/blog/asset-tracking-technologies-comprehensive-guide>
- Taylor, S. (2020a). Why you can't afford to lose assets: A deep dive into the costs. *WISER Systems*. <https://www.wisersystems.com/blog/lost-asset-costs>
- Thiede, Sebastian & Sullivan, Brendan & Damgrave, Roy & Lutters, Eric. (2021). Real-time locating systems (rtls) in future factories: Technology review, morphology and application potentials. *Procedia CIRP*, 104, 671-676. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.113>
- Toro, Carlos & Wang, Wei & Akhtar, Humza (Ed.). (2021). *Implementing industry 4.0: The model factory as the key enabler for the future* (Vol. 202). Springer.
- Voigt, K.-I. (2018c). Definition: Auftragsabwicklung. *Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH*. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/auftragsabwicklung-29192>
- Voigt, K.-I. (2018b). Definition: Innenauftrag. *Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH*. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/innenauftrag-37099>
- Voigt, K.-I. (2018a). Definition: Kundenauftrag. *Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH*. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/kundenauftrag-40372>
- Wang, Zirui & Li, Shaoxian & Zhang, Zhengyuan & Lv, Fan & Hou, Yanzhao. (2018). Research on uwb positioning accuracy in warehouse environment. *Procedia Computer Science*, 131, 946-951. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.231>

7 Anhang



Abbildung 7.1: Einstellung von Anzahl Objekte pro WST

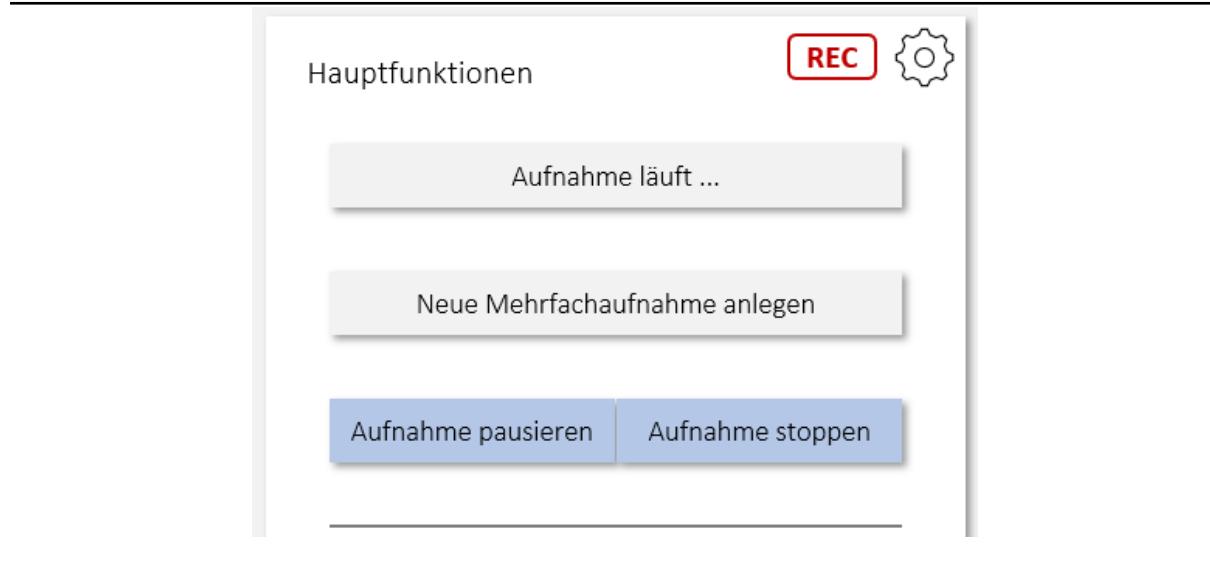


Abbildung 7.2: Neue Datenaufnahme starten

Abbildung 7.3: Gestaltung des Auftragsboards

Abbildung 7.4: Auftragsboard Kundenauftrag 1 Bearbeitung 1

Abbildung 7.5: Auftragsboard Kundenauftrag1 offen

Abbildung 7.6: Auftragsboard Kundenauftrag 1 Bearbeitung 2

Abbildung 7.7: Auftragsboard Kundenauftrag 1 produziert

Abbildung 7.8: Auftragsboard Kundenauftrag 1 produziert

Nr.	Kundenauftrag						Status Kundenauftrag						Interner Produktionsauftrag						Lagerbestand						fehlerhafte Produkte						Menü					
	R	G	B	R	G	B	R	G	B	Status	G	Status	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B					
1	4	4	4	4	4	4	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	4			4						2	4	3	2	0	1												
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											
							<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig	<input type="checkbox"/> fertig																											

Abbildung 7.10: Auftragsboard Kundenauftrag 1 Neuer Internauftrag

Abbildung 7.11: Auftragsboard Kundenauftrag 1 Neuer Internauftrag 2

Abbildung 7.12: Auftragsboard Kundenauftrag 1 Neuer Internauftrag 3

Abbildung 7.13: Auftragsboard Kundenauftrag 1 Lieferung

Abbildung 7.14: Auftragsboard Kundenauftrag2 Bearbeitung

Abbildung 7.15: Auftragsboard Kundenauftrag 2 produziert

Abbildung 7.16: Auftragsboard Kundenauftrag2 produziert2

Abbildung 7.17: Auftragsboard Kundenauftrag 2 fehlerhafte Produkte

Abbildung 7.18: Auftragsboard Kundenauftrag 2 Lieferung

Timestamp	Object	Zone	Event	DLZ Zone	BZ Object	Durchlauf	Occupation_Helper	Aktuelle Status	Objektbezeichnung	Aktuelle Zone	Letzte Zone	Status	Status pro Variante
10.05.2023 11:33:45	W001	AP1	Betreten				1	6	in Bearbeitung	PAP5_X	W001	produziert	
10.05.2023 11:33:46	W009	AP1	Betreten				1	6	in Bearbeitung	W002	NoData	NoData	
10.05.2023 11:33:45	W006	AP1	Betreten				1	2	in Bearbeitung	W003	NoData	NoData	
10.05.2023 11:34:03	W006	AP1	Verlassen	18			1	2	offen	W004	NoData	NoData	
10.05.2023 11:34:03	W006	PAP1_2	Betreten				1	2	in Bearbeitung	W005	NoData	NoData	
10.05.2023 11:34:03	W009	AP1	Verlassen	18			1	6	offen	W006	NoData	NoData	
10.05.2023 11:34:04	W009	PAP1_2	Betreten				1	6	in Bearbeitung	W007	NoData	Fertigst.	
10.05.2023 11:34:04	W001	AP1	Verlassen	19			1	6	offen	W008	NoData	NoData	
10.05.2023 11:34:04	W001	PAP1_2	Betreten				1	6	in Bearbeitung	W009	PAP5_X	AP5	
10.05.2023 11:34:08	W009	PAP1_2	Verlassen	4			1	1	produziert	W010	NoData	NoData	
10.05.2023 11:34:08	W009	AP2	Betreten				1	6	in Bearbeitung				
10.05.2023 11:34:09	W001	PAP1_2	Verlassen	5			1	1	offen				
10.05.2023 11:34:09	W001	AP2	Betreten				1	6	in Bearbeitung				
10.05.2023 11:34:10	W006	PAP1_2	Verlassen	7			1	1	offen				
10.05.2023 11:34:10	W006	AP2	Betreten				1	2	in Bearbeitung				
10.05.2023 11:34:14	W006	AP2	Verlassen	4			1	1	offen				
10.05.2023 11:34:14	W006	PAP2_3_T1	Betreten				1	1	in Bearbeitung				
10.05.2023 11:34:14	W001	AP2	Verlassen	5			1	1	offen				
10.05.2023 11:34:14	W001	PAP2_3_T1	Betreten				1	1	in Bearbeitung				
10.05.2023 11:34:14	W009	AP2	Verlassen	6			1	1	offen				
10.05.2023 11:34:14	W009	PAP2_3_T1	Betreten				1	1	in Bearbeitung				
10.05.2023 11:34:40	W009	PAP2_3_T2	Betreten	26			1	1	offen				
10.05.2023 11:34:40	W009	PAP2_3_T1	Betreten				1	1	in Bearbeitung				
10.05.2023 11:34:41	W006	PAP2_3_T2	Betreten	27			1	1	offen				
10.05.2023 11:34:41	W006	PAP2_3_T2	Betreten				1	2	in Bearbeitung				
10.05.2023 11:34:42	W001	PAP2_3_T1	Verlassen	28			1	1	offen				
10.05.2023 11:34:42	W001	AP3	Betreten				1	1	in Bearbeitung				
10.05.2023 11:34:43	W009	PAP2_3_T2	Verlassen	3			1	1	offen				
10.05.2023 11:34:43	W009	AP3	Betreten				1	1	in Bearbeitung				
10.05.2023 11:35:09	W006	PAP2_3_T2	Verlassen	22			1	1	offen				
10.05.2023 11:35:09	W006	AP3	Betreten				1	2	in Bearbeitung				
10.05.2023 11:35:09	W006	PAP3_4_T1	Verlassen	27			1	1	offen				
10.05.2023 11:35:09	W001	PAP3_4_T1	Betreten				1	1	in Bearbeitung				
10.05.2023 11:35:31	W001	PAP3_4_T1	Verlassen	22			1	1	offen				
10.05.2023 11:35:35	W006	PAP3_4_T1	Verlassen	26			1	1	in Bearbeitung				
10.05.2023 11:35:37	W001	AP4	Betreten				1	1	offen				
10.05.2023 11:35:37	W009	PAP3_4_T1	Verlassen	29			1	1	in Bearbeitung				
10.05.2023 11:35:37	W009	AP4	Betreten				1	6	in Bearbeitung				

Abbildung 7.19: Eventlog Aufzeichnungen

- Bitte befolgen Sie die nachstehenden Schritte, um das Auftragsverwaltungssystem zu bedienen.
1. Klicken Sie auf Frontpage auf **Neue Datenaufnahme starten**, um die Datenerfassung zu starten.
 2. Klicken Sie auf den Button **Kundenauftrag eingeben** auf der rechten Seite, um einen neuen Auftrag zu erfassen.
 3. Platzieren Sie die entsprechenden Tags in AP1.
 4. Warten Sie, bis der Status aller erforderlichen Produktionen **produziert** angezeigt, was bedeutet, dass die Produktion abgeschlossen ist. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Varianten produziert** auf der rechten Seite, um die Produktion abzuschließen.
 5. Überprüfen Sie die Qualität der produzierten Produkte. Wenn ein Qualitätsproblem festgestellt wird, klicken Sie auf die Schaltfläche **Fehlerhafte Produkte melden** auf der rechten Seite, geben Sie die entsprechende Anzahl der fehlerhaften Artikel ein und fahren Sie gemäß dem Pop-up-Fenster fort.
 6. Wird ein neuer interner Auftrag erstellt, wiederholen Sie den Vorgang wie in den Schritten 3 bis 5. Wenn alle Varianten produziert wurden und der aktuelle Kundenauftrag erfüllt ist, klicken Sie rechts auf die Schaltfläche **Lieferung der Aufträge an die Kunden**, um die Abrechnung des aktuellen Kundenauftrags abzuschließen.

Abbildung 7.20: Anweisungen für den Benutzer

```
'Klicken auf "Abbrechen"
Private Sub CommandButton_Abbrechen_Click()
    Unload Me
End Sub

'Klicken auf "Eingabe"
Private Sub CommandButton_Eingabe_Click()

    ''Erste freie Zeile finden
    Worksheets("Auftragsboard").Activate
    Auftragzaeler = Worksheets("Auftragsboard").Cells(Rows.Count, 2).End(xlUp).Row + 1

    ''Kundenummer automatisch befüllen
    Range("A" & Auftragzaeler).Value = Auftragzaeler - 2

    ''Kundenauftrag automatisch befüllen
    Cells(Auftragzaeler, 2).Value = TextBox_Rot.Value
    Cells(Auftragzaeler, 3).Value = TextBox_Gelb.Value
    Cells(Auftragzaeler, 4).Value = TextBox_Blaue.Value

    ''Interne Produktionsauftragszahl automatisch berechnen
    If Auftragzaeler = 3 Then

        'Wenn es einen Rot-Auftrag gibt, dann setze die Produktionszahl für Rot
        If Range("B3") > 0 Then
            Range("H3") = MenuOptions.Range("E1").Value2
            produziertzahlRot = 1
        Else
            Range("H3") = 0
            produziertzahlRot = 3
        End If

        'Wenn es einen Gelb-Auftrag gibt, dann setze die Produktionszahl für Gelb
        If Range("C3") > 0 Then
            Range("J3") = MenuOptions.Range("E1").Value2
            produziertzahlGelb = 1
        Else
            Range("J3") = 0
            produziertzahlGelb = 3
        End If

        'Wenn es einen Blau-Auftrag gibt, dann setze die Produktionszahl für Blau
        If Range("D3") > 0 Then
            Range("L3") = MenuOptions.Range("E1").Value2
            produziertzahlBlau = 1
        Else
            Range("L3") = 0
            produziertzahlBlau = 3
        End If

    ElseIf Auftragzaeler >= 4 Then
        'Berechne die Produktionszahl für Rot basierend auf dem vorherigen Lagerbestand und der aktuellen Auftragszahl
        If Range("N" & Auftragzaeler - 1) - Range("B" & Auftragzaeler) < 0 Then

```

Abbildung 7.21: Auftrageintrag Code

```

'Klicken Sie auf "Abbrechen"
Private Sub CommandButton_Abbrechen_Click()
    Unload Me
End Sub

'Klicken Sie auf "Eingabe"
Private Sub CommandButton_Eingabe_Click()
    ''Finde die erste freie Zeile
    Dim lastRow As Long
    lastRow = Sheets("Auftragsboard").Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Value + 2

    ''Automatische Erfüllung des internen Produktionsauftrags
    Range("H" & lastRow).Value = Range("H" & lastRow).Value + TextBox_Rot.Value * MenuOptions.Range("E1").Value2
    Range("J" & lastRow).Value = Range("J" & lastRow).Value + TextBox_Selb.Value * MenuOptions.Range("E1").Value2
    Range("L" & lastRow).Value = Range("L" & lastRow).Value + TextBox_Blau.Value * MenuOptions.Range("E1").Value2

    Unload Me

    ''Überprüfen, ob mindestens ein Feld für Rot, Gelb oder Blau ausgefüllt wurde
    If TextBox_Rot.Value * MenuOptions.Range("E1").Value2 > 0 Or TextBox_Gelb.Value * MenuOptions.Range("E1").Value2 > 0 Then
        ''Es wird eine Meldung angezeigt, die darauf hinweist, dass die entsprechenden Tags in API platziert werden müssen
        MsgBox "Bitte platzieren Sie die entsprechenden Tags in API.", vbInformation, "Tags platzieren"
        End If
    End Sub

    ''Änderung der SpinButtons einstellen
    Private Sub SpinButton_Blau_Change()
        TextBox_Blau.Text = SpinButton_Blau.Value - 1
    End Sub

    Private Sub SpinButton_Gelb_Change()
        TextBox_Gelb.Text = SpinButton_Gelb.Value - 1
    End Sub

    Private Sub SpinButton_Rot_Change()
        TextBox_Rot.Text = SpinButton_Rot.Value - 1
    End Sub

    ''UserForm initialisieren
    Private Sub UserForm_Initialize()
        'Rot
        SpinButton_Rot.Min = 1
        SpinButton_Rot.Max = MenuOptions.Range("E1").Value2 + 1
    End Sub

```

Abbildung 7.22: Innenauftrageintrag Code

```

'Klicken Sie auf "Abbrechen"
Private Sub CommandButton_Abbrechen_Click()
    Unload Me 'Entlädt das UserForm
End Sub

'Klicken Sie auf "Eingabe"
Private Sub CommandButton_Eingabe_Click()
    'Erste freie Zeile ausfindig machen
    Dim lastRow As Long
    'Überprüfen, ob die Zelle A3 leer ist
    If Sheets("Auftragsboard").Range("A3") = "" Then
        lastRow = 3
    Else
        lastRow = Sheets("Auftragsboard").Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Value + 2
    End If

    'Fehlerhafte Produkte automatisch hinzufügen
    Sheets("Auftragsboard").Range("B" & lastRow).Value = TextBox_Rot.Value + Range("B" & lastRow).Value
    Sheets("Auftragsboard").Range("C" & lastRow).Value = TextBox_Gelb.Value + Range("C" & lastRow).Value
    Sheets("Auftragsboard").Range("D" & lastRow).Value = TextBox_Blau.Value + Range("D" & lastRow).Value

    'Lagerbestand automatisch anpassen
    Sheets("Auftragsboard").Range("E" & lastRow).Value = Range("E" & lastRow).Value - TextBox_Rot.Value
    Sheets("Auftragsboard").Range("F" & lastRow).Value = Range("F" & lastRow).Value - TextBox_Gelb.Value
    Sheets("Auftragsboard").Range("G" & lastRow).Value = Range("G" & lastRow).Value - TextBox_Blau.Value

    Unload Me 'Entlädt das UserForm

    Dim result As VbMsgBoxResult
    'Benutzer fragen, ob ein neuer interner Auftrag hinzugefügt werden soll
    result = MsgBox("Sie haben bereits Varianten mit Qualitätsproblemen hinzugefügt. Bitte prüfen Sie, ob neuen internen Auftrag manuell hinzugefügt werden müssen.", vbQuestion + vbYesNo, "neuen internen Auftrag hinzugefügt")
    'interner Produktionsauftrag erfüllen
    If result = vbYes Then
        Innenanfrageintag.Show
    Else
        Dim deliveryResult As VbMsgBoxResult
        'Benutzer fragen, ob der aktuelle Auftrag abgeschlossen und an den Kunden geliefert werden soll
        deliveryResult = MsgBox("Haben Sie den aktuellen Auftrag abgeschlossen und möchten Sie den an den Kunden liefern?", vbQuestion + vbYesNo, "Auftrag abschließen?")
        'Lieferung des Aufträge an die Kunden
        If deliveryResult = vbYes Then
            Call KundenaufrügLieferung
        Else
            MsgBox "Aktueller Auftrag wurde jetzt nicht geliefert", vbInformation, "Auftrag nicht geliefert"
        End If
    End If
End Sub

```

Abbildung 7.23: FehlerhafteProdukteintrag Code

```
Private Sub Worksheet_Activate()
    Dim Output As Variant

    'Anzeigen des Optionsmenüs aus der Navigationsleiste, wenn dies in einem anderen Tabellenblatt geöffnet war
    On Error GoTo EH
    Application.ScreenUpdating = False
    Application.EnableEvents = False

EH:
    Application.EnableEvents = True
    Application.ScreenUpdating = True
End Sub

'Aktuelle Produktionszahlwerte anzeigen
Sub produziertzahldebug()
    Debug.Print produziertzahlRot
    Debug.Print produziertzahlGelb
    Debug.Print produziertzahlBlau
End Sub

'CheckBox klicken und value automatisch berechnen
Private Sub CheckBox_E3_Click()
    If CheckBox_E3.Value = True Then
        Range("N3").Value = Range("H3").Value - Range("B3").Value - Range("Q3").Value
    Else
        Range("N3").Value = Range("H3").Value - Range("Q3").Value
    End If
End Sub

Private Sub CheckBox_F3_Click()
    If CheckBox_F3.Value = True Then
        Range("O3").Value = Range("J3").Value - Range("C3").Value - Range("R3").Value
    Else
        Range("O3").Value = Range("J3").Value - Range("R3").Value
    End If
End Sub

Private Sub CheckBox_G3_Click()
    If CheckBox_G3.Value = True Then
        Range("P3").Value = Range("L3").Value - Range("D3").Value - Range("S3").Value
    Else
        Range("P3").Value = Range("L3").Value - Range("S3").Value
    End If
End Sub

Private Sub CheckBox_E4_Click()
    If CheckBox_E4.Value = True Then
        Range("N4").Value = Range("N4").Value - Range("B4").Value
    Else
        Range("N4").Value = Range("N3").Value + Range("H4").Value - Range("Q4").Value
    End If
End Sub

Private Sub CheckBox_F4_Click()
    If CheckBox_F4.Value = True Then
        Range("O4").Value = Range("O4").Value - Range("C4").Value
    End If
End Sub
```

Abbildung 7.24: Auftragsboard Code

```

'Auftragzaeler definieren, um es in Private Sub CommandButton_Eingabe_Click in Auftrageintrag zu verwenden
Public Auftragzaeler As Integer

'Produzierzahl definieren, um es in Private Sub updateLagerbestand in Auftragsboard zu verwenden
Public produzierzahlRot As Long
Public produzierzahlGelb As Long
Public produzierzahlBlau As Long

'Kundenauftag eingeben
Sub Kundenauftag()
    Auftrageintrag.Show
End Sub

'Fehlerhafte Produkte melden
Sub fehlerhafteProdukte()
    FehlerhafteProdukteeintrag.Show
End Sub

'Lieferung der Aufträge an die Kunden
Sub KundenauftagLieferung()
    For Each checkbox In ActiveSheet.OLEObjects
        Dim checkbox As OLEObject

        'Schleife durch alle ActiveX-Checkbox-Steuerelemente auf dem aktiven Arbeitsblatt
        'Überprüfen, ob das Steuerelement eine Checkbox ist und in Zeile Auftragzaeler und Spalte E bis G liegt
        If TypeOf checkbox.Object Is MSForms.checkbox Then
            If checkbox.TopLeftCell.Row = Auftragzaeler Then
                If checkbox.TopLeftCell.Column >= 5 And checkbox.TopLeftCell.Column <= 7 Then
                    'Wenn ja, setze den Wert des Steuerelements auf "True" (ausgewählt)
                    checkbox.Object.Value = True
                End If
            End If
        Next checkbox
    End Sub

    'Eine MessageBox anzeigen, um den Benutzer darüber zu informieren, dass der aktuelle Kundenauftrag abgeschlossen und dem Kunden geliefert wurde
    MsgBox "Der aktuelle Kundenauftrag wurde abgeschlossen und dem Kunden geliefert.", vbInformation, "Auftrag abgeschlossen"
End Sub

```

Abbildung 7.25: Auftragsboardfunktionen Code (Teil 1)

```

'Alle Daten löschen
Sub ClearCheckBoxAndValues()
    Dim checkbox As OLEObject
    Dim cell As Range
    Dim i As Integer
    Dim shp As Shape

    'Schleife durch alle ActiveX-Checkbox-Steuerelemente auf dem aktiven Arbeitsblatt
    For Each checkbox In ActiveSheet.OLEObjects

        'Überprüfen, ob das Steuerlement eine Checkbox ist und in Zeile 3 bis 18 und Spalte E bis G liegt
        If TypeOf checkbox.Object Is MSForms.checkbox Then
            If checkbox.TopLeftCell.Row <= 18 Then
                If checkbox.TopLeftCell.Column >= 5 And checkbox.TopLeftCell.Column <= 7 Then

                    'Wenn ja, setze den Wert des Steuerelements auf "False" (nicht ausgewählt)
                    checkbox.Object.Value = False
                End If
            End If
        End If

        Next checkbox

    'Schleife durch alle Zellen in Zeile 3 bis 18 und Spalte A bis D und H bis S
    For i = 3 To 18
        For Each cell In Union(Range("A" & i & ":D" & i), Range("N" & i & ":S" & i), Range("H" & i), Range("J" & i), Range("L" & i))
            cell.ClearContents
        Next cell
        Next i

        'MessageBox anzeigen, um den Benutzer zu informieren, dass alle Daten gelöscht wurden
        MsgBox "Alle Daten wurden gelöscht", vbInformation, "Daten gelöscht"
    End Sub

```

Abbildung 7.26: Auftragsboardfunktionen Code (Teil 2)

```

'Lagerbestand automatisch auffüllen
Sub LagerbestandsEingabe()

    Dim lastRow As Long
    If Sheets("Auftragsboard").Range("A3") = "" Then
        lastRow = 3
    Else
        lastRow = Sheets("Auftragsboard").Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Value + 2
    End If

    'Aktualisieren des Lagerbestands für die letzte Zeile
    updateLagerbestand (lastRow)

End Sub

Private Sub updateLagerbestand(ByVal lastRow)

    If lastRow = 3 Then
        Range("N3").Value = Range("H3").Value - Range("Q3").Value
        Range("O3").Value = Range("J3").Value - Range("R3").Value
        Range("P3").Value = Range("L3").Value - Range("S3").Value
    ElseIf lastRow >= 4 Then
        Range("N" & lastRow).Value = Range("N" & lastRow - 1).Value + Range("H" & lastRow).Value - Range("Q" & lastRow).Value
        Range("O" & lastRow).Value = Range("O" & lastRow - 1).Value + Range("J" & lastRow).Value - Range("R" & lastRow).Value
        Range("P" & lastRow).Value = Range("P" & lastRow - 1).Value + Range("L" & lastRow).Value - Range("S" & lastRow).Value
    End If

    'MessageBox anzeigen, um den Benutzer zu informieren, dass die aktuelle Produktion abgeschlossen ist
    MsgBox "Die aktuelle Produktion ist abgeschlossen. Bitte führen Sie eine Qualitätskontrolle durch!", vbInformation, "Produktion abgeschlossen"
End Sub

```

Abbildung 7.27: Auftragsboardfunktionen Code (Teil 3)

8 Sperrvermerk

Hiermit erkläre ich, Changlai Bao, dass ich die vorliegende Projektarbeit selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Lippstadt, den 23.05.2023

.....
Changlai Bao
(Unterschrift des Verfassers)