

# Optimierung eines Lagers

durch ein automatisiertes Hochregallager mit ERP-Anbindung

## Hausarbeit Automationssysteme

Studiengang Elektrotechnik

Studienrichtung Automation

Duale Hochschule Baden-Württemberg Ravensburg, Campus Friedrichshafen

von

Simon Gschell / Patrik Peters

Abgabedatum:	27. November 2024
Bearbeitungszeitraum:	21.10.2024 - 20.12.2024
Matrikelnummer:	123 456
Kurs:	TEA 22
Betreuerin / Betreuer:	Dipl. Ing. Heike Schatton-Beck

# Sperrvermerk

gemäß Ziffer 1.1.14 der Anlage 1 zu §§ 3, 4 und 5 der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge im Studienbereich Technik der Dualen Hochschule Baden-Württemberg vom 29.09.2017 in der Fassung vom 24.07.2023:

Der Inhalt dieser Arbeit darf weder als Ganzes noch in Auszügen Personen außerhalb des Prüfungsprozesses und des Evaluationsverfahrens zugänglich gemacht werden, sofern keine anders lautende Genehmigung vom Dualen Partner vorliegt.

Musterstadt, den 27. November 2024

---

SIMON GSCHELL / PATRIK PETERS

# Erklärung

gemäß Ziffer 1.1.14 der Anlage 1 zu §§ 3, 4 und 5 der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge im Studienbereich Technik der Dualen Hochschule Baden-Württemberg vom 29.09.2017 in der Fassung vom 24.07.2023.

Ich versichere hiermit, dass ich meine Hausarbeit Automationssysteme mit dem Thema:

*Optimierung eines Lagers*

selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich versichere zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt.

Musterstadt, den 27. November 2024

---

Simon Gschell / Patrik Peters

# Kurzfassung

Ziel dieser Hausarbeit ist es, ein umfassendes Grobkonzept für die Automatisierung eines Hochregallagers zu entwickeln. Dieses Konzept soll eine detaillierte und klare Darstellung der erforderlichen Schritte, Technologien und Vorteile der Automatisierung bieten, um der Geschäftsleitung eine fundierte Entscheidungsgrundlage zu liefern. Dabei werden sowohl technische als auch wirtschaftliche Aspekte berücksichtigt, um das Potenzial der Automatisierung zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung aufzuzeigen.

Ein wesentlicher Bestandteil des Konzepts ist es, die Geschäftsleitung von den konkreten Vorteilen der Umstellung zu überzeugen. Hierbei wird insbesondere auf die Reduzierung von Fehlern, die Verbesserung der Lagerprozesse und die langfristige Kostensenkung eingegangen. Zudem wird verdeutlicht, wie die Automatisierung die Produktivität steigern kann, indem sie manuelle und zeitaufwendige Tätigkeiten durch effizientere, automatisierte Abläufe ersetzt.

Die Präsentation dieser Vorteile hat das Ziel, die Entscheidungsträger von der Notwendigkeit und Wirtschaftlichkeit des Projekts zu überzeugen und die Bereitstellung eines Budgets für die Realisierung des automatisierten Systems zu sichern. Durch eine klare Darstellung der zukünftigen Einsparpotenziale und der positiven Auswirkungen auf den Betrieb soll das Konzept eine solide Grundlage für die erfolgreiche Umsetzung der Automatisierung im Hochregallager schaffen.

# Abstract

The goal of this paper is to develop a comprehensive rough concept for the automation of a high-bay warehouse. This concept should provide a detailed and clear representation of the necessary steps, technologies, and benefits of automation to give the management a well-founded decision-making basis. Both technical and economic aspects are considered in order to highlight the potential of automation to increase efficiency and reduce costs.

A key component of the concept is to convince the management of the specific advantages of the transition. The focus is particularly on reducing errors, improving warehouse processes, and achieving long-term cost savings. It will also be demonstrated how automation can increase productivity by replacing manual and time-consuming tasks with more efficient, automated processes.

Presenting these advantages aims to convince decision-makers of the necessity and economic viability of the project and secure the allocation of a budget for the implementation of the automated system. By clearly outlining the future savings potential and the positive impact on operations, the concept should create a solid foundation for the successful implementation of automation in the high-bay warehouse.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Ausgangssituation</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Benefits</b>	<b>4</b>
3.1	Erhöhte Produktivität . . . . .	4
3.2	Bessere Bestandskontrolle und -übersicht . . . . .	4
3.3	höhere Arbeitssicherheit . . . . .	4
3.4	Wirtschaftlichkeit . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Realsierung des Projekts</b>	<b>6</b>
4.1	hardwaretechnische Umsetzung . . . . .	6
4.1.1	Einsatz von Regalbediengeräten . . . . .	6
4.1.2	Einsatz von Förderbänder . . . . .	7
4.2	softwaretechnische Lösung . . . . .	7
4.2.1	Implementierung des Lagerverwaltungssystem . . . . .	7
4.2.2	Verbindung mit ERP-System . . . . .	7
4.2.3	Vernetzung und IoT . . . . .	8
4.2.4	Künstliche Intelligenz zur Lageroptimierung . . . . .	9
4.3	Ablauf . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Risiken</b>	<b>11</b>
5.1	Technologische Risiken . . . . .	11
5.2	Sicherheitsrisiken . . . . .	11
5.3	Wirtschaftliche Risiken . . . . .	12
<b>6</b>	<b>Kostenkalkulation</b>	<b>13</b>
6.1	Kostenkalkulation für die Automatisierung . . . . .	13
6.2	jährliche Betriebskosten . . . . .	14
6.3	Vergleich und Rentabilität . . . . .	15
<b>7</b>	<b>Innovationsgrad</b>	<b>17</b>

<b>8 Stakeholder</b>	<b>18</b>
<b>9 Zusammenfassung</b>	<b>19</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>20</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>22</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>23</b>
<b>A Nutzung von Künstliche Intelligenz basierten Werkzeugen</b>	<b>24</b>
<b>Index</b>	<b>25</b>

# 1 Einleitung

Sehr geehrte Geschäftsführung,

die Automatisierung unseres Hochregallagers bietet eine einzigartige Möglichkeit, die Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit unseres Unternehmens maßgeblich zu steigern. Mit modernen Technologien können wir Bearbeitungszeiten verkürzen, Fehlerquoten minimieren und die Sicherheit unserer Mitarbeiter erhöhen, während wir gleichzeitig langfristige Kosten senken. Dieses Projekt ist eine zukunftsweisende Investition, die uns flexibler und nachhaltiger auf die Anforderungen eines dynamischen Marktes reagieren lässt.

Für die Erstellung der vorliegenden Dokumentation haben zahlreiche Experten aus den Bereichen Logistik, Automatisierungstechnik und IT eng zusammengearbeitet. Ihre Fachkenntnisse und tiefgehenden Analysen haben zu einem umfassenden Verständnis der Chancen und Herausforderungen dieses Projekts geführt. Auf den folgenden Seiten finden Sie eine kurze präzise Darstellung der Vorteile, die erforderlichen Maßnahmen und Vorgehensweise, die kalkulierten Kosten, aber auch die Risiken dieses Projekts. Das Automatisierungsteam ladet Sie herzlich ein, dieses Wissen zu nutzen und mit uns gemeinsam den nächsten Schritt in eine innovative und erfolgreiche Zukunft zu gehen.

Bei Rückfragen, Anregungen oder weiteren Informationen steht das Automatisierungsteam gerne zur Verfügung. Technische Unterlagen, eingeholte Angebote und weitere Details können auf Anfrage bereitgestellt werden. Zögern Sie nicht, sich mit uns in Verbindung zu setzen, um zusätzliche Einblicke in das Projekt zu erhalten. Wir freuen uns auf einen offenen Austausch und stehen für jegliche Unterstützung bereit.



## 2 Ausgangssituation

Das Hochregallager unseres Unternehmens besteht aus insgesamt 8 Regalreihen mit jeweils 11 Ebenen und 10 Stellplätzen pro Ebene, was einer Gesamtkapazität von 880 Palettenplätzen entspricht. Der gesamte Lagerbetrieb erfolgt derzeit manuell und ist stark von den menschlichen Arbeitskräften abhängig.

- **Kapazität und Arbeitsabläufe:** Der tägliche Warendurchsatz beträgt etwa 250 Paletten im Wareneingang und 300 Paletten im Warenausgang. Die Paletten werden ausschließlich mit Gabelstaplern transportiert, wobei die Ein- und Auslagerung viel Zeit in Anspruch nimmt. Der Prozess der Warenbewegung wird anschließend manuell im Computersystem erfasst, was oft zu Verzögerungen und Fehlern bei der Dateneingabe führt.
- **Mitarbeiter und Arbeitszeiten:** Der Betrieb erfordert den Einsatz von 5 Mitarbeitern pro Schicht, die im Zwei-Schicht-System arbeiten und somit täglich 16 Stunden abdecken. Zu den Hauptaufgaben der Mitarbeiter gehören das Fahren der Gabelstapler, die Organisation der Warenbewegungen und die manuelle Dokumentation im Lagerverwaltungssystem. Diese Tätigkeiten sind sowohl körperlich belastend als auch zeitintensiv.

### Herausforderungen im aktuellen Zustand

- **Begrenzte Kapazität:** Mit 880 Palettenplätzen stößt das Lager häufig an seine Grenzen, insbesondere bei erhöhtem Warendurchsatz.
- **Fehleranfälligkeit:** Die manuelle Eingabe führt regelmäßig zu fehlerhaften Bestandsdaten und erhöhtem Aufwand für Korrekturen.
- **Hoher Zeitaufwand:** Die Kombination aus Gabelstaplertransport und manueller

Erfassung verlangsamt die Arbeitsprozesse erheblich.

- **Physische Belastung:** Die Mitarbeiter sind durch das Bewegen schwerer Paletten und die repetitive Arbeit stark beansprucht.
- **Sicherheitsrisiken:** Die intensive Nutzung von Gabelstaplern birgt ein erhöhtes Unfallrisiko für die Mitarbeiter.

## Fazit

Der aktuelle Zustand des Hochregallagers zeigt deutlichen Optimierungsbedarf. Die Prozesse sind ineffizient, fehleranfällig und nicht für ein steigendes Arbeitsvolumen ausgelegt. Eine Automatisierung würde nicht nur die Arbeitsabläufe erheblich verbessern, sondern auch die Sicherheit, Genauigkeit und Effizienz des Lagers langfristig sicherstellen.

## 3 Benefits

Im Kapitel Benefits wird eine umfassende Betrachtung der vielfältigen Vorteile vorgenommen, die durch die Automatisierung eines Hochregallagers erzielt werden können.

### 3.1 Erhöhte Produktivität

Anders als bei herkömmlichen Lagermethoden ermöglicht automatisiertes Hochregallager einen ununterbrochenen Betrieb rund um die Uhr. Diese Fähigkeit, 24 Stunden am Tag, 7 Tage die Woche zu arbeiten, ohne Pausen oder Schichtwechsel, maximiert die Effizienz und den Durchsatz in einem großen Maß [Lud23].

### 3.2 Bessere Bestandskontrolle und -übersicht

Durch die präzise Einlagerung und Verwaltung der Bestände werden Fehler erheblich reduziert. Die optimale Lagerbewirtschaftung wird durch die vom System generierten Daten ermöglicht. Mithilfe der Echtzeit-Datenanalyse lässt sich schneller Veränderungen, z.B. Marktveränderungen, Preisveränderungen reagieren. [AIU24].

### 3.3 höhere Arbeitssicherheit

Aufgrund der Automatisierung verbessert sich die Arbeitssicherheit deutlich. Durch das Automatisieren der Prozesse wird das menschliche Eingreifen minimiert, wodurch sich auch das Risiko für Arbeitsunfälle verringert. Auch müssen die Mitarbeiter keine schweren Lasten mehr heben [OHR24].

## 3.4 Wirtschaftlichkeit

Die Kosten für eine Umstellung auf ein automatisiertes System sind zwar recht kostenintensiv, allerdings amortisiert sich die Änderung meist innerhalb weniger Jahre. Grund dafür sind die reduzierten Personalkosten sowie die geringere Fehlerquote. Die effizientere Raumnutzung trägt ebenfalls positiv zur Kosteneinsparung bei. Eine detaillierte Kostenkalkulation wird im Kapitel 6 dargelegt [OHR24].

# 4 Realisierung des Projekts

## 4.1 hardwaretechnische Umsetzung

In diesem Abschnitt werden alle Maßnahmen für die hardwaretechnische Lösung aufgezeigt. Dabei wird die Funktionsweise erläutert und die technischen Spezifikationen dargestellt.

### 4.1.1 Einsatz von Regalbediengeräten

Die Gabelstapler werden durch Regalbediengeräten (RGB) ersetzt. Sie bewegen sich horizontal entlang von Schienen und vertikal zwischen den Regalebenen, wodurch sie Waren effizient transportieren können (Abb. 4.1). Der technische Ablauf eines RGBs läuft in mehreren automatisierten Schritten ab, die durch ein Lagerverwaltungssystem (WMS), dargestellt in Kapitel 4.2.1, gesteuert werden [Mar21]. Für unsere Anordnung der Regale werden vier RGBs benötigt. Schienen und Führungselemente müssen dazu in den Zwischengängen installiert werden.



Abbildung 4.1: RGB mit Schienenführung

### 4.1.2 Einsatz von Förderbänder

Für den Weitertransport der Paletten innerhalb des Lagers werden Förderbänder eingesetzt, die eine zuverlässige und effiziente Verbindung zwischen Wareneingang, Hochregallager und Warenausgang ermöglichen. In unserem Projekt werden etwa 50 Meter Förderband benötigt, um alle relevanten Bereiche abzudecken. Dabei werden die Bänder direkt an die Regalbediengeräte und Warenschnittstellen angeschlossen, um einen nahtlosen Materialfluss sicherzustellen. Der Platz für die Installation ist gegeben.

## 4.2 softwaretechnische Lösung

In diesem Abschnitt werden alle Maßnahmen für die softwaretechnische Lösung aufgezeigt. Hierbei besteht die Herausforderung das Lagerverwaltungssystem mit den RGBs zu verknüpfen. Außerdem soll eine Verzahnung zwischen dem WMS und dem jetzigen genutzten ERP-System realisiert werden. Alle benötigte Sensorik und Aktorik sollen über IoT vernetzt werden.

### 4.2.1 Implementierung des Lagerverwaltungssystem

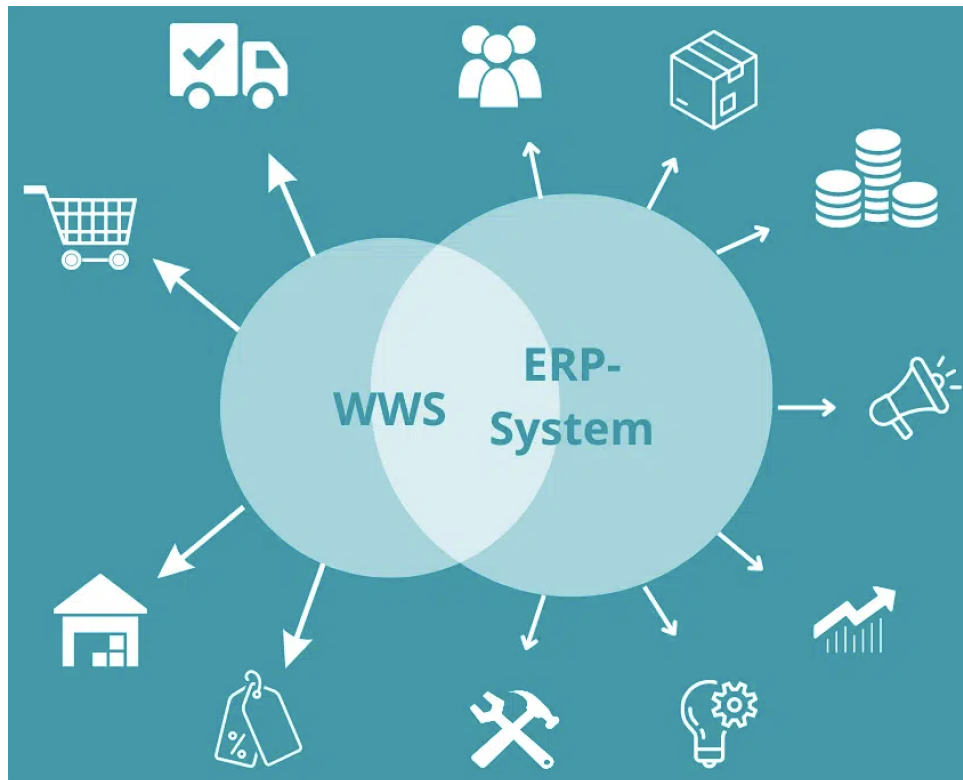
Das WMS wird in einer Cloud-basierten Lösung installiert und mit den Daten zu allen Lagerplätzen, Beständen und Aufträgen gefüttert. In einem initialen Schritt werden alle Lagerartikel in das System eingepflegt, sodass das WMS jederzeit den exakten Lagerbestand und die Positionen der Waren im Regal kennt. Es agiert als zentrale Plattform zur Verwaltung der Lagerprozesse, plant die Ein- und Auslagerungen, weist den Regalbediengeräten entsprechende Aufgaben zu und überwacht ihre Ausführung in Echtzeit[Weh20].

### 4.2.2 Verbindung mit ERP-System

Um den gesamten Material- und Warenfluss effizient zu steuern, wird das WMS direkt mit dem ERP-System des Unternehmens verknüpft. Das ERP-System verwaltet die übergeordneten Geschäftsdaten wie Bestellungen, Lagerbestände und Produktionsanforderungen. Wenn beispielsweise eine neue Bestellung im ERP eingeht, übermittelt das System

die Anforderungen an das WMS, welches daraufhin automatisch die Lageraufträge für die Regalbediengeräte erstellt.

Durch diese enge Verzahnung zwischen WMS und ERP können Warenbewegungen nahtlos in die Unternehmensprozesse integriert werden. Sobald ein Auftrag abgeschlossen ist, meldet das WMS die Informationen über die Bestandsänderungen zurück an das ERP-System, welches daraufhin die Bestands- und Finanzdaten aktualisiert [Sar23].



**Abbildung 4.2:** Die Verknüpfung des WMS- und ERP-System bietet viele Vorteile

### 4.2.3 Vernetzung und IoT

Alle Geräte im Lager sind mit Sensoren ausgestattet und über das Internet der Dinge vernetzt. Diese Sensoren erfassen und übertragen in Echtzeit Daten wie Standort, Zustand und Energieverbrauch der Geräte. Das IoT ermöglicht es dem Unternehmen, den Zustand der Geräte kontinuierlich zu überwachen und Wartungen proaktiv durchzuführen, bevor es zu Störungen kommt [MW24].

#### 4.2.4 Künstliche Intelligenz zur Lageroptimierung

Ist das System erstmal installiert, kann in naher Zukunft zur Optimierung der Logistik künstliche Intelligenz hinzugezogen werden. Künstliche Intelligenz kann die Abläufe im Lager optimieren, indem sie aus vergangenen Daten lernt und zukünftige Nachfrageprognosen erstellt. Maschinelles Lernen analysiert Bestellmuster und Lagerbewegungen, um die Lagerplatzierung von Artikeln zu optimieren und die Rüstzeiten zu reduzieren. Die Verwendung von künstlicher Intelligenz wird dringend geraten, um auch mit anderen Unternehmen in Zukunft wettbewerbsfähig zu bleiben [Bab24].

### 4.3 Ablauf

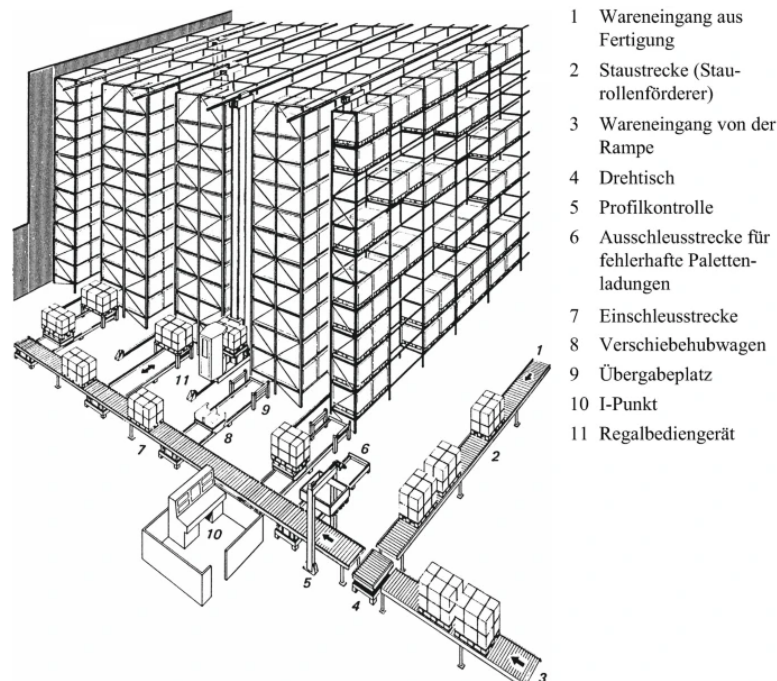
In der nachfolgende Auflistung wird der Ablauf der Warenbewegung durch RBGs im automatisierten Hochregallager beschrieben. Dabei werden die zentralen Schritte wie Auftragserteilung, Ein- und Auslagerung sowie die Kommunikation mit dem Lagerverwaltungssystem erläutert, die einen effizienten und präzisen Materialfluss sicherstellen.

1. **Wareneingang und Anmeldung im ERP-System:** Die eingehende Ware wird am Wareneingang überprüft und im **ERP-System** erfasst, welches die übergeordneten Geschäftsprozesse steuert. Das ERP-System übermittelt die relevanten Informationen, wie Artikelnummer, Menge und Lageranforderungen, an das **Warehouse Management System (WMS)**.
2. **Lagerplatzzuweisung durch das WMS:** Das **WMS** analysiert die Lagerkapazitäten und weist der Ware einen geeigneten Lagerplatz im Hochregal zu. Der Auftrag zur Einlagerung wird an das **Regalbediengerät (RBG)** weitergeleitet.
3. **Einlagerung durch das RBG:** Das **RBG** empfängt den Einlagerungsauftrag und fährt entlang der horizontalen und vertikalen Schienen zur zugewiesenen Regalposition. Mithilfe von Sensoren und Kamerasystemen überprüft das RBG die exakte Position und schiebt die Palette präzise in das zugewiesene Lagerfach. Nach Abschluss der Einlagerung sendet das RBG eine Rückmeldung an das WMS, das den Lagerbestand aktualisiert.
4. **Lagerverwaltung und Zwischenlagerung:** Während die Waren im Hochregal lagern, überwacht das **WMS** kontinuierlich die Bestände und meldet bei Bedarf



Daten an das **ERP-System** zurück, z. B. zur Produktionsplanung oder Nachbestellung. Eine regelmäßige Bestandspflege erfolgt automatisch durch Sensoren und Rückmeldungen der RBGs.

5. **Auftragserteilung für den Warenausgang:** Bei Bedarf (z. B. durch Kundenbestellungen oder Produktionsanforderungen) erstellt das **ERP-System** einen Auslagerungsauftrag. Das ERP-System übermittelt diesen Auftrag an das **WMS**, das die optimalen Warenplätze für den Abruf ermittelt.
6. **Auslagerung durch das RBG:** Das **WMS** weist dem **RBG** die zu entnehmende Ware zu, inklusive der genauen Regalposition. Das RBG fährt zur angegebenen Position, entnimmt die Ware präzise und transportiert sie zur Übergabestation.
7. **Weitertransport durch Förderbänder:** Die Ware wird von der Übergabestation des RBGs automatisch auf das **Förderbandsystem** übergeben. Das Förderband transportiert die Paletten zum Warenausgang oder einem definierten Übergabepunkt für den Versand.
8. **Abschluss im ERP-System:** Sobald die Ware den Warenausgang erreicht, wird dies automatisch an das **ERP-System** zurückgemeldet. Das ERP-System aktualisiert den Bestand, erstellt die Versanddokumente und schließt den Auftrag ab.



**Abbildung 4.3:** schematische Darstellung mit der Implementierung von RBGs und Förderbandanlagen

# 5 Risiken

In diesem Kapitel wird auf die möglichen Risiken näher eingegangen. Durch die Automatisierung eines Hochregallagers entstehen verschiedene Risiken. Hier im Kapitel wird zuerst auf die technologischen Risiken eingegangen. Anschließend werden die Sicherheits- und wirtschaftlichen Risiken analysiert.

## 5.1 Technologische Risiken

Ein automatisiertes Hochregallager ist ein komplexes Zusammenspiel aus Software und Hardware. Das Auftreten eines technischen Problems in einem dieser Bereiche kann zu Störungen, was einen erheblichen Einfluss auf den Betriebsablauf des Hochregallagers hat. System- oder Softwarefehler stellen ein hohes Risiko dar. Sie könne durch unzureichenden Test oder durch mangelnde Wartung entstehen. Im schlimmsten Fall kann es dadurch zu Ausfällen oder Störungen im kompletten Lagerablauf kommen, was hohen Kosten verursachen kann [19].

Bei einer späteren Erweiterung des Hochregallagers kann es zu Integrationsproblemen mit dem neuen System kommen. Um diesen Fehler zu vermeiden, muss sichergestellt werden, dass das automatisierte System Komponenten verwendet, welche in Zukunft kompatibel mit einer voraussichtlichen Erweiterung sind. Optimalerweise wird hierfür bei der Auswahl auf Standardsysteme für die Industrie zurückgegriffen.

## 5.2 Sicherheitsrisiken

Mit der zunehmenden Automatisierung und der mit verbunden Vernetzung des Lagersystems, auch mit externen Systemen steigt das Cyber-Risiko. Ein Cyber-Angriff auf das automatisierte Hochregallager, könnte nicht nur zum Verlust sämtlicher Daten führen,

sonder auch den kompletten Lagerprozess stören und sogar lahmlegen. Daher sind robustere IT-Systeme notwendig, vor allem zu externen Schnittstellen, wie ERP-System [Hau15].

Obwohl der Mensch durch die Automatisierung zunehmend ersetzt werden soll, kann es dennoch zu Gefährdungen kommen. Beinahe- oder Unfälle können durch Fehlfunktionen oder Fehlverhalten des Mitarbeiters auftreten. Um schwere Unfälle zu vermeiden müssen eindeutige Prozesse zum Stoppen des Systems definiert werden und es sind entsprechende Sicherheitsvorkehrungen bei der Planung zu berücksichtigen [Fah16].

### 5.3 Wirtschaftliche Risiken

Der Umbau des Lagers auf ein automatisiertes System ist mit einer hohen Investition von Kapital verbunden. Da es einige kostenintensive Neuanschaffungen wie z.B. Steuerung, Sensoren, Software etc. bedarf. Diese aufgewendeten Kosten müssen durch die Steigerung der Effizienz und Produktivität eingespart werden. Es besteht das Risiko, dass es mehr Zeit braucht, bis sich die Umrüstung amortisiert hat [Sch94].

Ein weiteres Risiko sind die Wartungs- und Instandhaltungskosten. Um einen fehlerfreien und reibungslosen Ablauf des Systems sicherzustellen, ist es wichtig regelmäßige Wartungen zu machen und eventuelle Verschleißteile austauschen. Die Kosten für Support und Instandhaltung könne die Zeit bis zur Amortisierung deutlich verlängern.

## 6 Kostenkalkulation

In diesem Abschnitt werden die einmaligen Investitionskosten für die Automatisierung unseres Hochregallagers (Tabelle 6.1) sowie die jährlichen Betriebskosten des aktuellen (Tabelle 6.3) und des zukünftigen Systems (Tabelle 6.2) gegenübergestellt. Ziel ist es, eine fundierte wirtschaftliche Bewertung vorzunehmen.

Durch die Gegenüberstellung der Betriebskosten und die Berechnung der Amortisationszeit zeigt sich, ab wann sich die Investition in das neue automatisierte System für unser Unternehmen finanziell lohnt. Diese Analyse dient als Grundlage für die Entscheidungsfindung und unterstreicht die langfristigen Vorteile des Projekts.

### 6.1 Kostenkalkulation für die Automatisierung

Tabelle 6.1 zeigt die einmaligen Investitionskosten für die Automatisierung des Hochregallagers. Die Kosten basieren auf Angeboten führender Anbieter, wobei das beste Preis-Leistungs-Verhältnis berücksichtigt wurde. Dabei wurden Hardware, Software-Integration und Schulungen sorgfältig ausgewählt, um den Anforderungen des Projekts zu entsprechen. Diese transparente Kalkulation bietet eine fundierte Basis für die wirtschaftliche Bewertung.

Kostenpunkt	Kosten (€)	Beschreibung
Automatisierte Regalbediengeräte	600.000	4 Geräte à 150.000 €
Fördertechniksysteme	750.000	10 Meter Förderband à 75.000 €
Lagerverwaltungssystem (WMS)	150.000	Lizenz: 100.000 €, Installation: 50.000 €
Systemintegration	80.000	Einmalige Kosten für Integration und Tests
Schulung und Mitarbeiterweisung	10.000	Training der Mitarbeiter
zusätzliche Sensorik	20.000	diverse Sensorik als Zusatzschutz
<b>Gesamtkosten (Einmalig)</b>	<b>1.610.000</b>	

Tabelle 6.1: Kosten für die Automatisierung

## 6.2 jährliche Betriebskosten

Die Tabelle 6.2 zeigt die jährlichen Betriebskosten von useren aktuellen Vorgehensweise. Diese Kosten fallen aufgrund des manuellen Betriebs vergleichsweise hoch aus.

Kostenpunkt	Kosten (€)	Beschreibung
Personalkosten	500.000	10 Mitarbeiter, 50.000 €/Jahr pro Mitarbeiter
Betriebskosten Gabelstapler	120.000	Treibstoff, Wartung (4 Stapler à 30.000 €)
Fehlerkosten	50.000	Fehlbestände, manuelle Korrekturen
Unfallkosten	30.000	Direkte und indirekte Unfallfolgekosten
<b>Gesamtkosten</b>	<b>700.000</b>	

Tabelle 6.2: Jährliche Betriebskosten im aktuellen Zustand

Nach der Automatisierung, wie in Tabelle 6.3 dargestellt, sinken die Betriebskosten deutlich. Durch den Einsatz automatisierter Systeme reduzieren sich vor allem Personalkosten und Betriebsausgaben.

Kostenpunkt	Kosten (€)	Beschreibung
Personalkosten	200.000	4 Mitarbeiter, 50.000 €/Jahr pro Mitarbeiter
Wartungskosten	20.000	Regelmäßige Wartung
Stromkosten Automatisierung	30.000	Betrieb der automatisierten Geräte
<b>Gesamtkosten</b>	<b>250.000</b>	

Tabelle 6.3: Jährliche Betriebskosten des automatisierten Systems

## 6.3 Vergleich und Rentabilität

In diesem Kapitel wird die Wirtschaftlichkeit der Automatisierung des Hochregallagers untersucht. Dabei werden die einmaligen Investitionskosten den jährlichen Betriebskosten gegenübergestellt, um die Einsparungspotenziale zu verdeutlichen. Zudem wird anhand der Amortisationszeit berechnet, wie lange es dauert, bis sich die Investition durch die reduzierten Betriebskosten rentiert.

**Einmalige Investition:** 1.610.000 €

**Jährliche Betriebskosten:**

- **Aktueller Zustand:** 700.000 €
- **Automatisiertes System:** 250.000 €

**Einsparung pro Jahr:**

$$\text{Einsparung} = 700.000 - 250.000 = 450.000 \text{ €}$$

**Amortisationszeit:**

$$\text{Amortisationszeit} = \frac{\text{Einmalige Investition}}{\text{Jährliche Einsparung}} = \frac{1.610.000}{450.000} = 3,58 \text{ Jahre}$$

## **Fazit**

Das automatisierte System amortisiert sich in weniger als 4 Jahren und bietet langfristige Einsparungen. Es verbessert die Effizienz, reduziert Fehler und erhöht die Sicherheit, wodurch es eine zukunftsweisende Investition für das Unternehmen darstellt.

## 7 Innovationsgrad

Der Innovationsgrad ist ein Maß dafür, wie innovativ die Umsetzung des automatisierten Hochregallagers ist. In diesem Fall bezieht sich der Innovationsgrad auf die Erhöhung der Effizienz, der Flexibilität, der Kostenersparnis und den Einsatz von fortschrittlichen Technologien.

Das geplante Hochregallager soll über ein automatisiertes Fördersystem verfügen. Dadurch werden die Lagerprozesse fehlerfreier und effizienter gestaltet.

Mithilfe der verwendeten künstlichen Intelligenz kann die Lagerlogistik dynamisch optimiert werden. Dies umfasst ein hohes Maß an Innovation.

Die Echtzeit-Datenanalyse trägt ebenfalls dazu bei, dass der Bestand des Lagers kontinuierlich optimiert werden kann.

Die laufenden Betriebskosten werden durch die Automatisierung gesenkt, was zu einer erhöhten Kostenersparnis führt.

Alls die genannten Punkte in den Bereichen; Automatisierung, Datenintegration, IoT und Kostenersparnis tragen positiv zur Innovation bei. Sie erhöhen alle den Innovationsgrad, einige sogar erheblich. Dadurch lässt sich schließen, dass der Umbau des Lagers auch eine erhebliche Steigerung des Innovationsgrads darstellt. Es lässt sich zusammenfassen, dass ein automatisiertes Hochregallager, welches einen hohen Innovationsgrad aufweist, einen Wettbewerbsvorteil darstellen kann.



## 8 Stakeholder

Die Automatisierung eines Hochregallagers ist ein komplexes Unterfangen, das eine Vielzahl von Interessengruppen betrifft. Es gibt verschiedene Gruppen von Stakeholdern. Zu den internen Stakeholdern zählen die Mitarbeiter des Unternehmens, welche direkt im Lagerbetrieb tätig sind.

Auch das Management und die Führungskräfte sind wichtige interne Stakeholder, da sie die strategischen Entscheidungen treffen und die Verantwortung für den Projekterfolg tragen [tru24].

Zu den externen Stakeholdern zählen unter anderem Kunden, die von einer verbesserten Effizienz und Zuverlässigkeit des Lagers profitieren können, sowie Lieferanten, deren Prozesse sich möglicherweise an das neue automatisierte System anpassen müssen. Unter anderem Kunden, die von einer verbesserten Effizienz und Zuverlässigkeit des Lagers profitieren können, sowie Lieferanten, deren Prozesse sich möglicherweise an die neuen automatisierten Systeme anpassen müssen. Auch die Technologiepartner und Systemintegratoren, die an Umsetzung beteiligt sind, zählen zu den externen Stakeholdern [tru24] [Red13].

Das Top-Management oder die wichtigen Kunden, sollten besonders eng in den Prozess eingebunden werden. Stakeholder mit geringerem Einfluss, aber hohem Interesse, wie etwa die Lagerarbeiter, sollten aktiv informiert und beteiligt werden [tru24].

## 9 Zusammenfassung

Die Kombination aus WMS, ERP und den automatisierten Regalbediengeräten schafft ein vollständig integriertes, „smartes“ Lager. Alle Prozesse laufen digital gesteuert ab, was nicht nur die Geschwindigkeit und Präzision der Lagerprozesse erhöht, sondern auch die Datentransparenz und Steuerbarkeit im gesamten Unternehmen verbessert. Die Automatisierung des Hochregallagers bietet eine erhebliche Chance, die Effizienz zu steigern und die Betriebskosten nachhaltig zu senken. Der derzeitige manuelle Prozess mit Gabelstaplern und händischer Dateneingabe verursacht hohe Personalkosten und Fehlerkosten. Durch die Implementierung eines automatisierten Systems, das Regalbediengeräte, Förderbänder und ein Lagerverwaltungssystem umfasst, werden diese ineffizienten Prozesse deutlich reduziert.

Die jährlichen Einsparungen von etwa 450.000 € durch geringeren Personalaufwand und reduzierte Fehler- und Betriebskosten ermöglichen es, die Investitionskosten von 1.610.000 € in weniger als 3,6 Jahren zu amortisieren. Nach dieser Amortisationszeit wird das Unternehmen langfristig von den Einsparungen profitieren. Darüber hinaus erhöht die Automatisierung nicht nur die Effizienz, sondern auch die Sicherheit, da der Einsatz von Gabelstaplern und damit das Unfallrisiko minimiert wird.

Die Investition in die Automatisierung ist daher eine wirtschaftlich vorteilhafte Entscheidung, die sowohl die Wettbewerbsfähigkeit steigert als auch zu einer erheblichen Kostenersparnis führt.

# Literaturverzeichnis

- [19] *Projektmanagement in Logistik und Supply Chain Management : Praxisleitfaden mit Beispielen aus Industrie, Handel und Dienstleistung*. Bearb. von Dirk H. Hartel. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. SpringerLink Bücher. Wiesbaden: Springer Gabler, 2019. ISBN: 978-3-658-23999-2. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23999-2>.
- [AIU24] AIUT. *Logistics reaching clouds – automated high-bay warehouse - AIUT*. 1. Feb. 2024. URL: <https://aiut.com/en/blog/automated-high-bay-warehouse/> (besucht am 25.11.2024).
- [Bab24] Wolfgang Babel. „Künstliche Intelligenz (KI)“. de. In: *Systemintegration in Industrie 4.0 und IoT: Vom Ethernet bis hin zum Internet und OPC UA*. Hrsg. von Wolfgang Babel. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2024, S. 47–93. ISBN: 978-3-658-42987-4. DOI: 10.1007/978-3-658-42987-4\_4. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-658-42987-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-658-42987-4_4) (besucht am 27.11.2024).
- [Fah16] Sandra Katharina Fahl. „Stand der Technik und Ausblick der Automatisierungstechnik für den diskontinuierlichen Transport Untertage-Projektarbeit“. Deutsch. Diss. RETH Aachen, 2016.
- [Hau15] Christian Haumer. „IT-Sicherheit im Konzept Industrie 4.0/eingereicht von: Christian Haumer“. Diss. Johannes Kepler Uni Linz, 2015. 92 S.
- [Lud23] Agnieszka Ludwiniak. *Automatisches Lager – was ist das und welche Vorteile hat es? / Knauf*. Knauf Industries Automotive. 3. Aug. 2023. URL: <https://knaufautomotive.com/de/was-ist-ein-automatisiertes-lager-und-was-sind-die-vorteile/> (besucht am 25.11.2024).
- [Mar21] Heinrich Martin. *Technische Transport- und Lagerlogistik*. de. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2021. ISBN: 978-3-658-34036-0 978-3-658-34037-7. DOI: 10.1007/978-3-658-34037-7. URL: <https://link.springer.com/10.1007/978-3-658-34037-7> (besucht am 26.11.2024).

- [MW24] Wilhelm Mülder und Klaus Werner Wirtz. „Internet der Dinge und Automation“. de. In: *Digitalisierte Unternehmen: So gelingt die Digitale Transformation im Unternehmen*. Hrsg. von Wilhelm Mülder, Thomas Barton und Klaus Werner Wirtz. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2024, S. 151–167. ISBN: 978-3-658-43437-3. DOI: 10.1007/978-3-658-43437-3\_11. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-658-43437-3\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-658-43437-3_11) (besucht am 27.11.2024).
- [OHR24] OHRA. *Automatisierte Lagerhaltung – Vorteile und Nachteile*. 21. Nov. 2024. URL: <https://www.ohra.de/aktuelles/news-detailseite/automatisierte-lagerhaltung-vorteile-und-nachteile> (besucht am 25.11.2024).
- [Red13] TUP- Redaktion. *Stakeholder-Management*. Logistik KNOWHOW. 13. Sep. 2013. URL: <https://logistikknowhow.com/kennzahlen/stakeholder-management/> (besucht am 26.11.2024).
- [Sar23] Siar Sarferaz. „ERP-Marktanalyse“. de. In: *ERP-Software: Funktionalität und Konzepte: Basierend auf SAP S/4HANA*. Hrsg. von Siar Sarferaz. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2023, S. 17–28. ISBN: 978-3-658-40499-4. DOI: 10.1007/978-3-658-40499-4\_2. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-658-40499-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-658-40499-4_2) (besucht am 27.11.2024).
- [Sch94] Matthias Schmitz. *Flexibel automatisierte Fertigungssysteme*. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag Wiesbaden, 1994.
- [tru24] trusteddecisions. *Stakeholderanalyse erklärt » Definition, Methoden & Best Practices*. Section: Blog. 17. Okt. 2024. URL: <https://www.trusteddecisions.com/blog/stakeholderanalyse-erklaert/> (besucht am 26.11.2024).
- [Weh20] Karl-Heinz Wehking. *Technisches Handbuch Logistik 2: Fördertechnik, Materialfluss, Intralogistik*. de. Berlin, Heidelberg: Springer, 2020. ISBN: 978-3-662-60868-5 978-3-662-60869-2. DOI: 10.1007/978-3-662-60869-2. URL: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-60869-2> (besucht am 27.11.2024).

# Abbildungsverzeichnis

4.1	RGB mit Schienenführung . . . . .	6
4.2	Die Verknüpfung des WMS- und ERP-System bietet viele Vorteile . . . .	8
4.3	schematische Darstellung mit der Implementierung von RBGs und Förderbandanlagen . . . . .	10

# Tabellenverzeichnis

6.1	Kosten für die Automatisierung . . . . .	14
6.2	Jährliche Betriebskosten im aktuellen Zustand . . . . .	14
6.3	Jährliche Betriebskosten des automatisierten Systems . . . . .	15
A.1	Liste der verwendeten Künstliche Intelligenz basierten Werkzeuge . . . . .	24

# A Nutzung von Künstliche Intelligenz basierten Werkzeugen

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Künstliche Intelligenz (KI) basierte Werkzeuge benutzt. Tabelle A.1 gibt eine Übersicht über die verwendeten Werkzeuge und den jeweiligen Einsatzzweck.

**Tabelle A.1:** Liste der verwendeten KI basierten Werkzeuge

Werkzeug	Beschreibung der Nutzung
ChatGPT	<ul style="list-style-type: none"><li>• Grundlagenrecherche zu bekannten Prinzipien</li><li>• Formulierungshilfe</li></ul>
perplexity	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recherche und Zusammenfassung von wissenschaftlichen Dokumenten und Themen ...</li><li>• Formulierungshilfe ...</li></ul>
Languagetool	<ul style="list-style-type: none"><li>• Formulierungshilfe</li><li>• Rechtschreibprüfung</li></ul>