

Sachbericht

Innovationsprämie der SAB

Studie zur Entwicklung eines intelligenten Lagerungssystems

Inhaltsverzeichnis

1	Zielstellung	3
2	Systematisierung von möglichen Lagersystemvarianten	3
2.1	Patentrecherche zu Lagerungssystemen	3
2.2	Literaturrecherche zu Anwendungsgebieten	8
2.3	Systematisierung von unterschiedlichen Lagerungssystemen für unterschiedliche Anwendungsgebiete	10
2.3.1	Klassifikation nach Lagerstruktur.....	10
2.3.2	Klassifikation nach Automatisierungsgrad	13
2.3.3	Klassifikation nach Materialflussprinzip	14
2.3.4	Klassifikation nach Lagerumgebung.....	15
2.4	Zusammenstellung und Auswertung der Ergebnisse	17
3	Konzeption zu Lagerungssystemvarianten	18
3.1	Analyse möglicher Lagerungssysteme für Kleinteile	18
3.2	Analyse zu möglichen Transportsystemen	21
3.3	Analyse möglicher Größen und Gewichte der zu Transportierenden Bauteile	25
4	Untersuchung von Steuerungstechnischen Schnittstellen.....	29
4.1	Analyse zu Stückguterkenennung.....	29
4.2	Erarbeitung von Varianten für eine Visualisierung.....	31
4.3	Erarbeitung einer Schnittstelle zwischen Warenmanagementsystem und Lagerverwaltung	32
4.4	Erarbeitung einer Bewertungsmatrix und Ableitung einer Vorzugsvariante	33
5	Erarbeitung von Konzepten für die Umsetzung eines intelligenten Lagerungssystems.....	35
5.1	Erarbeitung von Lösungskonzepten für eine ressourcenschonende Lagervariante 35	
5.2	Erarbeitung von Lösungskonzepten und Fertigung von Boxvarianten	37
6	Abbildungsverzeichnis	39
7	Tabellenverzeichnis	39
8	Literaturverzeichnis	39

1 Zielstellung

Das Ziel dieser Innovationsprämie liegt in der Erarbeitung einer Studie zum Einsatz intelligenter Lagersysteme. Entscheidend hierbei ist eine zuverlässige und gleichzeitig effiziente Technologie.

Hierbei ist zunächst eine Systematisierung von Lagersystemen zu erstellen. Auf Grundlage dieser Ergebnisse können Konzepte und Entwürfe erarbeitet werden, welche die Erarbeitung eines Einsatzkataloges herbeiführen. Hierbei wird klar definiert, welches System mit welchen Eigenschaften für unterschiedliche Anwendungen geeignet ist. Des Weiteren werden Konzepte und Kennwerte für mögliche Lagersystemvarianten entwickelt und durchgeführt.

Diese Inhalte sollen im Rahmen dieser Studie bearbeitet und Lösungsmöglichkeiten und Verarbeitungskonzepte abgeleitet werden. Diese Technologievarianten werden hinsichtlich Vor- und Nachteile betrachtet und für eine Beurteilung der Umsetzbarkeit notwendiger Parameter identifiziert.

2 Systematisierung von möglichen Lagersystemvarianten

2.1 Patentrecherche zu Lagerungssystemen

In einer zunehmend digitalisierten und automatisierten Welt spielen automatisierte und intelligente Lagersysteme eine entscheidende Rolle in der Logistik und Warenwirtschaft. Diese Systeme nutzen moderne Technologien wie künstliche Intelligenz (KI), das Internet der Dinge (IoT), Robotik und Big Data-Analysen, um Lagerprozesse effizienter, kostengünstiger und flexibler zu gestalten.

Die vorliegende Patentrecherche hat das Ziel, den aktuellen Stand der Technik im Bereich intelligenter Lagersysteme zu analysieren. Für die Patentrecherche wurde die Datenbank DEPATIS herangezogen. Die Patentrecherche wurde mit der Recherchevariante „Experte“ durchgeführt. Da Patente in der Regel nach 20 Jahren ihren Schutz verlieren, wurde mit Hilfe der Suchformel „PUB>=01.01.2005“ bei der Suche ausschließlich innerhalb dieses Zeitraums gesucht. Weiterhin wurde die Suche mit Hilfe der Suchformel (PC=DE) auf Patente mit dem Veröffentlichungsland Deutschland begrenzt. Die Suchbegriffe wurden im Titel des Patents (Argument „TI“) gesucht. Wenn nötig wurde die Suche durch zusätzliche Suchbegriffe in der Zusammenfassung (Argument „AB“) oder auch in der Beschreibung (Argument „DE“) verfeinert. Dabei wurde durch Verknüpfung verschiedener Schlagworte gezielt nach intelligenten Lagersystemvarianten gesucht. Die Patentrecherche zu der Thematik erzielte über 200 Treffer. Aufgrund der Vielzahl bestehender Patente werden nachfolgend nur auf eine Auswahl relevanter Patente aufgeführt.

1. **Patentnummer:** DE 20 2023 102 733 U1

Patentname: Neuartiges IoT-basiertes Inventarverwaltungssystem mit funkgesteuertem Palettenlaufregal für Lagerlösungen

Beschreibung: Das IoT-basierte Inventarverwaltungssystem ist eine moderne Lösung zur effizienten Lagerverwaltung, die ein funkgesteuertes Palettenlaufregal nutzt. Es automatisiert die Erfassung, Verwaltung und Überwachung von Beständen, um die Effizienz zu steigern und den manuellen Arbeitsaufwand zu reduzieren.

Das System besteht aus mehreren Komponenten:

- Sensormodul: Erfasst Signale zur Bestandsverfolgung und enthält Sick-Sensoren zur Messung von Längen, Höhen und Überhängen von Waren oder Paletten.
- Berechnungseinheit: Optimiert die Prozesse im Lager durch intelligente Datenverarbeitung.
- Wägezelle: Misst das Gewicht und weitere Parameter der Produkte.
- Anzeigeeinheit: Visualisiert lagerbezogene Daten in Echtzeit.
- Verwaltungsmodul: Protokolliert und kategorisiert die Bestandsinformationen.
- Internet der Dinge (IoT): Speichert und verfolgt Daten in einer zentralen Datenbank, die über eine Webseite zugänglich ist.
- Fernüberwachungsmodul: Aggregiert, visualisiert und analysiert Live-Daten in der Cloud zur automatisierten Bestandskontrolle.

Durch den Einsatz dieser Technologien wird die Bestandsverwaltung effizienter, da unnötige Arbeitskräfte entfallen und Messung sowie Auftragserteilung automatisiert erfolgen. Das System ermöglicht eine hochdichte Lagerung mit elektrisch betriebenen Palettenkufen, die mit Gabelstaplern interagieren, und trägt zur maximalen Nutzung des Lagerraums bei. Zudem sorgt es für höchste Präzision, geräuscharmen Betrieb und Echtzeit-Überwachung.

Das System eignet sich für die Verwaltung verschiedenster Bestände, einschließlich fester und flüssiger Güter. Mithilfe von IoT-Funktionalitäten können Bestände in Echtzeit überprüft, automatisch Bestellungen ausgelöst und Informationen über eine Webseite abgerufen werden. Dadurch wird die Lagerverwaltung nicht nur effizienter, sondern auch flexibler und sicherer.

2. **Patentnummer:** DE 103 13 577 B4

Patentname: Automatisiertes System und Verfahren zum Lagern und Kommissionieren von Artikeln

Beschreibung: Dieses Patent beschreibt ein innovatives automatisiertes Lagersystem, das speziell zur Optimierung des Lager- und Kommissionierprozesses für Artikel entwickelt wurde, die auf Eingangs-Ladungsträgern wie Paletten angeliefert werden. Zentrales Element des Systems ist eine Einrichtung zur Vereinzelung der angelieferten Artikel und deren Umlagerung auf spezielle Tablare. Das Tablarlager dient als Puffer zum Lagern der Packeinheiten auf den Tablare, während eine rechnergestützte Entnahme-Fördertechnik die Packeinheiten in einer definierten Reihenfolge entnimmt. Dies ermöglicht eine präzise und effiziente Vorbereitung der Artikel für Kommissionieraufträge. Ein automatisiertes Beladesystem sorgt schließlich dafür, dass die Packeinheiten in einer durch die definierten Sequenzen bestimmten Reihenfolge auf Auftrags-Ladungsträgern geladen werden. Das System zielt darauf ab, die Automatisierung in Logistikprozessen signifikant zu steigern, indem die manuellen Eingriffe, die traditionell mit dem Kommissionierungsprozess verbunden sind, minimiert oder gänzlich eliminiert werden. Dadurch werden sowohl die Effizienz des gesamten Logistiksystems als auch die Wirtschaftlichkeit erhöht, da weniger Personal erforderlich ist und die Risiken für die Gesundheit der Mitarbeiter durch körperlich anstrengende Tätigkeiten verringert werden. Dieses automatisierte Lager- und Kommissioniersystem bietet somit eine zukunftsweisende Lösung für Unternehmen, die Warenlagerung und -kommissionierung optimieren möchten.

3. **Patentnummer:** DE 10 2007 031 174 A1

Patentname: Intelligentes Regal

Beschreibung: Die Erfindung betrifft ein intelligentes Regal, das eine innovative Anordnung aus mehreren Gegenständen, beispielsweise Behältern, an jeweils zugeordneten ortsfesten Aufbewahrungsorten, wie etwa Regalflächen, umfasst. Das Besondere an dieser Anordnung ist die Handhabung der Gegenstände, deren Ausrichtung und Positionierung im Verhältnis zum Aufbewahrungsort variabel gestaltet werden kann. Zur Bestimmung der Lageinformation jedes Gegenstands werden spezielle Mittel eingesetzt, die die Ausrichtung und Position der Gegenstände relativ zum Regal erfassen. Diese Informationen werden dann an eine vom Aufbewahrungsort entfernte Auswerteeinheit über kabellose Übertragungsmittel übermittelt. Die Auswerteeinheit spielt eine zentrale Rolle, da sie in der Lage ist, auf Veränderungen in der Anordnung eines Gegenstands zu reagieren. Wenn die Position oder Ausrichtung eines Gegenstands von einem vorgegebenen Anordnungsverhältnis abweicht, erzeugt die Auswerteeinheit ein spezifisches Signal, welches optisch, akustisch oder elektrisch sein kann und an

den betreffenden Gegenstand gebunden ist. Diese Funktionalität ist besonders nützlich in Warenwirtschaftssystemen, da sie hilft, das Management und die Organisation von Produkten zu optimieren, insbesondere in Umgebungen, wo Produkte aus Einzelteilen zusammengesetzt werden.

Insgesamt ermöglicht das intelligente Regal eine effizientere und genauere Verfolgung von Lagerbeständen und verbessert die Interaktion mit den verwalteten Gegenständen, was zu einer verbesserten Effizienz und Organisation in verschiedenen Anwendungsszenarien führt.

4. **Patentnummer:** DE 21 2018 000 360 U1

Patentbezeichnung: Intelligente Lagereinrichtung mit Lagerregalen

Beschreibung: Die vorliegende Erfindung befasst sich mit der Entwicklung einer intelligenten Lagereinrichtung, die eine signifikante Verbesserung gegenüber traditionellen Lagerhaltungssystemen darstellt. Es wird ein System bereitgestellt, das aus mehreren Lagerregalen besteht, die linear angeordnet sind und durch eine intelligente Hebevorrichtung unterstützt werden, die sich entlang dieser Regale bewegt. Die intelligente Hebevorrichtung ist so konzipiert, dass sie die Lagerprozesse automatisiert, indem sie Ablagekästen transportiert, die auf speziellen Bodentransportschienen platziert sind. Diese Schienen bilden einen Bodentransportkanal, der es der Hebevorrichtung ermöglicht, sich effizient zwischen den Regalen zu bewegen, um Ablagekästen sowohl für die Lagerung als auch zur Entnahme bereitzustellen. Die Erfindung adressiert grundlegende Probleme, die in der aktuellen Lageinfrastruktur bestehen, wie z.B. den hohen Raumbedarf klassischer Systeme, die hohen Herstellungskosten und die oft niedrige Effizienz bei den Bewegungsabläufen von Lagergut.

Die Lagereinrichtung gewährleistet durch die koordinierte Bewegung der Hebevorrichtung und der Regale eine effektive Lagerung, die dazu beiträgt, die Arbeitsabläufe zu optimieren und schneller auf Anforderungen des Marketings zu reagieren. Des Weiteren verbessert sie die Zugänglichkeit der Waren und minimiert die Herausforderungen der Logistik, die mit dem ansteigenden Online-Handel verbunden sind. Zusätzlich verfügt das System über eine moderne Steuerungstechnik, die eine einfache Bedienung über eine Konsole mit Touchscreen-Interface ermöglicht, sowie über die Integration von Scannern und Druckern, um die Warenverwaltung zu erleichtern. All diese Aspekte zusammen ergeben ein bahnbrechendes Konzept für ein automatisiertes, platzsparendes und effektives Lagerhaltungssystem, das an die gegenwärtigen und zukünftigen Bedürfnisse des Marktes angepasst ist.

5. **Patentnummer:** DE112021005097T5

Patentbezeichnung: Robotergestütztes Lagerhaltungssystem mit hoher Dichte

Beschreibung: Das Patent beschreibt ein innovatives robotergestütztes Lagerhaltungssystem, das hohe Dichte und Effizienz in der Lagerung von Materialien bietet. Das System umfasst mehrere Blöcke, wobei jeder Block aus mehreren Etagen besteht, die eine Vielzahl von Lagerrasterplätzen für Kastenbehälter aufweisen. Die Kastenbehälter können durch eine Vielzahl von ersten und zweiten robotergestützten Antriebseinheiten zwischen verschiedenen Verarbeitungsstationen und Lagerrasterplätzen transportiert werden. Diese Flexibilität ermöglicht eine hohe Modularität und Skalierbarkeit des Systems, was es anpassungsfähig an unterschiedliche Lagerbedürfnisse macht. Funktionale Merkmale wie Aufzüge und Lagergassenrastern unterstützen die Bewegungen der Kastenbehälter und erhöhen die Effizienz im Lagerbetrieb. Das System ist darauf ausgelegt, den Zugang zu allen Bereichen während des Betriebs zu ermöglichen und kann in verschiedenen Umgebungen und Größen umgesetzt werden, um unterschiedlichen Anforderungen und Bedingungen gerecht zu werden.

6. **Patentnummer:** DE 60 2004 001 171 T2

Patentname: Automatisches System zum Einbringen und Herausnehmen von Paletten aus einem Lager

Beschreibung: Dieses Patent beschreibt ein automatisiertes System zur Lagerung und Handhabung von Paletten, die mit Reifenrohlingen beladen sind. Die Hauptfunktion des Systems besteht darin, Paletten effizient in ein Lager zu verbringen und sie bei Bedarf wieder herauszuholen.

Das System umfasst eine Reihe von Schlüsselkomponenten:

- **Beförderungsabschnitte:** Diese Abschnitte transportieren die Paletten, die Reifenrohlinge geladen haben, in das Lager und entnehmen sie wieder.
- **Portalroboterabschnitt:** Dieser Roboter ist in der Lage, sich in drei Dimensionen (X-Achse, Y-Achse und Z-Achse) zu bewegen und die Paletten selektiv zu positionieren. Dies ermöglicht eine präzise Handhabung und Lagerung der Paletten, wobei die Effizienz des Raums maximiert wird.
- **Inventarkontrollsystem:** Es koordiniert die Platzierung der Paletten im Lager basierend auf der Größe der Reifenrohlinge und den Anforderungen des Produktionsprozesses.

Das System bietet mehrere Vorteile:

- Es verringert die physische Arbeitslast für die Mitarbeiter, was zu einer höheren Produktivität führt.
- Es ermöglicht die optimale Nutzung des verfügbaren Raums, was besonders wichtig in engen Lagerbereichen ist.

- Das automatisierte Verfahren trägt zur Einhaltung des "first-in, first-out"-Prinzips bei, was die Effizienz und Nachverfolgbarkeit in der Produktion verbessert.

7. **Patentnummer:** DE 20 2020 100 289 U1

Patentname: Automatisches dreidimensionales Lagersystem

Beschreibung: Das Gebrauchsmuster beschreibt ein automatisches dreidimensionales Lagersystem, das ein Lagerregal und eine in vertikaler Richtung bewegbare Hebevorrichtung umfasst. Es nutzt Fachböden zur Lagerung von Lagereinheiten und ist mit einem übergeordneten Computer sowie einem Lastaufnahmemittel ausgestattet. Die Lastaufnahmevorrichtung enthält Teleskopkippgabeln, die sich flexibel an verschiedene Lagereinheiten anpassen können. Das System ermöglicht eine schnelle und präzise Ein- und Auslagerung von Lagereinheiten unterschiedlicher Formen und Größen und verbessert somit die Effizienz des Lagerbetriebes, indem es die Nutzung des Lagersraums optimiert und den Energieverbrauch minimiert.

8. **Patentnummer:** DE 10 2017 222 317 A1

Patentname: Automatisiertes Regallager, Tragwerkstruktur zum Einbau in ein Regallager sowie Verfahren zur Umrüstung eines Regallagers

Beschreibung: Das Patent beschreibt ein automatisiertes Regallager, das mindestens zwei Lagerregale umfasst, die in einer Längsrichtung angeordnet sind und zwischen denen eine Lagergasse entsteht. Eine spezielle Tragwerksstruktur wird den Lagerregalen vorgebaut, um horizontale Führungsschienen für eine verfahrbare Transporteinheit bereitzustellen. Diese Struktur ermöglicht eine effiziente Umrüstung von bestehenden Regallagern, die ursprünglich für den Betrieb mit Regalbediengeräten (RBG) konzipiert waren, auf einen Shuttle-Betrieb (OLS oder MLS), ohne dass die bestehende Regalbauweise verändert werden muss. Darüber hinaus wird ein Verfahren zur Umrüstung beschrieben, das einen Freiraum innerhalb der Lagergasse schafft, in dem die Tragwerksstruktur installiert werden kann, um die Umschlagleistung zu verbessern und geringe Investitionskosten zu ermöglichen.

2.2 Literaturrecherche zu Anwendungsgebieten

Es gibt eine Vielzahl von Fachliteratur, die sich mit Lagersystemen und deren Anwendungsgebieten beschäftigt. Hier sind einige empfehlenswerte Werke:

1. Das Buch "**Materialfluß und Logistik: Potentiale vom Konzept bis zur Detailauslegung**" von Wolfram Fischer und Lothar Dittrich bietet eine umfassende Anleitung zur Planung und Optimierung von Förder- und Lagersystemen. [1]

2. **"Integrierte Lagersystemplanung"**: Diese Publikation stellt eine ganzheitliche Planungsmethode für automatische Lagersysteme vor, die es ermöglicht, verschiedene technische Lagerkonfigurationen in Kombination mit Lagerstrategien zu untersuchen und zu vergleichen. [2]

3. **"Systemtechnische Ansätze zur Erfüllung neuer Anforderungen an Lagersysteme"**: Diese Studie analysiert betriebliche und technische Anforderungen an zukünftige Lagersysteme und stellt systemtechnische Lösungsansätze vor. [3]

4. **"Lager- und Materialflussplanung: Standardisierte Vorgehensweise zur Erstellung von Lastenheften für die Lagerplanung und Lageroptimierung"** von Veronika Harder: Dieses Buch bietet eine strukturierte Methode zur Erstellung von Lastenheften für die Planung und Optimierung von Lagersystemen. [4]

5. **"Warehouse Management: Automatisierung und Organisation von Lager- und Kommissioniersystemen"**: Dieses Fachbuch behandelt umfassend die Planung, Organisation und Automatisierung von Lagern und Kommissioniersystemen. Es gibt einen detaillierten Überblick über die verschiedenen Systeme und Technologien, die für effizientes Warehouse Management notwendig sind. Besonderes Augenmerk wird auf die Optimierung von Prozessen und die Integration von Automatisierungslösungen gelegt, um die Effizienz und Flexibilität von Lager- und Kommissioniersystemen zu steigern. Es werden sowohl technische als auch organisatorische Aspekte berücksichtigt, um eine optimale Lagerlogistik zu gewährleisten.[5]

6. **"Anwendungsgebiete und aktuelle Forschung zur künstlichen Intelligenz im SCM"**
 Dieses Kapitel untersucht verschiedene Einsatzmöglichkeiten von KI im Supply Chain Management, einschließlich Beschaffung, Lagerung, Kommissionierung und Planung. Es bietet einen Überblick über interne Anforderungen, Konzeptbeschreibungen sowie Analysen hinsichtlich Zeit-, Kosten- und Qualitätsaspekten. [6]

7. **"An Efficient Intelligent Semi-Automated Warehouse Inventory Stocktaking System"**
 Diese Forschung präsentiert ein intelligentes, halbautomatisiertes System zur Bestandsaufnahme in Lagern. Durch die Integration von Barcodes und einer verteilten

App-Technologie ermöglicht das System eine präzise Bestandsüberwachung und datengestützte Entscheidungsfindung. [7]

2.3 Systematisierung von unterschiedlichen Lagerungssystemen für unterschiedliche Anwendungsgebiete

Die effiziente Lagerung von Waren und Gütern ist ein zentraler Bestandteil der Logistik und beeinflusst maßgeblich die Wirtschaftlichkeit und Organisation von Unternehmen. Unterschiedliche Lagerungssysteme ermöglichen eine bedarfsgerechte und optimierte Verwaltung von Materialien, abhängig von deren Eigenschaften, Umschlagshäufigkeit und Lagerbedingungen. In der nachfolgenden Systematisierung (Abbildung 1) werden verschiedene Lagerungssysteme nach strukturellen Merkmalen, Automatisierungsgrad, Materialflussprinzip und Lagerumgebung analysiert. Diese Lagersysteme können miteinander kombiniert werden, beispielsweise als vollautomatisierte Regallager mit FIFO (First In, First Out) Materialfluss in Form eines Kühlagers.

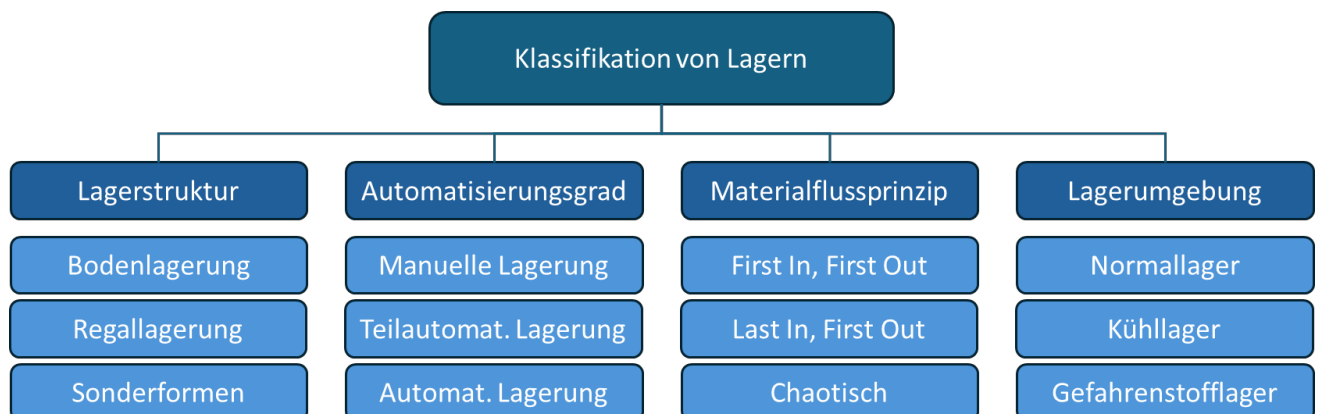


Abbildung 1: Systematisierung von Lager

2.3.1 Klassifikation nach Lagerstruktur

Die Bodenlagerung ist eine einfache und weit verbreitete Lagerstruktur, bei der Waren direkt auf dem Boden oder auf Paletten ohne zusätzliche Regalsysteme gelagert werden. Diese Form der Lagerung wird häufig für sperrige, schwere oder wenig empfindliche Güter genutzt und findet vor allem in Branchen mit großvolumigen Warenanlieferungen Anwendung.

Bei der Bodenlagerung werden die Produkte entweder in Blocklagerung oder in Reihen angeordnet. In der Blocklagerung werden Waren in Stapeln übereinandergeschichtet, was eine hohe Flächennutzung ermöglicht, aber den direkten Zugriff auf einzelne Einheiten erschwert. Alternativ können die Waren in Reihen platziert werden, wodurch ein einfacherer Zugriff gewährleistet ist, aber mehr Platz benötigt wird.

Ein wesentliches Merkmal dieser Lagerstruktur ist die einfache Umsetzung, da keine speziellen Regale oder komplexen Lagerverwaltungssysteme erforderlich sind. Dadurch sind die Investitionskosten niedrig und die Flexibilität hoch, da sich die Anordnung der Waren leicht an veränderte Bestände anpassen lässt. Allerdings kann der fehlende Zugriff auf hintere oder untere Lagereinheiten zu längeren Such- und Umschichtzeiten führen, insbesondere wenn kein First-in-First-out-Prinzip (FIFO) konsequent umgesetzt wird.

Die Bodenlagerung eignet sich besonders für Waren mit einer geringen Umschlagshäufigkeit oder für kurzzeitig gelagerte Produkte mit hoher Durchsatzrate, beispielsweise in der Baustoff- oder Lebensmittelbranche. Dennoch sind die begrenzte Lagerkapazität und die Herausforderung der effizienten Raumnutzung Faktoren, die bei der Entscheidung für diese Lagerform berücksichtigt werden müssen.

Die Regallagerung ist eine Lagerstruktur, bei der Waren systematisch in Regalen auf verschiedenen Ebenen gelagert werden. Diese Methode ermöglicht eine effiziente Nutzung des verfügbaren Lagerraums, da die Höhe des Lagers optimal ausgenutzt werden kann. Durch die strukturierte Anordnung der Regale lassen sich Waren leichter organisieren, identifizieren und entnehmen, was zu einer besseren Bestandskontrolle und einer schnelleren Kommissionierung führt.

Je nach Art der Regale und der Lageranforderungen gibt es unterschiedliche Varianten der Regallagerung. Palettenregale sind besonders für große und schwere Güter geeignet, während Fachbodenregale vor allem für kleinere, leichte Waren oder Kommissioniergüter genutzt werden. Es gibt auch spezielle Regalsysteme wie Durchlaufregale, in denen Waren automatisch nach dem First-in-First-out-Prinzip nachrücken, oder Hochregallager, die mit automatisierten Systemen für eine besonders hohe Lagerkapazität ausgestattet sind.

Ein wesentlicher Vorteil der Regallagerung ist die klare Strukturierung des Lagerraums, die eine optimale Raumnutzung und eine verbesserte Organisation ermöglicht. Gleichzeitig bietet sie eine hohe Flexibilität, da Regale je nach Bedarf angepasst oder erweitert werden können. Ein Nachteil besteht darin, dass die Anschaffung und Installation von Regalsystemen mit höheren Investitionskosten verbunden ist. Zudem kann der Einsatz von Fördertechnik oder Lagerverwaltungssystemen notwendig sein, um die Effizienz weiter zu steigern.

Die Regallagerung eignet sich besonders für Waren mit einer hohen Umschlagshäufigkeit und ermöglicht eine schnelle und gezielte Entnahme. Sie wird häufig in Bereichen mit systematischem Warenein- und -ausgang eingesetzt, beispielsweise im Einzelhandel, in Distributionszentren oder in der Produktionslogistik.



Abbildung 2: Bodenlager [Prologistic.com], Regallager [schwarzmann.eu]

Kragarmregale und Turmregale sind spezielle Regalsysteme, die für bestimmte Lageranforderungen konzipiert sind und eine effiziente Lagerung spezifischer Waren ermöglichen.

Kragarmregale sind Regale, die sich durch seitlich auskragende Arme auszeichnen, die an vertikalen Ständern befestigt sind. Diese Bauweise ermöglicht eine besonders flexible und übersichtliche Lagerung von langen, sperrigen oder unhandlichen Gütern wie Holz, Rohren, Stahlträgern oder Kunststoffprofilen. Die Arme können unterschiedlich lang sein und oft in der Höhe verstellt werden, sodass sie an verschiedene Lageranforderungen angepasst werden können. Kragarmregale gibt es sowohl einseitig als auch doppelseitig, je nachdem, ob die Lagerung nur von einer oder von beiden Seiten erfolgen soll. Ein großer Vorteil dieser Regale ist der schnelle und einfache Zugriff auf die eingelagerten Waren, während ein möglicher Nachteil in der benötigten Stellfläche liegt, da die Waren oft über die Regaltiefe hinausragen.

Turmregale sind vertikale Lagersysteme, die besonders in der Metallverarbeitung oder in Produktionsbetrieben für die Lagerung von Blechen, Platten oder Langgut eingesetzt werden. Diese Regale bestehen aus einer turmartigen Konstruktion, in der die Waren in einzelnen Einschüben oder Kassetten übereinander angeordnet sind. Durch eine integrierte Mechanik oder eine automatische Steuerung lassen sich die benötigten Materialien leicht aus dem Regal entnehmen, wodurch der Lagerplatz optimal genutzt und die Handhabung erleichtert wird. Turmregale ermöglichen eine kompakte Lagerung auf kleiner Grundfläche und eignen sich besonders für Betriebe mit begrenztem Platzangebot oder für eine geordnete, schnelle Bereitstellung von Materialien für die Fertigung.

Beide Regalsysteme sind darauf ausgelegt, spezifische Lageranforderungen zu erfüllen, indem sie Platz sparen, die Handhabung erleichtern und die Effizienz in der Lagerlogistik steigern. Während Kragarmregale besonders für den einfachen Zugriff auf lange Güter konzipiert sind, bieten Turmregale eine kompakte und oft automatisierte Lösung für die vertikale Lagerung von flachen oder langen Materialien.



Abbildung 3: Kragarmregal [delta-v.de], Turmregal [LOGITOWER, directindustry.de]

2.3.2 Klassifikation nach Automatisierungsgrad

Die Lagerklassifikation nach Automatisierungsgrad unterscheidet sich in manuelle, teilautomatisierte und vollautomatisierte Lager. Diese Einteilung richtet sich nach dem Grad der technischen Unterstützung bei der Lagerung, Entnahme und Verwaltung der Waren.

Manuelle Lager sind die einfachste Form, bei der sämtliche Prozesse durch menschliche Arbeitskraft durchgeführt werden. Hier erfolgt die Einlagerung, Entnahme und Verwaltung der Bestände ohne den Einsatz automatisierter Systeme. Transportmittel wie Gabelstapler oder Handhubwagen können zur Unterstützung verwendet werden, doch die Steuerung bleibt in der Verantwortung der Lagerarbeiter. Manuelle Lager bieten eine hohe Flexibilität und niedrige Investitionskosten, erfordern jedoch mehr Personal und haben eine geringere Effizienz bei hohen Warenumschlagsraten. Diese Lagerform wird häufig in kleinen Betrieben oder für unregelmäßig benötigte Güter verwendet.

Teilautomatisierte Lager nutzen mechanische oder elektronische Systeme zur Unterstützung der Lagerprozesse, während die Steuerung weiterhin durch menschliche Bedienung erfolgt. Typische Beispiele sind Regalförderzeuge, automatische Förderbänder oder

computergestützte Lagerverwaltungssysteme. Diese Systeme reduzieren den Arbeitsaufwand und beschleunigen die Materialflüsse, während menschliche Eingriffe weiterhin notwendig bleiben. Diese Lagerform bietet eine gute Balance zwischen Effizienz und Investitionskosten und wird oft in Distributionszentren oder Produktionslagern eingesetzt.

Vollautomatisierte Lager sind hochgradig technisierte Systeme, in denen alle Lagerprozesse ohne manuelle Eingriffe ablaufen. Hier kommen automatisierte Regalbediengeräte, fahrerlose Transportsysteme (FTS), Robotersysteme und komplexe Lagerverwaltungssysteme zum Einsatz. Diese Lager ermöglichen eine präzise Steuerung, eine hohe Umschlaggeschwindigkeit und eine optimale Raumnutzung. Sie sind besonders für große Logistikzentren oder Hochregallager geeignet, in denen hohe Effizienz und schnelle Verfügbarkeit entscheidend sind. Allerdings sind die hohen Investitions- und Wartungskosten sowie die geringere Flexibilität bei unvorhersehbaren Änderungen Herausforderungen dieser Lagerform.

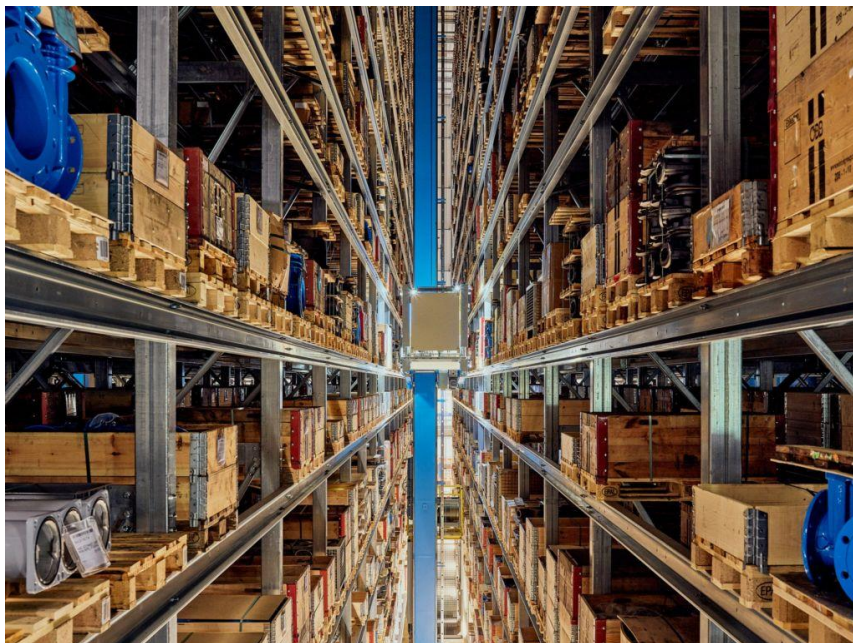


Abbildung 4: Vollautomatisiertes Hochregallager [dhf-magazin.com]

2.3.3 Klassifikation nach Materialflussprinzip

Das First In, First Out (FIFO)-Prinzip beschreibt eine Methode zur Organisation und Verarbeitung von Daten oder Waren, bei der das zuerst Eingebraachte auch als Erstes wieder entnommen oder verarbeitet wird. Dieses Konzept wird in vielen Bereichen angewendet, darunter Logistik, Rechnungswesen, Lagerhaltung und Informatik. In der Lagerhaltung bedeutet FIFO, dass Produkte in der Reihenfolge verkauft oder verbraucht werden, in der sie eingelagert wurden. Das ist besonders wichtig für verderbliche Waren, da so sichergestellt wird, dass ältere Artikel nicht überlagert oder unbrauchbar werden.

Analog dazu beschreibt das Last In, First Out (LIFO)-Prinzip eine Methode zur Organisation und Verarbeitung von Daten oder Waren, bei der das zuletzt Eingebachte als Erstes wieder entnommen oder verarbeitet wird. Dieses Konzept findet vor allem in der Informatik, Lagerhaltung und Buchhaltung Anwendung. In der Lagerhaltung kann LIFO bedeuten, dass neu eingetroffene Waren vor älteren entnommen werden. Dies kann sinnvoll sein, wenn Waren nicht verderblich sind oder wenn die Lagerorganisation es erfordert. Allerdings kann es dazu führen, dass ältere Produkte lange liegen bleiben. Das Prinzip ist somit für Produkte mit hoher Umschlaghäufigkeit, wie Baustoffe, geeignet.

Die chaotische Lagerhaltung ist ein modernes System zur Organisation von Waren in einem Lager, bei dem die Artikel nicht festen Lagerplätzen zugewiesen werden, sondern dynamisch an beliebigen freien Plätzen eingelagert werden. Trotz des Namens ist dieses System keineswegs ungeordnet, sondern basiert auf einem computergestützten Verwaltungssystem, das jederzeit den genauen Standort jeder Ware kennt.

Das Prinzip der chaotischen Lagerhaltung wird vor allem in großen Logistikzentren und bei Unternehmen wie Amazon eingesetzt, da es viele Vorteile bietet. Einer der größten Vorteile ist die optimale Nutzung des vorhandenen Lagerraums. Da neue Waren einfach dort eingelagert werden, wo gerade Platz ist, werden Leerflächen minimiert. Zudem können Waren schneller einsortiert und entnommen werden, da das System automatisch den nächstgelegenen freien Platz vorschlägt.

Ein weiterer Vorteil ist die Flexibilität. Wenn sich der Bestand eines bestimmten Produkts ändert oder neue Produkte hinzukommen, müssen keine festen Plätze umorganisiert werden. Zudem ermöglicht die chaotische Lagerhaltung eine bessere Verteilung häufig benötigter Artikel im Lager, wodurch Laufwege für Mitarbeiter oder Roboter optimiert werden.

Allerdings ist dieses System stark von einer zuverlässigen digitalen Verwaltung abhängig. Ohne eine funktionierende Lagerverwaltungssoftware wäre es nahezu unmöglich, Artikel wiederzufinden. Daher erfordert die chaotische Lagerhaltung eine präzise Erfassung und Verfolgung aller Ein- und Auslagerungen.

2.3.4 Klassifikation nach Lagerumgebung

In einem Normallager werden Waren unter normalen Umgebungsbedingungen gespeichert, also ohne spezielle Klima- oder Sicherheitsvorkehrungen. Das bedeutet, dass weder Temperatur noch Luftfeuchtigkeit besonders reguliert werden und auch keine besonderen Schutzmaßnahmen gegen äußere Einflüsse wie Licht oder Staub notwendig sind.

Normallager sind für Produkte geeignet, die keine empfindlichen Lagerbedingungen erfordern. Dazu gehören beispielsweise viele trockene, haltbare Waren, Werkzeuge, Textilien, Papierprodukte oder Verpackungsmaterialien.

Ein Vorteil eines Normallagers ist seine einfache und kostengünstige Verwaltung, da keine aufwendige Klimaregelung erforderlich ist. Allerdings sind die dort gelagerten Waren den natürlichen Umwelteinflüssen ausgesetzt, sodass es beispielsweise bei starken Temperaturschwankungen oder hoher Luftfeuchtigkeit zu Beeinträchtigungen kommen kann.

Im Gegensatz dazu stehen Speziallager wie Kühllager oder Gefahrstofflager, die spezifische Bedingungen für verderbliche oder gefährliche Güter bieten müssen.

Ein Kühllager ist ein spezielles Lager, in dem Waren unter kontrollierten, niedrigen Temperaturen gelagert werden, um ihre Haltbarkeit zu verlängern und ihre Qualität zu erhalten. Diese Art von Lager wird vor allem für verderbliche Waren wie Lebensmittel, Medikamente, chemische Produkte oder bestimmte technische Bauteile genutzt.

Je nach Temperaturbereich unterscheidet man verschiedene Arten von Kühllagern:

- Normale Kühllager halten Temperaturen zwischen 0 °C und +15 °C und werden beispielsweise für frisches Obst, Gemüse, Milchprodukte oder Getränke verwendet.
- Tiefkühllager arbeiten mit Temperaturen von -18 °C oder kälter und sind für tiefgefrorene Lebensmittel wie Fleisch, Fisch oder Fertiggerichte gedacht.
- Spezialkühllager mit individuell regulierten Temperaturen werden etwa für pharmazeutische Produkte genutzt, die oft sehr empfindlich auf Temperaturschwankungen reagieren.

Ein Kühllager erfordert eine zuverlässige Kühltechnik und eine präzise Temperaturüberwachung, um Schwankungen zu vermeiden, die die gelagerten Waren beschädigen könnten. Zudem sind oft spezielle Isolierungen und Luftfeuchtigkeitssysteme notwendig, um Schimmelbildung oder Austrocknung zu verhindern.

Ein Gefahrstofflager ist eine speziell gesicherte Lagerstätte, die für die Aufbewahrung von gefährlichen Stoffen vorgesehen ist. Dazu gehören unter anderem entzündliche, giftige, ätzende oder umweltgefährdende Substanzen, die besondere Sicherheitsmaßnahmen erfordern. Diese Lager müssen strengen gesetzlichen Vorschriften entsprechen, um Gefahren für Mensch, Umwelt und Sachwerte zu minimieren.

Je nach Art der gelagerten Gefahrstoffe gibt es unterschiedliche Lagerkonzepte:

- Lager für entzündliche Stoffe benötigen explosionsgeschützte Bereiche und Belüftungssysteme.
- Chemikalienlager müssen oft getrennte Bereiche für verschiedene Stoffgruppen haben, um gefährliche Reaktionen zu verhindern.
- Giftstofflager erfordern spezielle Sicherheitsmaßnahmen, wie abschließbare Schränke und Kennzeichnungspflichten.

- Umweltgefährdende Stoffe wie Öle oder Säuren werden oft in speziellen Auffangwannen gelagert, um Leckagen aufzufangen.

Ein Gefahrstofflager muss mit entsprechenden Schutzmaßnahmen ausgestattet sein, darunter Brandschutzvorkehrungen, Belüftungssysteme, Sicherheitskennzeichnungen und Notfallpläne. Zudem müssen Mitarbeiter speziell geschult sein, um den sicheren Umgang mit den Stoffen zu gewährleisten.



Abbildung 5: Kühllager [frischelogistic.com], Gefahrstofflager [fladafi.de]

2.4 Zusammenstellung und Auswertung der Ergebnisse

Die vorliegende Patentrecherche untersucht den aktuellen Stand der Technik im Bereich intelligenter Lagersysteme. Dabei wurden automatisierte Technologien sowie moderne Ansätze mit künstlicher Intelligenz (KI), dem Internet der Dinge (IoT), Robotik und Big Data-Analysen betrachtet, die zur Effizienzsteigerung in der Lagerlogistik beitragen. Insgesamt wurden über 200 relevante Patente identifiziert, aus denen eine Auswahl vorgestellt wurde.

Zusätzlich wurde eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt, die automatisierte und intelligente Lagersysteme darstellt. Die Fachliteratur behandelt Themen wie Lager- und Materialflussplanung, KI in der Logistik und automatisierte Kommissioniersysteme. Zudem wurde

eine Systematisierung von Lagerungssystemen nach Struktur, Automatisierungsgrad und Materialflussprinzip vorgenommen.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Trend in der Lagerlogistik verstärkt in Richtung Automatisierung, Digitalisierung und Effizienzsteigerung geht. Besonders IoT, KI und Robotik haben das Potenzial, die Lagerverwaltung revolutionär zu verändern. Die analysierten Patente verdeutlichen die Vielseitigkeit der technologischen Entwicklungen, von innovativen Regalstrukturen bis hin zu komplexen, automatisierten Lagersystemen.

Herausforderungen bestehen in der Implementierung solcher Systeme, insbesondere hinsichtlich der hohen Investitionskosten und der Anpassung bestehender Lagerinfrastrukturen. Dennoch bieten automatisierte Lagersysteme enorme Vorteile, darunter:

- **Effizienzsteigerung** durch optimierte Lagerprozesse und reduzierte manuelle Eingriffe
- **Kosteneinsparungen** durch weniger Personalaufwand und optimierte Raumnutzung
- **Flexibilität und Skalierbarkeit** durch modulare und anpassbare Lagerlösungen
- **Sicherheit und Präzision** durch automatisierte Überwachung und Steuerung

Insgesamt bestätigt die Patentrecherche, dass der Bereich automatisierter, intelligenter Lagersysteme eine zentrale Rolle in der modernen Logistik einnimmt. Unternehmen, die auf digitale Lagertechnologien setzen, können von diesen Entwicklungen profitieren und ihre Wettbewerbsfähigkeit langfristig steigern.

3 Konzeption zu Lagerungssystemvarianten

3.1 Analyse möglicher Lagerungssysteme für Kleinteile

Die Lagerung von Kleinteilen erfordert eine durchdachte Organisation, um schnellen Zugriff, Übersichtlichkeit und Platzoptimierung zu gewährleisten. In Abbildung 6 sind einige der gängigsten Lagerungssysteme für Kleinteile dargestellt. Sie werden im folgenden Beschrieben.

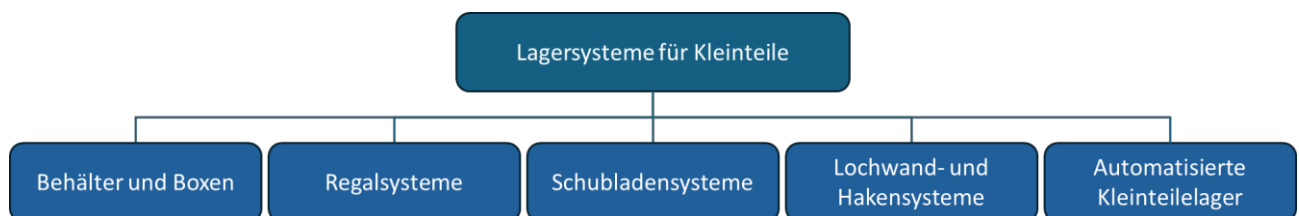


Abbildung 6: Einteilung von Lagersystemen für Kleinteile

Kleinteile können in Behältern, Boxen und selten auch Taschen aufbewahrt werden, die in Regalen, Schränken oder auf Arbeitsplätzen angeordnet sind. Die Behälter bestehen meist aus Karton, Kunststoff oder Metall und sind meist in Regalsysteme integriert. Typische Varianten sind stapelbare Behälter, Sichtlagerkästen und Schubladenboxen. Behälterlager sind

modular aufgebaut, ermöglichen eine strukturierte Aufbewahrung und können flexibel an unterschiedliche Anforderungen angepasst werden. Sie schützen die Kleinteile vor Staub, Schmutz und Feuchtigkeit. Sie erleichtern zudem den Transport und die Kommissionierung von Kleinteilen. Je nach Behältersystem kann der Zugriff auf tief gelagerte Teile erschwert sein, und bei schlechter Organisation kann es zu Platzverschwendung kommen. Meist ist dadurch eine zusätzliche Beschriftung bspw. in Form einer Farbkennzeichnung notwendig. Diese Lagerform findet sich häufig in der Automobilindustrie, Elektronikfertigung und in Handwerksbetrieben, wo eine geordnete Lagerung vieler kleiner Bauteile erforderlich ist.

Kleinteile können auch in Regalen mit festen oder variablen Lagerplätzen aufbewahrt werden. Solche Regallager für Kleinteile bestehen meist aus Metall, Holz oder Kunststoff und sind häufig in Form von Fachbodenregalen, Durchlaufregalen oder Kragarmregalen erhältlich. Ein Regallager ist kostengünstig, einfach aufzubauen und flexibel in der Nutzung. Es ermöglicht eine schnelle manuelle Entnahme und eignet sich für die Aufnahmen einer großen Anzahl an Kleinteilen. Mit einem Kleinteilregal kann auf kleiner Fläche viel Lagerkapazität geschaffen werden. Bei schlechter Organisation werden die Regale jedoch schnell unübersichtlich und das Auffinden von Teilen wird schwieriger. Zudem sind die Teile nicht vor Staub oder sonstigen Umgebungseinflüssen geschützt. Dieses System wird häufig in Werkstätten, Lagerräumen von Einzelhändlern sowie in Produktionsbetrieben mit manuellem Zugriff auf Kleinteile genutzt.

Schubladensysteme sind besonders für kleine Bauteile oder Werkzeuge geeignet. Diese ermöglichen eine strukturierte Aufbewahrung mit schneller Zugänglichkeit, wie bspw. Werkzeug- und Apothekerschränke. Es existieren auch spezielle Kleinteilmagazine. Schubladensysteme bieten eine staubgeschützte Lagerung, eine übersichtliche Sortierung und einen schnellen Zugriff auf häufig genutzte Kleinteile. Zudem lassen sich die Schubladen durch Trennfächer individuell und platzsparend anpassen. Eine Automatisierung ist jedoch nur bedingt möglich, da zur Entnahme der Teile die Schubladen geöffnet werden müssen. Die Schubladen stellen im Vergleich zu Regalsystemen höhere Anschaffungskosten dar. Diese Systeme finden sich häufig in Laboren, Werkstätten und Apotheken, wo eine präzise und griffbereite Lagerung kleiner Artikel notwendig ist.

Computergesteuerte, automatisierte Kleinteilelager (AKL) nutzen Roboter oder Fördertechnik, um Kleinteile schnell bereitzustellen. Typische AKL sind Shuttle-Lager und Paternosterregale. Während Shuttle-Lager mit computergesteuerten Transportfahrzeugen arbeiten, setzen Paternosterregale auf eine vertikale Rotation, um den benötigten Behälter nach vorne zu bringen. Diese Systeme ermöglichen eine hohe Lagerdichte, eine schnelle Entnahme und eine präzise Bestandskontrolle. Durch Automatisierung wird die Fehlerquote bei der Entnahme reduziert,

und der Platzbedarf ist meist geringer als bei klassischen Regalsystemen. Die Anschaffungskosten sind hoch, und die Implementierung erfordert eine genaue Planung. Zudem kann es bei technischen Störungen zu Verzögerungen im Betrieb kommen. AKLs werden häufig in großen Logistikzentren, der Automobilbranche und der Medizintechnik eingesetzt, wo eine hohe Effizienz und eine schnelle Bereitstellung von Kleinteilen erforderlich sind.



Abbildung 7: Schubladenregal für Kleinteile [Ricardo.ch], Paternosterregal [Logistik-Xtra.de]

Fazit

Die Wahl des richtigen Lagerungssystems hängt von den spezifischen Anforderungen ab. Für hohe Zugriffsgeschwindigkeit eignen sich Regale oder Sichtlagerkästen, während Schubladensysteme und Boxen mehr Schutz bieten. Automatisierte Lösungen sind ideal für große

Mengen, jedoch mit höheren Kosten verbunden. Eine Übersicht von Lagersystemen ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Übersicht von Lagersystemen für Kleinteile

Kriterium	Kisten & Boxen	Regale	Schubladen	AKL
Zugriffs-geschwindigkeit	Gering	Hoch	Mittel	Hoch
Schutz der Kleinteile	Hoch	Gering	Hoch	Hoch
Flexibilität	Mittel	Hoch	Hoch	Hoch
Lagerkapazität	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch
Übersicht	Gering	Hoch	Mittel	Hoch
Zus. Beschriftung notwendig	Ja	Ja	Ja	Nein
Platzbedarf	Gering	Gering	Gering	Gering
Automatisierbarkeit	Gering	Gering	Gering	Hoch
Wartung	Gering	Gering	Gering	Hoch
Kosten	Gering	Gering	Mittel	Hoch

3.2 Analyse zu möglichen Transportsystemen

Effiziente Transportsysteme sind ein zentraler Bestandteil moderner Lagersysteme. Sie ermöglichen einen reibungslosen Materialfluss, reduzieren manuelle Transportaufwände und steigern die Produktivität. Die Wahl des richtigen Transportsystems hängt von verschiedenen Faktoren ab, darunter Lagerlayout, Transportgut, Automatisierungsgrad und Investitionskosten. In dieser Analyse werden verschiedene Transportsysteme betrachtet, die in Lagersystemen eingesetzt werden können, ihre Vor- und Nachteile sowie typische Einsatzgebiete beschrieben.

Hängeförderer sind Förderanlagen, bei denen Lasten an einer schienengeführten Konstruktion aufgehängt werden. Sie ermöglichen einen automatisierten und platzsparenden Transport von Gütern über Kopfhöhe und werden häufig in der Automobil- und Textilindustrie eingesetzt. Die Fördertechnik kann manuell, halbautomatisch oder vollautomatisch betrieben werden. Durch den Einsatz von Ketten, Rollen oder Elektrohängebahnen wird eine kontinuierliche Bewegung gewährleistet. Hängeförderer bieten eine hohe Flexibilität bei der Streckenführung, da sie sowohl horizontale als auch vertikale Richtungswechsel ermöglichen. Das System ist für den

Transport für eine Vielzahl an Warentypen geeignet. Diese können klein und empfindlich oder groß und sperrig sein. Dem stehen begrenzte Traglasten und ein hohe Installations- und Wartungskosten gegenüber.

Palettenförderer sind speziell für den Transport von Paletten oder schweren Lasten konzipierte Fördersysteme. Sie bestehen aus Rollenbahnen, Kettenförderern oder Plattenbändern, die eine gleichmäßige Bewegung der Paletten ermöglichen. Diese Systeme kommen häufig in der Logistik, in Warenlagern und in der Produktionsversorgung zum Einsatz. Sie können manuell bedient oder in automatisierte Lager- und Transportsysteme integriert werden. Durch den modularen Aufbau lassen sich Palettenförderer an verschiedene Produktions- und Lagerbedingungen anpassen. Nachteilig ist die eingeschränkte Flexibilität, da sie nur für den Transport von standardisierten Paletten geeignet sind. Zudem sind die Anschaffungskosten und der Platzbedarf sehr groß.

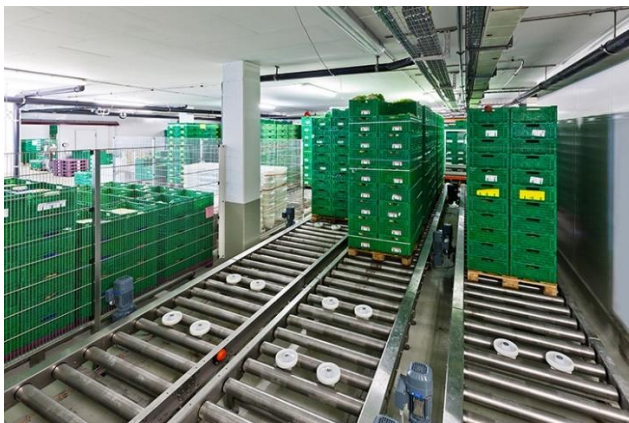


Abbildung 8: Hängeförderer [Repetico.de], Palettenförderer [ffag.ch]

Autonome Mobile Roboter (AMR) sind intelligente, selbstständig agierende Transportfahrzeuge, die sich flexibel in dynamischen Umgebungen bewegen können. Sie nutzen Sensoren, Kameras und künstliche Intelligenz zur Navigation und Hinderniserkennung. AMRs werden häufig in der Logistik, in Produktionshallen und im Gesundheitswesen eingesetzt, um Waren und Materialien effizient zu transportieren. Im Gegensatz zu klassischen fahrerlosen

Transportsystemen benötigen sie keine festen Fahrwege, sondern passen ihre Route in Echtzeit an. Dies erhöht die Flexibilität und Effizienz in dynamischen Arbeitsumgebungen. Für größere Lager kann das System kurzerhand hochskaliert werden, indem mehrere AMR als Flotte eingesetzt werden. Dabei bedarf der AMR nur wenig Platz, da bis auf einer Ladestation keine weiteren Installationen notwendig sind. Nachteilig sind die hohen Investitionskosten und die regelmäßige Wartung. Zudem muss eine Integration des Systems in die vorherrschenden IT-Systeme stattfinden, was zu Schwierigkeiten bei der Implementierung und somit im Gesamtprozess im Unternehmen führen kann.

Fahrerlose Transportsysteme (FTS) bestehen aus automatisierten Fahrzeugen, die Material effizient innerhalb eines Betriebs ohne menschliche Steuerung transportieren. Sie bewegen sich entlang vordefinierter Routen, die durch Magnetstreifen, Laser oder GPS gesteuert werden. Diese Routen können dementsprechend bei Bedarf flexibel angepasst werden. Diese Systeme werden vor allem in der Industrie, Lagerlogistik und in Krankenhäusern zur effizienten Materialbereitstellung eingesetzt. FTS können mit anderen Automatisierungstechnologien kombiniert werden, um einen durchgängigen Materialfluss zu gewährleisten. Sie tragen zur Reduzierung von Arbeitskosten und Fehlerquoten bei, erfordern aber eine sorgfältige Infrastrukturplanung. Im Vergleich zum AMR liegen die Anschaffungskosten und der Wartungsaufwand höher, wobei die Fahrgeschwindigkeiten höher sind.

Schienengebundene Fördertechnik umfasst Transportsysteme, die sich entlang fester Schienen bewegen, wie z. B. Einschienenbahnen, Flurförderzüge oder automatische Lagersysteme. Diese Technik wird oft in Fertigungsstraßen (bspw. Automobil), Hochregallagern und Minen verwendet. Durch die feste Spurführung ermöglichen sie eine präzise, sichere und zuverlässige Beförderung schwerer Lasten. Sie bieten eine hohe Transportkapazität und können energieeffizient vollautomatisch oder halbautomatisch betrieben werden. Der Hauptnachteil sind die hohen Installationskosten und die geringe Flexibilität, da Änderungen der Strecke aufwendig und kostspielig sind.

Förderbänder sind kontinuierliche Transportsysteme, die Materialien oder Produkte über kurze bis mittlere Distanzen bewegen. Sie bestehen meist aus einem umlaufenden Band, das auf Rollen oder Trommeln läuft. Diese wartungsarme Technik wird in nahezu allen Branchen eingesetzt, von der Lebensmittelindustrie über den Bergbau bis hin zur Logistik. Förderbänder ermöglichen einen kontinuierlichen, automatisierten Materialfluss mit geringem Energieaufwand. Sie können horizontal, schräg oder vertikal verlaufen und je nach Anwendung unterschiedliche Bandmaterialien nutzen. Dabei ist ein hoher Platzbedarf nötig und die Systeme sind in ihrer Flexibilität eingeschränkt.



Abbildung 9: AMR in einem Logistiklager [advantech.com], Förderband [Forbo Siegling GmbH, Directindustry.de]

Fazit

Die Wahl des optimalen Transportsystems hängt stark von den spezifischen Anforderungen des Lagers ab.

- **Hängeförderer** sind ideal für empfindliche oder sperrige Waren und nutzen den Raum effizient.
- **Palettenförderer** eignen sich für den Schwerlast-Transport in Hochregallagern und Produktionsbetrieben.
- **Roboter** bieten die höchste Flexibilität für dynamische Lagersysteme.
- **FTS** ermöglichen einen automatisierten Materialtransport auf flexiblen Routen.
- **Schienegebundene Systeme** sind für den Transport großer Mengen geeignet.

- **Förderbänder** bieten eine effiziente Lösung für den kontinuierlichen Warentransport.

Die Entscheidung hängt von den spezifischen Anforderungen an Effizienz, Platzbedarf und Kosten ab. Eine Übersicht der Systeme ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Vergleich der Transportsysteme

Kriterium	Hänge-förderer	Paletten-förderer	AMR	FTS	Schie-nen-för-derer	Förder-bänder
Platzbedarf	Gering	Hoch	Gering	Mittel	Hoch	Hoch
Flexibilität	Mittel	Gering	Hoch	Hoch	Gering	Gering
Tragfähigkeit	Niedrig	Hoch	Mittel	Mittel	Hoch	Mittel
Automatisie-rung	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch
Kapazität	Hoch	Hoch	Mittel	Mittel	Hoch	Hoch
Wartung	Mittel	Gering	Hoch	Mittel	Hoch	Gering
Kosten	Mittel	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	Mittel

3.3 Analyse möglicher Größen und Gewichte der zu Transportierenden Bauteile

Ein effizientes Lagersystem ist essenziell, um den täglichen Betrieb reibungslos zu gestalten. Ersatzteile und Werkstattmaterialien müssen systematisch gelagert werden, damit sie schnell und einfach zugänglich sind. Eine klare Einteilung der Teile nach Größe und Gewicht erleichtert nicht nur die Organisation, sondern optimiert auch die Nutzung des verfügbaren Lager-raums und verbessert die Arbeitssicherheit.

In dieser Analyse werden die möglichen Größen und Gewichte der gelagerten Teile in drei Kategorien eingeteilt: Kleinteile, Mittlere Teile und Große Teile. Jede Kategorie wird anhand typischer Beispiele, spezifischer Lageranforderungen und logistischer Überlegungen detailliert beschrieben.

Kleinteile

Kleinteile sind durch ihre geringe Größe und ihr geringes Gewicht charakterisiert. Sie treten häufig in großen Mengen auf und zeichnen sich durch eine hohe Umschlagshäufigkeit aus. Typischerweise handelt es sich dabei um Ersatz- und Verbrauchsteile, die regelmäßig benötigt werden. Dank ihrer einfachen Handhabung erfordern sie keine speziellen Hebevorrichtungen, was ihre Nutzung und Lagerung besonders praktisch macht.

Zu den typischen Vertretern dieser Kategorie gehören mechanische Verbindungselemente wie Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben, aber auch elektrische Bauteile wie Sicherungen, Relais und Steckverbindungen. Darüber hinaus zählen Zündkerzen, Glühbirnen und Dichtungen ebenso zu den Kleinteilen wie kleine Sensoren, beispielsweise Temperatursensoren. Auch diverse Filterarten, darunter ÖlfILTER, Luftfilter und Innenraumfilter, fallen in diese Gruppe. Die Größen- und Gewichtsspanne von Kleinteilen variiert, bleibt jedoch meist in einem überschaubaren Rahmen. In der Regel haben sie eine maximale Länge von etwa 20 cm und wiegen nicht mehr als ein Kilogramm.

Für die Lagerung von Kleinteilen gibt es verschiedene Möglichkeiten, die sich nach Art und Menge der Teile richten. Sortierkästen und Schubladensysteme sind ideal für kleine Elemente wie Schrauben, Dichtungen und Sicherungen, da sie eine geordnete Aufbewahrung ermöglichen. Regalfächer mit Boxen eignen sich besonders für häufig genutzte Ersatzteile, die schnell griffbereit sein müssen. In großen Lagern mit einer hohen Anzahl an Kleinteilen kommen oft automatische Kleinteilelager (AKL) zum Einsatz, die eine effiziente und schnelle Entnahme ermöglichen. Eine klare Kennzeichnung und Etikettierung aller Lagerplätze ist dabei essenziell, um eine zügige Identifikation und Nachbestellung der Teile zu gewährleisten.

Mittlere Teile

Mittelgroße Bauteile sind im Vergleich zu klassischen Kleinteilen größer und schwerer, bleiben jedoch noch handlich genug, um ohne spezielle Hebevorrichtungen bewegt zu werden. Sie umfassen Komponenten, die regelmäßig ausgetauscht oder repariert werden müssen und nehmen daher einen wichtigen Platz im Ersatzteilmanagement ein. Aufgrund ihrer Maße und ihres Gewichts erfordern sie häufig mehr Platz und spezielle Lagerlösungen, um eine effiziente Handhabung zu gewährleisten.

Typische Beispiele für diese Bauteile sind Bremsbeläge und Bremsscheiben, die zu den häufig benötigten Verschleißteilen gehören. Darüber hinaus zählen auch größere Fahrzeugkomponenten wie Anlasser, Lichtmaschinen, Stoßdämpfer und Federbeine zu dieser Gruppe. Auch verschiedene Antriebs- und Motorteile wie Keilriemen, Zahnriemen, Kraftstoffpumpen und Motorsteuergeräte fallen darunter. Ergänzt wird die Liste durch Kühler und Lüfter, die essenzielle Bestandteile vieler Fahrzeuge und Maschinen sind.

Die Größen- und Gewichtsspanne dieser Bauteile liegt typischerweise zwischen 20 cm und 80 cm in der Länge, während das Gewicht zwischen 1 kg und 20 kg variiert. Diese Bandbreite macht eine gut durchdachte Lagerstrategie erforderlich, um eine sichere und effiziente Entnahme und Bereitstellung zu ermöglichen.

Für die Lagerung eignen sich verschiedene Systeme, abhängig von der Beschaffenheit der Bauteile. Kompakte Komponenten wie Bremsbeläge oder Anlasser lassen sich ideal in Regalsystemen mit Fachböden unterbringen. Empfindliche Teile wie Motorsteuergeräte werden am

besten in stapelbaren Kunststoffboxen aufbewahrt, um sie vor äußeren Einflüssen zu schützen. Für schwerere Bauteile bieten sich robuste Schwerlastregale an, die eine sichere Lagerung gewährleisten. Alternativ können Kartons oder Kisten verwendet werden, um empfindliche Bauteile vor Staub und mechanischen Beschädigungen zu schützen.

Ein entscheidender Faktor bei der Lagerung dieser mittelschweren Teile ist die ergonomische Erreichbarkeit. Um die Sicherheit und den Komfort der Mitarbeiter zu gewährleisten, sollten schwerere Bauteile so gelagert werden, dass sie ohne übermäßige körperliche Belastung entnommen werden können. Eine clevere Anordnung innerhalb des Lagers trägt dazu bei, den Arbeitsablauf effizient und sicher zu gestalten.

Große Teile

Große, sperrige oder besonders schwere Bauteile stellen eine besondere Herausforderung in der Lagerhaltung dar. Sie nehmen viel Platz in Anspruch, sind oft nur für spezielle Reparaturen erforderlich und werden daher seltener bewegt als kleinere Ersatzteile. Da sie in der Regel nicht für den täglichen Zugriff benötigt werden, ist eine strategische Lagerung essenziell, um Platz optimal zu nutzen und gleichzeitig einen schnellen Zugriff bei Bedarf zu gewährleisten.

Typische Vertreter dieser Kategorie sind große Karosserie- und Antriebskomponenten. Dazu gehören Motorhauben, Kotflügel und Türen sowie Stoßstangen und Seitenschweller. Auch Windschutz- und Heckscheiben fallen in diese Gruppe, da sie sowohl sperrig als auch empfindlich sind. Weitere Beispiele sind komplette Auspuffanlagen, Achsen, Kardanwellen sowie Reifen und Felgen. Besonders schwere Bauteile wie Getriebe und Motoren stellen hohe Anforderungen an die Lagerlogistik, da sie oft nur mit geeigneten Hebevorrichtungen bewegt werden können.

Die Größen- und Gewichtsspanne dieser Teile beginnt in der Regel bei einer Länge von über 80 cm, während das Gewicht häufig 20 kg übersteigt. Aufgrund dieser Dimensionen ist eine spezielle Lagerlösung erforderlich, die nicht nur den Platzbedarf optimiert, sondern auch die Sicherheit und Ergonomie für die Mitarbeitenden berücksichtigt.

Für die Lagerung bieten sich verschiedene Systeme an, die auf die jeweiligen Anforderungen der Bauteile zugeschnitten sind. Schwere Baugruppen wie Motoren und Getriebe werden häufig in Palettenregalen gelagert, da diese eine stabile und platzsparende Unterbringung ermöglichen. Karosserieteile wie Türen und Stoßstangen eignen sich für Hängeregale oder Wandhalterungen, um sie sicher und geordnet aufzubewahren. Nicht stapelbare Großteile können auf Paletten am Boden gelagert werden, während empfindliche Glasbauteile wie Windschutzscheiben spezielle Gestelle benötigen, um Bruch und Beschädigungen zu vermeiden.

Zusätzlich sind besondere Anforderungen an die Lagerhaltung zu beachten. Die ergonomische Entnahme schwerer Bauteile sollte durch den Einsatz von Hebehilfen oder Staplern erleichtert werden, um Verletzungsrisiken für Mitarbeitende zu minimieren. Eine durchdachte

Platzoptimierung stellt sicher, dass große Teile zwar leicht zugänglich sind, aber nicht unnötig Lagerfläche blockieren. Schließlich sind Sicherheitsaspekte essenziell: Spezielle Halterungen für Karosserieteile und Glasbauteile verhindern ein Umkippen oder eine Beschädigung, was sowohl die Haltbarkeit der Bauteile als auch die Sicherheit im Lager gewährleistet.

Fazit

Durch die Unterteilung in Kleinteile, Mittlere Teile und Große Teile kann das Lagersystem optimal strukturiert werden. So wird eine effiziente Lagerung ermöglicht, die sowohl den Platzbedarf, die Häufigkeit der Nutzung als auch Umweltfaktoren und Ergonomie berücksichtigt. Für eine Automobilwerkstatt sollten dementsprechend folgende Aspekte befolgt werden:

1. Häufig genutzte Teile sollten in oder nahe an der Werkstatt gelagert werden, selten benötigte oder sperrige Teile können in Bereichen eingelagert werden, die seltener frequentiert werden. Reifen werden beispielsweise nur selten gewechselt, dementsprechend können solche Lagerstätten in einem Nebengebäude liegen.
2. Verschiedene Bauteile sind empfindlich gegenüber unterschiedlichen Umweltfaktoren. Elektronische Bauteile brauchen trockene, staubfreie Lagerung. Reifen und Gummitteile hingegen sollten unbedingt vor UV-Licht geschützt werden. Flüssigkeiten wie Öle oder Bremsflüssigkeiten müssen gegen Auslaufen abgesichert werden, um große Umweltschäden zu vermeiden.
3. Zur Schonung der Mitarbeiter und der Vorbeugung von Verletzungen sollten ergonomische und sicherheitstechnische Kriterien beachtet werden. Schwere Teile sollten rückschonend entnommen werden können. Auch Hilfsmittel wie Kräne oder Exoskelette führen dazu, dass Mitarbeiter akute und chronische Verletzungen des Bewegungsapparates vermeiden. Außerdem sollten Gefahrstoffe sicher und verschlussfest gelagert werden. Hierdurch wird eine Verletzung durch Vergiftungen und Verätzungen durch bspw. auslaufenden Batterien oder austretenden Gasen von Lackierungsmitteln vorgebeugt.
4. Für einen optimalen Arbeitsablauf sollten Automatisierungslösungen gewählt werden, die dem Anwendungsbereich gerecht werden. Somit können Prozesse optimiert und Lagerbestände bedarfsgerecht verwaltet werden. Dies ermöglicht es dem Arbeitgeber, die körperliche Belastung der Mitarbeiter zu senken. Außerdem können sie durch die freiwerdende Zeit wertschöpfenden Tätigkeiten nachgehen, was wiederum zum langfristigen Erfolg des Unternehmens beiträgt.

4 Untersuchung von Steuerungstechnischen Schnittstellen

4.1 Analyse zu Stückgutererkennung

Die Stückgutererkennung bezeichnet die automatische oder manuelle Identifikation einzelner Packstücke oder Transportgüter innerhalb der Logistik, Produktion und Qualitätssicherung. Dabei geht es darum, einzelne Güter zu erfassen, zuzuordnen und zu verfolgen. Für die Erkennung von Stückgut existieren verschiedene, im folgenden Beschriebene Methoden.

Barcode

Ein Barcode (Strichcode) ist eine optische, maschinenlesbare Darstellung von Daten, die üblicherweise zur Identifikation von Produkten genutzt wird. Er besteht aus einer Abfolge von Strichen und Zwischenräumen mit unterschiedlicher Breite, die von einem Scanner gelesen werden können. Bekannte Varianten sind der klassische 1D-Barcode (z. B. EAN-Code) und der 2D-Barcode (z. B. QR-Code).

RFID (Radio Frequency Identification)

RFID ist eine Technologie zur drahtlosen Identifikation von Objekten oder Personen mithilfe von Funkwellen. Ein RFID-System besteht aus einem Transponder (RFID-Tag) und einem Lesegerät. Die Daten werden über elektromagnetische Wellen ausgelesen und erfordern keinen direkten Sichtkontakt.

NFC (Near Field Communication)

NFC ist eine spezielle Form der RFID-Technologie mit einer kurzen Reichweite von wenigen Zentimetern. Sie wird häufig für mobile Zahlungssysteme, Zugangskontrollen und Datenaustausch zwischen Geräten verwendet. NFC ermöglicht bidirektionale Kommunikation zwischen zwei NFC-fähigen Geräten.

QR-Code

Ein QR-Code (Quick Response Code) ist eine zweidimensionale Barcode-Variante, die mehr Daten als ein herkömmlicher Strichcode speichern kann. QR-Codes werden häufig für Marketing, Produktverfolgung und digitale Zahlungen eingesetzt.

Optische Zeichenerkennung (OCR)

Die optische Zeichenerkennung (OCR) ermöglicht die automatische Erfassung von gedrucktem oder handschriftlichem Text. OCR-Technologie wird oft für Dokumentenverarbeitung und automatische Nummernerkennung verwendet.

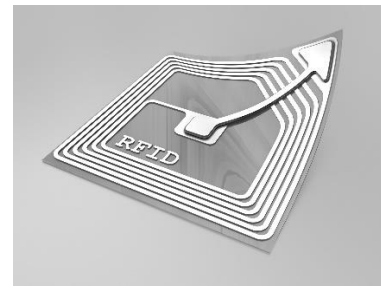


Abbildung 10: QR-Code [cetex.de], Barcode [sagedata.com], RFID-Chipgrundlage [globalits.bh]

Fazit

Die Verwendung einer Stückguterkenennung erhöht die Effizienz in der Lager- und Transportverwaltung, reduziert Fehler durch eine automatische Identifikation, verbessert die Nachverfolgbarkeit und Transparenz und reduziert und beschleunigt manuelle Arbeitsschritte. Hierdurch werden Abläufe automatisiert, zuverlässiger und effizienter gestaltet, wovon anwendende Unternehmen in Form robuster gegenüber finanziellen, personellen und industriellen Problemen werden. In Tabelle 3 werden die verschiedenen Methoden zusammengefasst dargestellt.

Die Wahl der passenden Technologie hängt stark vom jeweiligen Anwendungsfall ab. Barcodes und QR-Codes sind kostengünstige und bewährte Methoden für einfache Identifikationszwecke. RFID bietet mehr Flexibilität und Automatisierungsmöglichkeiten, ist aber teurer. NFC ist ideal für sichere, kontaktlose Interaktionen auf kurze Distanz. OCR eignet sich besonders für die automatische Erfassung von Texten und Zahlen. Je nach Bedarf können diese Technologien auch kombiniert eingesetzt werden.

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Technologien

Merkmal	Barcode	RFID	NFC	QR-Code	OCR
Sichtkontakt	Erforderlich	Nicht erforderlich	Nicht erforderlich	Erforderlich	Erforderlich
Reichweite	Wenige Zentimeter	mehrere Meter (je nach Frequenz)	1–10 cm	Wenige Zentimeter	Abhängig von Bildqualität
Datenkapazität	Gering	Mittel bis hoch	Mittel	Hoch	Mittel
Mehrfacherfassung	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja
Sicherheit	Mittel (leicht kopierbar)	Mittel bis hoch	Hoch	Mittel	Mittel
Kosten	Sehr niedrig	Höher als Barcode	Höher als Barcode, aber	Niedrig	Mittel

			günstiger als RFID		
Häufige Anwen- dungen	Warenwirt- schaft, Logis- tik	Lagerverwal- tung, Zu- gangskontrol- len	Mobile Zah- lungen, Smart De- vices	Marketing, Produkt- verfolgung	Dokumentenerfas- sung

4.2 Erarbeitung von Varianten für eine Visualisierung

Bei der Erarbeitung der Visualisierung wird das Hauptaugenmerk auf den Benutzer und Benutzerfreundlichkeit gelegt. Dieser muss auf sämtliche prozessrelevante Parameter Einfluss nehmen können.

Varianten der Visualisierung

A. Dashboard-basierte Visualisierung

Startseite: Übersichtliches Dashboard mit Echtzeitdaten (Lagerbestand, Bestellungen, häufig genutzte Teile).

Farbcodierung: Grün für verfügbare Teile, Gelb für knappe Bestände, Rot für ausverkaufte Artikel.

Diagramme: Bestandsverläufe, häufig verwendete Ersatzteile, Bestellstatus.

Such- und Filterfunktion: Teile nach Kategorie, Hersteller oder Fahrzeugmodell suchen.

B. Interaktive Werkstattansicht

Werkstatt als interaktive Grafik: Jede Arbeitsstation ist markiert, und benötigte Teile werden mit Status angezeigt.

Drag & Drop Funktion: Mitarbeiter können Teile aus dem Lager einer Reparatur zuweisen.

Benachrichtigungen: Automatische Erinnerungen bei fehlenden oder nachbestellten Teilen.

C. Mobile App-Integration

Barcode-Scanner: Direktes Erfassen von Teilen bei Wareneingang oder Entnahme.

Push-Benachrichtigungen: Warnungen bei kritischen Beständen.

Offline-Modus: Basisfunktionen auch ohne Internetverbindung nutzbar.

Zugangsbeschränkungen und Berechtigungen

- Lagerpersonal: Volle Einsicht, kann Teile hinzufügen/entfernen, Bestellungen tätigen.
- Mechaniker: Kann Teile für Reparaturen reservieren, aber keine Bestellungen auslösen.
- Buchhaltung: Zugriff auf Bestellungen und Rechnungen, aber keine physischen Lagerbewegungen.
- Admin (Inhaber/Manager): Alle Rechte, einschließlich Benutzerverwaltung.

4.3 Erarbeitung einer Schnittstelle zwischen Warenmanagementsystem und Lagerverwaltung

Die Schnittstelle zwischen dem Warenmanagementsystem (WMS) und der Lagerverwaltung (LVS) dient der nahtlosen Kommunikation und Datenübertragung zwischen beiden Systemen. Ziel ist eine effiziente Bestandsverwaltung, Minimierung von Fehlern und Optimierung der logistischen Prozesse.

Die Schnittstelle ermöglicht folgende Funktionen:

Bestandsabgleich: Synchronisation der Lagerbestände zwischen WMS und LVS in Echtzeit.

Wareneingang: Automatische Erfassung neu eingegangener Waren und Aktualisierung des Bestands.

Warenausgang: Übertragung von Auslagerungsaufträgen aus dem WMS an das LVS.

Inventurabgleich: Vergleich und Abstimmung der physischen Lagerbestände mit den Buchbeständen.

Retourenmanagement: Erfassung und Verarbeitung von Rücksendungen.

Meldung von Lagerplätzen: Verwaltung der Lagerkapazitäten und Optimierung der Lagerplatzvergabe.

Technische Umsetzung

Die Kommunikation erfolgt über eine REST- oder SOAP-API. Alternativ kann eine Middleware zur Datenvermittlung eingesetzt werden.

Datenformate

JSON oder XML für den Austausch zwischen den Systemen.

CSV-Dateien für Batch-Importe oder -Exporte.

API-Endpunkte

Endpunkt	Methode	Beschreibung
/warenbestand	GET	Abfrage des aktuellen Bestands
/wareneingang	POST	Erfassung neuer Waren im Lager
/warenausgang	POST	Anforderung zur Warenauslagerung
/inventur	GET	Bestandsprüfung
/retouren	POST	Erfassung von Rücksendungen

Authentifizierung

Verwendung von **OAuth 2.0** oder **API-Keys** für sicheren Zugriff.

Vorteile der Schnittstelle

Automatisierung: Reduzierung manueller Eingriffe und Fehleranfälligkeit.

Effizienzsteigerung: Schnellere Bestandsaktualisierung und optimierte Lagerprozesse.

Skalierbarkeit: Anpassbar für wachsende Anforderungen und neue Geschäftsmodelle.

Transparenz: Echtzeit-Einblick in Bestände und Lagerbewegungen.

Fazit

Die Schnittstelle zwischen Warenmanagementsystem und Lagerverwaltung verbessert die Bestandsführung und sorgt für eine optimierte Lagerlogistik. Durch eine moderne API-Integration lassen sich Prozesse automatisieren, Fehler reduzieren und betriebliche Effizienz steigern.

4.4 Erarbeitung einer Bewertungsmatrix und Ableitung einer Vorzugsvariante

Je nach Anwendungsfall haben die unterschiedlichen Schnittstellen ihre Berechtigung. Unter Tabelle 4 ist eine Bewertungsmatrix für eine Schnittstelle zur Detektion von gelagerten Autoreifen aufgeführt.

Tabelle 4: Bewertungsmatrix Autoreifen

Kriterium (Wichtung)	Barcode	NFC	RFID	QR- Code	OCR
Applikations-möglichkeit (0,8)	5	1	1	3	3
Notw. technische Grundausstattung (0,6)	3	4	4	3	2
Zuverlässigkeit (0,9)	5	4	4	3	3
Bedienerfreundlichkeit (0,8)	4	2	2	3	3
Kosten (1)	3	2	2	3	2
Summe	16.5	10.4	10.4	12.3	10.7
5 sehr gut; 4 gut; 3 neutral; 2 schlecht; 1 sehr schlecht					

Für den Anwendungsfall der Reifenlagerung ist die Barcode- Schnittstelle am geeignetsten. Bei dem Bewertungskriterium „Applikationsmöglichkeit“ unterscheiden sich die Schnittstellen teils erheblich. Die Applikationsmöglichkeit definiert den Aufwand, das Erkennungsmerkmal auf einen Reifen aufzubringen. Hierbei schneiden die NFC- und RFID- Schnittstellen schlecht ab, da das Anbringen eines passiven Tags an einen Reifen entweder vom Reifenhersteller selbst durchgeführt (in den Reifen integriert) oder nachträglich am Reifen angebracht werden muss. Beide Varianten benötigen eine hohe Anzahl an Tags, die im Vergleich zu einem gedruckten Barcode- Etikett sehr kostenintensiv sind. Bei dem Kriterium „Notwendige technische Grundausstattung“ wird die anzuschaffende Hardware bewertet. Also wie umfangreich sind die technischen Endgeräte, welche zur Umsetzung benötigt werden. Hierbei schneiden alle Systeme ähnlich ab. Grundsätzlich wird bei jeder Schnittstelle ein PC benötigt, auf welchem ein digitaler Zwilling der Lagerhalle dargestellt ist (bei großen Lagerhallen). Dieser digitale Zwilling gibt einen Ist- Stand in Echtzeit über die bereits blockierten sowie die freien Lagerflächen aus. Beim Einchecken neuer Reifen wird eine freie Fläche im Programm angewählt und ein dafür individualisierter Barcode generiert und ausgedruckt. Dieser wird auf die Reifen geklebt und kann beim nächsten Reifenwechsel erneut ausgelesen werden. Dieses System ist zunächst technisch sehr einfach gestaltet, kann jedoch erweitert werden. Durch Drucken eines QR- Codes könnten zum Beispiel zusätzlich Kundendaten oder relevante Servicedaten hinterlegt werden. Bei dem Kriterium „Zuverlässigkeit“ wird die Ausfallsicherheit sowie die Langlebigkeit des Systems bewertet. Hierbei schneiden die NFC- bzw. RFID- Systeme schlechter ab, da hierbei ein passiver Tag über sehr viele Jahre immer wieder neu beschrieben und meist in anspruchsvoller Umgebung gelagert wird. Bei einem gedruckten QR- Code oder Barcode wird dieser meist nach einer Saison ersetzt. Beim Kriterium „Bedienerfreundlichkeit“ wird die intuitive Handhabbarkeit der Systeme bewertet. Dabei schneiden die NFC- bzw. RFID- Systeme etwas schlechter ab, da hier der passive Tag entweder in den Reifen integriert oder am Reifen fixiert werden muss. Generell könnte auch das Fach, in welchem der Reifen gelagert wird mit dem entsprechenden passiven Tag versehen werden. Damit verliert jedoch der Reifen seine direkte Zuordenbarkeit, was eine Fehlerquelle darstellt. Der Barcode als einfach gedrucktes Etikett stellt hierbei die einfachste, kostengünstigste und in der geringsten Ausbaustufe effizienteste Lösung dar.

Zudem lässt sich dieses System nachträglich erweitern und automatisieren. Werden von Beginn an die Regale sowie Platzverhältnisse so gewählt, dass fahrerlose Transportsysteme (z.B. AMR) agieren können, kann ein anfänglich Barcode basiertes Lagersystem voll automatisiert werden.

5 Erarbeitung von Konzepten für die Umsetzung eines intelligenten Lagerungssystems

Das Konzept zur Umsetzung eines intelligenten Lagersystems beschreibt eine vollautomatisierte Reifenlagerhalle. Als Grundlage dient ein Barcode basiertes, manuelles System, welches durch stetige Weiterentwicklung vollautomatisiert wurde.

5.1 Erarbeitung von Lösungskonzepten für eine ressourcenschonende Lagervariante

Unter Abbildung 11 ist das Lösungskonzept einer intelligenten und automatisierten Reifenlagerwirtschaft dargestellt. Aktuell werden am Markt die beschriebenen Vorstufen der Vollautomatisierungen eingesetzt. Eine vollautomatisierte, robotergestützte Lagerwirtschaft ist aus verschiedenen Gründen noch nicht serienreif zu erwerben.

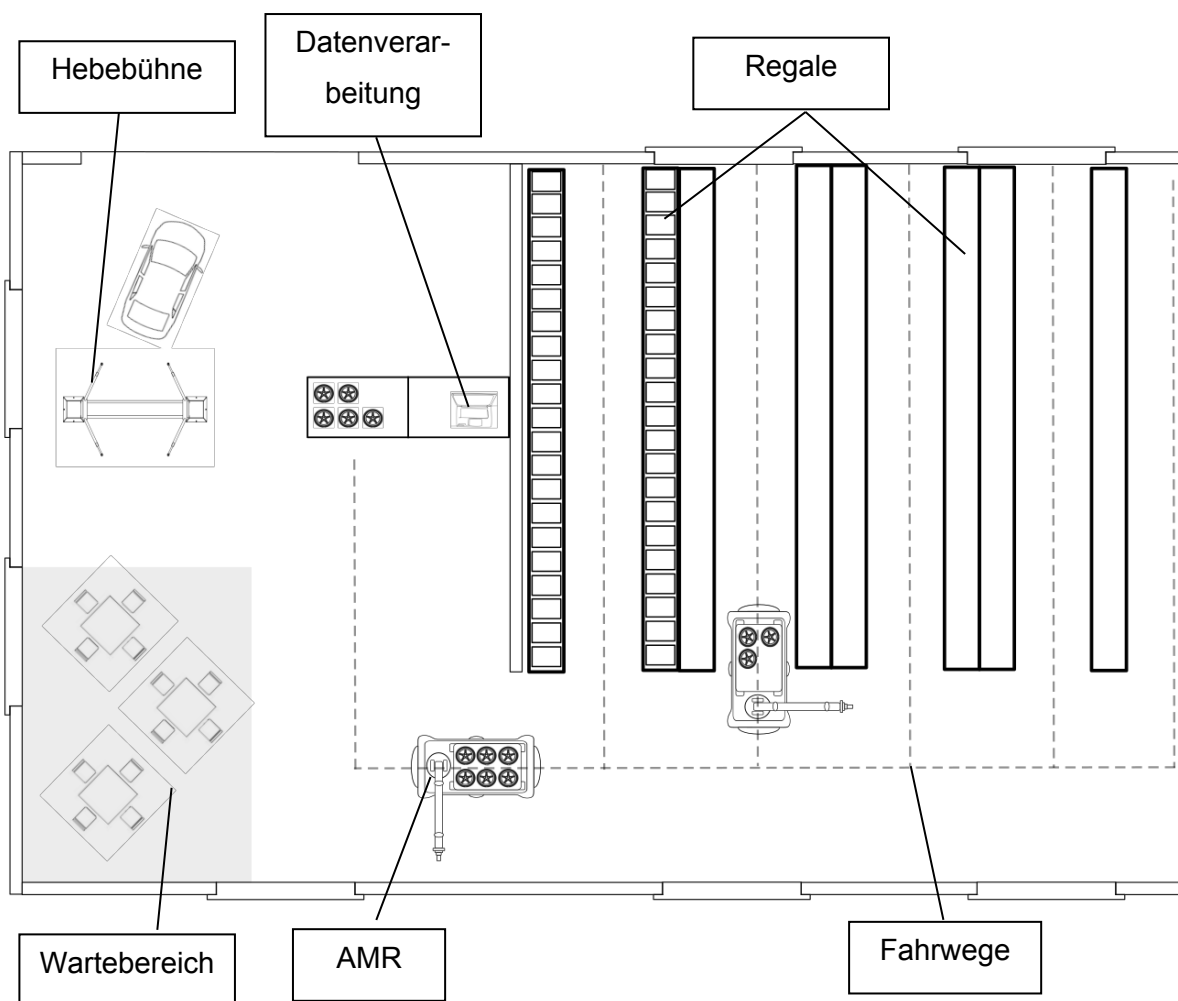


Abbildung 11: Lösungskonzept in Form eines Showrooms

Zum größten Teil liegt dies an Vorschriften und Richtlinien, welche mehr als 20 Jahre alt sind und die Sicherheit von Menschen in der Umgebung von Maschinen gewährleisten sollen. Es

gibt bereits sowohl Einzelsysteme als auch Zusatzvorrichtungen am Markt, die ein sicheres Arbeiten in einer Mensch-Maschine-kollaborierenden Umgebung erzeugen. Das Ziel muss nun sein, die notwendigen Richtlinien und Vorschriften entsprechend anzupassen. Hierbei muss die Wirtschaft eine Vorreiterposition einnehmen, um die Attraktivität solcher Systeme für potenziellen Kunden darzustellen und den Druck zum Abbau bürokratischer Hürden zu erhöhen. Ein geeignetes Mittel zum Überwinden solcher Hürden ist das Darstellen neuer Technologie anhand eines öffentlich zugänglichen Praxisbeispiels. Zum Beispiel in Form eines Showrooms. Der konzipierte Showroom ermöglicht ein vollautomatisiertes Lagern von Autoreifen. Hierbei steht die Gesunderhaltung des Menschen an erster Stelle, denn die unhandlichen und mitunter sehr schweren Autoreifen müssen nicht durch Menschenkraft in ein Lager einsortiert werden. Dies übernimmt ein AMR-System. Der AMR bekommt seinen Arbeitsauftrag in Form von einem Bar- bzw. QR-Code. Den Arbeitsauftrag hat ein Mitarbeiter vorher erzeugt, in dem er in einer Software einen freien Platz im Regallager angewählt und diese Information mit den Kundendaten verbindet. Anschließend werden vier Etiketten gedruckt und jeweils an den Reifen appliziert. Der AMR scannt diese Etiketten und erhält somit seinen Arbeitsauftrag. Dieser beginnt, indem der AMR die Reifen vom Ablage- bzw. Kommissionierbereich des Showrooms auf das Transportsystem ablegt. Hierbei können auch mehrere Reifen von unterschiedlichen Kunden geladen werden, um so die Effizienz des Systems zu erhöhen. Anschließend verfährt das Transportsystem (Fahrzeug und Roboter) zu dem vorher ausgewählten Lagerplatz. Die Navigation kann entweder AMR typisch frei stattfinden, wodurch die Möglichkeit erzeugt wird, dass auftauchende Hindernisse selbstständig und ohne menschlichen Eingriff umfahren werden können. Dies ist sinnvoll, wenn das Lager noch für andere Teile verwendet werden soll. Dadurch wird ein Zusammenarbeiten zwischen Menschen und Maschine möglich. Wenn das Lager autonom nur durch das Fahrzeug genutzt wird, kann auch eine Navigation auf Grundlage der FTS-Systeme erfolgen. Hierbei werden Markierungen auf dem Hallenboden appliziert, an welchem sich das Fahrzeug orientieren kann.

Nach Erreichen der Regalposition übergibt der Roboter die Reifen an das Regalfach und gibt eine Meldung an das zentrale Verwaltungssystem aus, dass die entsprechenden Reifen gelagert wurden und somit der Regalplatz nicht mehr zur Verfügung steht.

Der Showroom muss offen gestaltet werden, sodass der Kunde verfolgen kann, wie sein Reifen transportiert und gelagert wird. Aus diesem Grund muss ein Wartebereich im Fahrbereich des Robotersystems angeordnet werden. Dadurch können sowohl die Kunden als auch Interessenten die Technologie vor Ort in Aktion begutachten und werden so von der Funktionalität überzeugt.

Neben der Demonstration der Automatisierungstechnologie im Showroom bietet sich die Möglichkeit, verschiedene Szenarien und Optimierungspotenziale zu analysieren. Beispielsweise könnten verschiedene Lagerstrategien getestet werden, um die Effizienz weiter zu steigern.

Hierzu zählen unter anderem die dynamische Anpassung der Lagerplätze anhand der saisonalen Nachfrage oder die Integration von KI-gestützten Algorithmen zur vorausschauenden Wartung und Steuerung der AMR-Systeme.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Skalierbarkeit des Systems. Der Showroom dient nicht nur als Anschauungsobjekt, sondern auch als Plattform zur Weiterentwicklung und Anpassung an unterschiedliche Unternehmensgrößen und Branchenanforderungen. Denkbar wäre beispielsweise die Implementierung in weiteren Logistikbereichen, etwa für Ersatzteile oder andere sperrige Güter, die automatisiert eingelagert werden sollen. Langfristig betrachtet stellt die intelligente und automatisierte Reifenlagerwirtschaft einen wichtigen Schritt in Richtung einer nachhaltigen und effizienten Logistik dar. Durch den Einsatz moderner Robotersysteme werden nicht nur physische Belastungen für Mitarbeiter reduziert, sondern auch Prozesse optimiert und Ressourcen geschont. Der Showroom dient somit als entscheidender Impulsgeber für die Zukunft der Lagerautomatisierung.

5.2 Erarbeitung von Lösungskonzepten und Fertigung von Boxvarianten

Um das zuvor vorgestellte Regalsystem für die Einlagerung von Ersatzteilen kleiner und mittlerer Größe optimal nutzen zu können, wurde ein durchdachtes Lösungskonzept für spezielle Regalboxen entwickelt. Diese Regalboxen dienen als Aufnahmevorrichtung für Bauteile sowie für standardisierte Kleinladungsträger (KLT) und lassen sich nahtlos in das bestehende Reifenregal integrieren.

Kleinladungsträger (KLT) sind nach der VDA-Norm 4500 genormte Behälter, die speziell für industrielle Anwendungen konzipiert wurden. Sie sind optimal für den vorliegenden Anwendungsfall geeignet, da sie für den Einsatz mit Fördertechnik und Robotergrifern entwickelt wurden. Dadurch ermöglichen sie eine effiziente und automatisierte Handhabung der eingelagerten Bauteile sowie einen reibungslosen Materialfluss innerhalb des Lagers. Zudem

gewährleisten ihre standardisierten Abmessungen eine platzsparende und systematische Nutzung der vorhandenen Lagerflächen, wodurch eine hohe Lagerdichte erreicht werden kann.

Die wichtigsten Eigenschaften der KLT im Überblick:

- **Abmessungen:** Standardgrößen mit einer Tiefe x Breite von 300 x 200 mm, 400 x 300 mm und 600 x 400 mm sowie variablen Höhen
- **Maximales Füllgewicht:** Bis zu 20 kg
- **Stapelbarkeit:** Sichere Stapelung ohne zusätzliche Sicherungselemente
- **Spezielle Konstruktionsmerkmale:** Laufkante für Spurkranzrollen sowie Vertikalrippen zur Nutzung mit Greifer-Ziehtechnik
- **Materialeigenschaften:** Hohe Robustheit und Belastbarkeit für den industriellen Einsatz

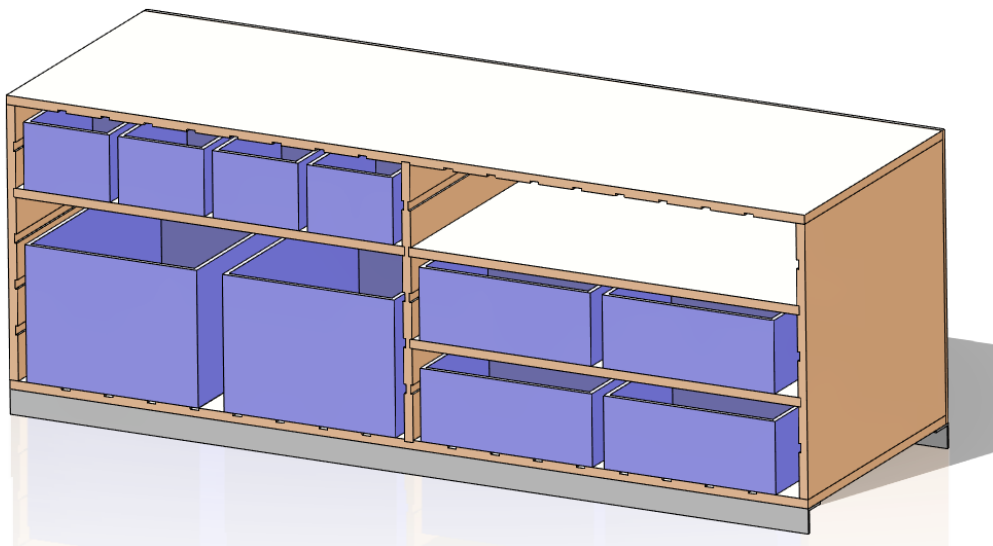


Abbildung 12: flexible Aufteilung der Lagerbox

In Abbildung 12 ist das entwickelte Konzept für eine Lagerbox schematisch dargestellt. Die Lagerbox besteht aus mehreren modularen Komponenten: zwei Seitenteilen, einem Boden sowie einem Deckel, die jeweils in einem 100-mm-Raster genutet sind. Ergänzt wird die Konstruktion durch eine Rückwand, die für zusätzliche Stabilität sorgt. Die eingearbeiteten Nuten ermöglichen eine flexible Unterteilung der Lagerbox, sodass verschiedene Größen von Kleinladungsträgern (KLT) sowie weitere Komponenten platzsparend und geordnet eingelagert werden können. Je nach Lagerbedarf kann die Einteilung der Box individuell angepasst werden, um eine effiziente Nutzung der verfügbaren Lagerkapazität zu gewährleisten.

Um die Lagerbox sicher in das bestehende Regalsystem zu integrieren, sind an der Unterseite zwei L-Winkel angebracht. Diese dienen der präzisen Fixierung der Box in der vorgesehenen Belade- und Entnahmerichtung. Für eine optimale Stabilität und Kompatibilität muss die Fixierung auf die spezifischen Eigenschaften des vorhandenen Reifenregals abgestimmt werden.

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Systematisierung von Lager.....	10
Abbildung 2: Bodenlager [Prologistic.com], Regallager [schwarzmann.eu].....	12
Abbildung 3: Kragarmregal [delta-v.de], Turmregal [LOGITOWER, directindustry.de]	13
Abbildung 4: Vollautomatisiertes Hochregallager [dhf-magazin.com].....	14
Abbildung 5: Kühllager [frischelogistic.com], Gefahrstofflager [fladafi.de]	17
Abbildung 6: Einteilung von Lagersystemen für Kleinteile.....	18
Abbildung 7: Schubladenregal für Kleinteile [Ricardo.ch], Paternosterregal [Logistik-Xtra.de]	20
Abbildung 8: Hängeförderer [Repetico.de], Palettenförderer [ffag.ch]	22
Abbildung 9: AMR in einem Logistiklager [advantech.com], Förderband [Forbo Siegling GmbH, Directindustry.de]	24
Abbildung 10: QR-Code [cetex.de], Barcode [sagedata.com], RFID-Chipgrundlage [globalits.bh]	30
Abbildung 11: Lösungskonzept in Form eines Showrooms.....	35
Abbildung 12: flexible Aufteilung der Lagerbox	38

7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht von Lagersystemen für Kleinteile	21
Tabelle 2: Vergleich der Transportsysteme	25
Tabelle 3: Gegenüberstellung der Technologien	30
Tabelle 4: Bewertungsmatrix Autoreifen	33

8 Literaturverzeichnis

- [1] Fischer, W., & Dittrich, L. (2012). *Materialfluß und Logistik: Potentiale vom Konzept bis zur Detailauslegung (VDI-Buch)*. Springer Vieweg

- [2] Günthner, W. A.; Atz, T.; Ulbrich, A. (2011). Integrierte Lagersystemplanung. Abschlussbericht, Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik Technische Universität München, München
- [3] Schmidt, T. (2005). *Systemtechnische Ansätze zur Erfüllung neuer Anforderungen an Lagersysteme*. Logistics Journal: Nicht referierte Veröffentlichungen.
- [4] Harder, V. (2009). *Lager- und Materialflussplanung: Standardisierte Vorgehensweise zur Erstellung von Lastenheften für die Lagerplanung und Lageroptimierung*. VDM Verlag Dr. Müller.
- [5] ten Hompel, M., & Schmidt, T. (2003). *Warehouse Management: Automatisierung und Organisation von Lager- und Kommissioniersystemen (VDI-Buch)*. Springer
- [6] Goudz, A.; Erdogan, S. (2024). Künstliche Intelligenz im Supply Chain Management - Potenziale und Grenzen der KI. Springer Vieweg
- [7] Tong, C. (2023). An Efficient Intelligent Semi-Automated Warehouse Inventory Stockstacking System. Tong, Chunan