

Kapitel 1

Einleitung

Lagersysteme sind ein Kernbestandteil von Materialflusssystemen. Immer kürzere Produktlebenszyklen sowie fortschreitende Individualisierung der Auftragsstruktur erhöhen den Bedarf an flexiblen Lagersystemen, welche sich durch die Skalierbarkeit der Systemleistung sowie durch eine funktionale Modularität der Lagermittel auszeichnen ([Ver70] S. 49ff).

Bei herkömmlichen Automatischen Kleinteilelagern (AKL) mit einem Regalbediengerät (RBG), welches auf sämtliche Artikel der Lagergasse zugreift, lässt sich die Skalierbarkeit allerdings nur schwer erhöhen. Hochflexibel wäre ein Lagersystem, in welchem für jede Lagereinheit eine separate Bedieneinheit zur Verfügung stünde, welche wiederum ungehindert zwischen Übergabeort und Lagerplatz verfahren könnte. Dieser Idealzustand ist zumindest wirtschaftlich nicht realisierbar; allerdings bestätigt der aktuelle Trend hin zu mehreren Bedieneinheiten pro Lagergasse, dass dies der Hauptansatz der Hersteller zur Erhöhung der Flexibilität von Lagersystemen ist, angefangen bei RBG mit Mehrfach-Lastaufnahmemittel über Systeme mit mehreren vertikal übereinander oder nebeneinander arbeitenden RBG bis hin zu Lösungen, welche das klassische, flurgebundene RBG durch flurfreie, seilgeführte Lastaufnahmemittel oder individuelle Shuttle-Fahrzeuge ersetzen. In den Jahren 2009 und 2010 wurden in Europa insgesamt 21 Shuttle-bediente Lagersysteme in Betrieb genommen ([Mat10] S. 38f). Bei Shuttle-Lagersystemen kann die Anzahl der Bedieneinheiten bzw. Shuttles pro Gasse stark erhöht werden, da in jeder vertikal angeordneten Lagerfachebene mindestens ein Fahrzeug einsetzbar ist. In diesen Fällen verlagert sich die Problematik der Leistungsflexibilität meist auf die stirnseitig angebrachten Vertikalförderer, welche eine Schnittstellenfunktion zu angrenzenden Bereichen übernehmen.

Letztlich basiert die überwiegende Anzahl der aktuellen Entwicklungen für Stückgut-Lagersysteme mit direktem Artikelzugriff auf der Modifikation der Bedientechnik; das Lagermittel selbst, mit der zeilenweisen Anordnung der Regalgassen wird dabei nicht in Frage gestellt. Hierdurch

bleiben weitere Verbesserungspotenziale unerkannt. Daher beschäftigt sich diese Arbeit mit der Fragestellung, ob ein alternativer Aufbau des Lagermittels in Verbindung mit bekannter Bedien- und Vertikalfördertechnik speziell die marktbedingten Flexibilitätsansprüche besser erfüllen kann als herkömmliche Lagersysteme.

1.1 Zielsetzung und Abgrenzung

In dieser Arbeit erfolgt die konzeptionelle Aufbereitung und leistungsbezogene Bewertung eines neuartigen automatischen Stückgut-Lagersystems, für welches beim Deutschen Patent- und Markenamt bereits im April 2009 Schutzrecht beantragt wurde (Status 11/2010: Offenlegungsschrift, DE 10 2009 017 241 A1).

Im Gegensatz zu existierenden Lagersystemen liegt der wesentliche Unterschied in der Zugriffsweise der Bedientechnik auf die Lagereinheiten. Statt einer zeilenweisen Anordnung der Lagerfächer (einfach- bzw. mehrfachtiefe) mit entsprechender Ein- und Auslagerung von der Stirnseite erfolgt die Anordnung der Lagerfächer ebenenweise und der Zugriff auf die Lagereinheiten sowie deren Transport mittels Shuttle-Fahrzeugen über Bedienebenen darüber bzw. darunter.

Ein grundsätzliches Ziel der Arbeit ist es, Aufschluss darüber zu geben, ob die konstruktiv bedingten Vorteile sowie das Leistungsvermögen des Lagersystems eine anschließende Detailplanung bis hin zur prototypischen Umsetzung und zur Wirtschaftlichkeitsprüfung rechtfertigen.

Basierend auf dem dargestellten Grundgedanken werden im Rahmen einer Komponentenkonzeption potenzielle Gestaltungsvarianten des Lagersystems beschrieben. Mit Hilfe von zuvor definierten Bewertungskriterien wird im Anschluss eine Vorzugsvariante für die sich anschließende leistungsbezogene Untersuchung ausgewählt.

Aufgrund der Neuartigkeit des Untersuchungsgegenstands existieren derzeit keine Berechnungsverfahren zur analytischen Bestimmung der potenziellen Leistungsfähigkeit. Daher ist das Hauptziel der Arbeit die Entwicklung eines analytischen Ansatzes, mit welchem die Ein-/Auslagerleistung je Bedienebene bei unterschiedlichen Konfigurationen (z. B. Größe der Lagerfächer, Fläche der Lagerebene, Anzahl und Anordnung der Übergabeorte) und unter Berücksichtigung des spezifischen Bewegungsverhaltens des Bedienfahrzeugs im Rahmen der Grobplanungsphase ermittelt werden kann.

Aufgrund der Skalierbarkeit der Vertikalförderleistung durch die variable Anzahl und Anordnung der Übergabeorte beschränkt sich das Ziel der Leistungsermittlung auf die Ebenenleistung des Systems. Sämtliche Untersuchungen basieren dabei auf einer Gleichverteilung bei der

Zugriffshäufigkeit auf den Lagerartikel. An jedem Übergabeort können sowohl Ein- als auch Auslagerungen stattfinden, bei Betrachtung mehrerer Übergabeorte werden diese gleichverteilt von den Fahrerlosen Bedienfahrzeugen angefahren.

1.2 Vorgehensweise

Für eine grundlegende Einführung in die Thematik werden in Kap. 2 zunächst die Aufgaben und wesentlichen Funktionselemente von Lagersystemen beschrieben. Die Vorstellung allgemeiner Ziele der Automatisierung von Lagerfunktionen sowie die zusammenfassende Darstellung existierender Verfahren zur Berechnung des Lagerdurchsatzes schließen diesen Themenbereich ab. Ein weiterer Schwerpunkt des Kapitels liegt in der Beschreibung Fahrerloser Transportsysteme. Für einen Überblick über den grundsätzlichen Aufbau und die Funktionsweise dieser Systeme werden im Einzelnen die Fahrerlose Transportfahrzeuge sowie die Steuerungstechnik und existierende Steuerungsalgorithmen vorgestellt und erläutert. Abgeschlossen wird das Kap. 2 mit einer zusammenfassenden Darstellung der Methode der Nutzwertanalyse, welche im vierten Kapitel der Arbeit des Öfteren zur Entscheidungsfindung bei der Komponentenkonzepktion verwendet wird.

In Kap. 3 wird auf Basis der Beschreibung herkömmlicher automatischer Lagersysteme mit deren spezifischen Merkmalen und Einsatzkriterien die Grundidee eines alternativen, flexiblen Lagersystems dargestellt und erläutert, welches insbesondere bezüglich der Flexibilität bei der Gestaltung und der Leistungsskalierbarkeit Vorteile verspricht. Ausgehend von der Festlegung von Hauptkomponenten des neuartigen Lagersystems erfolgt im Rahmen einer Komponentenkonzepktion die Auswahl von wesentlichen Einflussfaktoren auf zuvor definierte Zielkriterien des Lagersystems. Je nachdem, ob für einzelne Funktionen der Hauptkomponenten (z. B. Art des Antriebs, Ausführung des Lastübergabemittels usw.) bereits Realisierungen existieren, werden Lösungsmöglichkeiten logisch argumentiert oder unterschiedliche Lösungsvarianten entworfen und im Anschluss mit Hilfe der Nutzwertanalyse jeweils eine Vorzugsvariante für jede Hauptkomponente ausgewählt. Abschließend wird das resultierende Gesamt-Lagersystem als Referenzsystem für die weiteren leistungsbezogenen Untersuchungen dargestellt und beschrieben.

Mit den erforderlichen Grundlagen zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit des Lagersystems mit horizontalen Bedienebenen beschäftigt sich Kap. 4. Sämtliche Untersuchungen basieren auf der Annahme einer gleichverteilten Anfahrt der Lagerplätze und Übergabeorte der Lagerebene. Hierzu wird im ersten Teil des Kapitels ein geometrischer Ansatz zur analytischen Berechnung der Grenzleistung eines Fahrzeugs in Form von Einzel- und Doppelspielen pro Stunde bei be-

liebigen Anordnung des Übergabeortes in der Lagerebene entwickelt und validiert. Der Fokus des zweiten Teils liegt in der Betrachtung der Kollisionswahrscheinlichkeit bei dem Einsatz von mehreren Fahrerlosen Transportfahrzeugen zur Ein- und Auslagerung in einer Lagerebene. Über den Vergleich und die Bewertung von existierenden, kollisionsfreien Kürzeste-Wegzeit-Algorithmen zur Wegfindung in Materialflussgraphen wird ein Algorithmus ausgewählt und beispielhaft angewendet. Nach der Validierung werden notwendige Anpassungen für die Anwendbarkeit des Algorithmus in Zusammenhang mit dem vorliegenden Untersuchungsgegenstand beschrieben.

In Kap. 5 erfolgt die Ermittlung der resultierenden Ebenen- bzw. Systemleistung in Abhängigkeit von der Anzahl eingesetzter Shuttle-Fahrzeuge. Auf Basis der zuvor entwickelten Grundlagen werden zunächst Experimente für zuvor definierte Referenzsysteme durchgeführt, beschrieben und ausgewertet. Im Anschluss daran wird ein analytischer Ansatz zur Bestimmung der resultierenden Leistungsfähigkeit entwickelt. Mit Hilfe der Auswertung weiterer Experimente wird die Ergebnisgüte bei vorher definierten Einsatzkriterien bestimmt. Zum Abschluss von Kap. 5 wird in einem Systemvergleich die Leistungsfähigkeit des konzipierten Lagersystems mit einem herkömmlichen Automatischen Kleinteilelager (AKL) verglichen.

Eine abschließende Zusammenfassung der Ergebnisse sowie ein Ausblick auf weiterführende Untersuchungen erfolgen in Kap. 6 und Kap. 7.