

1 Einleitung

Bedingt durch niedrige Markteintrittsbarrieren ist der deutsche Speditionsmarkt stark gegliedert. Ein Großteil der knapp 16.000 umsatzsteuerpflichtigen Speditionen zählt zu den kleinen und mittelständischen Unternehmen. Selbst die größten Anbieter in der Stückgutspeditionsbranche haben einen Marktanteil von weniger als 15 %. Durch den hohen Konkurrenzdruck sind die Margen gering. Üblich sind Renditen von 1 - 2 % [TRIP03]. In den letzten Jahren haben sich die finanziellen Belastungen der Spediteure durch gesetzliche und wirtschaftliche Veränderungen deutlich erhöht. Beispielhaft genannt seien hier die die Zunahme des Dieselpreises und die Änderung der Lenk- und Ruhezeiten des Fahrpersonals [CLAU09]. Die daraus resultierenden Kostensteigerungen können von den Spediteuren aufgrund des Konkurrenzdruckes nicht allein durch höhere Preise kompensiert werden. Demgegenüber erwarten die Spediteure eine Steigerung der Sendungsmenge um mehr als 3 % in den nächsten fünf Jahren [DEYM09a].

Die Herausforderung der Unternehmen besteht damit in der Schaffung von Wettbewerbsvorteilen unter Erhalt der Qualität ihrer Dienstleistungen. Es sind bereits verschiedene Ansätze wissenschaftlich dahingehend untersucht worden, wie z.B. die Optimierung der Transportnetze im strategischen Bereich oder der Nahverkehrstouren und der Torbelegungsplanung auf taktischer Ebene [CLAU07b, CHMI07, WOHL10].

Neben dem reinen Transport ist die Wirtschaftlichkeit des Stückguttransportes dabei von der Be- und Entladegeschwindigkeit sowie der Verladequalität in einer Speditionsanlage abhängig [BROW03]. Insbesondere die Verringerung der Abfertigungszeiten der LKW zwecks Steigerung der Zustellqualität stellt noch Potenzial zur Optimierung der Transportkette dar [CLAU02]. Die Bedeutung des Umschlags wird weiter zunehmen, da sich trotz der Zunahme der Sendungsmengen die Anzahl der Speditionsanlagen in den deutschen Netzwerken nicht spürbar erhöht hat. Stattdessen werden die Hallen erweitert oder neue, größere Stückgutspeditionsanlagen gebaut [DEYM09a]. Untersuchungen von Gue in Amerika haben gezeigt, dass bis zu 10 – 15 % der Kosten eines Stückguttransportes auf die Durchführung der innerbetrieblichen Transporte entfallen [Gue00]. Die strategische Aufgabe der durchdachten Anordnung und Dimensionierung der Funktionsflächen innerhalb des Gebäudes kann daher zu erheblichen Kosteneinsparungen führen. Bei der Neuplanung einer Speditionsanlage steckt noch Optimierungspotenzial in der Layoutplanung, da hier „optimale Prozesslösungen aufgrund hoher Freiheitsgrade im Planungsprozess“ erzielt werden können [SCHE04]. Die Stückgutspeditionsanlage muss damit als logistisches System schlank organisiert [ROTH06], flexibel nutzbar [WIEN05], wandlungsfähig [SCHE04] und modular [WARN95] aufgebaut sein. Sie muss mit der Inbetriebnahme wirtschaftliche Bedingungen bieten können und zugleich Lösungen für zukünftige Herausforderungen vorsehen.

1.1 Problemstellung

Das grundsätzliche Problem bei der Stückgutspeditionsanlagenplanung ist die fehlende quantitative Bewertung für verschiedene Varianten während der Entwicklungsphase. Die Planung erfolgt im Wesentlichen händisch. Besondere Bedeutung bei der Layoutplanung kommt der Abschätzung der Betriebskosten in Relation zur Umschlagsleistung eines Standortes zu, da diese Kosten, bezogen auf die Lebenszeit einer Speditionsanlage, die Investitionen weit überschreiten [CLAU09, KOHA07]. Das Umschlagsaufkommen nach Gewicht gilt immer noch als Indikator der Leistungsfähigkeit und ist Grundlage der Flächenplanung, obwohl dies nicht den Handlungsaufwand repräsentiert. Eine genauere Bewertung der Betriebskosten erfolgt aufgrund ihrer komplexen Abhängigkeit zum Layout jedoch häufig nicht.

Bei steigenden Kundenanforderungen erlaubt die Heterogenität der Güter in der Stückguttransportkette nur bedingt den Einsatz moderner Technologien zur Verladung [TRIP03, SIMO93]. Damit stehen die Betreiber von Umschlagsanlagen bei Neu- und Erweiterungsplanungen immer wieder vor der Herausforderung der Gestaltung idealer Gebäudelayouts. Aus deren Abmaßen resultiert der wesentliche variable Umschlagskostenanteil für den innerbetrieblichen Transport, den es zu minimieren gilt [CHMI07, HANS90]. Der Trend zur Konzentration und damit Vergrößerung von Stückgutspeditionsanlagen verstärkt die Bedeutung des innerbetrieblichen Transportes [DEYM06]. Darüber hinaus führt ein geordnetes Flächenmanagement zu geringen Fehlverladungs- und Suchquoten. Jede Planung muss damit den Zielkonflikt einer ausreichenden Flächenkapazität bei gleichzeitiger Minimierung der Wegentfernungen lösen. Die Bestimmung der Wegentfernung ist bei einem Planungsverfahren, das Verkehrswege und in Abhängigkeit der genutzten Förderhilfsmittel ideal gestaltete Pufferflächen trennt, sehr aufwendig.

Neben der Herausforderung die Strukturdaten zu bewerten, besteht das Problem in der Berücksichtigung der Charakteristika eines jeden Standortes. Die Erfahrungen und Parameter aus bereits gebauten Anlagen sind auf Grund der regional stark abweichenden Bedingungen (z.B. Geographische Position des Standortes in seinem Gebiet, Kundenstruktur) nur bedingt anwendbar. Zudem stellen die variierenden Handlungseinheitenaufkommen höchste Anforderungen an die Dimensionierung und Skalierbarkeit der Systeme.

1.2 Aufbau der Arbeit

Die in sechs Hauptkapitel gegliederte Arbeit beginnt mit der Vorstellung der Herausforderung und der Formulierung des Untersuchungszieles im ersten Kapitel.

Anschließend werden der Stückgutmarkt sowie der Betrachtungsgegenstand – die Stückgutspeditionsanlage – mit ihren Prozessen in Kapitel zwei vorgestellt. An dieser Stelle werden erste Kennzahlen sowie die Funktion einer Umschlagsanlage beschrieben.

Dem folgt in Kapitel drei die Analyse bereits bestehender Ansätze aus Wissenschaft und Technik zur Planung idealer Layouts von logistischen Anlagen. Das Kapitel schließt mit einer Bewertung der bisherigen Ansätze und der Formulierung der Anforderungen an ein neues Planungsvorgehen.

Im Hauptteil, in Kapitel vier, wird ein Vorgehen zur Stückgutspeditionsanlagenplanung vorgestellt. Zuerst werden die einzelnen Planungsparameter benannt und erklärt. Darauf aufbauend erfolgt die Erläuterung des Planungsvorgehens sowie der dabei auftretenden Beeinflussungen der Flächen- und Umfangsplanung. Dabei dient die Entwicklung von Kennzahlen der vergleichenden Bewertung unterschiedlicher Layouts.

Im weiteren Verlauf wird eine Validierung des Planungsvorgehens anhand einer beispielhaften Planung der in Deutschland typischen Hallengröße „auf der grünen Wiese“ vorgenommen. Der Vergleich von Varianten erfolgt dabei stets auf Basis der Kosten pro umzuschlagende Handlingseinheit. Zunächst wird die ideale Hallenform analysiert. Daran anschließend werden die Unterschiede beim Einsatz verschiedener Fördertechniken ermittelt und nachfolgend die konkurrierende Flächenplanungsmöglichkeiten in Bezug auf den direkten Zugriff auf einzelne Sendungen sowie die ideale Positionierung der Entladezonen bewertet.

Abschließend erfolgen in Kapitel sechs eine Zusammenfassung der Arbeit sowie ein kurzer Ausblick.

1.3 Ziel der Arbeit

Bei steigenden Sendungsaufkommen je Standort muss dem gründlichen Vorgehen bei der Neuplanung von Stückgutspeditionsanlagen in Zukunft eine höhere Bedeutung zukommen, da die Auslegung des Layouts die Flächenkapazitäten und die Kosten des innerbetrieblichen Transportes bestimmt. Dabei soll durch ein detailliertes Vorgehen die Planungszeit verkürzt werden. Die Nachvollziehbarkeit der Flächengestaltung ist notwendig, um in der Entwurfsphase zielgerichtet Varianten entwickeln zu können.

Die Intention der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung und Implementierung eines standardisierbaren Vorgehens zur automatisierten Layoutplanung von Stückgutspeditionsanlagen, um das Planungsteam in der Grobplanungsphase zu unterstützen. Für eine einfachere Entscheidungsfindung ist eine Kostenabschätzung in Bezug zur Grenzleistung vorzunehmen, um die für die Unternehmen bedeutende Investitionsentscheidung besser abzusichern. Hierdurch soll auch eine höhere Qualität hinsichtlich der Anpassungs- und damit Wandlungsfähigkeit von Layouts erzielt werden, um die Zukunftsfähigkeit der Anlage zu gewährleisten. Dafür werden die Aspekte der Erweiterbarkeit, Modularität und Symmetrie berücksichtigt. Durch verkürzte Layoutplanungszeiten kann sich der Planer damit früher dem hohen Abstimmungsaufwand in der Bauphase widmen.

2 Darstellung des Betrachtungsgegenstandes

In diesem Abschnitt wird zunächst einleitend die Transportdienstleistung Stückgut abgegrenzt. Anschließend erfolgen die Vorstellung des Marktes in Deutschland sowie des typischen Prozessablaufes. Das Kapitel schließt mit der Ableitung der Flächen einer Stückgutspeditionsanlage.

2.1 Einordnung der Transportdienstleistung Stückgut

Die Transportlogistik befasst sich mit Aufgaben, die im Zusammenhang mit der physischen Verbringung von Gütern zwischen Quellen (Versender) und Senken (Empfänger) stehen. Der Güterverkehr lässt sich zunächst den Verkehrsträgern entsprechend in Straße, Schiene, Luft, Wasser sowie Rohrleitungen gliedern [BUCH98]. Der Betrachtungsumfang dieser Arbeit beschränkt sich auf den Straßengüterverkehr, dem 2008 wichtigsten Verkehrsträger mit einem Anteil von 77 % der Transportleistung im inländischen Güterverkehr in den EU-25-Staaten [EURO09].

Im Straßengüterverkehr sind Transporte zuerst nach der Konsistenz der Sendung (Schütt- und Stückgut) zu unterscheiden. Während bei Schüttgütern die Aggregatzustände die Transportangebote weiter differenzieren, unterscheiden sich Stückguttransportangebote hinsichtlich des Gewichts bzw. des Volumens einer Sendung sowie deren Eilbedürftigkeit. Die kleinste Gewichtsklasse bilden Briefe und Pakete mit einem Gewicht von bis zu 31,5 kg bzw. einem maximalen Gurtmaß von 3,00 m [BUCH98].¹ In der folgenden Abbildung werden die Transportformen dargestellt, die in der darüber liegenden Gewichtsklasse verschiedenen Transportformen der Speditionsbranche zugeordnet werden.

¹ Die Angaben zum Pakettransport sind als Anhaltspunkte zu sehen. Aufgrund des starken Wettbewerbs verändern sich die Angebote der Dienstleister zwecks Differenzierung stetig.

3 Stand der Wissenschaft und Technik

Strategische Entscheidungen, die in Bezug auf einen Neubau oder eine Erweiterung einer Speditionsanlage getroffen werden, sind in der Wissenschaft unter dem Begriff der Layoutplanung zusammengefasst. Die wesentlichen wissenschaftlichen Beiträge zur Layoutplanung stammen aus der Fabrikplanung, u.a. [KETT84, OHNO93, SCHE04, DAMB92, ARNO07, GRUN06, MUTH55, FREY75]. Bei der Fabrikplanung steht bei gegebenen Flächendimensionen die Anordnungsplanung im Fokus, während bei einer Stückgutspeditionsanlage die Position der Flächen aufgrund ihrer Funktion fix ist. Die sich gegenseitig beeinflussende Flächendimensionierung von Umfang (Tore) und Flächeninhalt (Bereitstellflächen und Wege) ist damit die wesentliche Herausforderung der Speditionsanlagenplanung. Zur Überprüfung der Übertragbarkeit wird in diesem Kapitel vor den Ansätzen zur Layoutplanung von Logistikanlagen der Stand der Wissenschaft und Technik zur Layoutplanung in Fabriken vorgestellt und hinsichtlich der Übertragbarkeit auf die Gestaltung von Stückgutspeditionsanlagen bewertet.

3.1 Fabriklayoutplanung

Mit der Planung von Industriebetrieben befasst sich traditionell das Forschungsgebiet der Fabrikplanung, deren Aufgabe es ist, „unter Berücksichtigung von Rahmen- und Randbedingungen die Voraussetzung zur Erfüllung der betrieblichen Ziele (...) einer Fabrik zu schaffen“ [KETT84]. Dabei müssen die Fabrikplanung und der Betrieb der Fabrik (die funktionalen Abläufe) in einer Einheit betrachtet werden, „da ihr gemeinsamer Gegenstand (...) die effiziente Gestaltung der Phasen des Fabriklebenszyklus einer wandlungsfähigen Fabrik“ ist [KETT84]. Zu den Aufgaben der Fabrikplanung zählen die personelle und technisch-organisatorische Gestaltung der Prozesse, Strukturen und Systeme in Verbindung mit der Aufbauorganisation. Damit besteht ein Zusammenhang zwischen der räumlichen Anordnung und den Aufgaben einer Struktureinheit [SCHE04, MUTH55]. Arnold und Furmans definieren Layout als räumliche Anordnung von Betriebsmitteln und Funktionsflächen, die in quantifizierbaren Beziehungen zueinander stehen [ARNO07]. Pawelleck ergänzt die Aufgaben der Layoutplanung um die Ermittlung des zukünftigen Flächenbedarfs für Fertigungs- und Pufferflächen [PAWE08]. Nach dem prozessorientierten Vorgehensmodell auf Basis des Prozessketteninstrumentariums nach Kuhn wird dieser Planungsschritt als Anordnungsstrukturplanung bezeichnet, die sich aus der Aufbaustruktur ergibt [KUHN95a, KUHN07, BELL09]. Nach VDI 2385 ist das Ziel der Layoutplanung ein wirtschaftlicher und störungsfreier Fertigungsablauf, der durch „richtige“ Anordnung der Struktureinheiten und Verbindungselemente (Transporteinrichtungen) gewährleistet wird [VDI2385]. Das Ergebnis des Planungsschrittes ist das Layout.

Es kann bezüglich der Genauigkeit zwischen Grob- und Feinlayout sowie bezüglich bei der Realitätsnähe zwischen Ideal- und Reallayout unterschieden werden.

4 Vorgehen zur Layoutplanung von Stückgutspeditiionsanlagen

In diesem Kapitel wird zunächst die Motivation zum neuen Ansatz der Layoutplanung von Speditiionsanlagen behandelt. Daran schließen sich die Kapitel zur Datenanalyse, Stellplatzkapazitätsberechnung sowie der Layoutplanung an. Nach der Ressourcenauswahl werden die Betriebskosten und die -leistung ermittelt. Abschließend erfolgt die Entwicklung eines Kennzahlensystems, das die Summe aus Investition und Betriebskosten in Beziehung zur ermittelten Betriebsleistung setzt.

4.1 Motivation

Das Kapitel der Motivation gliedert sich in die Bedeutung der Planung für die Lebenszeitkosten der Anlagen und die Herausforderungen der Bauplanung. Die beiden Bereiche definieren die Basisdaten, Kennzahlen sowie die zeitlichen Anforderungen an ein analytisches Planungsverfahren.

4.1.1 Bedeutung der Speditiionsanlagenplanung

Nach der Kalkulation in Kapitel 2.3.3 verursacht der komplette Umschlagvorgang ca. 30% der Gesamtkosten des Stückguttransportes. Diese Kosten verteilen sich nach Abbildung 4-1 in einem Jahr etwa wie folgt auf die einzelnen Kostenblöcke:

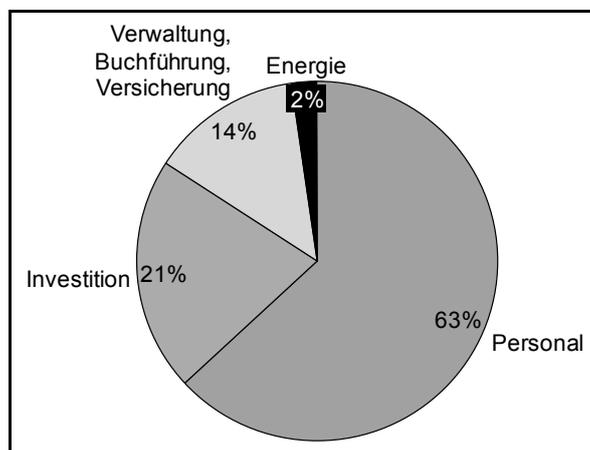


Abbildung 4-1: Typische Kostenverteilung eines Jahres

Neben den Personalaufwendungen mit 63 % tragen die laufenden Ausgaben der Investition mit ca. 21 % wesentlich zu den Jahreskosten bei [BUSS06]. Die Kosten für Verwaltung, Buchführung, Versicherung und insbesondere für die Energie sind für derartige Gebäude im Vergleich von nachrangiger Bedeutung. Sowohl die Investition als auch die Personalkosten sind wesentlich vom Layout abhängig.

5 Durchführung einer Ideallayoutplanung anhand des Vorgehens

Im vorangestellten Kapitel wurde ein Vorgehen zur automatischen Erzeugung von idealen Stückgutspeditionshallenlayouts vorgestellt. Dieses Vorgehen berücksichtigt verschiedene Möglichkeiten der Parametrisierung. In diesem Kapitel wird der Planungsansatz anhand eines konkreten Beispiels genutzt, um ein ideales Layout zu entwickeln. Das Ziel der Analyse ist es, nicht nur entsprechend der Parameter sequentiell ideal zu planen, sondern vielmehr auch Wechsellpunkte der Entscheidungen aufzuzeigen, um die Sensitivität der Planungsparameter einschätzen zu können. Dazu wurde das Vorgehen in einem Software-Prototyp, basierend auf Microsoft Visio und Excel, überführt.

Im ersten Schritt erfolgt seitens des Planers die Festlegung grundsätzlicher Parameter, die im Rahmen des Prozesses nicht verändert werden. Im Anschluss werden die Variationsmöglichkeiten entsprechend des Gangs der Untersuchung festgelegt, bevor abschließend die Diskussion der Ergebnisse des jeweiligen Planungsschrittes folgt.

5.1 Annahmen der Untersuchung

Für den konkreten Anwendungsfall sind die grundsätzlichen Parameter in der folgenden Tabelle hinterlegt.

Tabelle 5-1: Annahmen des Testszenarios

Parameterbezeichnung	Einheit	Wert
Torbreite	M	2,90
Zusätzlicher Abstand zwischen den Toren	M	0,00
Abstand zu den Ecken	M	0,00
Tiefe Überladeblech	M	2,00
Arbeitsgangbreite GS	M	3,60
Arbeitsgangbreite HGHW	M	1,80
Anzahl Europalettenstellplätze pro Tor	#	34
Maximale LKW-Größe	M	18,75
Anzahl LKW-Fahrspuren um die Halle	#	1

Bei der Analyse wird für alle Tore eine Breite von 2,90 m angenommen, um sie flexibel nutzen zu können. Aus bautechnischer Sicht ist kein zusätzlicher Mindestabstand, auch nicht zu den Ecken, erforderlich. Zur Überbrückung der Höhendifferenz zwischen LKW und Hallenboden sind 2,00 m lange Überladebleche vorgesehen. Die Arbeitsgangbreiten in der Halle betragen 3,60 m für Gabelstapler und 1,80 m für Handgabelhubwagen. Der Haupttransportweg wird zweispurig ausgeführt. Je Relation werden Bereitstellflächenkapazitäten für 34 Europaletten eingeplant, damit im Sammelguteingang die Pufferung für zwei Zustellwellen möglich ist. Auf dem Hof kön-

6 Zusammenfassung und Ausblick

6.1 Zusammenfassung der Arbeit

Stückgutspeditionsanlagen dienen dem zeitgerechten und fehlerfreien Umschlag von Handlingseinheiten (HE) in zwei Arbeitsphasen. Am Abend werden im Sammelgutausgang die tagsüber gesammelten HE vom Nahverkehr in den Fernverkehr verladen. Früh morgens erfolgt im Sammelguteingang der Umschlag der HE vom Fernverkehr auf den Nahverkehr. Der Umschlag gestaltet sich als mehrstufiger innerbetrieblicher Prozess. Die Hauptprozesse sind die Entladung, Verbringung und Beladung. Während bei der Be- und Entladung ausschließlich Unstetigförderer eingesetzt werden, ist zur Verbringung zum Verladeort auch der Einsatz von Stetigfördertechnik möglich. Die Auswahl der Technik je Hauptprozessschritt führt zu unterschiedlichen Flächenanforderungen an das Layout der Stückgutspeditionsanlage und damit auch zu abweichenden Investitionen und Betriebskosten. Neben der Technik sind die HE-Aufkommen je Verkehrsphase entscheidend für ein Layout, da auf dieser Basis die erforderliche Anzahl an Stellplätzen berechnet werden muss. Deren Anzahl richtet sich typischerweise nach dem Sammelguteingang, da alle HE vor der Beladung durch den Nahverkehrsfahrer Platz finden müssen. Dagegen werden während des Sammelgutausgangs kurze Wege angestrebt, da die HE nur kurz zwischengepuffert werden, bevor die Beladung durch das Hallenpersonal erfolgt. Beide Verkehrsphasen stellen somit gegensätzliche Anforderungen an eine Stückgutspeditionsanlage, die es bei der Neuplanung zu berücksichtigen gilt.

In der vorliegenden Arbeit wurden die Bestandteile der Layoutplanung für Stückgutspeditionsanlagen definiert. Der Layoutplanung einer Stückgutspeditionsanlage unterliegen die Dimensionierungen der Toranzahl und der Stellplatzkapazität sowie die Flächengestaltung, unter Berücksichtigung des Technikeinsatzes. Eine Stückgutspeditionsanlage umfasst neben der Halle auch den Hof, so dass es auch Aufgabe der Layoutplanung ist, ausreichende Bewegungsräume der LKW zu schaffen. Ein weiteres Ziel ist es, eine Halle so zu gestalten, dass alle eingeplanten Flächen uneingeschränkt nutzbar sind.

Im Prozess sind Planungsangaben zu berücksichtigen, die jedoch aufgrund gegenseitiger Beeinflussung jeweils als Mindestangaben zu betrachten sind. Damit das Planungsteam ein Gespür für den Einfluss ihrer Parameter erhält und ein ideales Layout entwickeln kann, muss bei jeder Planung einer Stückgutspeditionsanlage eine Vielzahl von Varianten erstellt und bewertet werden. Diese Komplexität erfordert viel Zeit, die aber in der Regel für die Planung von Stückgutspeditionsanlagen aufgrund der dynamischen Marktentwicklung nicht zur Verfügung steht.

Daher werden heute in der Praxis in Bezug auf die Planung einige Kompromisse getroffen und nur wenige Layoutvarianten im Entscheidungsprozess entwickelt. Die Bewertung der Varianten erfolgt typischerweise auf Basis des jeweiligen Investitionsvolumens. Die für die Gesamtkosten