

2 Systematisierung der Ladungsträgerarten

Um darzustellen, welche Ladungsträgerarten grundsätzlich für eine Modularisierung in Frage kommen, werden zunächst - nach der Erläuterung grundlegender Begriffe der Ladungsträgerlogistik - die Merkmale von Ladungsträgern beschrieben und anschließend in einer Systematik festgehalten. Auf dieser Basis werden in Kapitel drei dann mögliche modulare Ausprägungen dieser Eigenschaften beschrieben.

2.1 Grundlegende Begriffe der Ladungsträgerlogistik

Nachfolgend werden wichtige Begriffe des Verpackungswesens definiert und erläutert, die für die weiteren Ausführungen von grundlegender Bedeutung sind. Im Anschluss werden der Verpackungsprozess und die Ladeeinheitenbildung beschrieben und die Rolle von Ladungsträgern aufgezeigt. Weiterhin erfolgt eine Einordnung der Ladungsträgerlogistik in die Struktur der Unternehmenslogistik sowie die Darstellung von Aufgaben und Zielen dieses wichtigen Logistikbereiches.

2.1.1 Begriffe des Verpackungswesens

Unter Verpackung versteht man allgemein die ganze oder teilweise physische Umhüllung von Gütern²⁶ zur Aufnahme, zum Schutz, zur Handhabung, zur Lieferung oder zur Darbietung von Waren.²⁷ Durch Verpacken eines Packgutes mit Hilfe von Packmitteln (z. B. Papier, Folie, Kartonagen) und Packhilfsmitteln (Verschleiß- und Polstermittel) entsteht die Packung. Ist eine Packung ohne zusätzliche Verpackung besonders gut für den Transport geeignet, so spricht man auch von einem Packstück.²⁸

Da mehr als 90% aller Güter verpackt sind, kommt der Verpackung somit eine hohe betriebswirtschaftliche Relevanz zu.²⁹

Bei der Entwicklung oder Auswahl einer geeigneten Verpackung müssen deren Eigenschaften abhängig von der zu erfüllenden Funktion berücksichtigt werden³⁰:

- **Schutzfunktion:** Schutz des Packgutes vor äußeren Einflüssen (mechanische und klimatische Belastungen, qualitative und quantitative Verluste, Diebstahl) sowie Schutz der Umwelt vor dem Packgut
- **Transport-, Umschlag- und Lagerfunktion:** Transportfähigkeit des Packgutes herstellen und dessen Handhabung bei Transport-, Umschlag- und Lagerprozessen erleichtern

²⁶ Vgl. VDA 5002 (1997), S. 13

²⁷ Vgl. VerpackV § 3 Abs. 1 Nr. 1

²⁸ Vgl. DIN 55405 (2006), S. 95

²⁹ Vgl. Schreiber (1999), S. 14

³⁰ Vgl. Pfohl (2010), S. 134-142 in Verbindung mit Martin (2009), S. 71 sowie VDI 4407, 2009, S. 4

- **Verwendungsfunktion:** Verwendung beim Kunden vereinfachen (Verpackung leicht zu öffnen, wiederverschließbar, umweltfreundlich, hygienisch)
- **Informations- und Identifikationsfunktion:** Identifikation des Produktes mit Hinweis auf verschiedene Produkteigenschaften (zerbrechlich, verderblich, gefährlich) sowie Automatisierung von Transport-, Umschlag- und Lagerprozessen ermöglichen
- **Verkaufs- und Marketingfunktion:** Werbung für das Produkt, Unterscheidung des Produktes von anderen (Konkurrenz-)Produkten, Hinweise zu Gebrauch und Entsorgung
- **Produktionsfunktion:** Mengenmäßige Bereitstellung des Produktionsinputs sowie Aufnahme des Produktionsoutputs

2.1.2 Der Prozess der Ladeeinheitenbildung

Da Güter in ihrer jeweiligen Verpackung nicht unbedingt effektiv und effizient gehandhabt und transportiert werden können, werden sie zu Ladeeinheiten zusammengefasst. Der Güterfluss entlang der Transportkette kann umso reibungsloser gestaltet werden, je weniger Bestandteile er umfasst.³¹ Man unterscheidet generell Produktions-, Lager-, Transport-, Verpackungs-, Lade-, Bestell- und Verkaufseinheiten. Diese sollten im Idealfall identisch sein³², um zusätzliche Sortier-, Kommissionier- und Umschlagprozesse zu vermeiden.

Eine Ladeeinheit bezeichnet eine große Anzahl einzelner, verschiedenartiger Packgüter, die zur Rationalisierung von Transport-, Umschlag- und Lagerprozessen unter Einsatz von Ladehilfsmitteln (auch Ladungsträger genannt) dauerhaft zu einer gleichförmigen Packung umgeformt bzw. zusammengefasst wird.³³ Unter Zuhilfenahme von Ladungssicherungsmitteln werden mehrere Ladeeinheiten anschließend zu einer Ladung zusammengefasst.

Generell kann zwischen Ladeeinheiten mit und ohne Ladungsträger unterschieden werden. Unter einem Ladungsträger versteht man allgemein ein tragendes, umschließendes oder abschließendes, genormtes oder spezielles Ladehilfsmittel zur Zusammenfassung von Gütern zu einer Ladeeinheit.³⁴

Ein weiterer, optionaler Bestandteil einer Ladeeinheit ist die Ladeeinheitensicherung. Sie dient zum Schutz des Gutes vor Auseinander- oder Herabfallen, vor Verrutschen einzelner Lagen oder der gesamten Ladung, vor Schäden an der Verpackung und dem Transportmittel sowie vor Verlust von Packstücken durch Diebstahl.

³¹ Vgl. Pfohl (2010), S. 141-142

³² Vgl. Vahrenkamp (2007), S. 331

³³ Vgl. Klaus (1998), S. 241

³⁴ Vgl. Gudehus (2005), S. 433

2.1.3 Einordnung der Ladungsträgerlogistik in die Struktur der Unternehmenslogistik

JÜNEMANN definiert Logistik als "[...]wissenschaftliche Lehre der Planung, Steuerung und Überwachung der Material-, Personen-, Energie- und Informationsflüsse in Systemen"³⁵. Handelt es sich bei einem System um z. B. ein Industrie-, Handels- oder Dienstleistungsunternehmen, so spricht man auch von Unternehmenslogistik³⁶, die sich aus funktioneller Sicht in Beschaffungs-, Produktions-, Transport-, Distributions- und Entsorgungslogistik einteilen lässt. Die Einflussbereiche sind in Abbildung 2 dargestellt.

In der Automobilindustrie handelt es sich bei den durch die Beschaffungslogistik bereitgestellten Inputfaktoren vorwiegend um Fahrzeugbauteile.³⁷ Um einen sicheren Transport der Bauteile und Komponenten vom Lieferanten zum Fahrzeugwerk zu gewährleisten, müssen entsprechend der Bauteilanforderungen spezifische Verpackungen verwendet werden, wobei es sich überwiegend um verschiedene Arten von Ladungsträgern handelt.

Die qualitative Auswahl und Gestaltung von Ladungsträgern (z. B. hinsichtlich Form, Abmessungen und Aufbau) sowie deren quantitative Determinierung (z. B. erforderliche Stückzahlen und Füllmengen) zählen zu den Aufgaben der Ladungsträgerlogistik. Ebenso die zeitliche und organisatorische Einbindung der Ladungsträger in Anlieferkonzepte wie z. B. Just-in-Time und Just-in-Sequence.³⁸ In Anlehnung an die Logistik-Definition von JÜNEMANN kann die Aufgabe der Ladungsträgerlogistik allgemein als Planung, Steuerung und Überwachung bzw. Kontrolle von Ladungsträgerprozessen innerhalb eines Unternehmens und zwischen Unternehmen verstanden werden.

Da sowohl zwischen Lieferanten und Unternehmen, innerhalb des Unternehmens und zwischen Unternehmen und Kunden Güter und Fertigprodukte in Ladungsträgern transportiert werden, erstreckt sich der Einflussbereich der Ladungsträgerlogistik über den gesamten Bereich der Unternehmenslogistik, verläuft dabei aber nicht ausschließlich parallel zum Produktionsprozess sondern aufgrund von entgegengesetztem Vollgut- und Leerguttransport bidirektional, so dass man von einem Ladungsträgerkreislauf spricht (siehe dazu Abbildung 2).

Im Rahmen der Dissertation wird ausschließlich der Einsatz von Ladungsträgern in der Inbound- und Inhouse-Logistik untersucht. Der Ladungsträgerkreislauf umfasst somit nur den Vollguttransport vom Lieferanten zum Werk, den Leerguttransport vom Werk zurück zum Lieferanten sowie Prozesse innerhalb der Lieferanten und Werke.

³⁵ Jünemann (1989), S. 11

³⁶ Vgl. Jünemann (1989), S. 11

³⁷ Ein Fahrzeug besteht je nach Größe und Ausstattung im Durchschnitt aus mehr als 10.000 Bauteilen. (vgl. Göpfert/Steinbrecher (2000), S. 1)

³⁸ Vgl. Schake (2000), S. 74

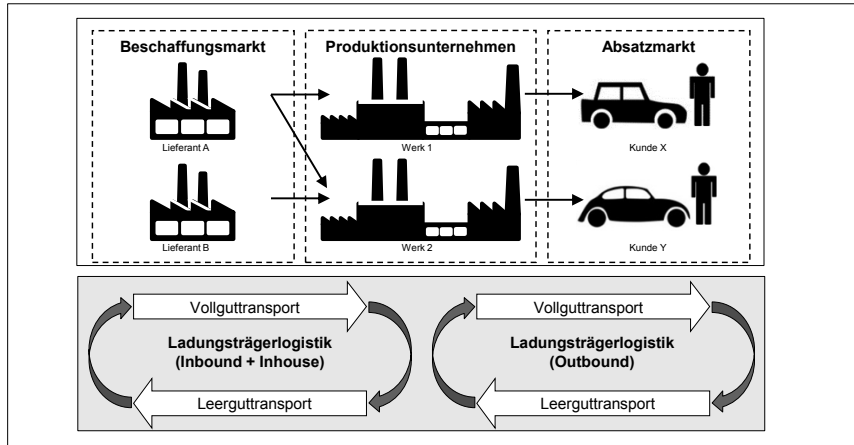


Abbildung 2: Ladungsträgerlogistik im Produktionsunternehmen

Quelle: in Anlehnung an Lackner/Engelhardt-Nowitzki (2006), S. 244

Da im Fahrzeugversand (Outbound-Logistik) nur im interkontinentalen Transport Ladungsträger in Form von Containern eingesetzt werden und der kontinentale Transport der Fahrzeuge per LKW oder Bahn ohne den Einsatz von Ladungsträgern erfolgt, wird dieser Bereich der Ladungsträgerlogistik in den weiteren Betrachtungen nicht berücksichtigt.

2.1.4 Aufgaben und Ziele der Ladungsträgerlogistik

Der zentrale Betrachtungsgegenstand der Ladungsträgerlogistik sind Ladungsträgerkreisläufe, für deren reibungslosen Ablauf ständig die Verfügbarkeit der korrekten Ladungsträger sichergestellt werden muss. Zum Aufgabenspektrum zählen alle technischen und organisatorischen Maßnahmen, um Ladungsträgerbestände gering zu halten und gleichzeitig die Versorgungssicherheit zu gewährleisten.³⁹

Die Aufgaben der Ladungsträgerlogistik können verschiedenen Handlungsfeldern zugeordnet werden. Dabei stellt die operative Bewirtschaftung des Ladungsträgerkreislaufts das Kernfeld der Ladungsträgerlogistik dar. Sie gliedert sich in die Teilprozesse Bedarfsermittlung, Bestandsführung, Kreislaufsteuerung, Prozess Monitoring und Prozesskostenverrechnung, welche sequentiell durchlaufen werden.

Weitere Handlungsfelder sind die Organisation, die alle aufbauorganisatorischen Fragestellungen behandelt, die Ladungsträgerfinanzierung sowie die IT-Unterstützung, welche die Grundlage für die Erfassung der Ladungsträgerbewegungen darstellt.

³⁹ Vgl. Hofmann/Bachmann (2006), S. 1

Die Ladungsträgerentwicklung ist ein weiterer wichtiger Aufgabenschwerpunkt. Zum einen wird versucht die Eigenschaften bereits bestehender bei der Entwicklung neuer Ladungsträger zu berücksichtigen, um den Einsatz teurer Spezialladungsträger zu vermeiden und bestehende Ladungsträger im Betrieb besser auszunutzen. Zum anderen steht die Weiterentwicklung der Ladungsträgertechnik im Mittelpunkt, um deren Handlungseigenschaften zu verbessern und eine Anpassung an veränderte Anforderungen vorzunehmen.⁴⁰

Das übergeordnete Ziel der Ladungsträgerlogistik ist die Sicherstellung der termin- und qualitätsgerechten Versorgung der Produktionswerke mit Material durch Bereitstellung von Leergut beim Lieferanten getreu den 6 Richtigen der Logistik: Der richtige Ladungsträger, in der richtigen Menge, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort, in der richtigen Qualität und zu richtigen Kosten.

Wenn in diesem Zusammenhang von Kostensenkung die Rede ist, liegt der Fokus neben Transport-, Bestands-, Instandhaltungs- und Handlingskosten auch auf Abschreibungs-, Lagerhaltungs- und Ausweichverpackungskosten. Durch Auswahl geeigneter Verpackungskonzepte, die einerseits einen hohen Füllgrad aufweisen und im leeren Zustand volumenreduzierbar ausgelegt sind, lassen sich z. B. Transportkosten im Voll- und Leerguttransport reduzieren. Daneben sind auch nichtlogistische Kosten wie Investitions-, Finanzierungs- und Entwicklungskosten als Quelle für Einsparungen zu berücksichtigen. Sind Universalladungsträger für eine sehr hohe Anzahl von Bauteilen einsetzbar, ergeben sich durch hohe Stückzahlen bei der Be- und Nachbeschaffung Skaleneffekte. Durch die Standardisierung und Modularisierung von Spezialladungsträgern steigt der Gleichteile-Anteil, so dass sich auch hier in der Beschaffung Skaleneffekte realisieren lassen. Zusätzlich sinkt dadurch der Entwicklungsaufwand.

Ein weiteres Ziel ist die Steigerung der Qualität, worunter zum einen der Zustand der Ladungsträger und zum anderen das Logistikserviceniveau zu verstehen ist. Um einwandfreie Bauteile verarbeiten zu können, müssen die Ladungsträger hohen qualitativen Ansprüchen genügen, so dass Bauteile nicht durch Verschmutzungen, Beschädigungen oder mangelnde Funktionserfüllung der Ladungsträger beeinträchtigt werden. Für einen reibungslosen Ablauf ist aber auch die Überwachung des Versorgungsprozesses notwendig.

Durch den Einsatz von IT-Systemen wird Transparenz geschaffen und dadurch das rechtzeitige Erkennen von Abweichungen und Störungen im Ladungsträgerkreislauf ermöglicht. Auf diese Weise können proaktiv Gegenmaßnahmen eingeleitet werden.

Durch eine Reduzierung der Umlaufzeit bzw. durch eine Steigerung der Umlaufgeschwindigkeit wird der Materialfluss beschleunigt, so dass Zeit- und damit auch Kostenvorteile realisiert werden können.

Die im Rahmen dieser Dissertation untersuchte Methode der Modularisierung von Ladungsträgern dient in erster Linie der Komplexitätsreduzierung und -vermeidung und

⁴⁰ Vgl. Hofmann/Bachmann (2006), S. 4-7

damit der Reduzierung der Logistikkosten. Entlang des gesamten Lebenszyklus eines solchen Ladungsträgers lassen sich kostenwirksame Potentiale generieren.

2.2 Merkmale zur Ladungsträgersystematisierung

Zur Bildung von Ladeeinheiten werden Ladungsträger (auch als Ladehilfsmittel bezeichnet) eingesetzt. Sie dienen sowohl innerbetrieblich als auch betriebsübergreifend zur Aufnahme und zum Transport von Gütern unterschiedlichster Art. In der Literatur finden sich verschiedene Ansätze zur Gliederung von Ladungsträgern, die sich häufig in ihren Schwerpunkten zur Gliederung und der Bezeichnung der Ladungsträger unterscheiden.⁴¹

Um für die weiteren Untersuchungen im Rahmen der Dissertation geeignete Ladungsträgerarten für eine Modularisierung begründet auswählen zu können, soll zunächst eine systematische Übersicht der verschiedenen Ladungsträgerarten erstellt werden.

Da eine Systematik eine Gruppe von Objekten nach spezifischen Eigenschaften untergliedert, werden im ersten Schritt mögliche Eigenschaften von Ladungsträger ermittelt. Anschließend wird eine geeignete Methode zur Systematisierung der Ladungsträger ausgewählt.

2.2.1 Ladungsträgergröße

Eine Einteilung nach der Ladungsträgergröße erfolgt nicht nach dem Nutzvolumen, sondern mit Bezug auf die Außenmaße der Grundfläche des Ladungsträgers. GERSTNER gliedert die Ladungsträger nach ihrer Modulgröße in Kleinst-, Klein-, Groß- und Verkehrsladungsträger. Kleinstladungsträger sind alle Ladungsträger mit einer Grundfläche von maximal 300x200 mm und einer Höhe von bis zu 200 mm. Kleinstladungsträger werden aufgrund ihres geringen Nutzvolumens fast ausschließlich für innerbetriebliches Fördern, Lagern und Handling eingesetzt. Sie sind daher nicht Teil der Betrachtung im Rahmen der Dissertation.

Bis zu einer Grundfläche von 600x400 mm und einer Höhe von 320 mm spricht man dann von Kleinladungsträgern (KLT).⁴²

Aus Sicht der Modulordnung sind Großladungsträger (GLT) alle Ladungsträger, die größer als das Grundmodul von 600x400 mm sind und eine maximale Grundfläche von 2.400x1.200 mm haben.

Die Höhe liegt zwischen 200 und 1.000 mm. Am häufigsten findet man die international genormten Modulmaße 1.200x800 mm bzw. 1.200x1.000 mm vor.⁴³

⁴¹ Vgl. Gerstner, (1999), S. 14

⁴² Vgl. Gerstner (1999), S. 15

⁴³ Vgl. Gerstner (1999), S. 15

GLT, wie z. B. Paletten, Großbehälter und Ladestelle, werden genutzt, um nicht unterfahrbare Güter (u.a. auch KLT) unterfahrbar zu machen. Sie können ausschließlich mit Flurförderzeugen gehandhabt werden. Ein manuelles Handling ist aufgrund der Maße und des Gewichtes nicht möglich.⁴⁴

Zu den Verkehrsladungsträgern gehören alle Ladungsträger mit einer Grundfläche größer 2.400x1.200 mm und einer Höhe größer 1.000 mm, so u.a. 20- und 40-Fuß-Container nach ISO 668.⁴⁵ Sie können nur mit spezieller Förder- und Handhabungstechnik bewegt werden. Da sie in der Automobilindustrie fast ausschließlich für den interkontinentalen Transport genutzt werden, werden sie in dieser Dissertation nicht weiter betrachtet.

In Abbildung 3 sind die Größenverhältnisse von Kleinst-, Klein- und Großladungsträger einander gegenübergestellt.



Abbildung 3: Größenverhältnisse von Kleinst-, Klein- und Großladungsträgern

Quelle: Eigene Darstellung mit Bildmaterial der Volkswagen AG

2.2.2 Universalität des Einsatzes

Für eine Vielzahl von Bauteilen können in der Automobillogistik sogenannte Universalladungsträger (ULT) eingesetzt werden (siehe dazu auch Abbildung 4). Hierbei handelt es sich um Ladungsträger, die keiner bestimmten Teilefamilie zugeordnet sind und daher universell und flexibel eingesetzt werden können. ULT besitzen keine Einbauten zur Aufnahme der Bauteile. Sie weisen meist standardisierte Abmessungen auf und orientieren sich dabei an verschiedenen gültigen Normen (z. B. DIN 55510-3⁴⁶).

⁴⁴ Vgl. Martin (2009), S. 64; Klug (2010), S. 150

⁴⁵ Vgl. Gerstner (1999), S. 15; ISO 668 (1995), S. 2

⁴⁶ Die DIN 55510-3 beinhaltet Regeln und Maße zur modularen Koordination im Verpackungswesen.

Durch das Setzen von Standards ist eine werks- und auch unternehmensübergreifende Anwendung der Ladungsträger möglich.⁴⁷



Abbildung 4: Verschiedene Ausprägungen von Universalladungsträgern

Quelle: Eigene Darstellung mit Bildmaterial der Volkswagen AG

Ist ein Ladungsträger hingegen nur für bestimmte Bauteile einsetzbar, so spricht man von einem Spezialladungsträger (SLT) (siehe dazu die verschiedenen Ausprägungen in Abbildung 5).⁴⁸ Sie werden speziell für ein bestimmtes Teil entwickelt, konstruiert und gefertigt und enthalten u. a. diverse Aufnahmevorrichtungen aus Metall, Kunststoff oder Holz in Form von Zahnleisten sowie Einzel- oder Mehrfachaufnahmen.



Abbildung 5: Verschiedene Ausprägungen von Spezialladungsträgern

Quelle: Eigene Darstellung mit Bildmaterial der Volkswagen AG

Man kann an dieser Stelle noch von einem Spezialfall sprechen, wenn es sich um einen ULT handelt, der mithilfe von Einbauten (Einlagen, Einsätzen, Gefachen) an die speziellen Anforderungen eines Bauteils, das eigentlich nicht universal verpackt werden kann, angepasst wurde. Aufgrund des spezialisierten Einsatzes von universellen Ladungsträgern wird an dieser Stelle die Bezeichnung Spezieller Universalladungsträger (SULT) eingeführt.

In Abbildung 6 ist ein Universalstahlgestell dargestellt, das in Verbindung mit einem Formkern zu einem speziellen Universalladungsträger für einen Bodenbelag wird.

⁴⁷ Vgl. Klug (2010), S. 151 sowie VDI 3587 (1995), S. 3

⁴⁸ Vgl. VDI 3587 (1995), S. 3

Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung der Variantenvielfalt bei SLT ist der Einsatz von Universellen Spezialladungsträgern (USLT), die für eine spezifische Bauteilegruppe eingesetzt werden und deren Basis ein eigens entwickelter Spezialladungsträger ist, der durch die Gestaltung der Einbauten und Bauteileaufnahmen für verschiedene Teile einer Bauteilegruppe nutzbar ist.

Abbildung 7 zeigt einen universellen Spezialladungsträger für Wischerhebel, der sowohl für linke als auch rechte Wischerhebel sowie für verschiedene Modelle⁴⁹ eingesetzt werden kann.



Abbildung 6: Beispiel für einen speziellen Universalladungsträger

Quelle: Eigene Darstellung mit Bildmaterial der Volkswagen AG



Abbildung 7: Beispiel für einen universellen Spezialladungsträger

Quelle: Eigene Darstellung mit Bildmaterial der Volkswagen AG

2.2.3 Gestaltung des Ladungsträgers

Man kann Ladungsträger weiterhin nach ihrer Gestaltung in Ladungsträger mit tragender, mit umschließender sowie mit abschließender Funktion unterscheiden.⁵⁰

Bei tragenden Ladungsträgern handelt es sich häufig um Flachpaletten in verschiedensten Ausführungen. Sie bieten im Vergleich zu um- und abschließenden Ladungsträgern nur mäßigen bis unzureichenden Schutz gegenüber mechanischen Belastungen, chemischen und biologischen Einflüssen sowie gegen Feuchtigkeit.⁵¹

⁴⁹ Je nach Art und Größe der Bauteile kann die Anzahl der Teile pro Behälter variieren.

⁵⁰ Vgl. Gerstner (1999), S. 17

⁵¹ Vgl. VDI 3968 Blatt 2 (1994), S. 2

Umschließende Ladungsträger, wie z. B. Gitterboxen, Behälter und Rungenpaletten, bieten zusätzlich zur reinen Aufnahmefunktion auch Schutz vor Auseinanderfallen, Verrutschen, Umkippen und Auffächern der transportierten Güter. Um weiteren Schutz gegen Selbstöffnung, Feuchtigkeitseinwirkung, Verlust, Diebstahl, Volumenänderung und Verschmutzung zu gewährleisten, müssen abschließende Ladungsträger, wie z. B. Tank- oder Silopaletten oder Behälter mit Deckel, eingesetzt werden.⁵²



Abbildung 8: Beispiele für tragende, umschließende und abschließende Ladungsträger

Quelle: Eigene Darstellung mit Bildmaterial der Volkswagen AG

2.2.4 Unterfahrbarkeit von Ladungsträgern

Bezüglich der Unterfahrbarkeit unterscheidet man zwischen unterfahrbaren (z. B. GLT) und nicht unterfahrbaren Ladungsträgern (z. B. KLT).⁵³ GLT wie Paletten, Großbehälter und Ladegestelle können genutzt werden, um nicht unterfahrbare KLT unterfahrbar zu machen, indem Gebindestrukturen aufgebaut werden.⁵⁴ Die unterfahrbaren Ladungsträger können weiterhin nach der Anzahl der unterfahrbaren Seiten unterschieden werden. Es gibt Ladungsträger, die lediglich von zwei gegenüberliegenden Seiten mit einem Flurförderzeug aufgenommen werden können (z. B. Zweiwegpalette), und solche, die von allen vier Seiten unterfahrbar sind (z. B. Vierwegpalette).⁵⁵

2.2.5 Material

Ladungsträger können aus verschiedensten Materialien bestehen. Einige wichtige, die häufig in der Automobilindustrie eingesetzt werden, sind nachfolgend aufgeführt:

- **Metalle**, wie z. B. verzinkter oder lackierter Stahl, Edelstahl
- **Kunststoffe**, wie z. B. Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Expandiertes Polypolypropylen (EPP), Polystyrol (PS)

⁵² Vgl. VDI 3968 Blatt 2 (1994), S. 10

⁵³ Vgl. Klug (2010), S. 149-150

⁵⁴ Vgl. Martin (2009), S. 64

⁵⁵ Vgl. Ten Hoppel/Heidenblut (2008), S. 309 und 327

- **Holz**, wie z. B. Massiv- und Sperrholz, Holzwolle
- **Kartonagen**

Für den zusätzlichen Schutz der Bauteile werden auch Korrosionsschutzpapier und Textilien eingesetzt.⁵⁶ Häufig findet man Kombinationen verschiedener Materialien vor. Eine Möglichkeit stellen z. B. Stahlgestelle mit Bauteilaufnahmen aus Kunststoff dar.

2.2.6 Grad der Standardisierung

Auch im Bereich der Ladungsträger sind viele Standardisierungen und Normungen anzutreffen. Man muss an dieser Stelle deutlich zwischen einer Norm, die von einem offiziellen Gremium⁵⁷ erarbeitet und verabschiedet wird, und einem Standard, welcher von jedem Unternehmen selbst definiert werden kann und manchmal die Grundlage für eine Norm bildet, unterscheiden.⁵⁸ Demnach kann man Ladungsträger in Bezug auf deren Normung bzw. Standardisierung in nicht, teilweise und vollständig standardisiert bzw. genormt einteilen. Da diese Begriffe sehr unscharf sind, wird angenommen, dass eine teilweise Standardisierung oder Normung den gesamten Bereich zwischen keiner und vollständiger Standardisierung oder Normung umfasst.

2.2.7 Poolfähigkeit

Sind Ladungsträger soweit standardisiert oder genormt, dass sie über Unternehmensgrenzen hinweg eingesetzt werden können, so besteht die Möglichkeit Ladungsträgerpools aufzubauen. Aus diesen können dann (zumeist über einen Poolbetreiber) verschiedene Unternehmen mit Leergut versorgt werden. Prominentestes Beispiel ist die nach DIN EN 13698 Teil 1 genormte Europoolpalette aus Holz.

Demzufolge kann man Ladungsträger in poolfähige und nicht poolfähige Ladungsträger unterscheiden. Aufgrund mangelhafter Qualität⁵⁹ können eigentlich poolfähige Behälter als nicht tauschfähig eingestuft und zur Reparatur oder Entsorgung aus dem Ladungsträgerpool ausgeschleust werden.

2.2.8 Handling

In Abhängigkeit von verschiedenen Eigenschaften eines Ladungsträgers kann man diese bzgl. ihrer Handhabung in manuell, teilautomatisiert und vollautomatisiert hand-

⁵⁶ Vgl. VDA 5000 Teil 3 (2003), S. 9

⁵⁷ Auf internationaler Ebene zählt zu diesen Gremien u.a. die International Organization for Standardization (ISO) und die International Telecommunication Union (ITU). Auf nationaler Ebene ist das Deutsche Institut für Normung (DIN) zu nennen.

⁵⁸ Vgl. Jakobs (2006), S. 1

⁵⁹ Für die Bewertung und Auswahl zu reparierender oder zu verschrottender Ladungsträger gibt es Grenzmusterkataloge, in denen verschiedene Abstufungen von Beschädigungen die Basis für die Entscheidung zur weiteren Verwendung bilden.

habbare Ladungsträger unterscheiden. Dabei erfolgt das Handling bei Teil- oder Vollautomatisierung mit sogenannten Handlingsgeräten bzw. Manipulatoren.

Aufgrund der verschiedenen Prozesse, die ein Ladungsträger durchlaufen kann, ist auch eine Kombination verschiedener Handlingsverfahren möglich. So kann der Transport eines Ladungsträgers in einem Materialflusssystem vollautomatisch geschehen, während die Entnahme an der Senke des Systems manuell erfolgt. Es gibt allerdings auch Ladungsträger, wie z. B. ISO-Container, die in keinem Fall manuell bewegt werden können.

2.2.9 Deckel

Man kann weiterhin zwischen Ladungsträgern mit und ohne Deckel unterscheiden. Bei den Ladungsträgern mit Deckel gibt es verschiedene Formen, wie z. B. abnehmbare oder integrierte Deckel.⁶⁰ Die VDI 3617 gibt auch abschließbare und verplombbare Deckel an.⁶¹

2.2.10 Möglichkeit der Volumenreduktion

Aufgrund kontinuierlich steigender Transportkosten⁶² wird an Ladungsträger die Anforderung gestellt, im entleerten Zustand volumenreduzierbar zu sein, um frachtkostenoptimale Leerguttransporte realisieren zu können.

Zeichnen sich Ladungsträger durch veränderliche Seitenwände aus und sind somit faltbar, halbfaltbar oder klappbar, so ist eine Volumenreduktion möglich. Eine wichtige Kenngröße ist hierbei der Volumenreduktionsgrad $\bar{w}V$, der angibt, um wie viel Prozent sich das Volumen im reduzierten Zustand verringert (Formel 1).

Formel 1: Volumenreduktionsgrad $\bar{w}V$ [%]

$$\bar{w}V = \left(1 - \frac{\text{Reduziertes Hüllvolumen}}{\text{Hüllvolumen}} \right) * 100\%$$

Damit können verschiedene Konzepte miteinander bzgl. ihrer Volumenreduktion miteinander verglichen werden. Im Stapel kann sich der Volumenreduktionsgrad aufgrund der Eintauchtiefe der Ladungsträger beim Stapeln noch erhöhen und wird wie folgt ermittelt (Formel 2).

⁶⁰ Vgl. Gerstner (1999), S. 19

⁶¹ Vgl. VDI 3617 (2010), S. 5

⁶² "An den steigenden Frachtkosten wird sich so schnell wohl nichts ändern. Laut der jüngsten Umfrage des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung [...] erwarten 60% bis 70% der Manager, dass die Preise für fast alle Routen und für alle Verkehrsträger außer der Bahn weiter steigen. Besonders kräftig werden demnach die Preise für Luft- und Seefracht im Asien Pazifik-Verkehr sowie auf der Nordamerika-Route anziehen." (Gärtner (2008))

Formel 2: Volumenreduktionsgrad im Stapel $\bar{w}V_S$ [%]

$$\bar{w}V_S = \left(1 - \frac{\text{Reduziertes Hüllvolumen} * \left(\frac{\text{Behälterhöhe} - \text{Eintauchtiefe}}{\text{Behälterhöhe}} \right)}{\text{Hüllvolumen}} \right) * 100\%$$

Durch das Zusammenfallen im leeren Zustand kann beim nachfolgenden Beispiel eine Volumenreduzierung um 78% erzielt werden (siehe Abbildung 9).

Das Beispiel in Abbildung 10 zeigt einen halbfaltbar ausgelegten Ladungsträger, bei dem die bauteilführende Einlage aus Kunststoff im Ladungsträger verbleiben und dieser dennoch im Volumen reduziert werden kann. Der Volumenreduktionsgrad beträgt in diesem Beispiel 66%.

Ein Beispiel für einen klappbaren Ladungsträger stellt der Ladungsträger gemäß Abbildung 11 dar. Hierbei handelt es sich um einen EPP-Schaumbehälter, bei dem die Seitenwände zusammengeklappt werden und so eine Volumenreduzierung um 52% möglich wird.

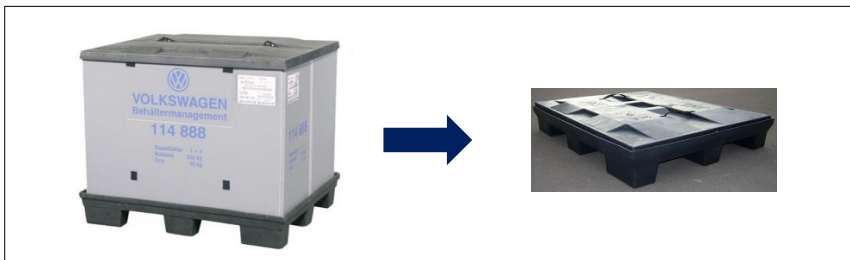


Abbildung 9: Beispiel für Volumenreduktion bei einem faltbaren Ladungsträger

Quelle: Eigene Darstellung mit Bildmaterial der Volkswagen AG

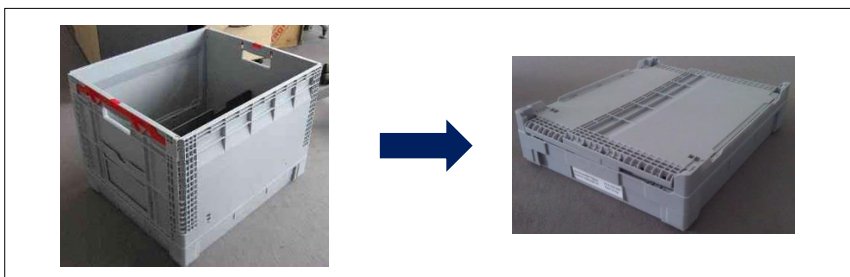


Abbildung 10: Beispiel für Volumenreduktion bei einem halbfaltbaren Ladungsträger

Quelle: Eigene Darstellung mit Bildmaterial der Volkswagen AG

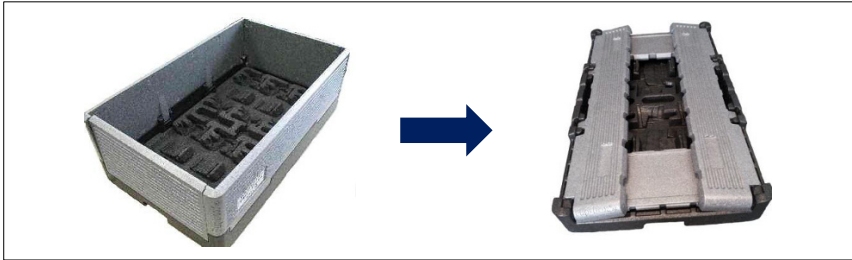


Abbildung 11: Beispiel für Volumenreduktion bei einem klappbaren Ladungsträger

Quelle: Eigene Darstellung mit Bildmaterial der Volkswagen AG

Weist ein Ladungsträger hingegen starre, konische Seitenwände auf, so ist eine Volumenreduktion nur bei Stapelung der Ladungsträger möglich. Dabei wird der Ladungsträger aufrecht in einen anderen leeren Ladungsträger gestellt. Man bezeichnet solche Ladungsträger auch als nestbar bzw. verschachtelbar.

Die nachfolgende Abbildung 12 zeigt ein Beispiel für einen nestbaren Ladungsträger. Es handelt sich um ein Gestell für Türscheiben mit einer trapezförmigen Grundfläche. Dadurch lassen sich die Ladungsträger im entleerten Zustand ineinander stellen und ermöglichen so eine Volumenreduktion im Leerguttransport.



Abbildung 12: Beispiel für Volumenreduktion bei einem nestbaren Ladungsträger

Quelle: Eigene Darstellung mit Bildmaterial der Volkswagen AG

Sind die Seitenwände allerdings starr und senkrecht, so ist keine Volumenreduktion ohne Beschädigung der Ladungsträger möglich.⁶³

2.2.11 Formstabilität

Die Formstabilität eines Ladungsträgers ist stark vom verwendeten Material abhängig. Man unterscheidet grundsätzlich zwischen formstabilen bzw. starren (z. B. Paletten, Kunststoff-KLT und -GLT) und nicht formstabilen Ladungsträgern (z. B. Säcke).

Letztere finden keine Anwendung in der Automobilzulieferlogistik und werden daher im Rahmen der Dissertation nicht weiter berücksichtigt.

2.2.12 Geometrische Form

Ein formstabiler Ladungsträger kann weiterhin durch seine geometrische Form beschrieben werden. GERSTNER unterscheidet dabei in Ladungsträger mit gerader, konischer und variabler geometrischer Form.⁶⁴ Dabei bezieht sich diese Angabe auf die Ausprägung der Seitenwände.

Hat ein Ladungsträger gerade Seitenwände, so stehen diese senkrecht auf die Grundfläche. Bei einem konischen Ladungsträger verlaufen die Seitenwände schräg nach unten zusammen, so dass die Grundfläche kleiner als die Deckfläche ist. Auf diese Weise können die Ladungsträger in einander gestapelt werden. Bei faltbaren oder klappbaren Ladungsträger weisen die Seitenwände eine variable Form auf.

2.2.13 Wiederverwendbarkeit

Hinsichtlich der Wiederverwendbarkeit oder auch Einsatzhäufigkeit von Ladungsträgern unterscheidet man Einweg-, Mehrweg- und Dauerverpackungen.

Einwegverpackungen halten nur einen Transport bzw. eine Lagerung und gehen nach der Entnahme, der in ihr transportierten Packgüter, nicht zum Absender zurück sondern werden entsorgt. Mehrwegverpackungen können hingegen für mehrere Transporte zwischen Absender und Empfänger genutzt werden. Sie verschleifen allerdings durch Abnutzung und haben somit eine begrenzte Lebensdauer. Dauerverpackungen wiederum sind für einen deutlichen längeren Zeitraum, oft über mehrere Jahre, einsetzbar.⁶⁵

Im Rahmen der Dissertation werden ausschließlich Dauerverpackungen untersucht.

⁶³ Vgl. Gerstner (1999), S. 19

⁶⁴ Vgl. Gerstner (1999), S. 19

⁶⁵ Vgl. VDI 2490 (1995), S. 7 in Verbindung mit VDI 3587 (1995), S. 3

2.2.14 Zu transportierendes Gut

Für die Auswahl eines geeigneten Ladungsträgers ist auch immer die Art des zu transportierenden Gutes entscheidend. Handelt es sich beim Packgut um Schüttgut, so kann es nicht ohne Ladehilfsmittel zu einer Einheit zusammengefasst werden, da es sich dabei um stückiges, körniges oder staubiges Massengut, wie z. B. Schrauben, Bolzen und Kunststoffkleinteile, handelt.⁶⁶ Im Gegensatz dazu handelt es sich bei Stückgütern um Güter, die eine feste Gestalt aufweisen, die sich auch beim Transport nicht ändert. Stückgüter können einzeln als Einheit gehandhabt und sowohl unverpackt als auch verpackt transportiert, umgeschlagen und gelagert werden. Aus der Automobilindustrie sind vor allem Fertigungs- und Montageteile, Maschinen und Fahrzeuge als Stückgüter zu nennen.⁶⁷

Flüssigkeiten und Gase stellen weitere zu transportierende Güter dar. In der Automobilindustrie werden sie vorwiegend als Hilfsstoffe für die Fertigung, z. B. in Form von Kühl- und Waschmitteln, Ölen und Schmierstoffen sowie als Kraftstoffe für die produzierten Fahrzeuge, verwendet.

Für die weiteren Untersuchungen werden lediglich Stückgüter berücksichtigt, da diese die Mehrzahl der in der Inbound- und Inhouse-Logistik transportierten Güter ausmachen.

2.3 Grundlagen der Systematisierung

Aus den zuvor vorgestellten Merkmalen lassen sich verschiedene Ladungsträgerarten ableiten. Ein spezifischer Ladungsträger lässt sich dabei durch die jeweiligen Ausprägungen all dieser Merkmale charakterisieren. Um eine Übersicht der Ladungsträger zu erstellen, müssen alle möglichen Ladungsträgerarten in eine Systematik überführt werden.

In einer Systematik werden die durch Systematisierung nach bestimmten Ordnungskriterien gebildeten Klassen von Objekten dargestellt. Zur Bewertung von Systemen oder Objekten mit mehr als zwei Merkmalen, zu denen auch die Ladungsträger gezählt werden können, sind nach GLISTAU ET AL. u.a. die Clusteranalyse, die hierarchische Klassenbildung sowie der morphologische Kasten geeignet.⁶⁸

Zur Auswahl eines zweckmäßigen Verfahrens müssen zunächst die Anforderungen an das zu liefernde Ergebnis festgehalten werden. Die Systematik der Ladungsträgerarten soll eine ganzheitliche Übersicht über die Ladungsträgerarten geben und dabei verständlich sowie einfach und kompakt in der Handhabung sein.

⁶⁶ Vgl. Martin (2009), S. 59

⁶⁷ Vgl. Martin (2009), S. 62

⁶⁸ Vgl. Glistau/Coello Machado/Illés (2006), S. 12

2.3.1 Die Clusteranalyse

Die Clusteranalyse stellt ein struktursuchendes Verfahren dar, bei dem versucht wird aus einer Menge heterogener Objekte homogene Teilmengen (Segmente) zu identifizieren. Dabei soll die Menge der Objekte so aufgeteilt werden, dass die Objekte innerhalb eines Segmentes möglichst ähnlich und die Unterschiede zwischen den Segmenten möglichst groß sind. Bei sogenannter scharfer Klassifikation wird jedes Objekt eindeutig einem Segment zugeordnet. Erfolgt eine anteilige Zuordnung auf mehrere Segmente, so spricht man von unscharfer Klassifikation. Die Objektzuordnung zu den Segmenten erfolgt über die Ähnlichkeiten der Objekte, welche mathematisch quantifizierbar sein müssen.⁶⁹

2.3.2 Die hierarchische Klassenbildung

Zur Gliederung von Strukturen und Objekten kann ebenfalls die Hierarchisierung bzw. hierarchische Klassenbildung eingesetzt werden.

Informationen werden in verschiedenen Ebenen einander über- oder untergeordnet und von Ebene zu Ebene miteinander verknüpft. Die auf diese Weise entstehende Struktur entspricht weitestgehend einer Baumstruktur, wobei jeder Sektion genau die Eigenschaften zugeschrieben werden, die sie von der ihr übergeordneten Kategorie unterscheiden.

Ist jede Sektion immer genau einer Kategorie zugeordnet, so spricht man von einer Monohierarchie oder auch starken Hierarchie. Diese Form der Klassifikation ist sehr realitätsnah und damit einfach nachzuvollziehen und gut verständlich. Da es aber viele polydimensionale Objekte gibt, die die Eigenschaften mehrerer Kategorien besitzen, gibt es weiterhin sogenannte schwache Hierarchien (Polyhierarchien). Dabei werden Objekte direkt mehreren Kategorien zugeordnet.⁷⁰

Bei sinnvoller Auswahl der Kategorien liegen die Vorteile der Hierarchisierung zur Systematisierung von Objekten in der einfachen Verständlichkeit und Nachvollziehbarkeit der Methode. Bei umfangreichen und polydimensionalen Sachverhalten kann die Methode allerdings zu sehr unübersichtlichen Strukturen führen, deren Aussagekraft erheblich sinkt.

2.3.3 Der morphologische Kasten

Neben einer hierarchischen Anordnung besteht weiterhin die Möglichkeit, die für eine Gruppe von Objekten möglichen Merkmale sowie die dazugehörigen Merkmalsausprägungen in Form eines morphologischen Kastens übersichtlich darzustellen.

⁶⁹ Vgl. Volkmann (2000)

⁷⁰ Vgl. Arndt (2006), S. 137-138

Beim morphologischen Kasten handelt es sich um ein zweidimensionales, tabellarisches Schema. Vertikal werden die Merkmale der Objekte aufgetragen und horizontal die möglichen Ausprägungen dieser Merkmale zugeordnet. Zur Charakterisierung eines spezifischen Objektes werden die zutreffenden Ausprägungen z. B. farbig hinterlegt.⁷¹

Gegebenenfalls können die jeweils zutreffenden Merkmalsausprägungen auch verbunden werden. Dadurch entstehen sog. Profillinien oder auch Profilbänder, wenn für ein oder mehrere Merkmale keine eindeutige Zuordnung zu nur einer Ausprägung möglich ist.⁷²

2.3.4 Methodenauswahl

Die beschriebenen Merkmale der Ladungsträger und die daraus resultierenden Ladungsträgerarten sollen mittels geeigneter Methode in eine Übersicht gebracht werden. Für diese Aufgabe ist die Clusteranalyse nicht die passende Alternative. Die Eigenschaften der zu gruppierenden Objekte, hier Ladungsträgerarten, sind nicht mathematisch quantifizierbar. Weiterhin müsste eine anteilmäßige Zuordnung auf mehrere Gruppen erfolgen, da die meisten Ladungsträger sich durch eine Vielzahl von Eigenschaften auszeichnen.

Eine hierarchische Darstellung ist ebenfalls nicht geeignet, da eine Polyhierarchie aufgrund der Vielzahl der möglichen Zuordnungen⁷³ zu unübersichtlich werden würde und eine Monohierarchie die Beziehungen der Merkmale nicht zum Ausdruck bringen könnte. Zur Systematisierung der Ladungsträgerarten wird daher der morphologische Kasten verwendet. Er bietet eine gute Übersicht über alle Merkmale und lässt eine einfache Charakterisierung einzelner Ladungsträger zu.

2.4 Ladungsträgersystematisierung im morphologischen Kasten

Durch den Einsatz eines morphologischen Kastens zur Ladungsträgersystematisierung kann auf recht einfache Weise im Rahmen einer Situationsanalyse ein systematischer Überblick über die unterschiedlichen Erscheinungsformen von Ladungsträgern gegeben werden. Weiterhin kann der morphologische Kasten auch als Grundlage für die Identifikation neuer Ladungsträgertypen dienen, wobei völlig neue Lösungen kaum zu erwarten sind. Allerdings können bekannte Teillösungen zu innovativen Gesamtlösungen kombiniert werden.⁷⁴

⁷¹ Vgl. Rautenstrauch (1999), S. 17

⁷² Vgl. Schomburg (1980), S. 29

⁷³ So kann es sich z.B. bei einem ULT um einen KLT, GLT handeln. Ebenso kann ein SLT auch KLT oder GLT sein. Ähnlich verhält es sich mit den anderen Merkmalen. Eine eindeutige Rangfolge kann nicht hergestellt werden.

⁷⁴ Vgl. Bruhn (2007), S. 224

Dabei sind nicht alle Kombinationen der Merkmalsausprägungen auch tatsächlich sinnvoll. Viele sind unzulässig oder auch unzweckmäßig.

In Abbildung 13 sind alle beschriebenen Merkmale und ihre Ausprägungen in einer Morphologie systematisch dargestellt. Die im Rahmen der Dissertation nicht betrachteten Ladungsträgermerkmale sind in grau dargestellt.

Merkmal	Merkmalsausprägungen						
Ladungsträgergröße	Kleinstladungsträger		Kleinladungsträger		Großladungsträger	Verkehrsladungsträger	
Universalität des Einsatzes	Universalladungsträger		Spezialladungsträger		Spezielle Universalladungsträger	Universelle Spezialladungsträger	
Gestaltung/ Funktion	Tragende Funktion			Umschließende Funktion		Abschließende Funktion	
Unterfahrbarkeit	Unterfahrbar				Nicht Unterfahrbar		
Material	Metall		Kunststoff		Holz	Kartonagen	Materialmix
Grad der Standardisierung	Nicht standardisiert		Teilweise standardisiert	Vollständig standardisiert	Nicht genormt	Teilweise genormt	Vollständig genormt
Poolfähigkeit	Poolfähig				Nicht poolfähig		
	Tauschfähig		Nicht tauschfähig				
Handling	Manuell			Teilautomatisch		Vollautomatisch	Kombination
Deckel	Abnehmbar			Integriert		Abschließbar	Ohne Deckel
Volumenreduktion	Volumenreduktion möglich				Volumenreduktion im Stapel		Keine Volumenreduktion
	Faltbar	Halbfaltbar	Klappbar	Verschachtelbar	Nestbar		
Formstabilität	Formstabil				Nicht formstabil		
Geometrische Form	Gerade			Konisch		Variabel	
Wiederverwendbarkeit	Einwegladungsträger			Mehrwegladungsträger		Dauerladungsträger	
Zu transportierendes Gut	Schüttgut		Stückgut		Flüssigkeit	Gas	

Abbildung 13: Systematisierung der Ladungsträgerarten im morphologischen Kasten

Quelle: Eigene Darstellung

2.5 Zusammenfassung

Der steigenden Heterogenisierung der Nachfrage in der Automobilindustrie begegnen die Automobilhersteller durch Produktdifferenzierung bzw. Erhöhung der Modell- und Ausstattungsvarianten, um neue Käuferschichten anzusprechen und individuelle Kundenwünsche zu erfüllen. Dadurch steigt die Komplexität, die einen dominierenden Kostenfaktor darstellt.⁷⁵ Dem Komplexitätsmanagement, also der Reduzierung, Vermeidung und Beherrschung⁷⁶ von Komplexität, kommt damit eine immer größer werdende Rolle zu. Neben z. B. der Teile- und Materialstandardisierung, der Verlagerung des Variantenbestimmungspunktes und der fertigungs- und montagegerechten Kon-

⁷⁵ Vgl. Piller/Waringer (1999), S. V

⁷⁶ Ansätze zur Komplexitätsbeherrschung werden in die Organisation eingebettet und setzen im Umfeld der Komplexität an. Ansätze sind z. B. Prozess-, Kunden-, Mitarbeiter- und Wertschöpfungsorientierung. (vgl. Piller/Waringer (1999), S. 32)

struktion, bildet die Modularisierung der Produktstruktur einen wesentlichen Ansatz zur Komplexitätsreduzierung.⁷⁷

Die komplexe Produktstruktur wirkt sich direkt auf die Komplexität und Variantenvielfalt der Ladungsträger aus, die für den Transport und die Bereitstellung der Bauteile an der Montagelinie verwendet werden.

Um diese zu reduzieren, soll das Konzept der Modularisierung auch auf Ladungsträger angewendet werden. Dadurch lassen sich die Vorteile der Variantenfertigung mit denen der Standardisierung für Ladungsträger verbinden.

In der zuvor dargestellten Morphologie der Ladungsträgerarten sind insgesamt 14 Merkmale mit ihren jeweiligen Ausprägungen beschrieben. Die beschriebene Komplexitätssteigerung in Produkten und Prozessen wirkt sich in der Ladungsträgerlogistik vor allem auf die Komplexität und Vielfalt der Spezialladungsträger (SLT) aus. Für komplexe Module sowie für Bauteile mit hohen Qualitätsanforderungen an die Verpackung ist häufig die Verwendung eines Universalladungsträgers (ULT) nicht möglich. So machen die spezifische Bauteilgeometrie, hohe Qualitätsansprüche, eine hohe Positioniergenauigkeit für automatische Bestückung oder Entnahme oder auch spezifische Ergonomieansprüche bei der Teilebeschickung und -entnahme eine Spezialverpackung notwendig.⁷⁸ Da eigens ein SLT für ein solches Bauteil entwickelt wird, sind die Anschaffungskosten um ein Vielfaches höher als bei Verwendung eines ULT. Läuft das Bauteil mit Produktionsende des Fahrzeugmodells aus, so wird auch der Ladungsträger nicht mehr benötigt. Dieser kann allerdings häufig auf Grund der spezifischen Bauweise nicht für ein anderes Bauteil wiederverwendet werden und wird daher zumeist entsorgt.

Um die Wiederverwendbarkeit zu verbessern, Entwicklungs- und Investitionskosten zu reduzieren und die Typenvielfalt unter den SLT zu verringern, ist eine Modularisierung der Produktstruktur vorwiegend für diese Ladungsträgerart zu empfehlen.

Darüber hinaus wäre auch eine Modularisierung von ULT möglich. Allerdings fallen hier die Einsparungspotentiale deutlich geringer aus. Die Vorteile einer modularen Produktstruktur liegen hier vor allem in einer Optimierung des Herstellungs- und Wartungsprozesses. Aufgrund der Verwendbarkeit von ULT für eine Vielzahl von Bauteilen kann die steigende Komplexität und Vielfalt von Bauteilen über einen bestehenden Pool abgefangen werden. ULT sind zu 100% für andere Bauteile wiederverwendbar.

Aus diesem Grund wird eine Modularisierung von ULT im Rahmen der Dissertation nur am Rande berücksichtigt. Der Fokus liegt auf der Modularisierung von SLT.

Auf Basis der erarbeiteten Morphologie erfolgt im nächsten Kapitel nach einer Auseinandersetzung mit den Grundlagen der Modularisierung die Entwicklung von Konzepten für modulare Ladungsträger. Dabei wird untersucht in welcher Form die verschiedenen Ladungsträgermerkmale einer Modularisierung unterzogen werden können.

⁷⁷ Vgl. Piller/Waringer (1999), S. 28; 31-32

⁷⁸ Vgl. Klug (2010), S. 152-153

Ganzheitliche Bewertung modularer

Ladungsträgerkonzepte

Eine Lebenszyklusbetrachtung

Rosenthal, A.

2016, XX, 148 S. 54 Abb., 16 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-658-15675-6