

Fakultät Maschinenbau

IT in Produktion und Logistik

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Rabe

## **STUDIENARBEIT**

# Einsatz von IT-Systemen in Lagern am Beispiel der Automobil- und Lebensmittelindustrie unter Berücksichtigung Energetischer Aspekte

bearbeitet von: Ervin Sejdovski

Studiengang: Logistik

Matrikel-Nr.: 114502

Eingereicht am: 21.11.2014

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Markus Rabe

Betreuer: Dipl.-Wirt.-Ing. M. Umut Sari

---

# Inhaltsverzeichnis

## **Einsatz von IT-Systeme in Lagern am Beispiel der Automobil- und Lebensmittelbranche unter Berücksichtigung energetischer Aspekte**

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>II</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung und Zielsetzung .....	1
1.2 Aufbau der Arbeit.....	2
<b>2 Theoretische Grundlagen relevanter Begrifflichkeiten .....</b>	<b>3</b>
2.1 Grundlagen zu(r) Läger/Lagerhaltung.....	3
2.2 Grundfunktionen und Bereiche von Lagersystemen .....	5
2.3 Grundlagen zum Energiebegriff.....	15
2.4 Definition von IT und IT-Systeme .....	18
<b>3 Einsatz von IT-Systemen im Lager .....</b>	<b>20</b>
3.1 Allgemein .....	20
3.2 Aufbau und Funktionalität eines LVS/WMS .....	22
3.3 Unterstützungen der Lagerprozesse (WE-WA) .....	23
<b>4 Fazit und Ausblick.....</b>	<b>29</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>30</b>

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lagerbestände beim Güterfluss im Absatzkanal [Pfoh10, S.88].....	3
Abbildung 2:Übersicht der Grundfunktionen im Lager [Hom09,S.53].....	5
Abbildung 3:Systematisierung der Lagersysteme[Hom10,S.74] .....	8
Abbildung 4: Bodenlagerung a) Blocklagerung b) Zeilenlagerung [Hom10,S.75].....	9
Abbildung 5:Einfahr-/Durchfahrregal [Hom07,S.70] .....	10
Abbildung 6: Dynamische Lagersysteme [Pfoh10,S.125].....	13
Abbildung 7: CO2-Aquivalente unterschiedlicher Stromerzeugungstechniken [Wag11, S.42].....	16
Abbildung 8:Bestandteile von Informationssystemen[Jac12,S.3] .....	19
Abbildung 9:Energiebedarfsverteilung eines Lagers [Voi11, S.62].....	20
Abbildung 10:Funktionale Unterstützung von IT- Systeme im Lager [Hein11,S.507]..	21
Abbildung 11:Funktionsprofil eines LVS [Haus13, S.162] .....	23
Abbildung 12: Transpondersystem [Hein11, S.500] .....	24
Abbildung 13:Gegenüberstellung der beiden Übertragungssysteme[Haus13,S60] .....	25

# 1 Einleitung

In der heutigen Zeit ist der Einsatz von IT-Systemen in den meisten Unternehmungen zu einem unumgänglichen Tatbestand geworden.

Vor allem im Bereich der Logistik ist die Sicherstellung der Logistikqualität unter möglichst geringen Kosten auf ein gutes Logistikmanagement zurückzuführen, welches in diesem Ausmaß nur mit Hilfe von IT-Systemen realisierbar ist. Dadurch können die zunehmenden Kundenansprüche an Verfügbarkeit, Preis und Qualität von Produkten erfüllt werden, weshalb die IT-Unterstützung mittlerweile als Grundvoraussetzung der Wettbewerbsfähigkeit betrachtet werden kann.

Zur Effizienzsteigerung und Kostenreduktion ist jedoch das richtige Zusammenwirken von Informationstechnik und Nutzer erforderlich. Aus diesem Grunde werden im Anforderungsprofil für Logistikmanager entsprechende IT-Kenntnisse vorausgesetzt, die im Zusammenhang mit der Logistik stehen.

Die Tatsache, dass diese IT-Anforderungen an Logistikleiter aufgrund stetiger Weiterentwicklung komplexerer Technologien immer mehr ansteigen, die Lagerhaltung eine zentrale Aufgabe des Logistikmanagement ist und der Klimaschutz ein aktuelles Thema der heutigen Zeit ist, motivierte mich im Rahmen der vorliegenden Studienarbeit mit der Thematik „Einsatz von IT-Systemen in Lagern am Beispiel der Automobil- und Lebensmittelindustrie unter Berücksichtigung energetischer Aspekte“ auseinanderzusetzen.

## 1.1 Problemstellung und Zielsetzung

In diesem Zusammenhang besteht die Zielsetzung dieser Arbeit darin, den aktuellen Einsatz von IT-Systemen im Bereich der Lagerlogistik zu untersuchen sowie die funktionale Unterstützung der Lagerprozesse durch diese Technologie festzustellen, wobei zum Vergleich die Automobil- und Lebensmittelbranche herangezogen werden.

Da die Energieeffizienz aufgrund der zunehmende Energiepreise und der Umweltschutz insgesamt eine immer größere Rolle spielt, erfolgt darüber hinaus abschließend eine Untersuchung, ob und inwiefern derzeitige IT-Systeme energetische Aspekte berücksichtigen, d.h. ob der aktuelle Stand der Technik Tools umfasst, die den Energieverbrauch bestimmter Lagerprozesse erfassen.

## **1.2 Aufbau der Arbeit**

In Betracht auf die zuvor beschriebene Thematik ist die vorliegende Arbeit folgendermaßen strukturiert: Zunächst werden die Grundlagen relevanter Begrifflichkeiten näher gebracht. Im genaueren werden hierbei Läger sowie deren Grundfunktionen, der Begriff der Energie und die Informationstechnik bzw. Informationssysteme ausführlich beschrieben. Im letzten Kapitel werden die in Läger aktuell eingesetzten IT-Systeme sowie deren funktionale Unterstützung bestimmter Lagerprozesse beschrieben und erläutert. Abschließend wird im Fazit das Ergebnis vorgestellt, welches sich auf die Fragestellung der Energieberücksichtigung durch IT-Tools bezieht.

## 2 Theoretische Grundlagen relevanter Begrifflichkeiten

### 2.1 Grundlagen zu(r) Läger/Lagerhaltung

Lagerbestände sind materielle bewegliche Güter, die zu einem früheren Zeitpunkt als benötigt zur Verfügung stehen. Zur Überbrückung dieses zeitlichen und mengenmäßigen Unterschieds zwischen Zu- und Abgang werden diese Güter in Läger bevorratet. Das Lager bezeichnet demnach einen Raum bzw. eine Fläche, in dem Rohstoffe, Zwischenprodukte oder Fertigwaren aufbewahrt werden.

Diese Bevorratung ist aufgrund des gebundenen Kapitals, der belegten Fläche und der Beanspruchung von Betriebsmitteln mit Kosten verbunden, weswegen man eigentlich versuchen müsste eine Lagerhaltung zu vermeiden. Das Prinzip des Just-In-Time (JIT), welches dadurch gekennzeichnet ist, das Material verbrauchssynchron anzuliefern, lässt demnach Kosten im Bereich der Lagerhaltung sparen. Allerdings kann eine verbrauchssynchrone Materialanlieferung erhebliche Nachteile aufgrund einer verzögerten Anlieferung mit sich bringen, weswegen Produktionsbetriebe in der Regel das Prinzip der Vorratshaltung befolgen. Vorratslager bei Produktionsbetriebe können in unterschiedlichen Phasen des Leistungsprozesses auftreten und danach gegliedert werden.

Folgende Abbildung soll deutlich machen, welche Erscheinungsformen nach der Funktion im Wertschöpfungsprozess auftreten.

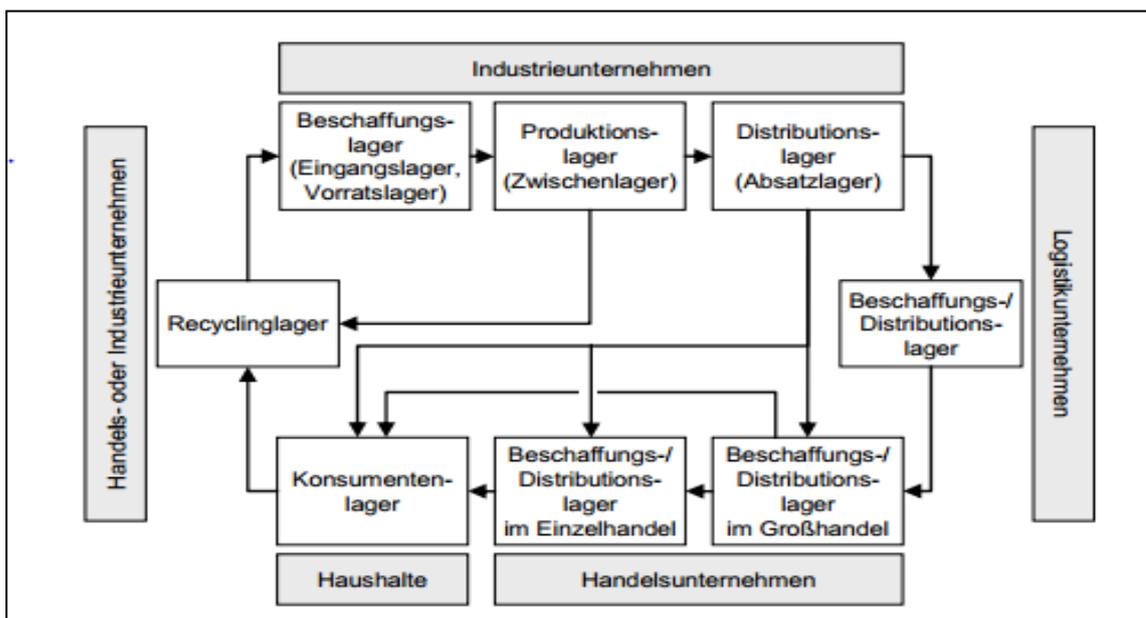


Abbildung 1: Lagerbestände beim Guterfluss im Absatzkanal [Pfoh10, S.88]

Wie in der Abbildung ersichtlich wird, dienen Beschaffungslager zur Versorgung der Produktion eines Produktionsunternehmens. Da Güter unterschiedlichen Produktionsstufen und –prozessen unterzogen werden und die Geschwindigkeiten zwischen den Produktionsstufen unterschiedlich sein können, ist im Bereich der Produktion ebenfalls eine Pufferung zum zeitlichen Ausgleich von Nöten. Dieser Ausgleich findet im Produktionslager statt, der die Güter als Zwischenprodukte puffert. Das Distributionslager bzw. Absatzlager speichert die Erzeugnisse bzw. Fertigteile des Produktionsunternehmens und versorgt die Kunden. Durch den Aufbau eines Distributionslagers können Unternehmungen durch größere Transportmengen die Transportkosten minimieren, weswegen höhere Lagerhaltungskosten in Kauf genommen werden.

Im Folgenden werden die wesentlichen Gründe der Lagerhaltung aufgelistet, um zu veranschaulichen, weswegen Lagerbestände gehalten werden.

Lagerbestände im Beschaffungslager eines Produktionsbetriebs dienen zur Sicherung der Materialversorgung für die Produktion, um eine möglichst hohe Auslastung vor allem bei kostenintensiven Produktionsanlagen sicherzustellen. Auch können dabei geringere Rüstkosten realisiert werden, da durch einen gewissen Lagerbestand eine Einzelfertigung z.B. umgangen werden kann.

Zudem können Unternehmungen Größendegressionseffekte beim Einkauf durch die Realisierung kostenoptimaler Bestellmengen aufgrund von Mengenrabatten und beim Transport durch eine hohe Auslastung von Transportkapazitäten erzielen. Ein weiterer Grund zum Aufbau von Lagerbeständen ist die Sicherstellung der Lieferfähigkeit insgesamt, da Anlieferungsverzögerungen bedingt durch Schwankungen der Wiederbeschaffungsdauer und saisonale Schwankungen des Absatzverhalten durch den Lagerbestand kompensiert werden können. So kann das Auseinanderklaffen von Angebot und Nachfrage ausgeglichen werden.

Ergänzend dazu existieren Güter, die zur Wertsteigerung gelagert werden müssen. Bei derartigen Gütern handelt es sich z.B. um Prozesse der Reifung oder Gärung.[Pfoh09, S.87-89;Hein13, S.336-338;Cors12, S.498-501; Bich10, S.137-138]

## 2.2 Grundfunktionen und Bereiche von Lagersystemen

Ein Lagerhaus beinhaltet verschiedene Grundfunktionen bzw. Lagerhausbereiche. Folgende Abbildung verschafft zunächst in diesen Grundfunktionen, welche zugleich deren Verknüpfung über den gerichteten Fluss der Güter in einem Lager beschreibt.

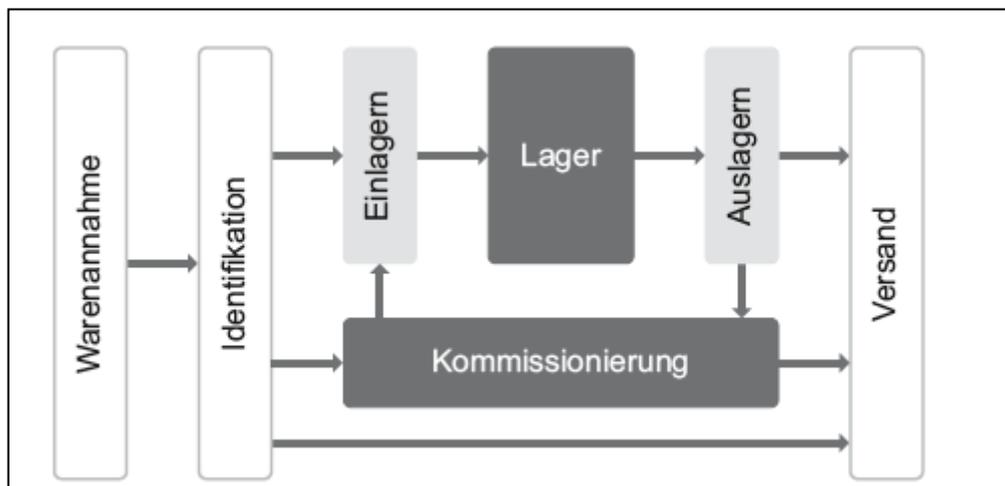


Abbildung 2: Übersicht der Grundfunktionen im Lager [Hom10,S.53]

### Warenannahme und Identifikation (Wareneingang)

Die aus der Abbildung zu entnehmenden ersten beiden Grundfunktionen eines Lagers sind in den häufigsten Fällen dem Wareneingangsbereich zuzuordnen, da die Identifikation von Lagereinheiten zumeist bei der Wareneingangsprüfung erfolgt.

Der Wareneingangsbereich beschreibt die Schnittstelle des Lagers zu Lieferanten. Um den Wareneingang anschaulich und verständlich vorzustellen, werden die sämtliche Tätigkeiten entsprechend ihres chronologischen Ablaufes aufgeführt.

Die Aufgabe der Wareneingangsbereiches besteht insgesamt darin, sämtliche technische sowie organisatorische Tätigkeiten durchzuführen, die zur Einlagerung der angelieferten Ware von Nöten sind. Das Aufgabenspektrum dieses Bereiches streckt sich demnach von der Güterannahme vom Lieferanten bis hin zur Vorbereitung der Ware für die Einlagerung.

Ausgehend von einer Warenbestellung wird beim Eintreffen einer Warenanlieferung zunächst die Anlieferung mit der Bestellung abgeglichen. Dabei erfolgt zunächst eine Buchung unter Vorbehalt, welche bei positiver Prüfung nur noch bestätigt werden muss. Nachdem der Abgleich stattgefunden hat, werden Spediteure zur Entladung der Transportmittel bestimmten Ladetoren zugewiesen, um die ankommenden Waren abzuladen. Die dann entladenen Güter werden zunächst im Wareneingangsbereich gepuffert, um sämtliche Prozesse, die zur Einlagerungsvorbereitung erforderlich sind, durchführen zu

können. Dazu zählen Tätigkeiten wie Wareneingangsprüfung, Identifikation der angelieferten Ware, sowie das Umladen oder Umpacken (Bildung von Lagereinheiten), um die Lagerfähigkeit der Waren zu gewährleisten. Bei der Wareneingangsprüfung erfolgt neben dem Abgleich von bestellter und eingehender Ware die physische Überprüfung der Güter nach Art und Menge, welches in der Regel vom Verladepersonal durchgeführt wird. Bestimmte Güter werden zudem Qualitätskontrollen unterzogen, bei denen die Beschaffenheit überprüft wird. Derartige Kontrollen können stichprobenartig bis Vollständig vom Sichtvergleich des Ist-Zustands mit dem Soll-Zustand bis hin zu umfangreichen Laboruntersuchungen durchgeführt werden. Zweck solcher Kontrollen sind es vermeidbare Kosten sowie Kundenunzufriedenheit zu verhindern.

Wie aus der Abbildung zu entnehmen ist, ist der Identifikation mit dem Einlagern, mit der Kommissionierung sowie mit dem Versand verknüpft. Die Verknüpfung des Wareneingangsbereichs mit drei unterschiedlichen Prozessen liegt darin begründet, dass nach Vorgaben der Lagerverwaltung neue Wareneingänge entweder eingelagert, ohne Einlagerung in anstehenden Kommissionieraufträgen übernommen oder unmittelbar für geplante Warenausgänge am Versand bereitgestellt werden sollen (Cross-Docking).

Beim Cross-Docking handelt es sich um einen Warenumschlag ohne Lagerung. Sinn und Zweck eines solchen Umschlagpunktes ist es Bestände zu reduzieren, Belieferungszeiten zu verkürzen und Transporte zu bündeln, um somit eine Kostenreduzierung zu erzielen.

Im folgenden Abschnitt widmen wir uns der mit dem Wareneingangsbereich verknüpften Grundfunktion der Einlagerung. [Hein13, S.345; Pfoh09, S.117-118; Hom07, S.53; Blu14, S.302-308]

## **Einlagerung**

Das Einlagern angelieferter Waren kann auf unterschiedlicher Art und Weise erfolgen. Je nach Lagerausführung kann dieser Prozess manuell, teilmanuell durch Stapler oder vollautomatisch durch spezielle Fördersysteme, fahrerlose Transportsysteme oder Regalbediengeräte gehandhabt werden. Bei manuellen Lagersystemen läuft die Aufnahme einer Lagereinheit bis hin zur letztendlichen Einlagerung in einem durchgängigen Prozess, während bei vollautomatischen Systemen dieser gesamte Prozess stufenweise erfolgt.

Automatische Lagersysteme haben die Vorteile, dass der Einlagerungsprozess schneller und kostengünstiger in Betriebsschwachen Zeiten durchgeführt werden kann, da kein Personaleinsatz von Nöten ist, allerdings entstehen hierbei höhere Kosten für Energie und Verschleiß der Betriebsmittel.

Im Vorfeld der Einlagerung ist zunächst zu prüfen, ob die neuen Wareneingänge zur Vervollständigung anstehender Aufträge, welche sich bereits im Warenausgangsbereich befinden, benötigt werden, um gegebenenfalls benötigte Wareneingänge direkt an den Versandbereich zu transportieren. Dieser Fall erklärt u.a. die Verknüpfung der Identifikation mit dem Bereich der Kommissionierung. Andernfalls werden eingetroffene Wareneingänge in den Lagerbereich befördert.

Um diesen Einlagerungsprozess durchzuführen, sind im Vorfeld die Transportziele im Lagerverwaltungssystem festzulegen. Gerade bei manuellen Lagersystemen, bei denen die Einlagerung mittels Unstetigförderer erfolgt, ergeben sich Optimierungspotenziale je nach Höhe der anfallenden Transportwege und -mengen. Diese innerbetriebliche Transportoptimierung kann durch verschiedene Maßnahmen und Techniken wie etwa durch den Einsatz von Transportleitsystemen, den innerbetrieblichen Abtransport zu den verschiedenen Lagerbereichen steuern, erreicht werden. Im Rahmen dieser Technologie können beispielsweise Stapler mit sogenannten Staplerterminals ausgerüstet werden, die dem Fahrer eine optimale Einlagerungsreihenfolge vorgeben. Auf diese Technologie wird in einem späteren Kapitel näher eingegangen. [Hom10, S.28-29, Hom07, S.53-54]

Wo schließlich ein bestimmter angelieferter Artikel eingelagert wird, ist abhängig von der Lagerorganisation eines Unternehmens. Im Rahmen der Lagerplatzvergabe sind mehrere verschiedenartige Strategien zu unterscheiden, die zum Teil auch kombiniert vorkommen können. Eine häufig angewandte Strategie ist die Festplatzlagerung, welche einen festen Lagerplatz für jeden Artikel vorsieht. Diese hat den Vorteil, dass die Zugriffssicherheit auch bei Verlust der Lagerplatzdatei stets gegeben ist. Eine ebenso häufig vorkommende Lagerplatzvergabe-strategie ist die Zonung (z.B. nach ABC-Verteilung). In diesem Zusammenhang werden die Artikel entsprechend ihrer Zugriffshäufigkeit gelagert, um eine erhöhte Umschlagleistung zu erzielen. Die Strategie der Querverteilung sieht die Einlagerung von Ladeeinheiten eines Artikels über mehrere Gänge, um z.B. bei vollautomatischen Lagersystemen wie etwa beim Einsatz von Regalbediengeräten die Zugriffssicherheit eines bestimmten Artikels auch bei Ausfall eines Fördermittels zu gewährleisten. Eine weitere Strategie der Lagerplatzvergabe ist die Chaotische Lagerung. Wie sich aus den Namen ableiten lässt, handelt es sich hierbei um eine vollständig freie Lagerplatzvergabe, um eine erhöhte Ausnutzung der Lagerkapazität zu erzielen.

Um ein Pick-/Teilefamilien Clustering handelt es sich, wenn häufig kombinierte Artikel auf benachbarte Lagerorte bevorratet werden. Durch diese Strategie kann durch Minimierung der Ausschusswege die Kommissionier- bzw. Umschlagleistung erheblich erhöht werden. Eine weitere Möglichkeit der Lagerplatzauswahl ist die Strategie „kür-

zester Fahrweg“, bei der zur Einlagerung Lagerplätze mit dem kürzesten Fahrweg angefahren werden. Auch hier kann durch Minimierung der Ausschlusswege eine erhöhte Umschlagleistung erzielt werden.

Bei der Einlagerung angelieferter Ware sind demnach Entscheidungen in Bezug auf die Arbeitsmittel- und Wegeauswahl sowie auf das Transportziel unter Berücksichtigung bestimmter Einlagerungsstrategie zu treffen.

Je nach Lagerorganisation kann dieser Prozess von Unternehmen zu Unternehmen aufgrund der unterschiedlichen Strategien und des unterschiedlich stark ausgeprägten Automatisierungsgrad der Transportsysteme unterschiedlich gehandhabt werden. [Hom10,S.32]

### Lagerbereich

Nachdem die eingetroffenen Wareneingänge nun eingelagert sind, geht es in diesem Abschnitt darum, die unterschiedlichen Techniken der Lagerung vorzustellen. Nachfolgend soll die Abbildung einen Überblick der Differenzierung verschiedener Lagersysteme verschaffen, wobei die auf die Lagertechnik, die Lagerform sowie den Lagerort Bezug genommen wird.

Merkmal	Ausprägungsformen	Beschreibung	gängige Zielsetzungen
Lagertechnik	Bodenlagerung	Ladegut wird unmittelbar auf dem Boden gelagert, ggf. gestapelt	große Mengen weniger Artikel kostengünstig lagern
	Regallagerung	Ladegut wird in Regalen gelagert, zumeist auf einem Ladehilfsmittel.	Direktzugriff auf große Artikelanzahl, hohe Flächennutzung
Lagerform	Blocklagerung	Lagergüter werden unmittelbar über-, hinter und nebeneinander gelagert.	hohe Raumnutzung und geringe Bedienwege
	Zeilenlagerung	Ladegüter werden über- und hintereinander gelagert; zwischen Regalfächen bestehen Bedienwege.	Direktzugriff auf größere Artikelanzahl
Lagerort	Statisches Lagersystem	Lagergut verbleibt zwischen Ein- und Auslagerung am selben Ort, d.h. es führt keine Ortsveränderung durch	kostengünstige Lagertechnik, geringe Beanspruchung des Lagergutes
	Dynamisches Lagersystem	Ladeeinheiten werden nach der Einlagerung bewegt. Ein-/Auslagerung am selben Ort ist dennoch möglich	geringe Bedienwege, Direktzugriff trotz hoher Volumennutzung

Abbildung 3: Systematisierung der Lagersysteme [Hom10, S.74]

Im Bereich der Lagerung kann der Abbildung zufolge zwischen zwei grundlegenden Lagertechniken - der Boden- und der Regallagerung - unterschieden werden.

Ein Lager, in dem die Güter unmittelbar auf den Boden gelagert und ggf. gestapelt werden, wird als Bodenlager bezeichnet. Die mögliche Stapelhöhe einer solchen Lagertechnik hängt von den Eigenschaften der Güter oder der eingesetzten Ladehilfsmittel (Paletten, Gitterboxen), der Bedientechnik (z.B. Stapler) und von den räumlichen Gegebenheiten ab. Die Lagertechnik der Bodenlagerung kann sowohl in Form einer Block- als auch in Form einer Zeilenlagerung erscheinen. Je nach Lagerform wird das Lager dann als Bodenblocklager bzw. als Bodenzeilenlager bezeichnet. Folgende Abbildung soll zur Verständnisunterstützung diesen Unterschied darstellen.

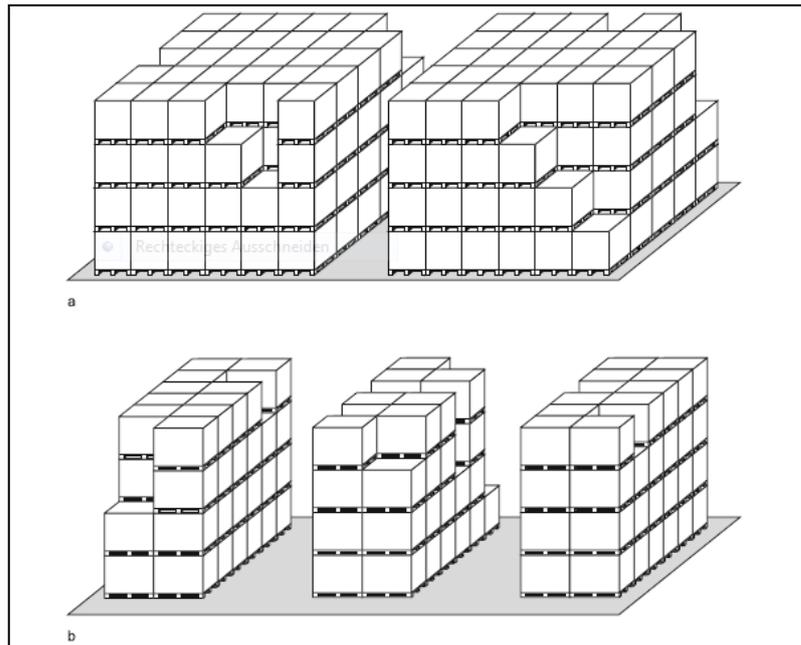


Abbildung 4: Bodenlagerung a) Blocklagerung b) Zeilenlagerung [Hom10,S.75]

Wie sich der Abbildung entnehmen lässt, werden bei der Bodenblocklagerung die Güter unmittelbar über-, hinter-, und nebeneinander zu einem kompakten Block gelagert, um höchste die Räumlichkeiten des Lagers bestmöglich auszunutzen. Allerdings ist der Zugriff auf die einzelnen Artikel nur beschränkt, da nur die Güter auf der vordersten Säule erreichbar sind. Demnach ist dieses Prinzip nur dort einsetzbar, wo die Auslagerungsstrategie LIFO erlaubt ist. Da LIFO für First-in-First-out steht und die zuletzt eingelagerten Güter als erstes auslagert, ist diese Lagertechnik vor allem bei verderbbaren Artikel (z.B. Artikel der Lebensmittelbranche) nicht empfehlenswert.

Das Bodenzeilenlager wiederum ist dadurch gekennzeichnet, dass die Artikel nur über- und hintereinander gelagert werden und durch diese Anordnung jede Säule an einem Bediengang liegt, sodass zwar der Raumnutzungsgrad sinkt, allerdings entstehen die Vorteile hierbei in der Schaffung von Bedienwege zwischen den jeweiligen Säulen, so ist die erreichbare Artikelanzahl hierbei wesentlich höher ist als bei der Bodenblocklagerung.

Auch im Bereich der Regallagerung können die Lagerformen der Block- und Zeilenlagerung zum Einsatz kommen. Außerdem werden Regallagersysteme in statische und dynamische Regallager untergliedert. Widmen wir uns zunächst der statischen Regallagerung.

Die Zielsetzungen bzw. Vorteile der statischen Regallagersysteme gegenüber der Bodenlagerung sind in erster Linie eine hohe Flächennutzung des Lagers durch eine bessere Nutzung der Höhe. Je nach Bedientechnik variieren hierbei die Regalhöhen von zwei Meter bei manueller Bedienung bis zu über 50 Metern beim Einsatz von Regalbediengeräten. Außerdem können beim Einsatz von Regalen auch nicht stapelfähige Güter effizient gelagert werden. Innerhalb der Regallagerung können zudem unterschiedliche Zielsetzungen realisiert werden.

Eine Blockregallagerung, welche sowohl statisch als auch dynamisch vorkommen kann, kommt zumeist dann zum Einsatz, wenn eine hohe Raumnutzung im Vordergrund steht, da die Ladeeinheiten zu einem kompakten Block zusammengefasst werden. Allerdings ist diese Lagertechnik wie auch bei der Bodenblocklagerung durch den fehlenden Zugriff auf die einzelne Lagereinheit gekennzeichnet, weswegen die Blockregallagerung zumeist bei der Lagerung von großen Mengen weniger Artikel bevorzugt wird.

Typische statische Blockregale sind Ein- und Durchfahrregale sowie satellitenbediente Kanallager, während im Bereich der dynamische Blocklagerung Einschub- und Durchlaufregale unterschieden werden. Aufgrund des fehlenden Zugriffs auf einzelne Lagereinheiten sind entsprechend auch hier nur wenige Auslagerstrategien realisierbar. Einfahrregale zum Beispiel sind dadurch gekennzeichnet, dass Ladeeinheiten von der gleichen Seite aus- und eingelagert werden und somit nur die Auslagerstrategie LIFO realisierbar ist. Bei Durchfahrregalen wiederum erfolgt die Ein- und Auslagerung auf gegenüberliegenden Seiten, sodass hierbei die Strategie FIFO Anwendung findet. Folgende Abbildung stellt diese beiden Blockregale dar und soll zur Verständnisunterstützung diesen Unterschied verdeutlichen.

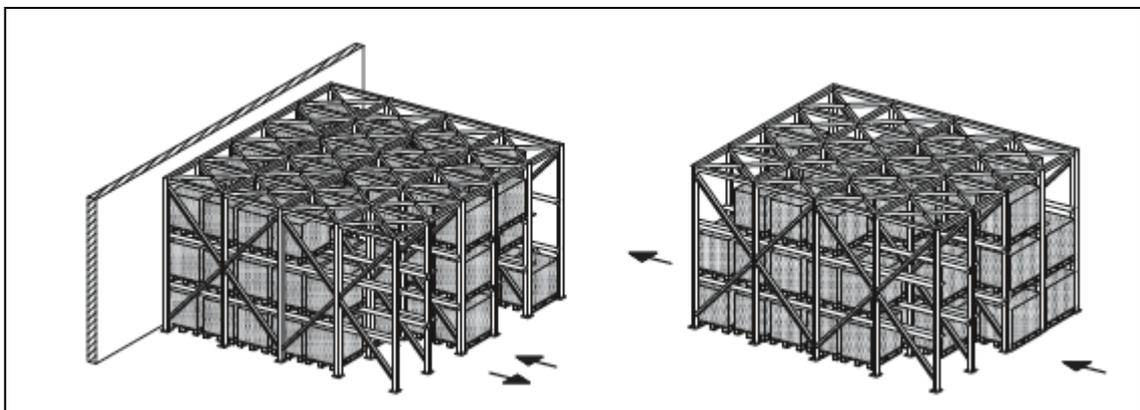


Abbildung 5: Einfahr-/Durchfahrregal [Hom07, S.70]

Bei Satellitenregale können beide Strategien wiederum realisiert werden.

Statische Zeilenregale wiederum kommen immer dann zum Einsatz, wenn ein beliebiger Zugriff auf einzelne Ladeeinheiten gewährleistet werden soll, d.h. wenn die Umsetzung aller Auslagerstrategien realisierbar sein soll. Dies liegt darin begründet, dass Zeilenregale dadurch gekennzeichnet sind, dass einzelne Fächer nur über- und nebeneinander angeordnet werden. Neben der einfachtiefen Lagerung können bei Einsatz spezieller Bedientechnik Ladeeinheiten auch zweifach oder dreifach hintereinander eingelagert werden, um einen höheren Flächennutzungsgrad zu erzielen. Allerdings sind derartige zweifach- bzw. dreifachtiefe Zeilenlagerungen aufgrund erforderlicher Umlagerungen durch einen niedrigeren Leistungsdurchsatz gekennzeichnet.

Je nach Lagergut bzw. Ladehilfsmittel existieren spezielle Bauformen von Zeilenregalen, die in Anlehnung an den unterschiedlichen Ladehilfsmitteltyp oder Lagerbauform benannt werden. Sehr gängige Zeilenregaltypen sind beispielsweise Fachboden-, Behälter-, sowie Palettenregale. Die Regalbedienung erfolgt je nach Lagertyp und Lagerhöhe auf unterschiedlicher Weise.

Fachbodenregale z.B. können unterschiedliche Bauarten und Höhen aufweisen, da sie aufgrund der einfachen Konstruktion leicht erweiterbar sind und Höhen bis zu ca. 12 Metern aufweisen können. Die gängigste Bauart ist jedoch das handbediente Fachbodenregal mit einer Regalhöhe von zwei Meter. Unter Verwendung von Leitern kommen auch Regalhöhen von drei Meter vor, wobei die Kommissionierleistung aufgrund der von zusätzlichen Bewegungsabläufen sinkt.

Fachbodenregale ermöglichen die Lagerung von nicht palettierbare Artikel, Kleinteile, Kartonagen sowie Behälter und werden zur Einlagerung eines breiten Artikelspektrums eingesetzt.

Geht es darum, sehr kleine Artikel einzulagern, die nur mit Hilfe von standardisierten Behältern oder Kisten effizient gelagert werden können, so bieten sich Behälterregale an. Läger mit Behälterregalen, die auch Kleinteilelager genannt werden, werden im Allgemeinen durch automatische Regalbediengeräten bedient und als Automatisches Kleinteilelager bezeichnet. Dieses Lagermittel ermöglicht eine doppelttiefe Lagerung, die beim Einsatz spezieller Lastaufnahmemittel den direkten Zugriff auf jede Ladeeinheit ermöglicht. Demnach eignen sich Behälterregale zur Lagerung begrenzter Mengen bei großer Artikelanzahl.

Palettenregale sind die am häufigsten eingesetzten Lagermittel und lagern Güter meistens auf Europaletten, Chemiepaletten oder Gitterboxen. Auch diese Lagermittel können verschiedene Höhen aufweisen und werden je nach Höhe von verschiedenen Staplertypen oder Regalbediengeräten bedient. Palettenregale, die höher als 12 Metern

sind, werden als Hochregale bezeichnet und können Höhen bis zu 55 m aufweisen. Die Ein- und Auslagerung der Ladeeinheiten erfolgt bei einer Höhe bis zu max. 16 m durch Hochregalstaplern, während bei höheren Objekten Hochregale durch Regalbediengeräten bedient werden. Auch hierbei sind zur besseren Volumennutzung mehrfachtiefe Lagerungen möglich, wobei allerdings der Zugriff auf die einzelnen Artikel einschränkt wird und entsprechende Umlagerungen von Nöten wären. Mehrfachtiefe Palettenregale werden demnach immer dann angewendet, wenn der Lagerraum relativ kostenspielig ist wie z.B. bei Tiefkühlager oder wenn eine mittlere Artikelanzahl mit großer Anzahl Lagereinheiten pro Artikel bevorratet werden soll. [Hom10,S.76-85;124-125]

Wie bereits im vorherigen Abschnitt angesprochen wurde, lassen sich Regalläger in statische und dynamische Läger unterteilen. Nachdem die Zielsetzungen sowie einige statische Regaltypen näher gebracht wurden, soll nachfolgend auf das Dynamische Regallager eingegangen werden. Dynamische Regalläger sind im Gegensatz zu den statischen Lagersystemen dadurch gekennzeichnet, dass Lagereinheiten zwischen Ein- und Auslagerung bewegt werden, wobei Umlagerungen aus diesem Bewegungsprozess ausgeschlossen werden. Die Zielsetzungen und Nutzen solcher dynamischer Lagersysteme sind durch eine Erhöhung der Kommissionierleistung durch Wegeinsparungen, hoher Umschlagleistung sowie durch die Nutzung der Vorteile der Block- und Zeilenlagerung gekennzeichnet.

Im Rahmen der dynamischen Lagerung werden zwei grundlegende Prinzipien unterschieden. Zum einen kann es sich um feststehende Lagereinheiten in bewegten Regalen wie etwa Verschieberegale und Umlaufregale handeln, oder der Bewegungsprozess zwischen Ein- und Auslagerung wird durch bewegte Lagereinheiten in feststehenden Regalen (verschiedene Formen von Durchlaufregale) hervorgerufen.

In Abbildung 6 werden die beiden unterschiedlichen Gruppen der dynamischen Regallagerung bildlich dargestellt.

Bei Verschieberegalen werden in der Regel palettierte Lagereinheiten über geneigte Rollenbahnen durch die Schwerkraft oder über nicht geneigten Rollenbahnen mit mechanischem Antrieb bewegt. Dabei ist die Auslagerstrategie FIFO zwangsläufig gewährleistet, da Lagereinheiten an der Rückseite des Regals gegeben werden und zur Vorderseite des Regal gefördert und dort entnommen werden. Der dabei relativ hohe Raumnutzungsgrad geht allerdings vor allem im Rahmen der angetriebenen Rollenbahnen mit sehr hohen Investitionen einher.

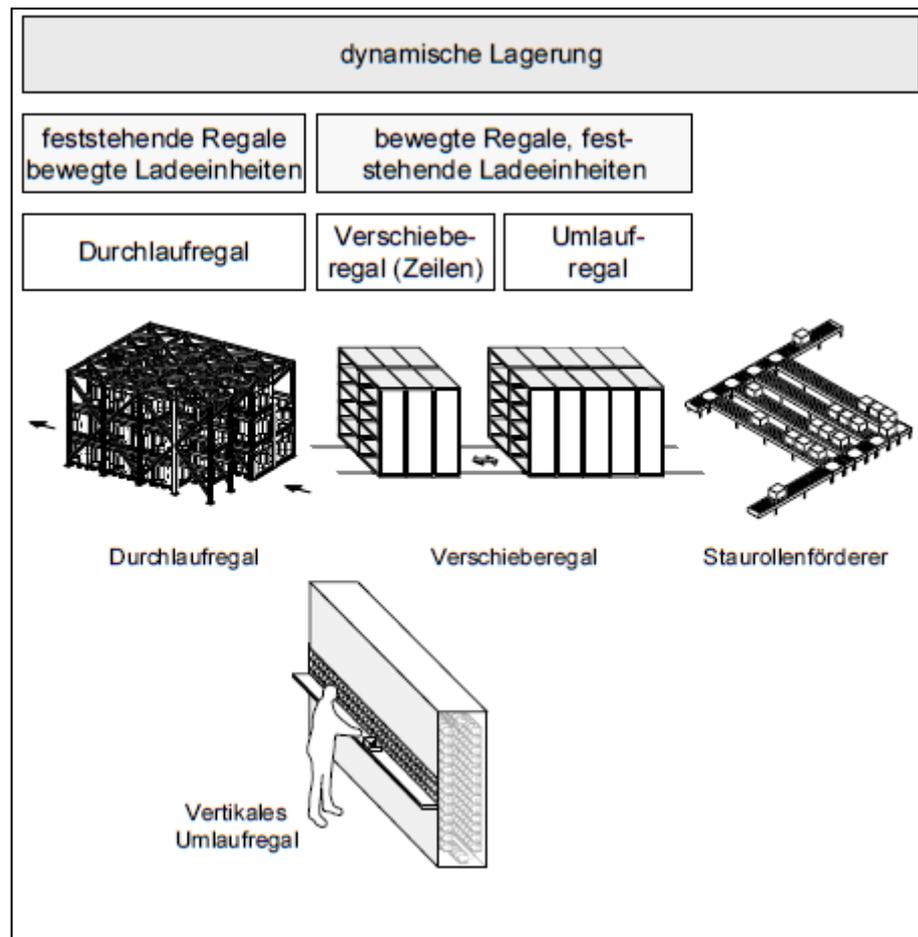


Abbildung 6: Dynamische Lagersysteme [Pfoh10,S.125]

Verschieberegale sind durch eine verfahrbare Schiene gekennzeichnet, auf der sämtliche Regaltechniken wie Paletten- Behälter- sowie Fachbodenregale montiert werden können und damit eine Verschiebung ganzer Regalzeilen ermöglichen. können Paletten-, Behälter- sowie Fachbodenregale sein, die auf Schienen (Fahrschemel) montiert werden und somit ganze Regalzeilen seitlich verfahrbar sind. Wie der Abbildung zu entnehmen ist, können Regalzeilen dabei zu einem kompakten Block zusammengeführt und dadurch hohe Flächennutzung erzielt werden. Allerdings besteht hierbei der Nachteil, dass die Verfahrgeschwindigkeit der Regalzeilen sehr niedrig ist, welches sich negativ auf die Durchsatzleistung auswirkt.

Das in der Abbildung dargestellte vertikale Umlaufregal ist das bekannte Paternosterregal. Dieses Regal verfügt über zwei umlaufende Ketten, an den horizontale Wannen drehbar befestigt sind. .[Pfoh10,S.125-126;Hom10,S.85-90]

### Auslagerung/Kommissionierung

Die Auslagerung ist der Umgekehrte Prozess zur Einlagerung. Auch hierbei ist demnach eine manuelle, teilmanuelle durch Stapler oder vollautomatische Auslagerung mit-

tels Fördersysteme oder Regalbediengeräte denkbar. Eine Auslagerung von Lagergütern erfolgt aufgrund eines Bedarfes aus der Produktion (Beschaffungslager) oder in Anlehnung vorliegender Aufträge (Absatzlager).

Erfolgt dabei eine bedarfsgerechte Zusammenstellung unterschiedlicher Artikel, so handelt es sich im Rahmen der Auslagerung um einen Kommissionierprozess. Die Kommissionierung ist nämlich als eine Zusammenstellung von Teilmengen unterschiedlicher Güter zu einem Auftrag definiert. Dabei werden die einzelnen Artikel aus Lagereinheiten wie Fächer oder Paletten entnommen, die in der Regel artikelrein vorgehalten werden, wobei die Anzahl der zu kommissionierenden Artikel sowie die Reihenfolge der Entnahme durch Auftragsinformationen gesteuert werden.

Im Bereich der Kommissionierung werden zwei grundlegende Prinzipien unterschieden, deren Umsetzbarkeit von den eingesetzten Lagermitteln abhängig ist. Erfolgt die Entnahme durch den Kommissionierer direkt vom Lagerplatz, so handelt es sich über das gängige und bekannte Prinzip „Person-zur-Ware“.

Im Rahmen des zweiten Prinzips (Ware-zur-Person) werden artikelreine Lagereinheiten zu einem Kommissionierplatz ausgelagert, an dem die anschließende Entnahme erfolgt, und die angebrochene Lagereinheiten nach Entnahme abschließend wieder zurückgelagert werden. Das letztere Prinzip ist vor allem dann sinnvoll, wenn die Anzahl der zu kommissionierenden Güter klein, die Menge der einzelnen Artikel allerdings verhältnismäßig hoch ist. Typische Anwendungsvarianten des „Ware-zu-Person“-Prinzips sind bereits angesprochene bestimmte dynamischen Lagermittel (z.B. Paternoster) sowie statische automatische Kleinteile- und Palettenlager.

Da der Bereich der Kommissionierung aufgrund der Personalkosten ca. die Hälfte der Kosten eines Lagersystems verursacht, versuchen Unternehmungen durch den Einsatz bestimmter Lagermittel, die zum Teil bereits im Bereich Lager näher gebracht wurden, oder durch den Einsatz entsprechende Informationstechniken, auf die im späteren Kapitel eingegangen wird, die in der Kommissionierung anfallenden Wegzeiten zu optimieren. Sind die Güter nun ausgelagert bzw. kommissioniert, so folgt der zur Warenabgabe an den Kunden abschließende Bereich bzw. die entsprechende Grundfunktion eines Lagersystems.[Koe14,S.117-120;Hom11,S.19-21]

### **Warenausgang/ Versand**

Der Warenausgangsbereich beschreibt die Schnittstelle des Lagers zum Kunden. Hierbei werden demnach Tätigkeiten vorgenommen, welche die Warenübergabe sowie sämtliche dazugehörige vorbereitende Aufgaben umfassen.

Zunächst werden die ausgelagerten Güter im Warenausgang zwischengepuffert, um die Güter versandbereit abzufertigen. Im Rahmen dieser Vorbereitung werden Versandeinheiten gebildet, die anschließend für den Abtransport zusammengeführt und im Anschluss dem Versand bereitgestellt werden. Der Abtransport kann dabei vom eigenen Fuhrpark, einer Spedition oder vom Kunden selbst erfolgen. Im Falle eines eigenen Abtransports werden im Bereich des Warenausgangs zudem Transportorganisatorische Tätigkeiten durchgeführt. Andernfalls werden die abholenden Transportmittel einer bestimmten Rampe zu einer bestimmten Abholsollzeit zugewiesen. Bevor abschließend die Verladung in ein Transportmittel erfolgt kann, werden die Güter ggf. etikettiert und vom Lagerbestand mittels entsprechender Technik abgebucht. Zudem kann eine Warenausgangsprüfung stattfinden, bei der die Beschaffenheit sowie die Vollständigkeit der Versandeinheiten überprüft werden. [Koe14,S.102;Hein13,S.346]

## 2.3 Grundlagen zum Energiebegriff

Das Charakteristische an der Energie ist, dass sie weder verloren noch gewonnen werden kann. Vielmehr beschreibt sie eine Erhaltungsgröße, die lediglich umgewandelt wird. In der Natur existieren unterschiedliche Fossile (Erdöl, Kohle, Naturgas), Nukleare (Uran) sowie erneuerbare Energiequellen (Wind, Sonne), die jedoch in ihrem natürlichen Ausgangszustand vom Menschen nicht genutzt werden können. Erst nach entsprechenden technischen Prozessen wird z.B. Kohle in Kohlekraftwerken, Wind in Windkraftanlagen oder Uran in Atomkraftwerken zur vom Menschen nutzbaren elektrischen Energie transformiert. Aus diesem Grunde erfolgt im Rahmen der Energie eine Unterteilung in Primärenergie, End- bzw. Sekundärenergie und Nutzenergie.

Primärenergie ist die Ausgangsenergie, die in Form der oben genannten Energiequellen zur Verfügung steht. Nach entsprechenden Aufbereitungs- und Umwandlungsprozessen in Raffinerien, Kohlekraftwerke oder Becherwerke erhält der Verbraucher die nutzbare Energie in Form von Benzin, Elektrizität oder Kohlebriketts, die als Endenergie bezeichnet wird. Die elektrische Endenergie beispielsweise wird im Haushalt in Nutzenergie umgewandelt, und zwar in Form von Wärme, Kälte, Licht und mechanischer Arbeit. Je nach Anwendungsgebiet haben sich unterschiedliche Einheiten etabliert, mittels derer die Menge der Energie angegeben wird. Je nach Anwendungsgebiet haben sich unterschiedliche Einheiten etabliert, mittels derer die Menge der Energie angezeigt wird. Die Einheit der elektrischen Energie wird in Kilowattstunden (kWh) angegeben, wobei der gemessene Verbrauch in kWh dieser Energie von der Leistung der in Betrieb genommenen Geräte abhängt. Eine LED-Beleuchtung z. B., welche mit einer Leistung von 2 Watt angegeben ist, verbraucht in ihrer Anwendung pro Stunde 2 Wattstunden bzw. 0,002 Kilowattstunden elektrische Energie.

Da die Erzeugung elektrischer Energie stets mit CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden ist, werden zur Darstellung der Klimarelevanz die Emissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro erzeugten Kilowattstunde Strom dargestellt. Dabei werden der Bau, der Betrieb, die Wartung sowie der Abriss einer Anlage nach Erreichen der Nutzungsdauer zur Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Bilanz in Betracht gezogen, wobei bestimmte Teilemissionen bei der einen oder anderen Stromerzeugungstechnik vernachlässigbar sind. Die Höhe der Gesamtemissionen ist je nach Stromerzeugungstechnik unterschiedlich hoch und unterscheidet sich zudem in der prozentualen Verteilung auf die oben genannten Teilemissionen. Während beispielsweise Kohlekraftwerke, in denen Braunkohle als Energieträger zum Einsatz kommt, mit einer Belastung von 1062 g/kWh einhergehen, emittieren Windkraftanlagen ca. 35 g/kWh.

Bemerkenswert hierbei ist es, dass der geringe CO<sub>2</sub>-Ausstoß erneuerbarer Energien vorwiegend durch den Aufbau und Abriss einer solchen Anlage entsteht, während der Betrieb an sich in diesem Zusammenhang vernachlässigbar ist. Anders sieht der Umwandlungsprozess fossiler Energieträger (Braunkohle, Steinkohle, Erdgas, Öl) aus, da in derartigen Kraftwerken der Betrieb den größten Teil der Emissionen ausmacht, während der Auf- und Abbau dieser Anlagen eine untergeordnete Rolle spielt. Folgende Abbildung veranschaulicht die Emissionshöhe der unterschiedlichen Stromerzeugungstechniken. [Schab12, S.29-30; Wag07, S.44-50; Jans12, S.12]

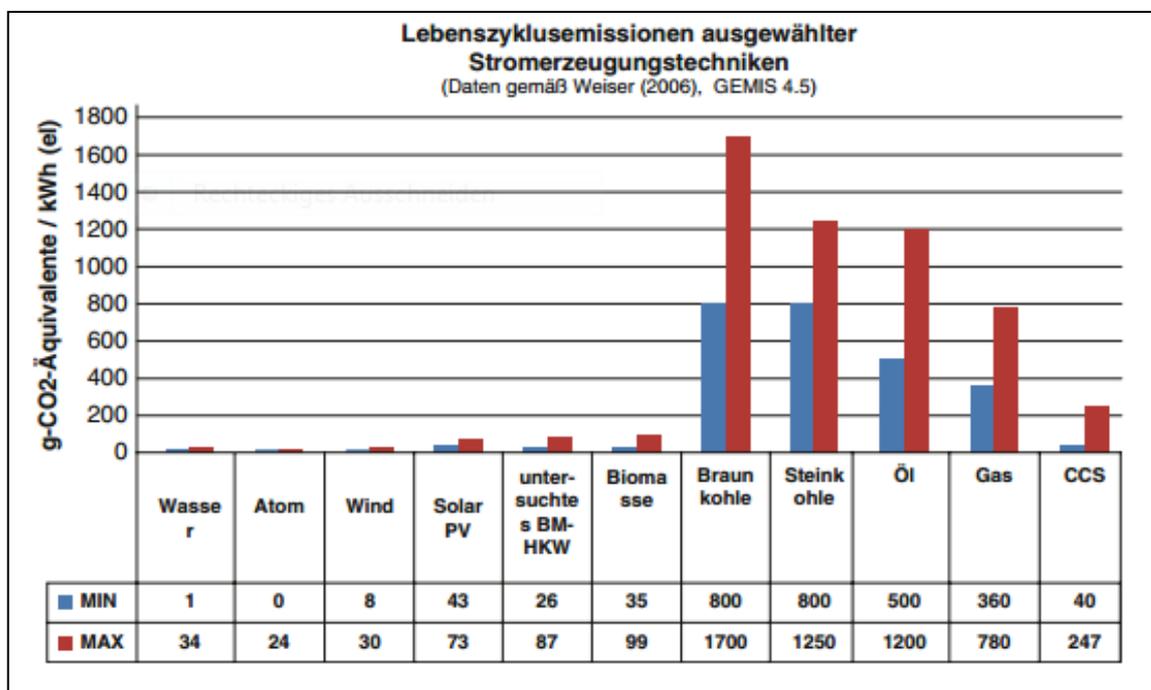


Abbildung 7: CO<sub>2</sub>-Äquivalente unterschiedlicher Stromerzeugungstechniken  
[Wag11, S.42]

Die Grafik verdeutlicht, dass in der gesamten Betrachtung erneuerbare Energien sehr umweltschonend sind, während fossile Energieträger unter dem Strich einen insgesamt hohen CO<sub>2</sub>-Ausstoß aufweisen.

Aus diesem Grunde wird immer stärker auf erneuerbare Energien gesetzt, im Jahre 2050 soll ca. die Hälfte des Primärenergiebedarfs in Deutschland durch regenerative Energien gedeckt werden. [Schab12,S.162]

## 2.4 Definition von IT und IT-Systeme

Da es sich im Hauptteil der vorliegenden Studienarbeit um den Einsatz von IT-Systemen in Lägern der Lebensmittel- und Automobilbranche handelt, wird zur Verständnisstütze nachfolgend der Begriff IT bzw. IT-Systeme näher gebracht.

Um die obigen Begrifflichkeiten verständlich zu erörtern, ist es zunächst sinnvoll, das in beiden enthaltene Wort der Information zu definieren.

Unter Information ist nach Wittmann ein „zweckorientiertes Wissen“ zu verstehen, welches die Kenntnisse des Empfängers verändern und dadurch eine zielorientierte Handlung hervorruft. [Bett10,S.8].

Im Zusammenhang dieser Informationen werden im heutigen Informationszeitalter technische Einrichtungen eingesetzt, die zur Eingabe, Speicherung, Verarbeitung sowie Ausgabe von Informationen dienen. Eine derartige technische Einrichtung wird als Informationstechnik (IT) bezeichnet, die aus einer Hardware und einer Software zusammengesetzt ist.

Um den Unterschied zwischen diesen beiden Komponenten näher zu bringen, wird nachfolgend die Informationstechnik „Rechner“ herangezogen.

Zur Hardware eines Computers zählen sämtliche Peripheriegeräte wie Bildschirm und Tastatur sowie Komponenten des Computertowers wie Festplatte und Arbeitsspeicher. Die Software hingegen wird in zwei Klassen unterteilt, der System- und Anwendungssoftware. Systemsoftware sind Programme wie Betriebssysteme, die für den Betrieb der Hardware, zur Ablaufsteuerung von Programmen sowie zur Datenverwaltung von Nöten sind. Anwendungssoftware hingegen umfasst Programme wie beispielsweise MS-Office, die vom Nutzer eingesetzt werden, um bestimmte Funktionen ausführen zu können.

Wird die Informationstechnik um weitere Bestandteile erweitert, so wird in der Theorie und Praxis von Informationssystemen gesprochen.

Folgende Abbildung verdeutlicht diese Zusammensetzung eines Informationssystems.

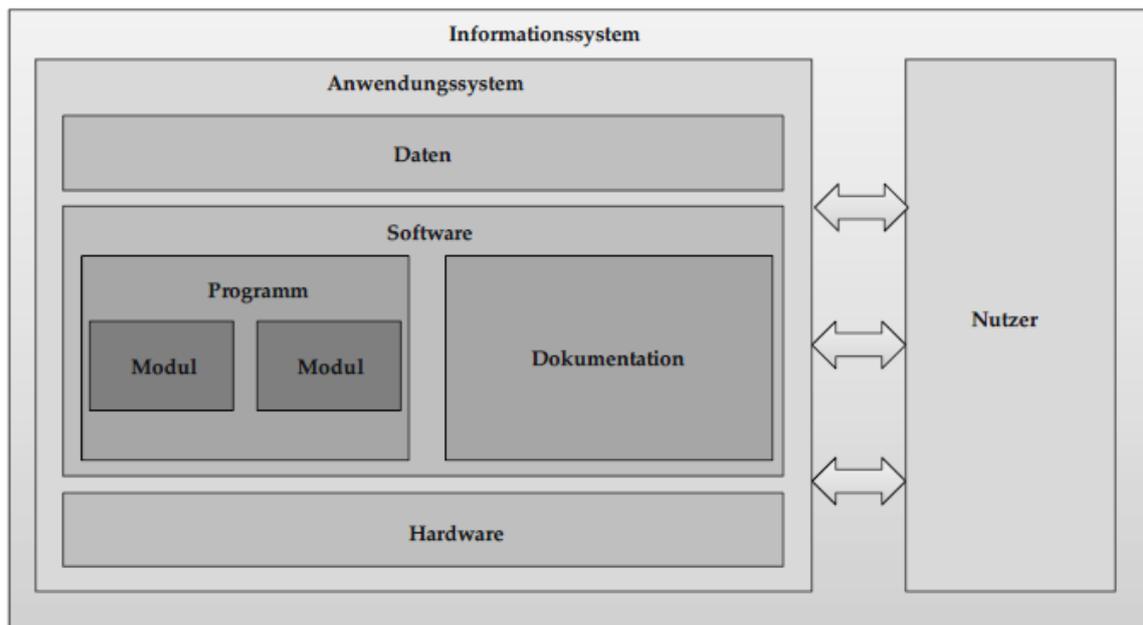


Abbildung 8: Bestandteile von Informationssystemen [Jac12, S.3]

Der Abbildung zufolge wird ersichtlich, dass es sich bei Informationssystemen um sozio-technische-Systeme handelt, die ein wirtschaftliches Handeln in Unternehmungen fördern. In diesem Zusammenhang besteht die Zielsetzung darin, die richtigen Informationen, in der richtigen Menge, in der richtigen Form, zur richtigen Zeit und am richtigen Ort bereitzustellen. [Jac12, S.2-3; Schu05, S.63, Rud14, S.5-10]

## 3 Einsatz von IT-Systemen im Lager

### 3.1 Allgemein

Der Zusammenhang zwischen den zuvor angesprochenen Begrifflichkeiten der Energie und der Informationstechnik liegt darin, dass der Betrieb von IT ohne Strom nicht möglich ist. Durch den Einsatz von IT-Systemen im Lager werden zwar Kundenanforderungen erfüllt und Lagerhaltungskosten reduziert, dies geht jedoch mit entsprechenden Investitionen für IT-Systeme und einem kontinuierlichem Stromverbrauch dieser Technologie für ihre Inbetriebnahme einher.

Verglichen zum gesamten Stromverbrauch eines Lagers kann der Energieverbrauch der eingesetzten IT-Tools jedoch als vernachlässigbar betrachtet werden.

Folgende Abbildung verdeutlicht die prozentuale Verteilung des Energieverbrauchs eines Beispiellagers, wobei ersichtlich wird, dass Informationssysteme in dem Fall unter den sonstigen Verbrauchern innerhalb eines Lagers fallen.

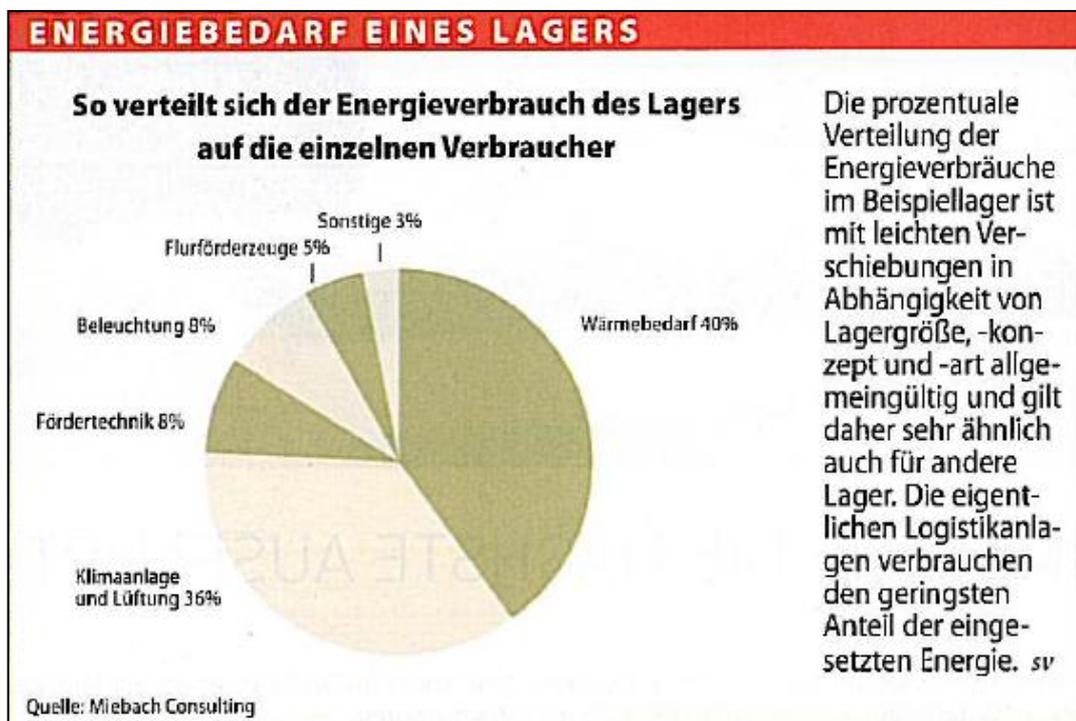


Abbildung 9: Energiebedarfsverteilung eines Lagers [Voi11, S.62]

Wie aus der Abbildung ersichtlich wird, machen die Wärme- und Klimaanforderungen  $\frac{3}{4}$  des gesamten Energieverbrauchs innerhalb eines Lagers aus.

Im Rahmen dieser Arbeit werden nachfolgend IT-Systeme vorgestellt, die im Bereich eines Lagers am Beispiel der Automobil- und Lebensmittelindustrie zum Einsatz kommen. Dabei werden unterschiedliche Tools für unterschiedliche Lagerprozesse sowie deren Funktionalität betrachtet und erläutert.

Zudem werden diese Informationstechniken danach untersucht, ob und inwiefern diese den Energieverbrauch der mit 13 % gewichteten Flurförderzeuge und Fördertechniken (siehe Abbildung) erfassen, welche zur Beförderung der Güter innerhalb eines Lagers eingesetzt werden, um möglich Verbesserungen der Energieeffizienz vornehmen zu können.

Nach Angaben der Verkehrsrundschau wird nämlich im Bereich der Fördertechnik von maximalem Energiesparpotential von 10 %, im Sektor der Flurförderzeuge von etwa 9 % ausgegangen. [Voi11, S.62-63]

Diese Verbesserungen sind zum einen ökonomisch durch mögliche Reduzierungen der Energiekosten, zum anderen ökologisch im Hinblick auf die Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes bedingt durch die erforderliche Stromerzeugung sinnvoll.

Nun widmen wir uns den IT-Systemen, die sich zur Verwaltung von Stammdaten eignen und sämtliche Grundfunktionen eines Lagers funktional unterstützen. Die zu unterstützenden Prozesse sind je nach Lagerbereich unterschiedlich und demnach vielfältig.

Folgende Abbildung verdeutlicht, welche Prozesse in welchen Lagerbereichen heutzutage informativ unterstützt werden und einen optimalen Materialfluss ermöglichen

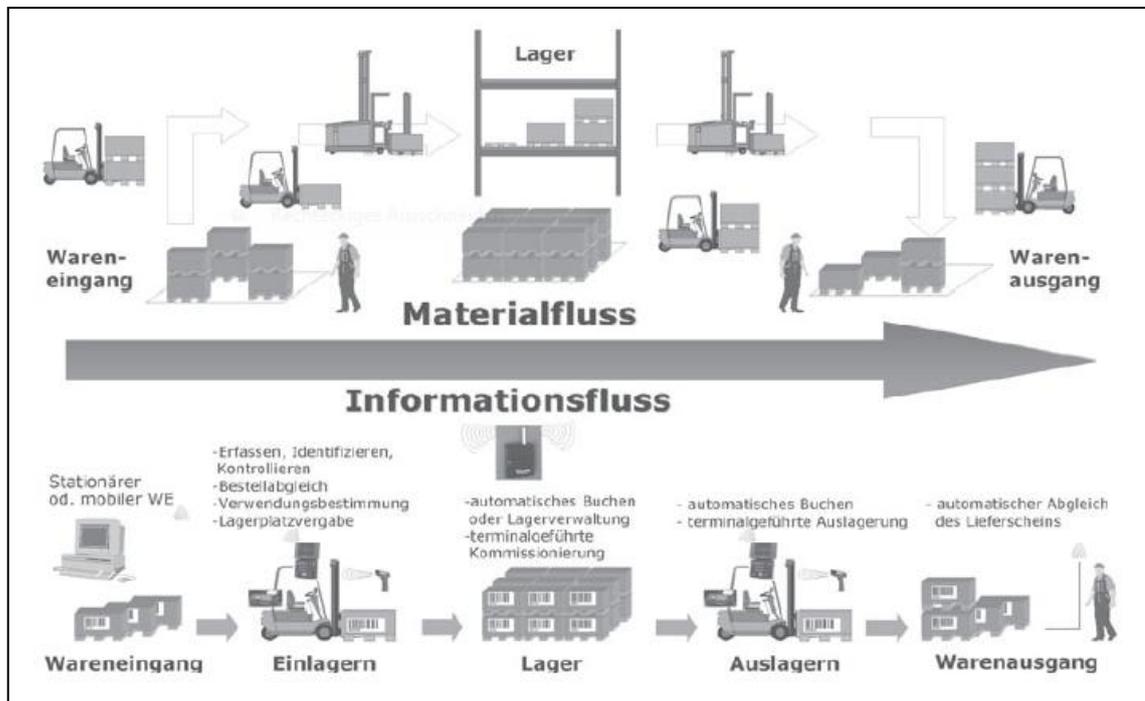


Abbildung 10: Funktionale Unterstützung von IT-Systemen im Lager [Hein11, S.507]

Der Abbildung zufolge werden zur Führung und Optimierung von Lagersystemen Anforderungen an IT-Systeme gestellt, die jegliche Grundfunktionen vom Wareneingang bis zum Warenausgang unterstützen.

Zu diesem Zwecke werden Lagerverwaltungssysteme (LVS) oder Warehouse Management Systems (WMS) eingesetzt, da derartige Systeme durch ihren modularen Aufbau einen Funktionsumfang aufweisen, der sämtlichen Anforderungen unterschiedlicher Lagerbereiche gerecht wird.

Nachfolgend wird auf dieses Funktionsprofil eingegangen und die funktionale Unterstützung der jeweiligen Bereiche erläutert.

## **3.2 Aufbau und Funktionalität eines LVS/WMS**

Ein LVS verfügt über Kernfunktionen, die den minimalen Installationsumfang eines jeden LVS darstellen. Diese Kernfunktionen werden in Basisfunktionen und Funktionen zur Unterstützung von Lagerprozessen unterteilt.

Desweiteren können LVS über Zusatzfunktionen verfügen, die zwar zum Funktionsbereich jedes LVS gehören, aber nur bei Anwenderbedarf aufgrund bestimmter erforderlicher Funktionalitäten installiert werden. Hierzu zählt beispielsweise das Dock-/Yard Management, bei dem die Zuweisung von Transportmittel an Rampen vom LVS verwaltet wird.

Darüber hinaus existieren sogenannte Erweiterungsmodule wie beispielweise RFID, Pick-by-Voice-Systeme und Pick-by-Light-Systeme, die zur Optimierung bestimmter Arbeitsabläufe in einem Lager eingesetzt werden. Hierbei handelt es sich um eigenständige Softwarepakete, die zur Erweiterung des Funktionsumfangs eines LVS zum Einsatz kommen.

Zu den Basisfunktionen gehören die Verwaltung der Stammdaten sowie deren funktionale Unterstützung. In diesem Zusammenhang werden relevante Daten wie Artikelnummer, Artikelbezeichnung, Einlagerungsstrategie und Dimensionsangaben in der Datenbank des LVS abgespeichert und entsprechende unterschiedliche Aktionen durchgeführt, wie beispielsweise eine den Artikeldimensionen entsprechende und geeignete Lagerplatzvergabe durch das LVS. [Kru10,S.122-125]

### 3.3 Unterstützungen der Lagerprozesse (WE-WA)

Auf die zweite Kategorie der Kernfunktionen, die der informatorischen Unterstützung von Prozessen vom Wareneingang bis zum Warenausgang dienen, werden nachfolgend für die einzelnen Bereichen separat betrachtet und erläutert.

Folgende Abbildung verschafft zunächst einen groben Überblick in der funktionalen Unterstützung bestimmter Lagerprozesse durch das LVS.

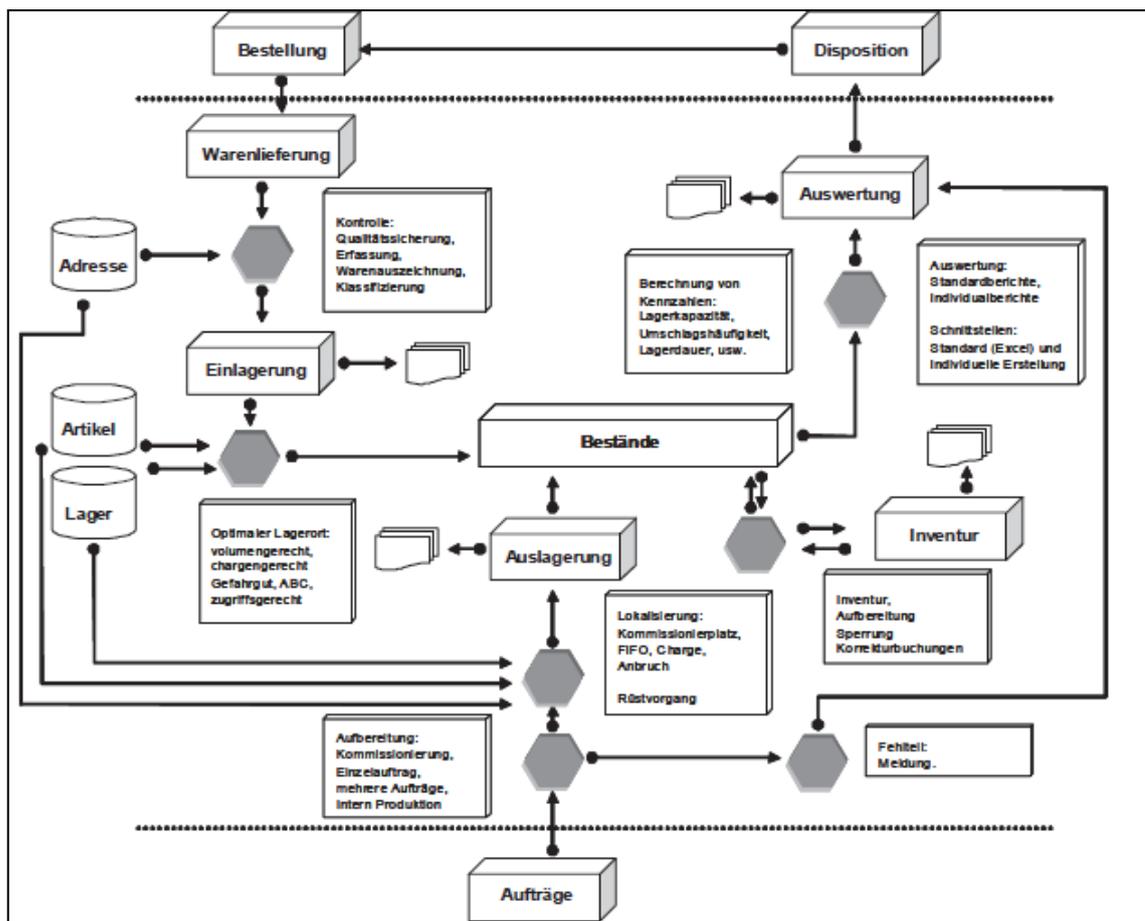


Abbildung 11: Funktionsprofil eines LVS [Haus13, S.162]

#### Wareneingang

Vor dem Eintreffen einer Warenanlieferung wird in der Regel ein Lieferavis vom Zulieferer an das Lager gesendet, der bestimmte Informationen wie beispielsweise Anlieferungszeitpunkt, Artikelbezeichnung und Menge sowie Verpackungseinheit bereitstellt. Der Grund für diese Zusendung sind organisatorische Angelegenheiten zur Vorbereitung eines Lagerzugangs.

Die Avise-Daten werden vom LVS übernommen und verarbeitet, anschließend zur Unterstützung der Mitarbeiter der Warenannahme entweder gedruckt oder auf mobile Erfassungsgeräte angezeigt. Im Rahmen der Wareneingangskontrolle werden diese Daten mit der Anlieferung verglichen und müssen durch diese funktionale Unterstützung bei Korrektheit nur noch bestätigt werden.

Auch die anschließende Identifizierung der Güter ist funktional an das LVS gestützt. In der heutigen Zeit werden zu dem Zwecke Artikel oder Ladeeinheiten vorwiegend mit Barcodes versehen, welche als Informationsträger zur Bezeichnung der Artikel, Ladeeinheiten oder Lagerplätze fungieren. So werden die Artikeldaten durch das Scannen der Barcodes erfasst und in das System übertragen und abgespeichert.

Zum neuesten Stand der Datenübertragung gehört die RFID-Technologie, die als eigenständige Software zur Funktionserweiterung des LVS eingesetzt werden kann.

Folgende Abbildung verschafft einen kurzen Einblick in die Funktionsweise dieses neuen Übertragungssystems.



Abbildung 12: Transpondersystem [Hein11, S.500]

Die RFID (Radio Frequency Identifikation)-Technologie ist aus einem Transponder, einem Reader und einer lokalen Software zusammengesetzt. Der Transponder besteht aus einem Chip sowie einer Antenne und dient als elektromagnetischer Informationsträger, wodurch dieser durch den Reader berührungslos und ohne Sichtkontakt ausgelesen werden kann. Diese neue Technologie ermöglicht ein gleichzeitiges Lesen mehrerer Transponder, verfügt über ein hohes Speichervolumen und dient zudem u.a. zur Diebstahlsicherung von beispielweise Kleidungsartikel. [Krup10,S.127;Hein11,S.500-501; Seeb10,S.47-55; Bohl07, S.175-176]

Nachfolgend verdeutlicht folgende Abbildung die unterschiedlichen Vor- und Nachteile der Barcodeübertragungssysteme gegenüber der modernen RFID-Technologie.

	RFID	Barcodes	
+	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transponder kommunizieren über Radiowellen, ein direkter visueller Kontakt ist nicht erforderlich</li> <li>• Transponder können ein größeres Datenvolumen speichern</li> <li>• Daten können auf jeder Stufe der Versorgungskette hinzugefügt oder gelöscht werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringe Kosten</li> <li>• Breite Anwendungsmöglichkeiten</li> <li>• Visuelle Lesbarkeit gegeben</li> </ul>	+
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Höhere Kosten (insb. bei aktiven Transpondern), aber Preise sinken im Zeitverlauf</li> <li>• „Universalität“ des Systems ist ungewiss</li> <li>• Lesbarkeit ist abhängig von den Umgebungsbedingungen</li> <li>• Enge Anbindung an die IT-Infrastruktur erforderlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datentransfer erfordert unmittelbaren visuellen Kontakt zwischen Leseinheit und dem mittels Barcode gekennzeichneten Objekt</li> <li>• Datenspeichervolumen ist begrenzt</li> <li>• Pro Zeiteinheit kann nur jeweils ein Barcode gelesen/verarbeitet werden</li> <li>• Die Lesbarkeit wird durch Nässe oder Schmutz erschwert</li> </ul>	

Abbildung 13: Gegenüberstellung der beiden Übertragungssysteme [Haus 13, S60]

## Einlagerung

Im Bereich der Einlagerung werden Benutzer bei der Lagerplatzfindung sowohl manuell als auch automatisch durch das LVS unterstützt. Im Rahmen der manuellen Unterstützung wird vom Benutzer ein Lagerplatz vorgegeben, woraufhin das System den Lagerplatz auf definierte Kriterien wie Dimension des Artikel und Lagerplatzes, reservierte Lagerplätze sowie vordefinierte Einlagerungsstrategien und ABC-Klassifizierungen überprüft. Bei positiver Überprüfung wird die Einlagerung freigegeben, andernfalls wird der Benutzer aufgefordert, einen alternativen Lagerplatz vorzugeben.

Bei der automatischen Unterstützung gibt das System einen Lagerplatz vor, der schon im Vorfeld auf sämtliche Kriterien überprüft wurde. Diesen kann der Benutzer akzeptieren oder ggfs. einen alternativen Lagerplatz auffordern.

Desweiteren wird dem Benutzer zur Kontrolle die Möglichkeit gewährt, die Prüfziffer des Lagerplatzes einzugeben, um Einlagerungsfehler, welche Folgefehler im Bereich der Kommissionierung zufolge hätten, von vornherein zu vermeiden.

Ein weiteres IT-Tool zur Unterstützung des Einlagerungsvorgangs ist der Einsatz von Staplerleitsysteme, welche dazu dienen, die Transporte Wege- und Auftragsoptimiert durchzuführen. Dadurch werden selbstverständlich wirtschaftliche und ökologische Vorteile gezogen, da durch kürzere Wege der Energieverbrauch reduziert und die Einlagerleistung erhöht wird. [Krup11,S.127-128; Günt10,S.315]

## **Lagersteuerung**

Die Lagersteuerung beschreibt die funktionale Unterstützung der Tätigkeiten innerhalb eines Lagers. LVS unterstützen neben der klassischen Lagerhaltung zudem das zuvor beschriebene Cross-Docking, bei dem die Ware ohne Einlagerung vom Wareneingang direkt in den Warenausgang umgeschlagen wird. Im Rahmen des Cross-Dockings werden Logistikdienstleister bei der Zuweisung der Ware vom Wareneingang zum Warenausgang funktional unterstützt, da der Logistikdienstleister in der Regel nicht weiß, welche Ware sich auf welcher Palette befindet.

Im Bereich der klassischen Lagerhaltung werden Sicherheitsbestände gehalten, die zur Sicherung der Lieferfähigkeit dienen. Dieser Mindestbestand sollte bei Möglichkeit nicht unterschritten werden, sodass hierbei eine funktionale Unterstützung des LVS ebenfalls wünschenswert und vorhanden ist. Das System veranlasst in diesem Zusammenhang bei Unterschreitung dieser unteren Grenze der Bestände ein rechtzeitiges Auffüllen und trägt somit ausschlaggebend zur Sicherstellung der Lieferbereitschaft eines Unternehmens bzw. eines Lagers bei. [Krup10,S.128]

## **Auslagerung/Kommissionierung**

Vor allem die Unterstützung im Bereich der Kommissionierung kann als Basisfunktionalität eines LVS betrachtet werden. Durch diese IT-stütze können erhebliche Effizienzsteigerungen realisiert werden, die mit entsprechenden Kosteneinsparungen einhergehen. Die Effizienzsteigerung liegt u.a. in der Wegstreckenoptimierung begründet, da LVS mit Hilfe bestimmter Strategien (Bsp. Schleifenstrategie) der kommissionierenden Person die minimale Wegstrecke vorgeben. Desweiteren werden mit Hilfe von LVS Pickfehler minimiert. Im Rahmen der damit zusammenhängenden Entnahmekontrollen werden die Barcodes der gepickten Artikel bzw. der Lagerplätze eingescannt und bei Richtigkeit zur Auslagerung freigegeben. Durch diese Fehlerminimierung werden ebenfalls Kosteneinsparungen realisiert und zudem Kunden aufgrund der fehlerfreien Warenübergabe bzw. Anlieferung zufriedengestellt.

Um die Unterstützung des LVS im Bereich der Kommissionierung auszuweiten, können LVS um zusätzliche Module erweitert werden (Erweiterungsmodule). Zu den Erweiterungsmodulen der Kommissioniererführung zählen Systeme wie Pick-by-Light und Pick-by-Voice.

Im Rahmen des Pick-by-Light-Systems werden der kommissionierenden Person über eine optische Anzeige auf einem sich am Regal befindlichem Display angezeigt, aus welcher Box wie viele Einheiten eines bestimmten Artikels zu entnehmen sind.

Abschließend wird die Entnahme in der Regel über eine Taste bestätigt und quittiert, woraufhin die automatische Abbuchung im LVS ausgelöst wird.

Beim Einsatz eines Pick-by-Voice-Systems (auch Sprachkommissionierung genannt) bekommt die kommissionierende Person über ein Headset akustisch mitgeteilt, aus welchem Regal, welche Artikel in welcher Menge zu entnehmen ist.

Die Entnahme wird ebenfalls sprachgesteuert bestätigt und anschließend in der Datenbank des LVS berücksichtigt. Durch diese Sprachgeführte Kommunikation besteht der Vorteil gegenüber anderen Systemen darin, dass die Kommissionierende Person die Hände während der Kommissionierung frei hat und dadurch noch höhere Leistungen erzielt werden können.

Durch den Einsatz dieser beiden Systeme können Vorteile aufgrund der Minimierung der Pickfehler sowie einer Reduzierung der Kommissionierzeiten (Leistungssteigerung) realisiert werden, wobei der kombinierte Einsatz dieser Techniken diese Vorteile verstärkt.

Zudem kommt es in der Praxis zu Auslagerungen von Ganzpaletten, d.h. von zuvor nicht kommissionierter Ware. Auch hierbei erfolgt eine funktionale Unterstützung durch das LVS, bei der der Auslagerungszeitpunkt zeitnah vor dem Versandzeitpunkt festgelegt wird, sodass die begrenzten Kapazitäten am Warenausgang nur kurzfristig belegt werden. [Krup10,S.129;Haus13,S.141-143;Homp10,S.52-59;Bohl07,S.176]

### **Warenausgang**

Bei einigen LVS endet die funktionale Unterstützung mit der Bereitstellung der Ware am Warenausgang. Dies gilt jedoch nicht für funktionsumfangreiche moderne LVS, denn diese verwalten zudem grundlegende Daten der Versandeinheit wie Beladung, Bruttogewicht sowie Kundenauftragsnummer und erzeugen auf diese Grundlage tourenbezogene Ladelisten sowie Verladereihenfolge, bei der die LKW umgekehrt zur Reihenfolge der Tour beladen werden.

Zudem ist bei funktionsausgeprägten LVS eine automatische Auswahl von Transportmittel möglich, die u.a. in Abhängigkeit des Transportziels und den Transportkosten festgelegt wird. [Krup10,S.130; Bohl07, S.176-177]

Nach dem das LVS in seinem Aufbau und Funktionalität erörtert wurde, werden im nachfolgenden die Unterschiede eines solchen Systems im Bereich der Automobil- und Lebensmittelbranche vorgestellt..

In beiden Branchen werden Lagerverwaltungssysteme bzw. Warehouse-Management-Systeme eingesetzt, welche hinsichtlich der Basisfunktionen zur Verwaltung der

Stammdaten und deren funktionaler Unterstützung sich kaum unterscheiden. Allerdings werden die eingesetzten LVS dieser unterschiedlichen Branchen anforderungsgemäß auf unterschiedliche Strategien und Kriterien definiert, da beispielsweise Lebensmittelprodukte aufgrund des Mindesthaltbarkeitsdatums nach dem strengen FIFO-Prinzip ausgelagert werden müssen, wohingegen im Bereich der Automobilbranche hierbei ein gewisser Spielraum herrscht. In diesem Zusammenhang werden aktuelle Einlagerungen von Lebensmittelprodukten im Artikelstapel so durchgeführt, dass sie im Stapel als letztes ausgelagert werden. Darüber hinaus existieren weitere Ungleichheiten in der Definition von Funktionalitäten, auf die an dieser Stelle nicht weiter eingegangen wird.

Des Weiteren lassen sich vor allem Unterschiede feststellen, wenn zum Vergleich beider Branchen das Tiefkühlager der Lebensmittelbranche herangezogen wird. Tiefkühlager sind aufgrund der Temperaturanforderungen durch einen sehr hohen Energieverbrauch ausgezeichnet, weswegen hierbei eine hohe Raumnutzung durch eine kompakte Lagerung vorteilhaft ist. Die hier eingesetzten Lagerverwaltungssysteme (Hardware + Software) müssen den extremen Temperaturbedingungen standhalten, sodass robuste Industrie-PCs und Voice-Clients zum Einsatz kommen, die bei Temperaturen bis zu -30 Grad Celsius volle Funktionsfähigkeit aufweisen.

Ein sehr häufig eingesetztes Erweiterungsmodul im Bereich Tiefkühlager sind beispielsweise Pick-by-Voice-Systeme, mittels derer hohe Leistungen und geringe Fehleraten im Bereich der Kommissionierung trotz extremer Arbeitsbedingungen erzielt werden. [Pro Log]

## 4 Fazit und Ausblick

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde der Einsatz von IT-Systemen in Läger systematisch betrachtet. Zu diesem Anlass wurde das Lager nach seinen Grundfunktionen in unterschiedlichen Lagerbereichen aufgeteilt und die jeweiligen Prozesse detailliert erörtert, um so eine anschauliche Darstellung der unterschiedlichen Tools zu gewährleisten und die verschiedenen IT-Unterstützungen sämtlicher Prozesse innerhalb eines Lagers verständlich darzulegen. Außerdem wurden zum Vergleich die Automobil- und Lebensmittelindustrie herangezogen, um mögliche branchenspezifische Unterschiede bzgl. des IT-Einsatzes aufzuzeigen. Darüber hinaus bestand aus Gründen der ökologischen Oonomie die Zielsetzung darin, die IT-Vorkommnisse dahingehend zu untersuchen, ob diese den Energieverbrauch der im Lager zur Beförderung von Gütern eingesetzten Flurförderzeuge und Fördermittel erfassen, um mögliche Effizienzverbesserungen vornehmen zu können. Einerseits soll diese Effizienzbedingte Reduzierung des Stromverbrauchs die Umwelt nachhaltig beeinflussen, andererseits ist dies aufgrund der stetig ansteigenden Energiekosten vom Unternehmerischen Interesse.

Zwar werden mit Hilfe von IT-Systemen aufgrund intelligenter Steuerung und Koordination von Lagerprozessen Einsparungen in Energie und Logistik bereits realisiert, allerdings konnte nach umfangreicher Literaturrecherche das Resümee gezogen werden, dass eine IT-Lösung zur Erfassung des Energieverbrauchs der im Lager eingesetzten Fordertechneken derzeit nicht existiert.

Jedoch kann aufgrund stetiger Neu- und Weiterentwicklung von Informationstechniken zuversichtlich in die Zukunft geschaut werden, zumal dem Begriff der Green-IT eine immer größere Bedeutung zugewiesen wird. Green-IT wurde ursprünglich definiert als „die ressourcenschonende Verwendung von Energie und Einsatzmaterialien in der Informations- und Kommunikationstechnologie über den gesamten Lebenszyklus hinweg“, also Green in IT. [Reis14, S.12]

Mittlerweile hat sich diese Definition derartig ausgeweitet, dass unter diesem Begriff nicht nur „Green in IT“ zu verstehen ist, sondern auch Green durch IT wie etwa im Bereich der Lagerlogistik zu verstehen ist. Diese Weiterentwicklung macht deutlich, dass Ökologische Aspekte im Bereich der IT eine immer größere Rolle spielen. Insbesondere die Tatsache, dass bereits Energieeinsparungspotential im Bereich der Fordertechneken im Lager festgestellt wurde, kann als Denkanreger neuer Innovationen betrachtet werden.

---

## Literaturverzeichnis

- [Bett10] Schwarzer, B.: Wirtschaftsinformatik. Grundlagen Betrieblicher Informationssysteme. 4. Auflage. Stuttgart, 2010.
- [Blu14] Bluthner, D.: Herrschaft und Technik. Entscheidungsträgerschaft im Wandel. Auflage. Wiesbaden: Springer, 2014
- [Bohl07] Bohlmann, B.: Strategisches Management für Logistikdienstleister. Grundlagen und Praxisberichte. 1.Auflage. Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag, 2007.
- [Cors12] Corsten, H.: Produktionswirtschaft. Einführung in das industrielle Produktionsmanagement. 13.Auflage. München: Oldenburg München, 2012.
- [Günt10] Günthner, W.; ten Hompel, M.: Internet der Dinge in der Intralogistik. 1.Auflage. Berlin Heidelberg: Springer, 2010.
- [Haus13] Hausladen, I.: IT-gestützte Logistik. Systeme- Prozesse-Anwendungen. 2.Auflage. Wiesbaden: Springer, 2014.
- [Hein11] Heinrich, M.: Transport- und Lagerlogistik. Planung, Struktur und Kosten von Systemen der Intralogistik. 8.Auflage. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2011]
- [Bich10] Bichler, K.: Beschaffungs- und Lagerwirtschaft. Praxisorientierte Darstellung der Grundlagen, Technologien und Verfahren. 9.Auflage. Wiesbaden, 2010.
- [Hom07] ten Hompel, M.: Materialflusssysteme. Förder- und Lagertechnik. 3.Auflage. Berlin Heidelberg: Springer, 2007.
- [Hom10] ten Hompel, Michael: Warehouse Management. Organisation von Lager- und Kommissioniersystemen. 4. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer, 2010.
- [Hom10] ten Hompel, M.: Software in der Logistik. Bestände richtig steuern. 1.Auflage. München: Huss-Verlag GmbH, 2010.
- [Homp11] ten Hompel, M.: Kommissionierung. Materialflusssysteme 2-Planung und Berechnung der Kommissionierung in der Logistik. 1.Auflage. Berlin Heidelberg: Springer, 2011.

- 
- [Jac12] Jacob, M.: Management und Informationstechnik. Eine kompakte Darstellung, 1.Auflage.Zweibrücken:Springer, 2012.
- [Jans12] Jansen, H.: Informationstechnik, Telekommunikationstechnik, Neue Netze.6.Auflage.Haan-Gruiten:Verlag Europa-Lehrmittel,2012
- [Koe14] Koether, R.: Distributionslogistik. Effiziente Absicherung der Lieferfähigkeit.2.Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler, 2014
- [Krup10] Krupp, T.: Praxishandbuch IT-Systeme in der Logistik. Von der Spediti-  
onssoftware bis zur integrierten Supply Chain- Planung. 1.Auflage:  
Deutscher Verkehrs-Verlag, 2010.
- [Pfoh10] Pfohl, H.: Logistiksysteme. Betriebswirtschaftliche Grundlagen.  
8.Auflage. Heidelberg: Springer,2010.
- [Rud14] Rudow, B.: Betriebliche Informationssysteme in der Automobilproduk-  
tion.1.Auflage.München:Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH,2014.
- [Schab12] Schabbach, T.: Energie. Die Zukunft wird erneuerbar. 1.Auflage. Berlin  
Heidelberg:Springer,2012
- [Schu05] Schulte, C.: Logistik. Wege zur Optimierung der Supply Chain.4. Auf-  
lage. München: Franz Vahlen München, 2005.
- [Seeb10] Seebauer, P.: Software in der Logistik. Bestände richtig steuern.  
1.Auflage. München:Huss-Verlag GmbH, 2010]
- [Voi11] Voigt, S.: Lager + Umschlag. Energieverbrauch eines Lagers. Verkehrs-  
rundscha (2011) S.62-63
- [Wag07] Wagner, H.: CO2-Emissionen der Stromerzeugung. Ein ganzheitlicher  
Vergleich verschiedener Techniken. Bd. (2007) Nr.10, S.44-50. Wagner
- [Wag11] Wagner B.: Carbon Footprint und Carbon Management am Beispiel ei-  
nes Biomasse-Heizkraftwerkes.1.Auflage. Augsburg: Springer, 2011.
- [Pro Log] pro Logistik GmbH: Effiziente Lösungen für ihr Lagerverwaltungssys-  
tem. Dortmund
- [Reis14] Reisinger, N.: Green- IT- Strategien für den Mittelstand. Nachhaltige  
Lösungen in der IT und durch IT-Unterstützung. 1.Auflage: Diplomica  
Verlag GmbH, 2014