

# Entwicklung einer systemgestützten Stellplatzorganisation für die Werksversandstellen unter Berücksichtigung von variablen Märkten

Albion Loshaj M.A.<sup>(1)</sup> und Professor Dr.-Ing. Frank Herrmann<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> BMW Werksversandstellen Inland  
Lauchstädter Str. 5 80807 München

<sup>(2)</sup> Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg  
Innovationszentrum für Produktionslogistik und Fabrikplanung (IPF)  
E-Mail: [Frank.Herrmann@OTH-Regensburg.de](mailto:Frank.Herrmann@OTH-Regensburg.de)

## SCHLÜSSELWÖRTER

**Stellplatzorganisation, Stellplatzverwaltung, Stellplatzverwaltungssystem**

## ABSTRACT

Die Gestaltung der Distributionsflächen der Werksversandstellen bei der BMW Group resultiert aus unterschiedlichen und meist werksspezifischen Gegebenheiten. Im Zuge eines Referenzprojektes sollen einheitliche Standard und Vorgehensweisen für die Entwicklung einer Stellplatzorganisation untersucht und festgelegt werden. Im Rahmen dieses Projekts wird analysiert worauf bei einer Lagergestaltung im Allgemeinen zu achten ist und wie diese Kriterien im Falle der Werksversandstellen im Speziellen umgesetzt werden können. Zusätzlich behandelt dieses Projekt auch die computerunterstützte Betrachtung der Lager- bzw. Stellplatzverwaltung.

## 1. BMW Werksversandstellen

Nach Vollendung der Produktion und erfolgreicher Qualitätskontrolle gelangen die Fahrzeuge der BMW Group auf die Werksversandstellen, wodurch sie in den Verantwortungsbereich der Fahrzeugdistribution gelangen. Die Fahrzeugdistribution ist zuständig für die Distribution aller Fahrzeuge ab Werk bis zum Eingang im Handel. Die Werksversandstellen sind somit als Werklager für Fertigfahrzeuge anzusehen, in denen die Fahrzeuge zwischengepuffert und für den weiteren Abtransport vorbereitet werden [Klug10] (S. 431 ff.). Hierbei fallen für die Mitarbeiter auf der Werksversandstelle Aufgaben an, welche in die folgenden vier Teilbereiche aufgliedert werden können.

- Übernahme und Bereitstellung der Fahrzeuge
- Fahrzeugverladung
- Serviceleistungen
- Administrative Tätigkeiten

Bei der Übernahme und Bereitstellung der Fahrzeuge werden die eingehenden Autos entweder auf Einzelstellplätze oder zielspezifisch in Reihen abgestellt. Anschließend erfolgt die Verladung der Fahrzeuge auf LKW's

bzw. auf Waggonen. Während des Aufenthalts auf der Werksversandfläche werden regelmäßig Serviceleistungen, wie zum Beispiel Messen des Reifendrucks oder Aufladen der Batterie an den Fahrzeugen durchgeführt. Neben den physischen Tätigkeiten fallen auch administrative Aufgaben auf der Werksversandstelle an. Zu den administrativen Aufgaben gehören neben der Pflege des Berichtswesens insbesondere die Ladungsbildung und Vorbereitung der für den Transport benötigten Versandpapiere sowie die Kommunikation mit den zuständigen Speditionen.

## 2. Projektbeschreibung

Angesichts der unterschiedlichen Arbeitsweisen auf den Werksversandstellen wurde das Projekt "Referenzstrukturen Fahrzeugversand" ins Leben gerufen. Im Rahmen dieses Projekts sollen Idealbedingungen für das Produktionssystem Fahrzeugversand als operativer Standard für die Werksversandstellen beschrieben werden. Hierfür sollte zunächst sowohl die zu bearbeitende Problemstellung, wie auch der daraus resultierende Nutzen näher erläutert werden.

### 2.1 Problemstellung

Im Zuge des erwähnten Projekts gilt es, einheitliche Standards und Verfahrensweisen festzulegen, welche bei der Planung einer Werksversandstelle zu berücksichtigen sind. Hierbei werden unter anderem die Unterpunkte Aufbauorganisation, Layoutgestaltung, Prozesse, Kennzahlen sowie Reaktions- und Notfallpläne betrachtet. In diesem Zusammenhang werden in diesem Projekt Standards bezüglich der physischen Stellplatzorganisation und der computerunterstützten Stellplatzverwaltung analysiert und festgelegt. Diese zwei Betrachtungsfelder werden unabhängig voneinander untersucht. Wie bereits beschrieben, handelt es sich bei den Werksversandstellen um Fertigwarenlager auf denen die Fahrzeuge in Bodenlagerung für den weiteren Abtransport zwischengelagert werden. Wie auf jeder anderen Lagerfläche, ist es auch auf den Werksversandflächen äußerst wichtig, dass möglichst flächen- und transportoptimal gearbeitet wird, um Kosten für den Flächenbedarf und den Transportaufwand zu minimieren. Darüber

hinaus streben die Werksversandstellen einen reibungslosen Ablauf der anfallenden Prozesse an, um eine rasche Werksentsorgung zu gewährleisten. Somit muss neben der Flächen- und Transportoptimierung auch das Fahrzeughandling mitberücksichtigt werden. Ausgehend von dieser Zielsetzung ergeben sich somit potentielle Gefahren, welche bei der Stellplatzorganisation dringend zu berücksichtigen sind. So besteht zum Beispiel die Möglichkeit durch falsche Anordnung der Fahrzeuge Stellplätze zu verlieren oder das Handling der Fahrzeuge zu erschweren. Des Weiteren können durch die falsche Gestaltung der Werksversandflächen erhebliche Transportaufwände resultieren. Da auf den Werksversandflächen naturgemäß viele Fahrzeugbewegungen durchgeführt werden, besteht die Gefahr von langen Wegen und somit ergibt sich ein erhöhter Transportaufwand. Aufgrund der hohen Anzahl an zu lagernden Fahrzeugen ist eine computerunterstützte Stellplatzverwaltung zwingend erforderlich, da ab einem gewissen Fahrzeugbestand eine händische bzw. manuelle Verwaltung der Lagerflächen nicht mehr möglich ist. Für die Werksversandstellen existiert bereits eine rechnergestützte Stellplatzverwaltung. Jedoch bestehen auch hier unterschiedliche Verwaltungsformen, die werkeabhängig gestaltet werden. Im Zuge dieses Projekts soll zunächst untersucht werden, welche Funktionalitäten das Stellplatzverwaltungssystem übernimmt und welche Vor- bzw. Nachteile die unterschiedlichen Verwaltungsformen mit sich bringen.

## 2.2 Nutzen

Bei Nichterreichung der vorausgegangenen Ziele fallen erhebliche Aufwände für die Mitarbeiter und somit für das Unternehmen an. Wird beispielsweise nicht flächensparend gearbeitet, so ist die Stellplatzkapazität schnell ausgeschöpft. Reicht die vorhandene Stellplatzkapazität nicht aus um den Fahrzeugbestand zwischenzulagern, sind die Werksversandflächen gezwungen ihre Fahrzeuge auszulagern, was wiederum mit erheblichen Auslagerkosten verbunden ist. Die transportoptimierte Planung der Werksversandstellen führt zu Aufwandsminderungen bei den Fahrzeugbewegungen. Deshalb kann die Performance der Werksversandstellen erheblich gesteigert werden, wodurch eine schnellere Werksentsorgung ermöglicht wird. Diesen Vorteil bringen auch vereinfachte Handlings mit sich. Die Einführung einer Systemunterstützung auf den Werksversandflächen vereinfacht nicht nur die Bestandsverwaltung sondern ermöglicht auch eine Digitalisierung vieler Prozessschritte, weswegen manuelle Aufwände eingespart werden können. Das wiederum entlastet die Mitarbeiter im täglichen Arbeitsablauf.

## 3. Lösungen für die physische Stellplatzgestaltung

Bevor im nächsten Abschnitt die Problemlösungen beschrieben werden, ist es vorab wichtig zu klären, wie sich der Fahrzeugbestand an Fahrzeugen zusammensetzt.

### 3.1 Bestandsklassifizierung

Der Gesamtbestand an Fertigfahrzeugen auf der Werksversandfläche setzt sich aus unterschiedlichen Fahrzeug-

kategorien zusammen. Die Differenzierungen treten aufgrund abweichender Prozesse auf und sind bei der Einlagerung der Fahrzeuge zu berücksichtigen.

- **Langsamdreher**

Hauptmerkmal der Langsamdreher ist die lange Standzeit. Da diese Fahrzeuge noch nicht versandfrei sind, müssen sie auf der Werksversandfläche zwischengeparkt werden, bis der Abruf und anschließend der Abtransport erfolgen kann. Vor dem Hintergrund der abweichenden Prozesse haben die Langsamdreher verschiedene lange Standzeiten. Da der weitere Abtransport dieser Fahrzeuge noch nicht vorhersehbar ist, müssen diese Fahrzeuge im Einzelzugriff bereitgestellt werden. Eine Bündelung dieser Fahrzeuge zu einer Ladung ist nicht möglich, da nicht bekannt ist, wann welche Fahrzeuge die Werksversandstelle verlassen.

- **Schnelldreher**

Im Gegensatz zu den Langsamdrehern ist bei den Schnelldreher eine möglichst rasche Werksentsorgung das Ziel. Das ist möglich, weil die Fahrzeuge versandbereit und frei für den weiteren Abtransport sind. Der Abtransport erfolgt entweder per LKW's oder per Bahn. Versandbereite Fahrzeuge werden sowohl für die LKW als auch für die Bahn Verladung in Reihen abgestellt. Bei der LKW Verladung werden zudem Ladungen gebildet, während bei der Bahn Verladung lediglich in die richtigen Reihenkonstellationen bereitgestellt wird. In beiden Bereichen erfolgt eine Sortierung nach Zielort und Fahrzeugmodell. Diese Kommissionierung ist aufgrund von unterschiedlichen LKW- bzw. Waggontypen nötig. Neben der destinationsspezifischen Sortierung muss berücksichtigt werden, dass unterschiedliche Waggon und LKW Typen auch unterschiedliche Maße haben und deswegen nicht auf jedem Typ gleichermaßen verladen werden kann. Diese Restriktionen wirken sich auf die Zusammenstellung der Fahrzeugladungen und somit auch auf die Stellplatzorganisation aus. Außerdem sind bei der LKW Verladung noch weitere prozessuale Restriktionen zu berücksichtigen, welche sich ebenfalls auf die Stellplatzorganisation auswirken. So gibt es zum Beispiel LKW Fahrzeuge, welche der Spediteur in Ladung bildet und nicht die Mitarbeiter der Werksversandstelle. Diese Fahrzeuge müssen ebenfalls auf Einzelzugriff und dürfen nicht in Reihen gestellt werden.

### 3.2 Stellplatzanordnungsmöglichkeiten

Grundsätzlich besteht jedes Lager aus einer gewissen Anzahl von Lagerplätzen. Laut Gudehus [Gude05] (S. 591) können Lagerplätze aus einem oder mehreren Stellplätzen bestehen, die wiederum eine oder mehrere Ladeeinheiten aufnehmen können. Bei Stellplätzen, welche mehr als eine Ladeeinheit aufnehmen können (Stellplatzkapazität > 1), handelt es sich um Mehrfachstellplätze, während Stellplätze, die eine Kapazität von einer Ladeeinheit besitzen (Stellplatzkapazität = 1), Einzelstellplätze genannt werden. Das hat zur Folge, dass die Auswahl der geeigneten Stellplätze wesentlichen Einfluss auf die Flächennutzung und das Handling hat und somit eine

wichtige Rolle bei der Gestaltung der Stellplatzorganisation spielt. Bei der Auswahl des Stellplatzes sind bei den Werksversandstellen im Speziellen zwei Grundsituationen zu differenzieren. Zum einen gibt es Fahrzeuge, die in Einzelzugriff stehen müssen, weil deren Abruf einzeln erfolgt. Zum anderen können die Fahrzeuge allerdings auch in Reihen abgestellt werden, weil diese Fahrzeuge als gesamte Ladung abtransportiert und verladen werden können. Ausgehend von diesen Restriktionen ergeben sich die im Folgenden näher beschriebenen drei Stellplatzanordnungsmöglichkeiten.

- Einzelstellplätze

Grundsätzlich besteht der Vorteil von Einzelstellplätzen darin, dass jedes Fahrzeug unproblematisch erreicht werden kann. Aufgrund dieses Vorteils sind Einzelstellplätze zunächst einmal universell für jede Fahrzeugkategorie einsetzbar. Nachteilig wirkt sich jedoch die schlechte Flächennutzung der Einzelstellplätze aus, da viele Funktionsstraßen entstehen, welche nicht als Stellplätze genutzt werden können. Somit eignen sich Einzelstellplätze daher nur in Bereichen bzw. bei Fahrzeugkategorien, welche im Einzelzugriff bereitgestellt werden müssen. Darüber hinaus kann bei der Einzelstellplatzgestaltung zwischen Schräg- und Senkrechtaufstellung unterschieden werden. Bei schrägen Einzelstellplätzen werden die Fahrzeuge in einem bestimmten Winkel schräg abgestellt. Dadurch wird der Ein- und Ausparkvorgang erleichtert. Die Schrägpositionierung führt jedoch zu einer schlechteren Flächenausnutzung (ca. 49% Flächennutzungsgrad). Im Gegenzug dazu hat die Senkrechtaufstellung einen höheren Flächennutzungsgrad (ca. 73%). Das Ein- und Ausparken gestaltet sich jedoch aufgrund des Fahrtwinkels schwieriger. Die Analyse der Flächenauslastung hat ergeben, dass bei Senkrechtaufstellung ca. 27% mehr Stellplätze generiert werden können. Allerdings verlängert sich der Aus- und Einparkvorgang um durchschnittlich ca. 30 Sekunden pro Auto.

- Mehrfachstellplätze

Wie bereits beschrieben, besteht der Vorteil von Einzelplätzen darin, dass jedes Fahrzeug unproblematisch erreicht werden kann. Aufgrunddessen fallen aber viele Funktionsstraßen an, die wiederum zu hohen Platzverlusten führen. Um die Funktionsflächen bei Fahrzeugen im Einzelzugriff einzuschränken, können alternativ mehrere Fahrzeuge hintereinander in sogenannten Mehrfachstellplätzen abgestellt werden. Mehrfachstellplätze sind im Grunde genommen Reihen bei unkommissionierten Fahrzeugen, welche zwar zu einer Reduzierung der Funktionsflächen führen, aber den unproblematischen Zugang zu jedem Fahrzeug erschweren. Da die Fahrzeuge einzeln gebraucht werden, fallen Umparkaufwände an, falls sich das gewünschte Fahrzeug im Reiheninneren befindet. Mit steigender Reihenlänge erhöht sich der potentielle Mehraufwand, um an das gewünschte Fahrzeug zu gelangen.

Reihenlänge	Ausparkdauer
1	0,29 min.
2	1,27 min.
3	4,34 min.
4	7,24 min.

Tabelle 1: Ausparkdauer in Abhängigkeit von der Reihenlänge

Wie aus der Zeitanalyse hervorgeht ist lediglich eine maximale Reihenlänge von zwei Fahrzeugen empfehlenswert. Bei einer längeren Reihe würden zu hohe Mehraufwände entstehen, welche den reibungslosen Ablauf auf der Werksversandstelle riskieren würden. Die Aneinanderreihung von zwei Fahrzeugen bringt zwar ca. 19,5% mehr Stellplätze ein, führt aber zu einem durchschnittlichen Mehraufwand von ca 58 Sekunden pro Auto. Damit der Mehraufwand weiter eingeschränkt werden kann, empfiehlt es sich nur Fahrzeuge in Mehrfachstellplätze zu lagern, welche eine längere Standzeit auf dem gleichen Stellplatz haben. Fahrzeuge mit einer längeren Standzeit auf einem Stellplatz werden seltener bewegt und führen somit auch zu geringeren Mehraufwänden bei Mehrfachstellplätzen.

- Reihenbildung

Eine weitere Möglichkeit die Fahrzeuge abzustellen ist die Reihenbildung. Generell ist die Reihenbildung die flächeneffizienteste Alternative um Fahrzeuge abzustellen. Aufgrund der Aneinanderreihung der Fahrzeuge werden Funktionsflächen weitestgehend reduziert und der Flächennutzungsgrad gesteigert. Ein weiterer Vorteil der Reihenbildung ist das einfache Handling von Ein- und Ausparkungen. Durch die Zusammenstellung von passenden Fahrzeugen in einer Reihe wird zudem auch vermieden, dass die Fahrzeuge erst auf der Werksversandfläche gesucht und zusammengestellt werden müssen. Die Reihenbildung ist allerdings nur bei Fahrzeugkategorien sinnvoll, welche bereits destinations- und modellspezifisch sortiert sind, da ansonsten zu große Umparkvorgänge auftreten würden. Die Sortierung führt jedoch zu Anbruchverlusten. Sobald das erste Fahrzeug in einer Reihe abgestellt wird, ist die Reihe für einen bestimmten Zielort reserviert. Ist der Bestand an Fahrzeugen für einen Zielort größer und nicht ein ganzzahliges Vielfaches der Reihenlänge, entstehen Anbruchverluste für diesen Zielort, da das erste Fahrzeug in einer Reihe den Zielort bestimmt und die anderen Stellplätze in der Reihe nicht mehr für andere Ziele verwendet werden können [Gude05 S. 619ff]. Die anfallenden Anbruchverluste treten in Abhängigkeit von der Reihenlänge und dem durchschnittlichen Bestand an Fahrzeugen für einen Zielort auf. Es lässt sich feststellen, dass mit steigendem Bestand und/ oder sinkender Reihenlänge, die Anbruchverluste rückgängig sind, während sinkende Bestände und/oder steigende Reihenlänge zu höheren Anbruchverlusten führen. Ausgehend von dieser Feststellung muss bestandsabhängig untersucht werden, welche Stellplatzkapazität den größten Flächennutzungsgrad aufbringt. Da Zielorte mit einem sehr geringen Bestand zu hohen An-

bruchverlusten führen können, muss bei der LKW Verladung untersucht werden, ab welchem durchschnittlichen Bestand sich die Reihenbildung lohnt. Hierfür wird der Flächennutzungsgrad der Reihenbildung mit dem Flächennutzungsgrad von Einzelstellplätzen verglichen, da bei der LKW Verladung Fahrzeuge auch alternativ auf Einzelstellplätzen bereitgestellt werden können. Der Flächennutzungsgrad einer Reihe setzt sich aus fixen Flächenverlusten aufgrund der Funktionsstraßen und variablen Flächenverlusten aufgrund der Anbruchverluste zusammen. Diese zwei unterschiedlichen Nutzungsgrade müssen miteinander multipliziert werden, damit der tatsächliche Flächennutzungsgrad resultiert.

$$\eta_R = \eta_{Funkt} \cdot \eta_{Anbr}$$

Formel 1: Flächennutzungsgrad einer Reihe

Der Flächennutzungsgrad aufgrund der Funktionsstraßen steigt mit zunehmender Reihenlänge. Bei einer Reihenlänge von acht Fahrzeugen ergibt sich ein fixer Flächennutzungsgrad in Höhe von ca. 90%. Für die Berechnung des variablen Flächennutzungsgrads ergibt sich folgende Formel.

$$\eta_{Anbr} = \frac{M_B}{(M_B + L_A)}$$

Formel 2: Flächennutzungsgrad bei Anbruchverlusten

Wie der Formel zu entnehmen ist, der variable Flächennutzungsgrad abhängig von dem durchschnittlichen Bestand ( $M_B$ ) und den Anbruchverlusten ( $L_A$ ). Laut [Gude05] (S. 619ff) sind die Anbruchverluste durchschnittlich der Mittelwert der Reihenlänge ( $C_R$ ).

$$L_A = \frac{(C_R - 1)}{2}$$

Formel 3: Durchschnittliche Anbruchverluste

Diese Annahme konnte auch durch die Analyse auf der Werksversandstelle Regensburg bestätigt werden. Davon ausgehend ergibt sich also bei einer Reihenlänge von acht ein durchschnittlicher Anbruchverlust von 3,5 Stellplätzen pro Zielort. Ausgehend von dem Flächennutzungsgrad von Einzelstellplätzen in Senkrechtaufstellung ( $\eta_{SE}$ ) in Höhe von 73% ergibt sich folgende Rechnung.

$$\eta_R = 0,90 \cdot (M_B / (M_B + 3,5)) > \eta_{SE} = 0,73$$

$$\begin{aligned} 0,73 &= 0,90 \cdot (X / (X + 3,5)) \\ \Rightarrow 0,73 &= 0,90X / (X + 3,5) \\ \Rightarrow 0,73 \cdot (X + 3,5) &= 0,90X \\ \Rightarrow 0,73X + 2,5 &= 0,90X \\ \Rightarrow 2,5 &= 0,17X \\ \Rightarrow X &= 14,7 \end{aligned}$$

Aus der Berechnung geht hervor, dass die Reihenbildung bei einer Reihenlänge von acht erst ab einem durchschnittlichen Bestand von 15 Fahrzeugen pro Tag einen besseren Flächennutzungsgrad aufweist, als die Bereitstellung auf Einzelstellplätze. Während bei der LKW

Verladung stets von der selben Reihenlänge ausgegangen werden kann, können bei der Bahn Verladung unterschiedliche Reihenlängen verwendet werden. Aus diesem Grund lohnt es sich auch unterschiedliche Reihenlängen untereinander zu vergleichen, um zu entscheiden, welche Zielorte auf welchen Reihenlängen bereitgestellt werden sollen.

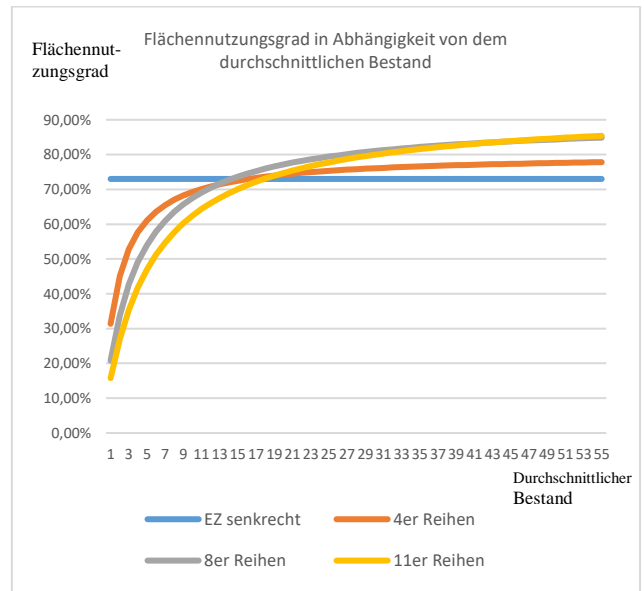


Abbildung 1: Flächennutzungsgrad in Abhängigkeit von dem durchschnittlichen Bestand

Aus der obigen Graphik, kann man den Verlauf des Flächennutzungsgrads der unterschiedlichen Reihenlängen bei variablen Beständen entnehmen und vergleichen (In diesem Beispiel wurden die Reihenlängen 4, 8 und 11 analysiert). Somit wird es ersichtlich, ab welchem durchschnittlichen Bestand, welche Reihenlänge den besseren Flächennutzungsgrad aufweist. Aus der Abbildung geht hervor, dass je niedriger der durchschnittliche Bestand einer Reihenkonstellation ist, desto kleiner auch die dafür verwendete Stellplatzkapazität sein sollte, um einen möglichst hohen Flächennutzungsgrad zu erreichen. Reihenkonstellationen mit einem hohen durchschnittlichen Bestand dagegen sollten in längeren Reihen abgestellt werden, da so der Vorteil von fehlenden Funktionsstraßen generiert werden kann.

### 3.3 Belegungsstrategie

Bei einer Lagerorganisation ist zudem die Platzzuweisung ein wesentlicher Aspekt, welcher sich ebenfalls auf die Performance des Lagers auswirkt. Diese Platzzuweisung geschieht nach einer vorher definierten Belegungsstrategie. Die Belegungsstrategie legt fest, welche Lagerartikel auf welchen Plätzen bzw. in welchen Zonen eingelagert werden ([Gude05] s. S. 616 ff.). Für die Gestaltung der Werksversandstellen ist insbesondere die Unterscheidung zwischen einer festen und einer freien Lageordnung relevant. Während bei der freien Lagerordnung, auch chaotische Lagerordnung genannt, jede Ladeinheit auf jedem freien Stellplatz gelagert werden kann, werden bei der festen Belegungsstrategie Stellplätze für bestimmte Artikel reserviert

und dürfen nicht durch andere Artikel besetzt werden. Die freie Lagerordnung führt in der Regel zu einem höheren Raumnutzungsgrad, da Lagerflächen nicht für bestimmte Artikel reserviert werden. Im Zuge dessen entfällt auch ein gewisser Kontroll- und Steuerungsaufwand, falls sich die Volumen der Artikel verändern sollten. Um trotz einer freien Lagerordnung, genau zu wissen, wo sich welche Artikel befinden, bedarf es einer Systemunterstützung sowie einer hohen Disziplin bei der Eingangsbuchung. Bei der festen Lagerordnung entsteht der Vorteil, dass die Mitarbeiter immer genau wissen, wo sich der bestimmte Artikel befindet, da immer der gleiche Stellplatz vergeben wird. Allerdings führt die feste Lagerordnung aufgrund von Reservierungen auch zu einer geringeren Flächenauslastung. Zudem ist es bei einer festen Lagerordnung schwieriger, auf verändernde Volumen zu reagieren (s. S. 59 f. [Webe09]).

- **Feste Lagerordnung**

Bei einer festen Lagerordnung wird der mögliche Stellplatz eines Fahrzeugs immer stärker eingeschränkt bis hin zur absolut fixen Festlegung eines bestimmten Stellplatzes. Je fixer der Bereich abgegrenzt wird, desto mehr wird die Orientierung auf der Werksversandfläche unterstützt. Die Bereiche werden im Vorhinein klar definiert, so dass die Mitarbeiter bereits relativ genau wissen, wo das Fahrzeug steht bzw. wo das Fahrzeug hingehört, was sowohl den Vorgang der Bereitstellung, wie auch den Vorgang der Verladung vereinfacht. Ebenfalls positiv wirkt sich die Bündelung von Fahrzeugen der gleichen Kategorie. Wird eine große Menge an Fahrzeugen von der gleichen Kategorie gebraucht, so hat die feste Lagerordnung den Vorteil, dass sich alle Fahrzeuge in unmittelbarer Nähe befinden. Die fixe Reservierung bestimmter Bereiche führt jedoch zu einem hohen Flächenbedarf. Da bei einer festen Lagerplatzzuordnung stets von dem maximalen Bestand einer Fahrzeugkategorie ausgegangen werden muss, bleiben Phasen in denen die Bestände zurückgehen unberücksichtigt, was wiederum dazu führt, dass Flächenverluste entstehen und der Flächenbedarf steigt. Ein weiteres Problem der festen Lagerordnung entsteht wenn der Bestand zwischen den Kategorien variiert und sich die maximalen Bestände verändern. Fahrzeuge, bei denen sich der maximale Bestand vergrößert, übersteigen somit die festgelegte Kapazität und laufen über, während in anderen Bereichen, bei denen sich der maximale Bestand verringert hat, Stellplätze unbesetzt bleiben. Um diese der mangelnden Flexibilität geschuldeten potentiellen Gefahren zu minimieren eignen sich für diese Belegungsstrategie daher Kategorien mit wenig schwankenden Beständen. Wie stark ein Bestand schwankt, kann mit Hilfe des Variationskoeffizienten ermittelt werden. Der Koeffizient ist eine statistische Größe, wodurch Bestände hinsichtlich ihrer Streuung bezogen auf den Mittelwert verglichen werden können. Je größer der in Prozent angegebene Variationskoeffizient ist, desto größer ist die Schwankung und desto schwieriger wird es für dieses Fahrzeug die passende Kapazität festzulegen.

- **Freie Lagerordnung**

Bei einer freien Lagerordnung, auch chaotische Lagerordnung genannt, gestaltet man die Stellplatzvergabe für die Fahrzeuge weitaus flexibler, bis hin zu einer komplett chaotischen Lagerordnung, bei der jedes Fahrzeug grundsätzlich jeden Stellplatz auf der Werksversandstelle bekommen kann. Durch die chaotische Lagerhaltung kann das Problem der mangelnden Flexibilität bei schwankenden Beständen aufgefangen werden, da die gesamte Fläche zusammengefasst und nicht in bestimmte Bereiche aufgeteilt wird. Die freie Lagerordnung führt aber auch zu Nachteilen. So ist bei einer freien Lagerordnung die wegeffiziente Anordnung der Fahrzeugkategorien nicht möglich, da alle Fahrzeuge überall abgestellt werden, wodurch lange Wege entstehen können. Des Weiteren ist die mangelnde Orientierung eine weitere Schwachstelle der freien Lagerordnung. Die Gefahr von falsch abgestellten Fahrzeugen steigt, weil die Mitarbeiter keine Anhaltspunkte haben, wo welches Fahrzeug hingehört. Auch bei der Verladung können durch die chaotische Lagerordnung Mehraufwände entstehen. Insbesondere geschieht dies bei Arbeitsvorgängen, bei denen die Mitarbeiter auf die räumliche Orientierung angewiesen sind. Ein weiterer negativer Aspekt der freien Lagerordnung ist, dass Fahrzeuge einer Kategorie auf der gesamten Werksversandfläche verteilt stehen können. Werden aber größere Mengen einer Kategorie benötigt, so führt das zu längeren Wegen und verursacht einen Mehraufwand.

### 3.4 Transportoptimierung

Eine weitere Anforderung an die Werksversandflächen ist die Optimierung der anfallenden Fahrzeugbewegungen, damit die Fahrten innerhalb der Werksversandfläche möglichst effizient und schnell durchgeführt werden können. Wesentlichen Einfluss auf dieses Kriterium hat die Layoutgestaltung der Lagerfläche. Bei der Layoutgestaltung gilt es unter anderem abhängig von dem bestehenden Materialfluss und dem ausgewählten Transportmittel, eine optimale Anordnung der jeweiligen Bereiche zu ermitteln. [ScWM14] (S. 331 f.) beschreibt die vier wesentlichen Kernaufgaben der Layoutplanung wie folgt.

- „Bestimmung der qualitativen und quantitativen Beziehungen (Flüsse) zwischen betrieblichen Funktionseinheiten,
- daraus resultierende optimale räumliche Anordnung der Struktureinheiten zueinander unter Beachtung von Randbedingungen,
- Zusammenführung aller Flusssysteme zu einer Gesamtlösung,
- zeichnerische Wiedergabe der räumlichen Anordnung als Endergebnis aller vorrausgegangen Planungsphasen und –schritte.“

Demnach betrifft die Layoutgestaltung insbesondere die Struktur der Lagerfläche sowie den vorherrschenden Materialfluss. Durch eine optimierte Anordnung der jeweiligen Bereiche innerhalb eines Lagers kann so positiv auf den Transportaufwand Einfluss genommen und die Effizienz gesteigert werden.

#### 4. IT Lösung zur Stellplatzverwaltung

Um ab einem gewissen Volumen die lückenlose Erfassung der Güterbewegung dennoch sicherstellen zu können, empfiehlt es sich auf IT-Systeme zurückzugreifen. Eine Form der IT Unterstützung in der Logistik stellen die Lagerverwaltungssysteme (LVS) dar. Lagerverwaltungssysteme verwalten und steuern die anfallenden Lagerprozesse und unterstützen so unter anderem die Bestandsverwaltung und Lagerplatzverwaltung (s. [KIKr04] S. 275). Lagerplatzverwaltungssysteme sind somit eine vereinfachte Form von Warehouse Management Systemen (WMS). Zusätzlich zu der Bestands- und Lagerplatzverwaltung haben WMS nämlich auch das Ziel, den Lagerbereich zu steuern, zu kontrollieren und zu optimieren (s. [FIMLoJ]). Obwohl nach dieser Definition ein Unterschied zwischen LVS und WMS besteht, werden im Folgenden, wie auch in der Praxis üblich, beide Begriffe synonym verwendet. WMS bieten die Möglichkeit, den gesamten Materialfluss vom Wareneingang bis hin zum Warenausgang abzubilden. Dadurch ist es möglich, bei der Abwicklung aller Lagerprozesse auf WMS zurückzugreifen, um somit das Lagerwesen im Gesamten erheblich zu vereinfachen. Lagerverwaltungssysteme im Allgemeinen können als Teil einer übergeordneten Systemlandschaft angesehen werden und verfügen somit über eine Vielzahl an Schnittstellen zu anderen Systemen, wie zum Beispiel dem Warenwirtschaftssystem (WWS), Enterprise Ressourcen Planing System (ERP) oder dem Produktionsplanung und –steuerungssystem (PPS) sowie zu vielen Weiteren (s. [HoSc10] S. 9 ff.). Lagerverwaltungssysteme selbst sind meistens modular aufgebaut und bestehen aus Kern- Zusatz- und Erweiterungsfunktionen. Hintergrund des modularen Aufbaus sind die individuellen Anforderungen des Kunden an das System. Je nach Kundenbedürfnis lassen sich so nur die Module installieren, die wirklich gebraucht werden und man vermeidet die Installation eines gesamten Warehouse Managements (s. [FIMLoJ]). Die modulare Bauweise eines WMS lässt sich wie in der folgenden Abbildung darstellen.

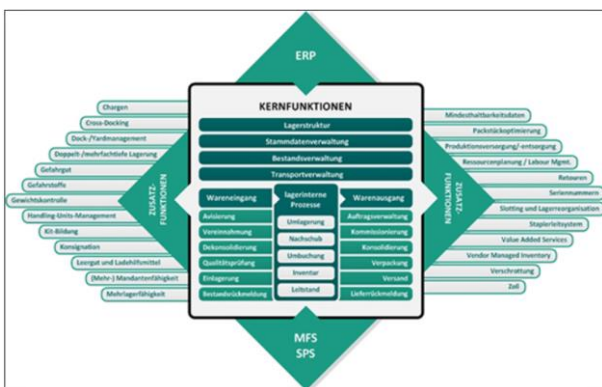


Abbildung 2: Funktionen eines WMS

#### 5. Realisierung & Ergebnisse

Nachdem die Lösungsansätze für die beschriebenen Problemfelder im Allgemeinen analysiert wurden, wird im Folgenden die Realisierung der Lösungsansätze auf den Werksversandstellen beschrieben.

#### 5.1 Entscheidung und Bewertung Stellplatzanordnungsmöglichkeiten und Belegungsstrategie

Wie aus den vorhergegangenen Abschnitten hervorgeht, sind bei der Auswahl der geeigneten Stellplatzanordnung und Belegungsstrategie viele unterschiedliche Einflussgrößen zu betrachten. Es ist ersichtlich, dass die Lagerziele Flächenreduzierung und Transportminimierung häufig konträr zueinander stehen, weshalb situationsbedingt entschieden werden muss, welche der Varianten auszuwählen ist. Im Entscheidungsfindungsprozess geht es also darum, sowohl die individuellen Eigenschaften der Fahrzeugkategorien, als auch die situationsbedingten Gegebenheiten zu berücksichtigen. Je nach Fahrzeugkategorie hat jede Stellplatzanordnungsmöglichkeit und Belegungsstrategie unterschiedliche Auswirkungen auf die Flächennutzung und den Handlingsaufwand, so dass stets abgewogen werden muss, welche Variante den größeren Nutzen bringt. Unter dem Begriff Handling werden hierbei die Häufigkeit der Fahrzeugbewegungen, die Fahrt- bzw. Laufwege sowie die Orientierung der Mitarbeiter zusammengefasst.

Die Entscheidung darüber, welche Stellplatzanordnungsmöglichkeit bzw. welche Belegungsstrategie ausgewählt werden soll, ist abhängig von den Eigenschaften der Fahrzeugkategorien, Belegungsstrategien, Stellplatzanordnungsmöglichkeiten sowie von situationsbedingten Rahmenbedingungen. Die situationsbedingten Rahmenbedingungen werden insbesondere durch die Variabilität der Märkte beeinflusst. Die unsteten Märkte führen zu Schwankungen im Produktionsvolumen und das wiederum führt zu Schwankungen im Fahrzeugbestand. Während steigende Bestände zu einer hohen Flächenauslastung und damit zur Situation „Flächennot“ führen, wirken sich sinkende Bestände positiv auf die Flächensituation aus. Damit eine Entscheidung getroffen werden kann, müssen also die jeweiligen Auswirkungen der Anordnungsmöglichkeiten und Belegungsstrategien situationsbedingt bewertet werden. Hierfür eignet sich eine Nutzwertanalyse. Mit Hilfe der Nutzwertanalyse können alle entscheidenden Parameter berücksichtigt und hinsichtlich ihrer Auswirkungen bewertet werden.

		Flächennot			Keine Flächennot		
		Flächenn.	Handling	Σ	Fläche nn.	Handli ng	Σ
Stellplatzanordnungs- möglichkeiten	Senkrecht	BW:	2	8		2	8
		NW:	1,6	1,6	3,2	0,8	4,8
	Schräg	BW:	0	9		0	9
		NW:	0	1,8	1,8	0	5,4
	Mehrfach	BW:	4	1		4	1
		NW:	3,2	0,2	<b>3,4</b>	1,6	0,6
Belegungs- strategie	Feste LO	BW:	2	8		2	8
		NW:	1,6	1,6	3,2	0,8	4,8
	Freie LO	BW:	7	4		7	4
		NW:	5,6	0,8	<b>6,4</b>	2,8	3,2

Tabelle 2: Beispiel Nutzwertanalyse



Wie in Tabelle 2 zu sehen, werden die verschiedenen Belegungsstrategien und Stellplatzanordnungen bei der Situation „Flächennot“ und „Keine Flächennot“ bewertet. Diese Bewertung muss für jede einzelne Kategorie durchgeführt werden, da sich die Gewichtung und die Punktebewertung jedes Mal unterscheiden. Anhand dieser Analyse kann mittels der Gewichtung bestimmt werden worauf mehr Wert gelegt werden muss und wie die Varianten abschneiden. Nachdem für alle identifizierten Fahrzeugkategorien eine solche Nutzwertanalyse durchgeführt wurde, lassen sich die Ergebnisse tabellarisch zusammenfassen.

Belegungsstrategie	Stellplatzanordnungs- möglichkeiten	Langsamdreher		Sonderprozesse		LKW Versand		Bahnversand	
		Flächen- not	Keine	Flächen- not	Keine	Flächen- not	Keine	Flächen- not	Keine
		Senkrecht		x	x	x			
Schräg									
Mehrfach	x								
Reihe						x	x	x	x
Feste LO				x	x			x	x
Freie LO	x	x				x	x		

Tabelle 3: Beispiel Ergebnisse Nutzwertanalyse

Durch dieses Vorgehen ist es den Werksversandstellen möglich individuell auf die vorherrschende Situation zu reagieren. Dadurch wird sichergestellt, dass tatsächlich das Ziel verfolgt wird, was aufgrund der aktuellen Flächenauslastung höher zu gewichten und somit zu priorisieren ist.

### 5.2 Transportoptimale Anordnung

Bei der Transportoptimierung wird untersucht, wie die Wege bzw. Transporte innerhalb der Werksversandstelle optimal gestaltet werden können. Ausgangslage ist hierfür die Annahme von optimalen Rahmenbedingungen.

- Flächenbedarf

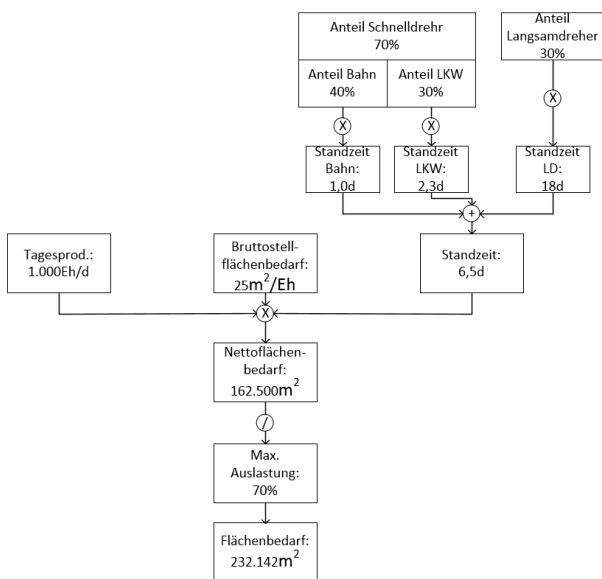


Abbildung 3: Berechnung Flächenbedarf

Um, wie oben angesprochen, eine optimale Rahmenbedingung zu schaffen, muss zunächst einmal die benötigte Flächenkapazität ermittelt werden. Neben der Tagesproduktion, sind hier des Weiteren auch die durchschnittliche Standzeit sowie der durchschnittliche Bruttostellflächenbedarf zu berücksichtigen. Der Bruttostellflächenbedarf pro Stellplatz beinhaltet neben der eigentlichen Stellplatzmaße auch die Fahrwege und Ladezonen. Damit die durchschnittliche Standzeit auf der gesamten Stellfläche errechnet werden kann, müssen die unterschiedlichen Standzeiten der Fahrzeugkategorien anteilmäßig gewichtet werden. Durch Multiplikation der drei Faktoren Tagesproduktion, Bruttostellflächenbedarf und durchschnittliche Standzeit erhält man als Ergebnis den Nettoflächenbedarf. Damit die Werksversandstellen jedoch handlungsfähig sind, darf die Fläche nicht zu 100% ausgelastet sein. Aus diesem Grund muss zusätzlich zu dem Nettoflächenbedarf ein weiterer Aufschlag addiert werden, um den endgültigen Flächenbedarf zu ermitteln (Anmerkung zur Abbildung 3: Zahlen entsprechen nicht den tatsächlichen Zahlen der WVS Regensburg).

- Flächenstruktur

Die Flächenstruktur beeinflusst die Prozesse und die Lagerbetriebsstrategien auf der Werksversandfläche erheblich. Insbesondere die Wege und damit verbunden, die Effizienz der anfallenden Tätigkeiten hängen maßgeblich von der Kompaktheit der Flächenstruktur ab. Je kompakter eine Fläche ist, desto kürzere Wege können realisiert werden. Außerdem können dank einer kompakteren Flächenstruktur Doppelhandlings vermieden werden, da die Langsamdreher größtenteils nur per LKW distribuiert werden. Fasst man beide Bereiche, Langsamdreher und Schnelldreher LKW physisch zusammen, so entfällt der Umparkvorgang. Zudem hat der Zusammenschluss zweier Bereiche den Vorteil, dass die Lagerordnung freier wird, was wiederum den Flächennutzungsgrad steigert.

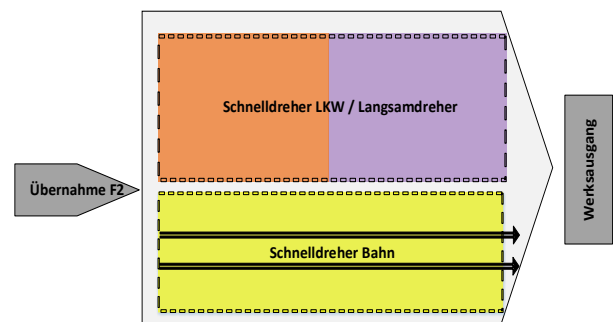


Abbildung 4: Physische Grobstruktur

Durch die unmittelbare Nähe der Werksversandfläche zu der Übernahmefläche und zum Werksausgang, werden zusätzlich die Transportwege möglichst kurz gehalten. Darüber hinaus ist darauf zu achten, dass ein Fahrzeugfluss gegeben ist, damit keine komplexen Wegkreuzungen auf der Distributionsfläche entstehen.

- Positionierung

Im nächsten Schritt müssen die unterschiedlichen Funktionsbereiche transportoptimal organisiert werden. Um die Transportwege möglichst kurz zu halten, ist es sinnvoll, die Bereiche nebeneinander anzuordnen, welche die größten Volumen austauschen. Hierfür eignet sich das Dreiecksverfahren. Das Dreiecksverfahren nach Bloch ist eine Methode zur Anordnung der Funktionsbereiche. Mit Hilfe des Dreiecksverfahren wird zunächst eine volumensabhängige Reihenfolge gebildet, welche bei der Anordnung der Bereiche zu berücksichtigen ist. Parallel dazu werden die Verbindungen zwischen den Bereichen in einem Dreiecksdiagramm visualisiert. Damit das Dreiecksverfahren angewandt werden kann, ist es zwingend erforderlich die auf der Distributionsfläche vorherrschenden Transportströme aufzunehmen und darzustellen. Diesbezüglich eignet sich die Gestaltung einer Transportmatrix. Mit Hilfe der Transportmatrix können die Volumenströme in tabellarischer Form übersichtlich dargestellt werden. Basierend auf diesen Volumensströmen kann anschließend in absteigender Reihenfolge bestimmt werden, welche Funktionsbereiche zunächst nebeneinander angeordnet werden. Damit wird sichergestellt, dass die größten und damit häufigsten Volumensströme zuerst priorisiert werden, weil diese das größte Einsparpotential darstellen.

Um die richtige Positionierung der jeweiligen Funktionsbereiche zu ermitteln, wurden die zwei oben beschriebenen Bereiche Bahn Verladung sowie Schnelldreher LKW und Langsamdreher unabhängig voneinander untersucht.

Bei der Bahn Verladung ist es zunächst einmal ersichtlich, dass alle Zielorte nur mit der Verloaderampe eine direkte Verbindung haben. Das bedeutet, dass untereinander keine Transporte ausgetauscht werden. Vor dem Hintergrund der Transportoptimierung bedeutet das, dass alle Zielorte möglichst nahe der Verloaderampe positioniert werden sollten. Des Weiteren geht aus der Analyse hervor, dass die Zielorte bezüglich Ihrer Volumensströme sehr stark voneinander abweichen. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, den Zielort am nächsten zur Verloaderampe abzustellen, welcher das größte Volumen aufbringt. Die anderen Zielorte werden gemäß ihrer Volumen in absteigender Reihenfolge von der Verloaderampe weg positioniert, wie in der folgenden Abbildung zu sehen ist.

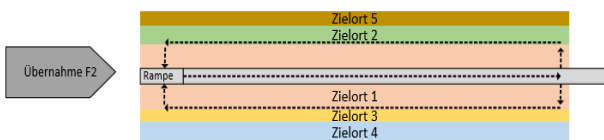


Abbildung 5: Blocklayout Bahn Verladung

Im Bereich der Schnelldreher LKW und Langsamdreher ist zunächst einmal nach Stellplatzanordnungsmöglichkeit zu unterscheiden, da es in diesem Bereich, wie bereits erwähnt, sowohl Reihen als auch Einzelstellplätze gibt. Des Weiteren fallen in diesem Bereich auch prozessbedingte Zwischenschritte an, wie beispielsweise die

Aufbereitung der Fahrzeuge in der Werkstatt. Aus diesem Grund ist es notwendig, bei dieser Kategorie darauf zu achten, dass die Fahrzeuge am nächsten zur Werkstatt abgestellt werden, damit die Wege kurz gehalten werden können. Ähnlich wie bei der Bahn Verladung fällt hier darüber hinaus auch auf, dass alle Fahrzeuge eine Verbindung zu der Verladezone haben, da sie in diesen Zonen auf den LKW's verladen werden. Die Positionierung der Verladezonen gestaltet sich jedoch um einiges flexibler, da es hier die Möglichkeit gibt, viele einzelne Verladeflächen für die LKW's zu integrieren. Dadurch können Verladezonen flächendeckend und individuell geplant werden, damit jede Fahrzeugkategorie in der Nähe einer Verladezone steht. Anders als die fixe Verloaderampe Bahn Bereich, können hier mehrere Verladezonen errichtet werden. Aus diesem Grund sind lediglich die Volumenströme von der Fahrzeugübernahme von der Produktion und die Volumenströme hin zur Werkstatt zu beachten. Auch hier wird das Ergebnis anschließend in einem Blocklayout dargestellt.

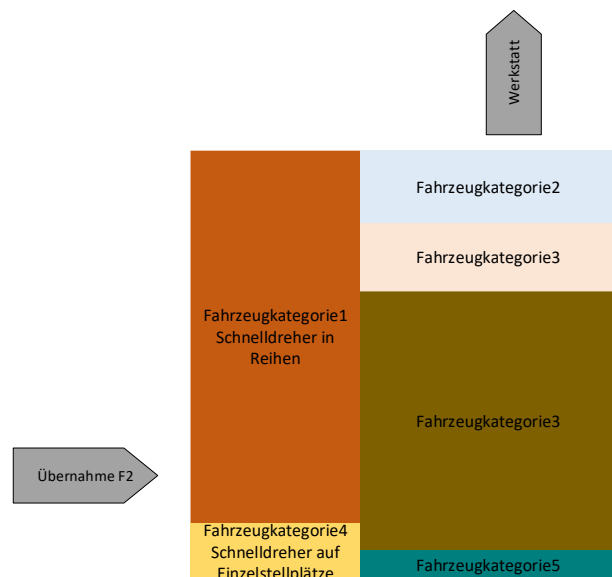


Abbildung 6: Blocklayout SD LKW und LD

Anhand der Transportoptimierung lassen sich zahlreiche Wegezeiten einsparen, die sowohl die Effizienz der Werksversandstelle als Produktionssystem wie auch die Effizienz der einzelnen Mitarbeiter erheblich verbessern.

### 5.3 Stellplatzverwaltungssystem

Wie bereits beschrieben, ist es ab einem gewissen Volumen erforderlich auf IT-Systeme zurückzugreifen, da eine manuelle Verwaltung der Lagerfläche äußerst schwierig und mit viel Aufwand verbunden ist. Diesem Problem sind auch die Werksversandstellen als Fertigwarenlager ausgesetzt. Bei einer Tagesproduktion von rund 1.400 Fahrzeugen (Werk Regensburg) ist eine manuelle Stellplatzverwaltung nicht mehr möglich, weshalb eine systemseitige Unterstützung dringend erforderlich ist. Für die Stellplatzverwaltung der Werksversandstellen wird ein auf SAP basierendes Stellplatzverwaltungssystem



tem angewandt. Mithilfe des Stellplatzverwaltungssystem können die Prozesse auf den Werksversandstellen digitalisiert und somit automatisiert werden. Um zu erfahren, welche Prozesse durch das Stellplatzverwaltungssystem tatsächlich digitalisiert werden können, ist es zunächst wichtig, die Funktionalitäten sowie die dazugehörige Stammdatenverwaltung zu analysieren.

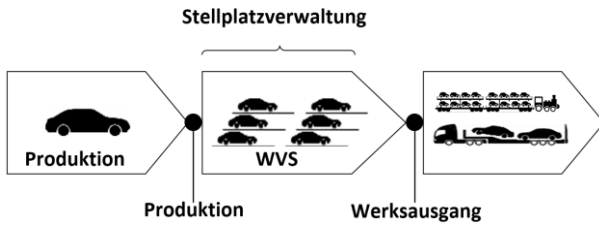


Abbildung 7: Aufgaben Stellplatzverwaltungssystem

Startpunkt für die Funktionalität des Stellplatzverwaltungssystems ist die Fertigstellungsbuchung am Ende der Produktion. Hierbei vergibt das Stellplatzverwaltungssystem jedem Fahrzeug den passenden Stellplatz. Der Begriff Stellplatz kann hierbei sowohl für einen Einzelstellplatz, wie auch für einen Stellplatz in der Reihe stehen. Die automatische Stellplatzvergabe resultiert nach Abfrage eines vorher definierten Regelwerks. Darüber hinaus gibt es auch für Sonderfälle die Möglichkeit, den Stellplatz manuell zu vergeben, da es für einen reibungslosen Ablauf besonders wichtig ist, dass alle Fahrzeuge, die sich auf der Werksversandstelle befinden auch systemtechnisch erfasst werden. Aufgrund der vollständigen Erfassung ist das System in der Lage, eine genaue Stellplatzübersicht über die Distributionsfläche zu verschaffen. In tabellarischer Form werden der Belegungsgrad sowie der Status der Stellplätze angezeigt. Auch die Auswertung von Statistiken bezüglich der Ein- und Ausgänge ist mithilfe der Stellplatzverwaltung möglich. Anschließend ist das System auch dafür verantwortlich, dass die freigewordenen Stellplätze wieder freigegeben und nachbelegt werden können.

- **Stellplatzvergabe/Regelwerk**

Die automatische Stellplatzvergabe geschieht initial, nach Abfrage eines auf die Werksversandstellen zugeschnittenen Regelwerks. Die Konzipierung eines lückenlosen Regelwerks ist die Grundvoraussetzung für den Erfolg des Stellplatzverwaltungssystems. Vor der Einführung der Stellplatzverwaltung ist es daher mit die wichtigste Aufgabe, das Regelwerk auf die vorherrschenden Prozesse und Nebenprozesse in der Werksversandstellen anzupassen, damit das Fahrzeug einen geeigneten Stellplatz zugewiesen bekommt. Das Regelwerk basiert auf einer Vielzahl von unterschiedlichen Regelarten, welche je nach Priorität in absteigender Reihenfolge aufgelistet sind. Die Regelarten gelten für alle Werksversandstellen und können nicht spezifisch abgeändert werden. Der erste ermittelte und zum Fahrzeug passende Stellplatz wird ohne Überprüfung weiterer möglicher Stellplätze verwendet. Aus diesem Grund ist die Priorisierung abhängig von der Spezifikation der Regelart. Ausgehend von der spezifischsten Regelart hin zu der größten Regelart überprüft das System, welche Regelart am ehesten zutrifft.



Abbildung 8: Aufbau der Regelarten

Hinter jeder Regelart sind die nötigen Konditionen (1) eingepflegt, die gegeben sein müssen, damit die Regelart greift. Bei den Konditionen handelt es sich um Eigenschaften, die das System bei den Fahrzeugen prüft, damit die passende Regelart zugeordnet werden kann. Je nach Fahrzeugkategorie werden hier unterschiedliche Konditionen eingepflegt, wodurch die Stellplatzvergabe maßgeblich gesteuert wird. Im nächsten Schritt erfolgt dann die Auflistung der möglichen Stellplätze (2) für die Fahrzeuge, welche die erforderlichen Bedingungen dieser Regelart erfüllen. Es kann eine Priorisierung der Stellplätze vorgenommen werden. Die Möglichkeit zu priorisieren wirkt sich positiv auf die Belegungsstrategie aus, da zwar die besseren Plätze vorgezogen werden, falls aber diese bereits vergeben wurden, die nächst priorisierten Stellplätze vergeben werden. Somit kann man sich zwar auf einen bestimmten Bereich festlegen, im Falle einer Vollauslastung kann aber auch auf andere Stellplätze zurückgegriffen werden, wodurch die Flexibilität gewahrt bleibt.

Wie bereits erwähnt, erfolgt die Regelwerkabfrage automatisch von dem Zeitpunkt aus, an dem der Fahrzeugeingang gebucht wird. Das führt auch dazu, dass bei Veränderungen der Fahrzeugeigenschaften, ein neuer Stellplatz generiert wird, welcher aufgrund der Veränderungen besser zu dem Fahrzeug passt. Das trifft zum Beispiel dann zu, wenn für die Langsamdreher Fahrzeuge ein Abruf eingetriggert wird und sie bereit für den Versand sind. Aufgrund des veränderten Status resultiert somit ein Umparkbedarf und das System signalisiert den Mitarbeitern, dass das jeweilige Fahrzeug nun auf einen anderen Stellplatz gehört. Diese Umparkaufträge sind auch eine Form der automatischen Stellplatzvergabe. Zusätzlich zu der automatischen Stellplatzvergabe besteht dennoch weiterhin die Möglichkeit den Stellplatz manuell zu vergeben. Besonders bei externen Fahrzeugeingängen ist diese Variante zwingend notwendig, da die Fahrzeuge beim Eingang am Werkstor nicht automatisch erfasst werden. Außerdem können auch Umparkaufträge manuell gebildet werden, wenn zwar ein Umparken des Fahrzeugs nötig geworden ist, aber das System diese Dringlichkeit nicht feststellt.

- **Stellplatzübersicht**

Wie bereits beschrieben, gibt das Stellplatzverwaltungssystem den Belegungsgrad sowie den Zustand der jeweiligen Bereiche in einer Farbenlogik an. Abhängig von der Bedeutung der Farbe können die Mitarbeiter der visuellen Darstellung entnehmen wie sich der Füllungsgrad und Zustand der Stellplätze verhält. Die Spalte „Füllgrad“ (1) beschreibt, wie sehr der angegebene Stellplatz belegt ist. In

der Spalte „Zustand“ (2) wird angegeben, in welchem Zustand sich die Fahrzeuge auf dem angegebenen Stellplatz befinden. Hier haben die Farben folgende Bedeutung.

Farbe	Füllgrad	Zustand
Grün	Belegung < 50%	Alle Fahrzeuge sind versandbereit
Gelb	Belegung > 50%; < 75%	Keine Bedeutung
Orange	Belegung > 75%; < 100%	Keine Bedeutung
Rot	Belegung = 100%	Min. ein Fahrzeug ist nicht versandbereit (gesperrt)
Blau	Ladefaktor für Reihe erfüllt	Fahrzeuge bereits disponiert (Ladung bereits gebildet)
Grau/Transparent	Belegung = 0%; leer	Reihe ist gesperrt „Einlagersperre“

Tabelle 4: Erläuterung Farbenlogik

- Stellplatzfreigabe

Die systemtechnische Freigabe des Stellplatzes erfolgt, wenn das Fahrzeug seinen Stellplatz physisch dauerhaft verlässt. Das passiert entweder, wenn das Fahrzeug das Werk verlässt und der Werksausgang gebucht wird oder wenn das Fahrzeug aufgrund einer Umparkung einen neuen Stellplatz bekommen hat. Je nachdem, ob das Fahrzeug das Werk per LKW oder per Bahn verlässt, wird die Ausgangsbuchung entweder beim Verlassen des Werkes am Werkstor oder durch die Mitarbeiter in der Werksversandstelle vollzogen.

- Stammdatenverwaltung

Damit die Distributionsfläche systemseitig zur Verfügung steht, müssen die physisch vorhandenen Stellplätze im System angelegt werden. Durch die Anlage der Stellplätze wird die physische Werksversandstelle in das System übertragen. Im Folgenden wird zunächst beschrieben, welche Informationen grundsätzlich eingepflegt werden müssen, um die Stellplätze anzulegen.

Abbildung 9: Stellplatz Datenpflege Teil1

Abbildung 10: Stellplatz Datenpflege Teil2

Wie aus der Abbildung hervorgeht, können hierbei unterschiedlichste Parameter eingestellt werden. Zunächst einmal wird der Block im Groben angelegt (1). Bei der Anlage des Blocks wird neben der Bezeichnung auch eingepflegt über wie viele Stellplätze dieser Bereich verfügt. Im nächsten Schritt werden dann die konkreten Daten zu den Stellplätzen übernommen (2). Während die Kategorien Kommereich, Verifikationsfeld, Max. Gewicht und Brandabschnitt nicht relevant sind, spielen insbesondere die Kategorien Gesamtkapazität und der Lagerplatztyp eine wichtige Rolle. In dem Feld Gesamtkapazität wird die Stellplatzkapazität eingestellt. Handelt es sich zum Beispiel um Einzelstellplätze, so ist die Stellplatzgröße eins. Somit kann durch die Eingabe in diesem Feld die tatsächliche Stellplatzkapazität im System wiedergegeben werden. Bei der Anlage sind des Weiteren die unterschiedlichen Stellplatztypen und deren Eigenschaften zu berücksichtigen. Es gilt für jeden Bereich, den passenden Stellplatztyp zu gestalten, damit die Anforderungen erfüllt sind. Für die oben getätigte Differenzierung in Schnelldreher und Langsamdreher würden die folgenden Stellplatztypen passen.

Stellplatztyp	Beschreibung
EZ	Einzelzugriff
NL	Einzelzugriff (nicht ladefähig)
RL	Ladereihe LKW
RB	Ladereihe Bahn
UB	Überlaufblock

Tabelle 5: Stellplatztypen

Der Stellplatztyp EZ wurde für die Einzelstellplätze im Schnelldreher Bereich LKW konzipiert. Hier stehen die Fahrzeuge im Einzelzugriff und die Ladungsbildung geschieht extern durch den Spediteur. Der Stellplatztyp NL eignet sich dagegen für die Blöcke im Langsamdreher Bereich, da diese Fahrzeuge ebenfalls im Einzelzugriff stehen. RB und RL beschreiben hingegen die Ladereien sowohl für die Bahnverladung als auch für LKW Verladung und der Stellplatztyp UB steht für die vorher definierten Überlaufblöcke. Bei der Konzipierung des Systems ist im Vorhinein der Fall zu berücksichtigen, dass alle Stellplätze belegt sind, so dass Überlaufblöcke eingerichtet werden müssen. Bei den Überlaufblöcken handelt es sich zum Beispiel um Grünflächen, auf denen in Notsituationen Fahrzeuge abgestellt werden können. Um bei Volumenveränderungen flexibel reagieren zu können, empfiehlt es

sich, die Blöcke mehrmals in verschiedenen Stellplatztypen anzulegen. Die Steuerung der Blöcke erfolgt über Zulaufsperrn. Steigt zum Beispiel das Volumen der Bahnreihen, so kann ein Block der bisher auf LKW Reihen eingestellt war, auf LKW Reihen umgestellt werden, indem der Zulauf der LKW Reihen für diesen Block gesperrt wird.

Neben den Stellplatzdaten kann zudem auch der zu beachtende Ladungsmix eingepflegt werden. Während bei den Stellplätzen in Einzelzugriff nichts weiter zu beachten ist, kommt es bei den RB und RL Stellplatztypen darauf an, dass die Reihen nach dem richtigen Ladungsmix zusammengestellt sind. Der Ladungsmix gibt an, welche unterschiedlichen Fahrzeuge innerhalb einer Reihe kombiniert werden können. Im Rahmen der Stellplatzverwaltung soll die Möglichkeit bestehen, einen Ladungsmix zu definieren um somit festzulegen, welche Fahrzeuge zu einer Reihe zusammengefasst werden können. Dadurch kann das System bereits bei der Stellplatzvergabe den Ladungsmix berücksichtigen und nur Autos in eine Reihe laufen lassen, welche physisch gemeinsam verladen werden. Bei der Bahnverladung ist zu berücksichtigen, dass stets typenreine Reihen nach dem Zielort zusammengestellt werden. Bei der LKW Verladung kommt es dagegen darauf an, dass der Ladefaktor der unterschiedlichen Speditionen beachtet wird.

- **Verwaltungsformen**

Die Funktionalitäten der Stellplatzverwaltung hängen maßgeblich von dem Detaillierungsgrad der eingepflegten Stammdaten ab. Je genauer die Stammdateneingabe, desto umfangreicher die Ausprägungsform der Funktionalitäten. Für die Stellplatzverwaltung auf den Werksversandstellen existieren zwei Optionen. Zum einen die Vollverwaltung, sprich die vollständige und präzise Übernahme der Lagerstruktur in das Verwaltungssystem und zum anderen die Teilverwaltung. Bei der Teilverwaltung, auch Blockverwaltung genannt, werden gewisse Bereiche vollständig in das System eingepflegt, während andere Bereiche nur sehr unpräzise mit der Gesamtkapazität des Blocks, nicht aber die einzelnen Stellplätze innerhalb des Blocks, in das System eingepflegt werden. Abhängig von der verwendeten Verwaltungsform verändert sich analog auch die Ausprägung der Funktionalität des Stellplatzverwaltungssystems. Welche konkreten Auswirkungen die unterschiedlichen Verwaltungsformen auf die Prozesse der Werksversandstelle haben, wurde anhand der Prozesse der Werksversandstelle Regensburg untersucht. Damit ein Vergleich der Verwaltungsformen möglich ist, wurden alle Teilprozesse sowohl in der Vollverwaltungs- als auch in der Teilverwaltungsform aufgenommen und verglichen. Die Analyse der beiden Verwaltungsformen lässt grundsätzlich die Annahme zu, dass je präziser die Verwaltung der Stammdaten geführt wird, desto automatischer das Stellplatzverwaltungssystem arbeiten kann. Dementsprechend verhält sich die Automatisierung entgegengesetzt, wenn die Stammdaten nur teilweise bzw. unpräzise eingepflegt werden. Daraus ergeben sich aus

den jeweiligen Verwaltungsformen folgende Vor- und Nachteile

Bei der Vollverwaltung werden die Flächen der jeweiligen Bereiche präzise in das System aufgenommen. Dadurch ist das System in der Lage die Mitarbeiter auf der Werksversandstelle bei vielen Prozessschritten zu unterstützen. Aufgrund der vollständigen Stammdatenpflege kann das System automatisch nachvollziehen, auf welchem Stellplatz sich das Fahrzeug befindet. Das manuelle Handling mit den Barcodes wird somit in allen drei Bereichen (Langsamdreher Bereich, Bahnbereich, LKW Bereich) weitestgehend vermieden und ist nur noch bei Umparkungen nötig. Die Verwaltungsform wirkt sich zudem auch auf die Stellplatzvergabe aus. Je genauer die Fläche in das System übernommen wurde, desto präziser wird der Stellplatz vergeben und angegeben. Dadurch kann jedes Auto problemlos wiedergefunden werden. Sowohl im Bahnbereich wie auch im Bereich der LKW Verladung, in denen in Reihen bereitgestellt wird, kann das System zudem den vorgegebenen Ladungsmix berücksichtigen. Somit werden automatisch nur noch Fahrzeuge in eine Reihe gestellt, welche aufgrund der bereits beschriebenen Restriktionen bei der Bahn bzw. LKW Verladung zusammenpassen und gleichzeitig verladen werden können. Das erspart die manuelle Reihenbildung durch die Mitarbeiter der Werksversandstelle. Ein weiterer Vorteil der Vollverwaltung ist die Anwendung der Stellplatzübersicht. Da die Stellplätze realitätsgetreu eingepflegt werden, stimmt die systemseitige Anzeige in der Stellplatzübersicht auch mit der Realität überein. Die visuelle Darstellung der Distributionsflächen anhand der Farbenlogik vereinfacht die Tätigkeit der Mitarbeiter im Versandbüro erheblich. Aufgrund der Anzeige des Füllgrads zum Beispiel können Maßnahmen proaktiv eingeleitet werden, damit der Bestand in dem jeweiligen Bereich nicht überläuft.

Die automatische Stellplatzbestätigung kann jedoch auch zu Problemen bei den LKW Schnelldreher führen. Dauert zum Beispiel die Anbringung des Transportschutzes länger, oder muss das Fahrzeug nach der F2-Buchung noch in die Nacharbeit, so dauert es länger bis das Fahrzeug am vorgegebenen Stellplatz ist. Befindet sich der Spediteur aber bereits kurz nach dem Informationseingang, dass das Fahrzeug versandbereit ist, auf der Werksversandfläche, so muss dieser warten, bis das Fahrzeug tatsächlich fertig und bereit für die Verladung ist. Daher bringt die automatische Stellplatzbestätigung die Gefahr mit sich, dass das Fahrzeug physisch auf einem anderen Stellplatz steht, als im System eingetragen. Dadurch können lange Suchzeiten entstehen, wenn das Fahrzeug benötigt wird. Ein Nachteil der systemischen Vollverwaltung ist auch die zeitliche Verzögerung. Diese zeitlichen Verzögerungen, im Folgenden auch Totzeiten genannt, entstehen zwischen den physischen Änderungen auf der Distributionsfläche und der Übernahme der Veränderungen in das System. Negativ wirken sich die Totzeiten insbesondere bei der Stellplatzfreigabe aus. Abhängig von

dem jeweiligen Bereich fallen unterschiedlich lange Zeiten von der physischen Stellplatzfreigabe bis zur systemseitigen Stellplatzfreigabe an. Bei den Langsamdrehern in Regensburg beispielsweise entstehen diese Totzeiten bei dem Umparkvorgang von der Langsamdreher Fläche auf die Schnelldreher Fläche. Wenn der vom System generierte Umparkbedarf von den Mitarbeitern des Versandbüros bestätigt wird, so wird gleichzeitig auch der neue Stellplatz reserviert. Das führt dazu, dass ein Fahrzeug systemseitig zwei Stellplätze belegt. Erst nachdem der Fahrer das Fahrzeug auf dem neuen Stellplatz abgestellt und den Barcode in das Versandbüro gebracht hat, kann der neue Stellplatz bestätigt werden, wodurch der alte Stellplatz wiederum auch systemtechnisch frei wird. Da die Fahrer aber in regelmäßigen Abständen die Barcodes in das Büro fahren um die Stellplatzfreigabe zu buchen, wirkt sich diese Problematik nicht besonders stark aus.

Bei der LKW Verladung resultieren ebenfalls zeitliche Verzögerungen auf, da das System den Stellplatz erst dann frei gibt, wenn die Mitarbeiter am Werkstor den Ausgang der Fahrzeuge buchen. In der Zeit nach der Verladung bis hin zur Ausgangsbuchung sind die Plätze jedoch noch gesperrt, obwohl sie physisch leer sind. Allerdings ist auch hier die zeitliche Verzögerung nicht allzu groß, da die LKW Fahrer nach der Verladung möglichst zeitnah das Werk verlassen und die Plätze somit schnell wieder frei sind. Bei der Bahn Verladung erfolgt die systemische Stellplatzfreigabe, wenn die Fahrzeuge verladen, die Barcodes eingesammelt und in das Versandbüro gebracht werden. Erst die anschließende Ladungsbildung im Versandbüro hat dann zur Folge, dass die Stellplätze frei werden. Dieser Vorgang bei der Bahnverladung kann jedoch bis zu zwei Stunden dauern, weil die Barcodes nicht in regelmäßigen Abständen in das Büro gebracht werden. Da bei der Bahnverladung zudem auch viele Fahrzeuge verladen werden, sind dementsprechend auch viele Reihen noch systemseitig besetzt. Die teilweise langen Zeitverzögerungen und die Menge der Fahrzeuge sind besonders bei Kapazitätsengpässen äußerst kritisch zu betrachten.

Anders als bei der Vollverwaltung werden bei der Teilverwaltung lediglich die Blöcke bzw. die einzelnen Bereiche mit ihrer Gesamtkapazität angelegt. Das bedeutet, das System kennt zwar die Blöcke, nicht aber die einzelnen Einzelstellplätze oder Reihen. Dies führt dazu, dass bei der automatischen Stellplatzvergabe vom System ausschließlich der Block vergeben wird, den exakten Stellplatz bestimmen aber dann die Mitarbeiter auf der Werksversandfläche. Dadurch sind die Mitarbeiter flexibler, da sie nun die Stellplatzvergabe manuell durchführen und nicht an die Anweisung des Systems gebunden sind. Diese Flexibilität vermeidet zudem die negative Auswirkung der anfallenden Totzeiten. Da nur der Block aber nicht der genaue Stellplatz vergeben wird, kann der Fahrer den Stellplatz direkt nach dem physischen Freiwerden wieder belegen, ohne auf die systemseitige Ausbuchung des Fahrzeugs zu warten. Die Flexibilität kann

zudem gesteigert werden, wenn den Bereichen bzw. Blöcken im System eine größere Kapazität gegeben wird, als sie tatsächlich haben. Sind die Fahrzeuge nämlich noch nicht ausgangsbucht, so kann es bei einer hohen Kapazitätsauslastung passieren, dass die nachkommenden Fahrzeuge vom System aus den vordefinierten Überlaufblock zugewiesen bekommen, obwohl die Stellplätze physisch frei wären. Damit jedoch trotzdem der richtige Block vergeben wird, kann eine höhere Kapazität eingetragen werden und das System teilt den richtigen Block zu.

Die mangelnde bzw. unpräzise Stammdatenpflege bei der Teilverwaltung wirkt sich jedoch stark negativ auf die Genauigkeit der Stellplatzübersicht aus. Angesichts der fehlenden Informationen kann das System auch keine genaue Auskunft über den Zustand der jeweiligen Stellplätze erteilen. Weitere manuelle Schritte fallen insbesondere bei der Stellplatzbestätigung an. Da das System nicht mehr in der Lage ist, den Stellplatz jedes Fahrzeugs automatisch nachzuvollziehen, muss der Stellplatz immer manuell auf den Barcodes festgehalten werden. Es muss von jedem Fahrzeug, das bewegt wird, ein Barcode entnommen und der Stellplatz darauf notiert werden. Diese Barcodes sind anschließend in das Versandbüro zu geben und aufzubewahren, da der genaue Stellplatz nur auf diesen Barcodes vermerkt ist. Speziell bei den vielen Langsamdreher Autos verkompliziert die große Menge an einzelnen Fahrzeugen die Aufbewahrung der Barcodes. Wird beispielsweise ein Fahrzeug versandbereit, so muss zunächst einmal der richtige Barcode ausgesucht werden, damit die Mitarbeiter den genauen Stellplatz des Fahrzeugs erfahren. Bei der LKW Verladung gestaltet sich das ein Stück weit einfacher. Hier werden die Barcodes einer gesamten Ladung mit den restlichen Dokumenten (Zollpapiere etc.) zusammen abgelegt und nach Spediteur sortiert. Somit hält sich der Suchaufwand in Grenzen. Bei dem Bahn Bereich ist grundsätzlich keine Stellplatzbestätigung nötig, da bei der Bahnverladung die Fahrzeuge verladen werden, die physisch bereitstehen und die Ladung erst im Nachhinein gebildet wird. Des Weiteren fallen durch die Teilverwaltung sowohl bei der physischen Reihenbildung wie auch bei der systemseitigen Ladungsbildung mehr manuelle Zusatzschritte an. Bei der Stellplatzvergabe kann das System den Ladungsmix nicht berücksichtigen, so dass die Mitarbeiter selber die Ladung zusammenstellen müssen. Das steigert vor allem bei der LKW Verladung die Gefahr, dass die Reihe versehentlich falsch zusammengestellt wird. Bei der Bahn Verladung ist die Unterscheidung der unterschiedlichen Reihen bei einer vollkommenen freien Lagerordnung gefährlich, da dann nicht nur auf das Fahrzeugmodell geachtet werden muss, sondern auch für welchen Zielort das Fahrzeug bestimmt ist. Das würde in diesem Bereich die manuelle Reihenzusammenstellung erheblich erschweren. Sobald jedoch den Zielorten bestimmte Bereiche zugewiesen werden, ist nur noch nach Fahrzeugmodell zu unterscheiden, was die Zusammenstellung wiederum vereinfacht. Außerdem erfolgt die

systemseitige Ladungsbildung nicht mehr anhand der Zustandsanzeige in der Stellplatzübersicht, sondern durch manuelles Einscannen der Barcodes, was wiederum zu einem erhöhten Mehraufwand bei der LKW Verladung führt. Bei der Bahn Verladung bleibt dieser Vorgang auch bei der Teilverwaltung unverändert.

Zusammenfassend lässt sich aussagen, dass die Vorteile der Vollverwaltung besonders stark bei den Langsamdrehern und LKW Fahrzeugen zum Tragen kommen. Insbesondere durch die automatische Stellplatzbestätigung werden viele manuelle Arbeitsschritte und Wege eingespart. Positiv ist auch die Tatsache, dass die Information, wo sich das Fahrzeug befindet, digital im System gespeichert ist und nicht händisch auf den Barcodes notiert wird. Dadurch wird zum einen die Gefahr minimiert, dass der Informationsträger verloren geht und zum anderen entfällt der Sortier- bzw. Suchaufwand, wenn der Barcode benötigt wird. Des Weiteren wird durch die Vollverwaltung das Risiko minimiert, dass die Reihen falsch zusammengestellt werden. Einzig dieser Vorteil greift auch bei der Bahnverladung.

Den Ergebnissen zufolge ist es empfehlenswert im Langsamdreher Bereich und Schnelldreher LKW Bereich auf die Vollverwaltung zu setzen und bei der Bahnverladung die systemische Stellplatzverwaltung teilverwaltend anzuwenden. Die besonders lange Zeit von dem physischen Freiwerden des Stellplatzes bis hin zur systemseitigen Freigabe kann sich äußerst negativ auf die Stellplatzkapazität auswirken. Ferner greifen bei der Bahnverladung, bis auf die automatische Reihenbildung, die oben beschriebenen Vorteile der Vollverwaltung nicht. Somit erscheint es sinnvoller diesen bei diesem Bereich lediglich die Blockverwaltung anzuwenden.

## 6. Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Projekts wurden zunächst die unterschiedlichen Stellplatzanordnungsmöglichkeiten und Belegungsstrategien für die Werksversandstellen beschrieben und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf unterschiedliche Fahrzeugkategorien untersucht. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Auswahl der unterschiedlichen Varianten stark abhängig von der situativen Komponente ist. Je nach Flächenauslastung bieten die verschiedenen Varianten die Möglichkeit entweder die Flächennutzung zu steigern oder das allgemeine Fahrzeughandling auf der Werksversandstelle zu vereinfachen. Darauf folgend wurde mithilfe der Dreiecksmethode aufgezeigt, wie eine transportoptimale Anordnung der jeweiligen Bereiche gewährleistet werden kann. Zudem wurde in diesem Kapitel aufgezeigt, welche Grundvoraussetzungen im Optimalfall gegeben sein sollten und welche Vorteile dadurch entstehen. Im dritten und letzten Abschnitt wurden die Funktionalitäten des Stellplatzverwaltungssystems beschrieben und deren unterschiedliche Verwaltungsformen analysiert. Wie aus den Prozessen hervorgeht ist mit Einführung des Stellplatzverwaltungssystems ein erheblicher Schritt in Richtung der Digitalisierung gemacht worden, wodurch zahlreiche manuelle Aufwände

eingespart wurden. Nichtsdestotrotz, sind dadurch auch potentielle Risiken entstanden, die im weiteren Verlauf zu beobachten und eventuell zu beheben sind. Um die Digitalisierung der Werksversandstellen voran zu treiben, sollte zudem der Prozess bei der Bahnverladung in Hinblick auf Digitalisierungsmöglichkeiten untersucht werden, um auch in diesem Bereich in naher Zukunft auf die Barcodes verzichten zu können.

## Literatur

### Online-Quellen

[FIMLoJ] Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, oJ, Definition WMS/LVS. <http://www.warehouse-logistics.com/22/1/standard-wms.html%20-%20Kernfunktionen>. Abruf am 2017.06.29

### Buch-Quellen

- [Gude05] Gudehus, T.: Logistik, Grundlagen – Strategien – Anwendungen, 3. neue bearbeitete Auflage. Springer, Berlin, 2005.
- [KIKr04] Klaus P. (Hrsg.); Krieger W. (Hrsg.); Gabler Lexikon Logistik, Management logistischer Netzwerke und Flüsse, 3. vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage. Gabler, Wiesbaden, 2004
- [Klug10] Klug, F.: Logistikmanagement in der Automobilindustrie, Grundlagen der Logistik im Automobilbau. Springer, Springer, Berlin, 2010
- [ScWM14] Schenk, M.; Wirth, S.; Müller, E.: Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, Methoden für die wandlungsfähige vernetzte und ressourceneffiziente Fabrik, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Springer, Berlin, 2014
- [Webe09] Weber, R.: Lageroptimierung, Bestände-Abläufe-Organisation-Datenqualität-Stellplätze. In: Mesenholl, H-J. (Hrsg.): Kontakt & Studium. Expert Verlag, Renningen, 2009