Masterarbeit

ANALYSE UND OPTIMIERUNG VON LAGERSTRUKTUREN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VORHANDENER EINFLUSSGRÖSSEN

ausgeführt am

CAMPUS 02 GRAZ

FACHHOCHSCHULE DER WIRTSCHAFT

Fachhochschul-Masterstudiengang
Automatisierungstechnik-Wirtschaft

von

Arno Puchwein BSc.
1610322027

betreut und begutachtet von
Ing. Dipl.-Ing. (FH) Werner Frissenbichler

Liezen, im Jänner 2018 .....

Unterschrift

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die benutzten Quellen wörtlich zitiert sowie inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

.....

Unterschrift

DANKSAGUNG

An dieser Stelle spreche ich meinen Dank an meine Lebensgefährtin Sandra Bartl aus, die mich über die letzten Jahre bei all meinen Vorhaben unterstützt hat. Ebenso bedanke ich mich bei meinen Eltern Ilse und Franz Puchwein, die mir den Glauben und vor allem die Kraft für dieses Unterfangen gegeben haben. Des Weiteren muss ein Dank an den Freundeskreis ausgesprochen werden, der viel Geduld in letzter Zeit aufbringen musste, da die Zeit für diverse Unternehmungen einfach gefehlt hat. Seitens der Fachhochschule Campus02 sei der Dank an Werner Frissenbichler gerichtet, der mir bei der Ausarbeitung mit Rat und Tat zur Seite stand.

KURZFASSUNG

Das Errichten eines automatisierten Hochregallagers zeigt wie wichtig es ist die vorhandenen Produktionsprozesse neu zu überdenken. Verschiedene Analysen zum Materialfluss sowie dem Datenfluss machen auf das Verbesserungspotential aufmerksam. Diese Arbeit setzt sich mit der Auswertung dieser Analysen sowie der Ausarbeitung eines neuen Buchungskonzeptes auseinander. Im Detail zeigt eine Multimomentaufnahme Engpässe in der Produktion. Darüber hinaus verdeutlicht die Datenflussanalyse, dass die Maschinendatenerfassung inkorrekte Daten generiert und das Buchungskonzept nicht durchgängig ist. Als Resultat kann erkannt werden, dass man in naher Zukunft neue Maschinenkapazitäten benötigt, um die Lagerkapazitäten zu entlasten. Zusätzlich führt ein neues Buchungskonzept sowohl zu erheblichen Einsparungen in der Administration als auch zu Potentialen für Folgeprojekte.

ABSTRACT

The construction of an automated high-rack warehouse demonstrates the importance of reconsideration of the entire production processes within a company. Several possibilities such as a material flow or data flow analysis point out the potential of improvement. Referring to these analyses this thesis discusses evaluations of the corresponding results. A second focus is on the description of a new booking concept. A work-sampling study shows bottlenecks in production. Additionally the data flow analysis reveals non-continuous processes in the used concept and incorrect gathering of information by the used machine data logging. The results show that increasing of machine capacity in the near future is necessary to discharge the new warehouse. Furthermore, the new booking concept leads to considerable savings in administration as well as subsequent projects, which emerged following this master thesis.

INHALTSVERZEICHNIS

1 Einleitung ... 1
1.1 Ausgangssituation ... 1
1.2 Zielsetzung der Arbeit ... 2
2 Grundlagen der Logistik ... 3
2.1 Allgemeine Ziele der Logistik ... 3
2.2 Hauptziele der Logistik ... 5
2.2.1 Leistungsziele der Logistik ... 5
2.2.2 Qualitätsziele der Logistik ... 6
2.2.3 Kostenziele der Logistik ... 6
2.2.4 Zielkonflikte in der Logistik ... 7
2.3 Materialdisposition ... 9
2.3.1 Materialbedarf ... 9
2.3.2 Materialbestand ... 11
2.3.3 Materialbestellung ... 12
2.4 Logistikstammdaten ... 13
2.5 Unternehmenslogistik ... 14
2.6 Materialflusslogistik ... 17
2.6.1 Materialflussanalyse ... 19
2.6.2 Materialflussplanung ... 20
3 Grundlagen der Lagersysteme ... 21
3.1 Lagertypen ... 21
3.2 Lagerbetriebsstrategien ... 24
3.2.1 Belegungsstrategien ... 24
3.2.2 Bewegungsstrategien ... 25
3.3 Datenmanagement in Lagersystemen ... 26
3.4 Kennzahlen von Lagersystemen ... 27
3.4.1 Kennzahlen zu Material und Logistik ... 27
3.4.2 Kennzahl Fließgrad ... 30
3.4.3 Kennzahlen zur Reaktionsfähigkeit ... 31
3.5 Informationstechnologien in der Logistik ... 33
3.5.1 Enterprise Ressource Planning ... 33
3.5.2 Manufacturing Execution System ... 33
3.5.3 Warehouse Management-System ... 34
3.5.4 Management Information System ... 34
3.5.5 Datenbank ... 35
4 Materialflussanalyse ... 36
4.1 Fertigungsartikel ... 36
4.1.1 Produktionsauslastung ... 38
4.1.2 Ladenhüter ... 40

4.1.3 Umsatzverteilung ... 41
4.2 Rohmaterialien ... 42
4.3 Hilfsmaterialien ... 42
4.4 Werksspezifische Aufteilung ... 43
4.4.1 Produktionsbereiche Stammwerk ... 43
4.4.2 Lagerbereiche - Stammwerk ... 44
4.4.3 Produktionsbereiche - Zweitwerk ... 44
4.4.4 Lagerbereiche - Zweitwerk ... 45
4.5 Materialfluss ... 46
4.5.1 Gesamtheitlicher Materialfluss ... 46
4.5.2 Materialfluss innerhalb der Produktion ... 47
4.5.3 Kapazitätsbedarf Lager ... 49
4.6 Ergebnis und Resümee der Materialflussanalyse ... 49
4.6.1 Engpassabteilung Oberflächenabteilung ... 49
4.6.2 Engpassabteilung Mechanische Fertigung ... 51
4.6.3 Stammdatenqualität ... 51
4.7 Einfluss des Hochregallagers auf den Materialfluss ... 52
4.7.1 Anstieg der Lagerkapazitäten ... 52
4.7.2 Verbesserte werksspezifische Aufteilung im Stammwerk ... 52
4.7.3 Verbesserte werksspezifische Aufteilung im Zweitwerk ... 53
4.7.4 Verbesserter Materialfluss ... 53
5 Datenflussanalyse ... 55
5.1 Landschaft der Informationstechnologie ... 55
5.1.1 Enterprise Ressource Planning ... 56
5.1.2 Manufacturing Execution System ... 57
5.2 Aktuelles Buchungskonzept ... 58
5.2.1 Wareneingang ... 59
5.2.2 Warenausgang ... 59
5.2.3 Produktionsauftrag ... 59
5.2.4 Lagerungsprozess ... 61
5.3 Ergebnis und Resümee der Datenflussanalyse ... 63
5.3.1 Feinplanung ... 63
5.3.2 Zwischenbetrieblicher Prozess ... 63
5.3.3 Produktionsaufträge im Zweitwerk ... 63
5.3.4 Bereichsübergreifend einheitliche Schnittstelle zwischen MES und ERP ... 64
5.3.5 Flächendeckende Ausrollung der Schnittstelle zwischen MES und ERP ... 64
5.4 Einfluss des Hochregallagers auf das Buchungskonzept ... 64
5.4.1 Veränderung der Lagerstruktur ... 64
5.4.2 Schnittstelle zwischen WMS und ERP ... 69
5.4.3 Potential durch das neue Buchungskonzept ... 71
5.4.4 Mögliche Fehlerquellen durch das neue Buchungskonzept ... 72
6 Resümee und Ausblick ... 73

Literaturverzeichnis 75
Abbildungsverzeichnis 76
Tabellenverzeichnis (optional) 78
Abkürzungsverzeichnis 79
Formelverzeichnis 81

1 EINLEITUNG

Ein hoher Auftragseingang ist ein freudiges Ereignis für jedes Unternehmen, da man für die Mühen der vergangenen Jahre belohnt wird und man nun einen weiteren Schritt nach schafft. Ein solcher Auftragseingang bringt ebenso Veränderungen in den Produktions- sowie Organisationsabteilungen mit sich, damit man den erwarteten Output erzielen kann. Aus diesem Grund ist jede Firma mit den unterschiedlichsten Herausforderungen konfrontiert. Einer der Schwerpunkte, der hierbei nicht außer Acht gelassen werden darf, ist die Umstrukturierung des Logistikkonzeptes. Dabei ist jedoch nicht nur der interne bzw. externe Güterstrom gemeint sondern auch unter anderem die Auslastung der einzelnen Produktions- sowie Personalkapazitäten. Ebenso müssen Gedanken angestellt werden wieviel Platz die neue Situation erfordert, damit man die produzierte Ware sowohl lagern als auch zeitgerecht versenden kann. Da der Faktor Fläche in einem Unternehmen ausschlaggebend ist, wird oftmals beschlossen, dass ein vollautomatisiertes Lager in die Höhe gebaut wird.

1.1 Ausgangssituation

Diese Arbeit wird für ein Unternehmen verfasst, das gerade an diesem Punkt angelangt ist. Das Unternehmen gliedert sich in zwei Werke auf wobei ihr Stammwerk in der Mitte Österreichs liegt. Das Zweitwerk findet sich ungefähr 250 Kilometer entfernt in Slowenien wieder. An beiden Produktionsstandorten werden moderne Umformtechniken zur Herstellung von hochpräzisen Teilen genutzt. Diese werden für drei unterschiedliche Marktbranchen hergestellt. Einhergehend mit den hohen Qualitätsstandards der Firma, sieht sich diese mit einem erhöhten Auftragseingang konfrontiert. Dieser bringt ein garantiertes Umsatzwachstum von 50 % in den nächsten drei Jahren mit sich. In Zahlen bedeutet dies eine Umsatzsteigerung von 65 Millionen Euro im Geschäftsjahr 2016/2017 auf 100 Millionen Euro im Geschäftsjahr 2019/2020. Aus diesem Grund richtet das Unternehmen das Logistikkonzept neu aus, welches mit Hilfe dieser Arbeit realisiert werden soll.

Die erforderlichen Lagerkapazitäten sollen mittels Hochregallager am Hauptstandort abgefangen werden. Zusätzlich wird mit dem Hochregallager eine neue Softwaretechnologie in Form eines Lagerverwaltungssystems (LVS) oder Warehouse Management-System (WMS), implementiert. Das bereits zuvor verwendete Enterprise Ressource Planning (ERP) soll jedoch das führende System für die Lagerbuchungen bleiben und mittels Schnittstelle mit dem WMS verknüpft werden.

Neben dem Zubau des Hochregallagers, wird eine weitere Produktionshalle errichtet, die annähernd 10.000 m² Fläche für benötigte Maschinenressourcen schaffen soll. Ebenso findet im Jahr 2017 eine Übersiedelung des Zweitwerkes statt. Mit dem geplanten Umzug sollen weitere 5000 m² Fläche gewonnen werden. Diese Fläche wird sowohl für Maschinen- als auch für Lagerkapazitäten genutzt. Die dadurch gesteigerten Produktionskapazitäten der verschiedenen Bearbeitungsschritte sind aufeinander abzustimmen, damit es zu keinen unnötigen Pufferungen von Halbfertigprodukten kommt. Ein weiterer Faktor ist der Güterverkehr zwischen den beiden Standorten, da sie im Moment nicht unabhängig voneinander produzieren.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Ein Fokus dieser Arbeit liegt in der Analyse des Materialflusses innerhalb sowie zwischen den Werken. Aus diesem Grund sollen sämtliche Bewegungsdaten mittels Datenbankauswertungen erhoben werden, die als Ausgangsbasis dienen. Anhand der Absatzplanung für die nächsten Jahre sind Prognosen hinsichtlich der erwarteten Warenbewegungen durchzuführen, die Aufschluss über die benötigten Kapazitäten bringen sollen. Ebenso sollen geeignete Kennzahlen recherchiert werden, die klare Aussagen darüber treffen, ob in naher Zukunft im Bereich Produktion oder Lager reagiert werden muss.

Des Weiteren soll diese Arbeit die Chancen und Risiken aufzeigen, die durch die Errichtung eines Hochregallagers (HRL) entstehen können. Dabei darf man jedoch nicht außer Acht lassen, dass die neu geschaffene Lagerkapazität nur dann belastet werden soll, wenn eine Lagerung aus strategischen Gründen Sinn macht oder unumgänglich ist. Jede Art von Deponieren bedeutet eine Generierung von totem Kapital, das keiner Wertschöpfung wiederfährt. Durch die benötigte Schnittstelle zwischen WMS und ERP wird ebenso ein neues Buchungskonzept definiert, das die Abbildung des Work in Process (WIP) ermöglicht. Dieser wird auf Deutsch als Umlaufbestand deklariert. Daraus resultieren die Erforderlichkeit der Durchleuchtung von bestehenden Prozessen sowie die mögliche Abänderung jener. Bei der genauen Betrachtung der einzelnen Prozesse sollen ebenso mögliche Einflussfaktoren betrachtet werden, die den Waren- sowie Datenfluss bedingen. Die Umsiedelung des slowenischen Standortes und die Komplexität der Arbeitspapiere können hier vorab als Beispiel genannt werden.

2 GRUNDLAGEN DER LOGISTIK

Mit Hilfe dieses Kapitels sollen vorab die Grundlagen der Logistik eingebracht werden, mit denen man die Bedeutung der Logistik in einem Betrieb aufzeigen kann. Des Weiteren soll benötigtes Detailwissen, gewonnen durch Literaturrecherche, dokumentiert werden. Dieses dient zur Definition der einzelnen Begriffe die für den Praxisteil relevant sind.

2.1 Allgemeine Ziele der Logistik

Im Gegensatz zu anderen Bereichen in einem Unternehmen sind die Ziele in der Logistik nicht klar abgegrenzt und überschneiden sich je nach Anforderungen der angrenzenden Prozesse. Aus diesem Grund soll zuerst ein Blick auf die Interessen der abhängigen Geschäftsprozesse geworfen werden, deren Ziele einen Konflikt in der Logistik hervorbringen.

Das Bestreben des Vertriebes zum Beispiel ist es den Kunden rund um die Uhr mit der gewünschten Ware versorgen zu können. Bedingt durch eine Vielzahl von Mitbewerbern und einer daraus resultierenden aggressiven Marksituation werden oft extrem kurze Lieferzeiten ausgesprochen, um den Kunden nicht zu verärgern beziehungsweise einen lukrativen Auftrag zu verlieren. Daher ist es im Sinne des Vertriebes genügend fertige Ware in richtiger Ausführung für den Versand bereitzustellen. Der Produktionsbereich hingegen ist bestrebt, dass seine Kapazitäten voll ausgelastet werden. Dies soll am besten mit großen Losgrößen geschehen, damit nur wenige Rüstaktivitäten durchgeführt werden müssen. Dies resultiert nicht nur in erhöhten Lagerbeständen in Sachen Fertigware respektive WIP sondern auch in eine eingeschränkte Flexibilität in der Auslieferung. Obwohl an dieser Stelle nur zwei Bereiche eines Unternehmens und deren Zielverfolgung betrachtet werden, ist bereits der innere Zielkonflikt der Logistik abzusehen.[1]

Deshalb ist es sinnvoll, dass man sich klar vor Augen hält, dass die Kundenzufriedenheit an oberster Stelle anzusiedeln ist. Aus diesem Gedanken heraus, hat sich die *6-R Regel* etabliert. Sie besagt, dass

- das richtige Material,
- zum richtigen Zeitpunkt,
- in der richtigen Menge
- in der richtigen Qualität
- am richtigen Ort
- zu optimalen Kosten bereitgestellt werden muss.[2]

[1] vgl. Seeck (2010), S. 3 f.

[2] vgl. Wannenwetsch (2014), S. 68.

Wird diese Faustregel der Logistik nicht eingehalten und somit der Fokus auf die Auslastung der Produktionslinien gelegt, kommt es in den meisten Fällen zu Verschwendungen. Diese werden nach dem Lean-Gedanken in sieben Arten unterschieden und treten vorwiegend auf durch:[3]

- Überlieferung
- Wartezeiten
- Überflüssige Transporte
- Undefinierte Prozesse
- (überdimensionierte) Bestände
- Unnötige Tätigkeiten
- Fehler bezogen auf die *6-R Regel* der Logistik

Die meisten europäischen Unternehmen, setzen sich immer mehr mit dem Gedanken der schlanken Produktion auseinander und bemerken schnell, dass eine solche Verschlankung auch Auswirkungen auf die Lager- beziehungsweise Logistikstruktur mit sich bringt. Abbildung 2.1 zeigt die unterschiedlichen Ansichten in Bezug auf Lagerbestände zwischen Europa und Japan.

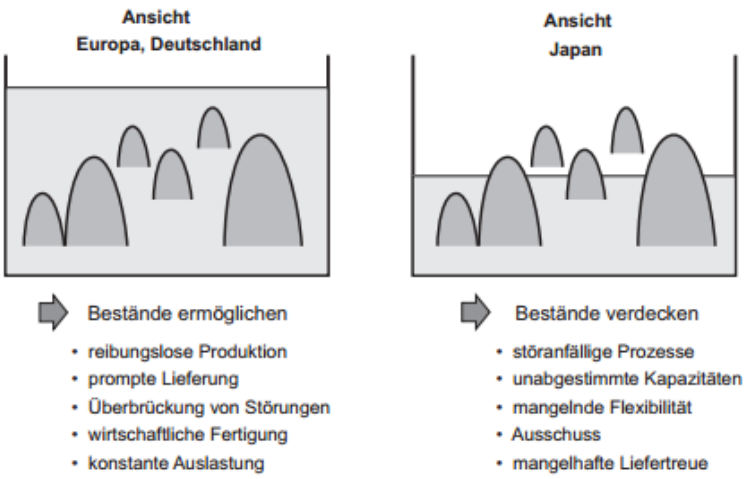


Abbildung 2.1 Vergleich der Ansichten bezüglich Lagerbestände Europa und Japan, Quelle: Wiendahl (2014), S. 254.

Im japanischen Raum ist es undenkbar, dass man sich mit hohen Sicherheitsbeständen eindeckt, da dies zu einer Verschleierung der Prozessfähigkeit führt. Ebenso wird, wie vorhin schon angesprochen, totes Kapital generiert, weil die fertige Ware beziehungsweise WIP unnötiger Weise für längere Zeit am Lager liegt. Aus diesem Grund ist es auch wichtig den Umlaufbestand niedrig zu halten. Dies gelingt durch eine gegenseitige Abstimmung der Produktionskapazitäten und Verhinderung von Engpässen im Fertigungsfluss. Eine Umstellung auf Pull-Fertigung hilft dabei diese Bestände niedrig zu halten. Wie die deutsche Übersetzung bereits verrät, handelt es sich hierbei um eine ziehende Fertigung. Dabei

[3] vgl. Günthner et al. (2013), S. 12.

informiert jeder Prozessschritt seinen direkten Lieferprozess über seinen Bedarf an Produkten und dieser fertigt auf Grund dieser Information die erforderlichen Stückzahlen.[4]

2.2 Hauptziele der Logistik

Die oberste Anforderung für jedes Unternehmen ist es langfristig Gewinn zu erzielen. Aus dieser Anforderung heraus können die Ziele der Bestrebungen der Logistik, wie in Abbildung 2.2 zu sehen konkretisiert werden.

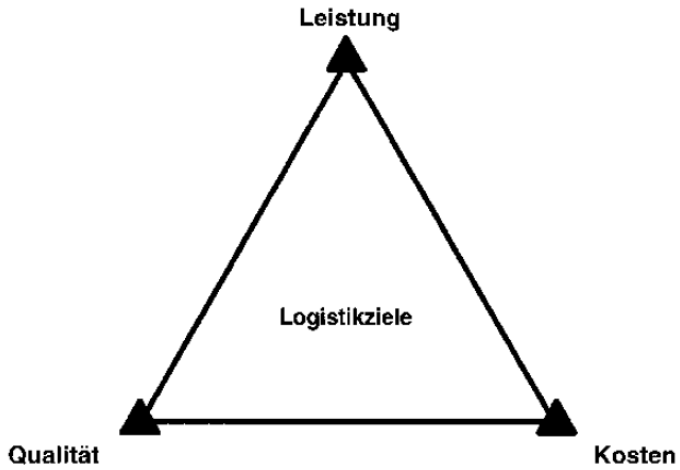


Abbildung 2.2 Hauptziele der Logistik, Quelle: Gudehus (2012), S. 70.

Um lukrative Aufträge generieren zu können muss ein Leistungsangebot gegeben und die Qualität für einen Erwerber überzeugend sein. Zusätzlich ist der Kostenfaktor einhergehend mit der Marktsituation niedrig zu halten. [5] Nachfolgend soll auf dieses Zieledreieck genauer eingegangen werden.

2.2.1 Leistungsziele der Logistik

Wenn die Bestrebungen nun also im Detail betrachtet werden, so kann man durch die Ausrichtung auf den Kunden verschiedenste Leistungskriterien für den Erfolg einer Logistikabteilung heranziehen. Diese sind ausschlaggebend für den Fortschritt einer jeden Unternehmung.

An oberster Stelle kann eine kurze Lieferzeit angesiedelt werden. Hierbei ist es wichtig dass dem Kunden ein genaues Datum, keine Zeitdauer angegeben wird und man sich dazu verpflichtet dieses Datum auch einzuhalten. Bei lagerfähigen Produkten wird hierfür die Versand- und Transportdauer herangezogen. Handelt es sich um Ware, deren Lagerung aus wirtschaftlichen Gründen keinen Sinn macht ist ein Auslieferdatum zu bestätigen, das zwar so nahe wie möglich am Kundenwunschtermin liegt, jedoch aber auch organisatorisch machbar ist. Die oberste Regel ist hierbei, dass der Kunde durch verspätete Lieferungen nicht verärgert oder gar selbst in Verzug für ein Folgeprojekt gerät. Ebenso sollen zusätzlich gewünschte Serviceleistungen erfüllt werden, damit der Abnehmer vollends zufrieden ist.[6]

---

[4] vgl. Günthner et al. (2013), S. 13.

[5] vgl Gudehus (2012), S. 70.

[6] vgl. Seeck (2010), S. 5 f.

Somit können die Leistungsanforderungen wie folgt eingeteilt werden:[7]

- Ausführung der Aufträge
- Erfüllung der Terminanforderungen
- Erbringung des Leistungsdurchsatzes
- Bewältigung des Warendurchsatzes
- Lagern der Warenbestände
- Erfüllung zusätzlicher Serviceleistungen

2.2.2 Qualitätsziele der Logistik

Als Maßstab zur Messung der Leistungsergebnisse wird die Qualität definiert. Spricht man von den Qualitätszielen, sind diese nicht nur auf das Produkt rückzuführen. Will man die Beschaffenheit eines Produktes beurteilen so spricht man von der Sendungsqualität, die nur einen Teil der Logistikqualität ausmacht. Die Logistikqualität oder auch Servicegrad genannt, wird des Weiteren durch die Leistungsbereitschaft und die Termintreue bestimmt. Der Servicegrad im Detail ist das Produkt eben dieser drei Punkte und ist somit als Wahrscheinlichkeit zu sehen, dass ein Kunde seine bestellte Ware vollständig, korrekt sowie termingerecht erhält.[8]

2.2.3 Kostenziele der Logistik

Das Einsparen der Kosten, kann als unternehmensweites Ziel angesehen werden. Die Kosten sind aus diesem Grund auch in der Logistik auf ein Minimum zu reduzieren. Dabei kann in dieser komplexen Abteilung, neben der Bestandsminderung, in vielen weiteren Bereichen eingespart werden. Im Fokus kann zum Beispiel das Senken der Systemkosten stehen. Diese entstehen durch die Planung und Gestaltung der logistischen Systeme. Ebenso kann man den Hebel im administrativen Bereich ansetzen. Durch Automatisierung der Steuerungsfunktionen in einem Enterprise Ressource Planning (ERP) beziehungsweise Manufacturing Execution System (MES). kann der Aufwand der Disposition, Produktionsplanung, sowie Fertigungssteuerung in Grenzen gehalten werden. Durch ein durchdachtes Konzept zur Lagergestaltung können Handling- und Lagerkosten (zum Beispiel das manipulieren der Ware durch Gabelstapler) gering gehalten werden. Ein weiteres Sparpotenzial liegt in der Abwicklung des Transportes zwischen zwei Standorten. Eine Betrachtung der benötigten Transporte, kann darüber Aufschluss geben ob die Vergabe an einen externen Logistikdienstleister von Vorteil ist oder ob die Abwicklung durch Eigenleistung erfolgen soll.[9]

---

[7] Gudehus (2012), S. 71.

[8] vgl. Gudehus (2012), S. 72.

[9] vgl. Seeck (2010), S. 9 f.

2.2.4 Zielkonflikte in der Logistik

Wie bereits zu Beginn des zweiten Kapitels erwähnt, stehen viele Ziele mit den Vorgaben anderer Bestrebungen im Konflikt. Tabelle 2.1 soll einerseits weitere Ziele aufzählen, andererseits zeigt sie ebenso die dadurch entstehenden Abhängigkeiten und Konflikte zu anderen Zielen.

Abteilung	Ziele	Zielkonflikt
Produktion	hohe Verfügbarkeit der Teile	hohe Kapitalbindung am Lager
Einkauf	geringe Einstandspreise, hohe Rabatte, Boni, Skonti	hohe Abnahmemengen, hohe Kapitalbindung
Qualitätssicherung	hohe Qualität	intensive Stichprobenprüfung, hohe Prüfkosten
Lager-management	hohe Teilverfügbarkeit	hohe Lagermengen und damit hohe Kapitalbindung und Lagerkosten
Distribution	schneller Transport	hohe Transportkosten
Verkauf	hohe Teilverfügbarkeit	hohe Lagerbestände bzw. hohe Kapitalbindung
Controlling	geringe Kapitalbindung und hohe Liquidität	geringe Lagerbestände und damit Gefahr von Fehlmengen bzw. Stillstand der Produktion infolge fehlender Teile
Produktion	geringe Rüstkosten	Produktion vieler homogener Teile und damit Gefahr von hohem Lagerbestand
Kunde	individuelle Produkte, Flexibilität	hohe Rüstkosten, viele Varianten, Ladenhüter
Einkauf	geringe Kapitalbindung durch Just-in-Time (JiT) Anlieferung	Gefahr von Lieferengpässen, Fehlmengenkosten
Produktion	Kostenersparnis durch Standardisierung der Teile	mangelnde Kundenflexibilität und Individualisierung der Produkte
Kommissionierung	schnelle Komissionierzeiten	hohe Investitionskosten in Lagerhaltung und Kommissionierung
Service	optimaler Kundendienst	hohe Personalkosten
Ersatzteillogistik	Schnelle Verfügbarkeit	hoher Lagerbestand
Vertrieb	umfassendes Produktsortiment	viele Lagerplätze, Lagerkosten, geringer Lagerumschlag
Logistik	hohe Informationsbereitschaft	hohe Investitionen in Hardware und Software

Tabelle 2.1 Ziele und deren Konflikte, Quelle: Wannenwetsch (2014), S. 21 (leicht modifiziert).

Wie in Tabelle 2.1 erkannt werden kann, ist es die Herausforderung der Logistik, einen für die Unternehmung optimalen Mittelweg aus den Zielen zu wählen, um auf lange Sicht hin Erfolg zu haben. Dies ist sogleich abhängig von der Marktstellung und der Anzahl der Mitbewerber, die in der Lage sind ein vergleichbares Produkt herzustellen. Was jedoch nicht bedeuten soll, dass sich ein Anbieter auf eine bis dato unerreichte Qualität ausruhen kann, da der Markt diese Lücke oftmals sehr schnell schließen kann und die Marktposition somit gefährdet wäre.

Im Anschluss an die allgemeine Beschreibung der Logistik und deren Zielsetzung, soll in den nächsten Subkapiteln auf logistikrelevante Themen eines Unternehmens eingegangen werden. Dabei orientiert sich die Gestaltung der Kapitel an Abbildung 2.3.

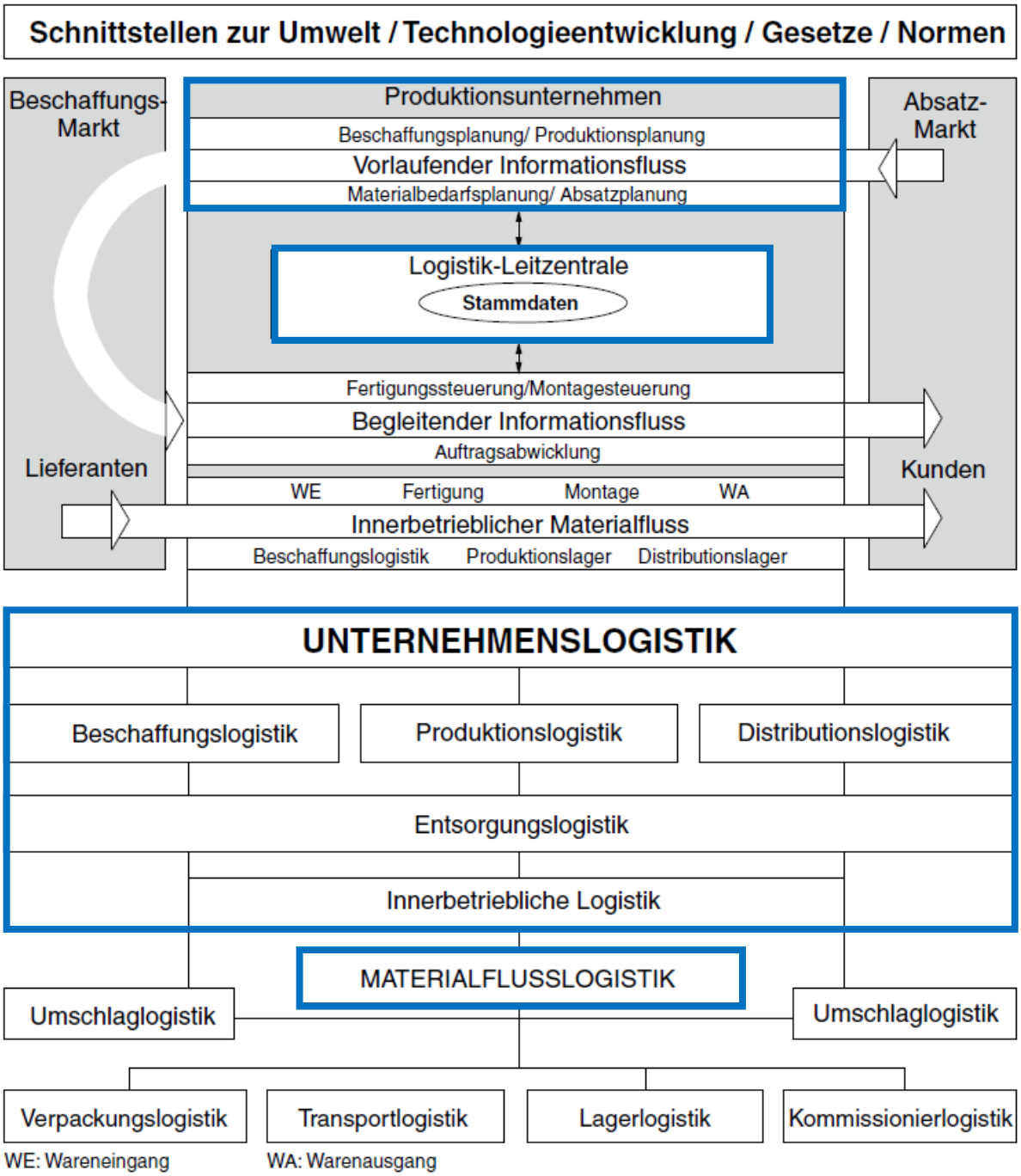


Abbildung 2.3 Innerbetriebliche Prozesse und Unternehmenslogistik gegenübergestellt, Quelle: Heinrich (2016), S. 4.

Es soll zuerst die Bedeutung der Disposition im Vordergrund stehen und welche Stammdaten für diese benötigt werden. Danach wird auf die Unternehmenslogistik und deren Kernfunktion eingegangen. Zum Abschluss dieses Kapitels steht die Materialflusslogistik im Mittelpunkt und wie diese stets bemüht ist verdeckte Kosten zu ermitteln und zu beseitigen.

2.3 Materialdisposition

Da es von extremer Bedeutung ist, dass ein Mittelweg der Logistikziele ausfindig gemacht wird, liegt einer der Schwerpunkte in der mengenmäßigen Planung der Artikel. Die Kernthemen der Materialdisposition unterteilen sich dabei in folgende drei Themen:[10]

- Bedarfe
- Bestände
- Bestellungen

Aus diesem Grund soll anschließend auf diese drei Punkte, sowie die Bedarfsermittlung eingegangen werden.

2.3.1 Materialbedarf

Für die Materialwirtschaft einer Firma ist es wichtig zu wissen, welche Aktivitäten sowie Materialien benötigt werden. Hierfür werden die Bedarfe in verschiedene Kategorien eingeteilt. Abbildung 2.4 zeigt eine Aufstellung der entstehenden Bedarfe.

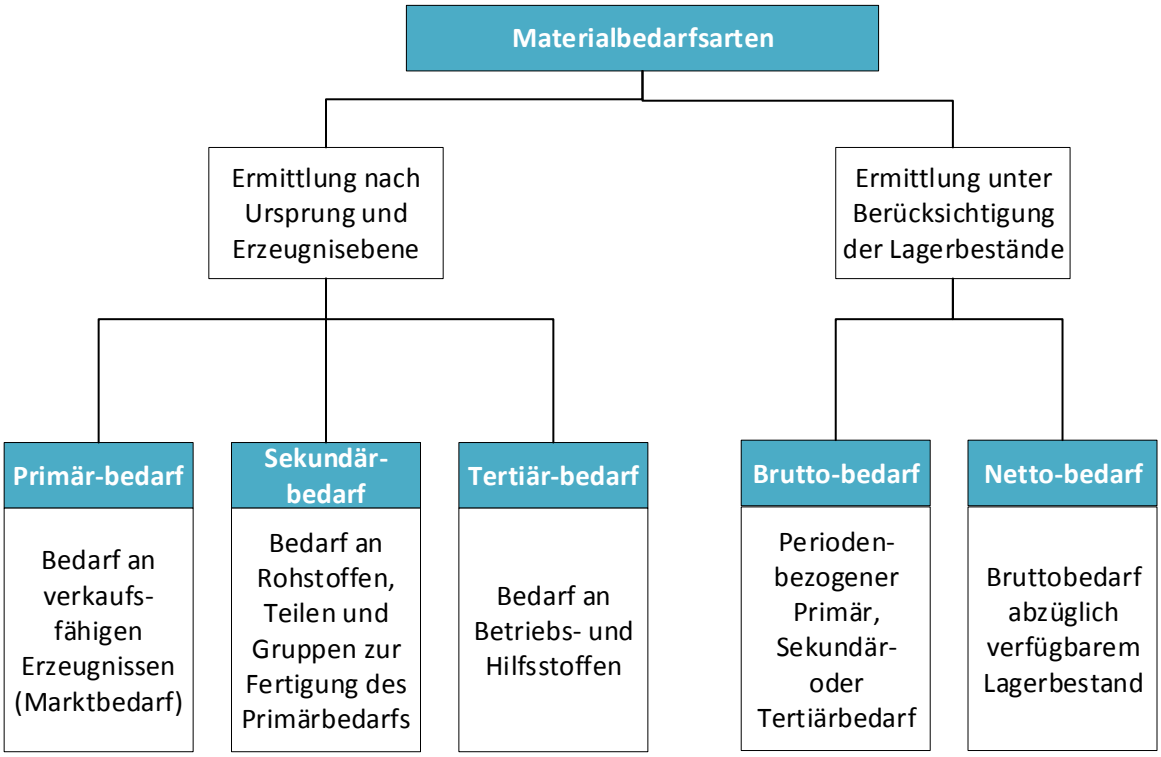


Abbildung 2.4 Materialbedarfsarten, Quelle: Wiendahl (2014), S. 254 (leicht modifiziert).

In der ersten Ebene wird darauf geachtet, ob der Bedarf durch die Erzeugung von Gütern entsteht. Geht man einen Schritt weiter können die dafür benötigten Materialien noch weiter unterteilt werden. Vom Markt abgerufene Artikel sind als Primärbedarf zu deklarieren. Als Stücklistenkomponenten die man zur Fertigung dieser Produkte benötigt, werden die dafür genutzten Baugruppen, Einzelteile und Rohstoffe

[10] vgl. Seeck (2010), S. 47 ff.

verstanden. Die Verwendung dieser erzeugt den **Sekundärbedarf**. Der Verbrauch von Hilfsstoffen wie zum Beispiel Schmiermittel generiert den **Tertiärbedarf**. Somit ist zu sehen, dass das fertige Produkt als Treiber für die Bedarfe gilt.[11]

Zusätzlich kann darin unterschieden werden, ob der Bedarf unter Berücksichtigung der vorhandenen Lagerbestände betrachtet werden soll. Bezieht man diesen ein, spricht man vom sogenannten **Nettobedarf**.

Beim **Bruttobedarf** ist man sich in der Fachliteratur nicht einig. Jacob zum Beispiel sieht diesen als Summe der Primär-, Sekundär-, oder Tertiärbedarfe mit dem Zusatzbedarf.[12] Im Gegensatz zu Wannenwetsch, der lediglich den Sekundärbedarf, addiert mit dem Zusatzbedarf, als Bruttobedarf definiert.[13] An dieser Stelle soll genannt werden, dass sich die nachfolgenden Kapitel an die Definition von Jacobs orientieren werden.

Die Ermittlung des Materialbedarfs kann, wie in Abbildung 2.5 ersichtlich, auf drei verschiedene Arten durchgeführt werden.

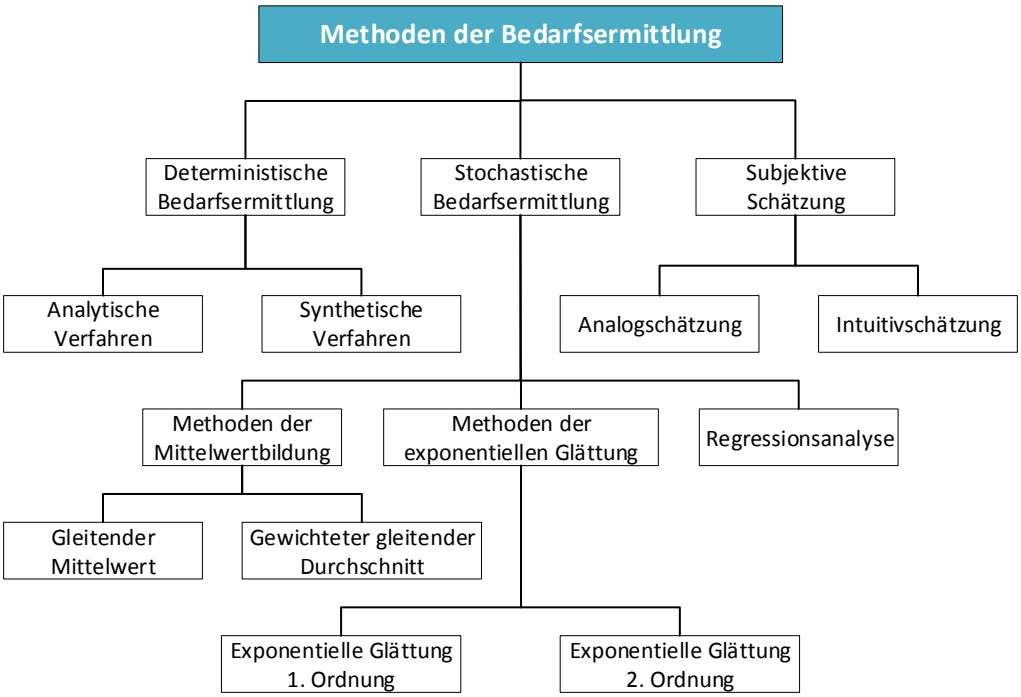


Abbildung 2.5 Methoden der Bedarfsermittlung, Quelle: Pfohl (2010), S. 93 (leicht modifiziert).

Dabei lehnt sich die **deterministische Bedarfsermittlung** an die eingeplanten Produktionsaufträge an. Der Primärbedarf löst einen Produktionsauftrag aus, dem eine Stückliste oder ein Verwendungsnachweis hinterlegt ist. Die darin enthaltenen Unterteile besitzen teilweise eine eigene Stückliste. Dies wiederholt sich bis zum Rohmaterial. Findet eine Stücklistenauflösung beziehungsweise der Bedarf der Materialien über diese Methode statt, dann spricht man von einer deterministischen Auflösung. Hierbei ist der Einsatz

[11] vgl. Jacob (2013), S. 75.

[12] vgl. Jacob (2013), S. 75.

[13] vgl. Wannenwetsch (2014), S. 66.

von IT-Lösungen gefordert, da eine große Datenverarbeitung stattfindet. Im Gegensatz dazu bezieht sich die **stochastische Bedarfsermittlung** auf Vergangenheitswerte. Die erfassten Daten aus der Vergangenheit werden analysiert und mittels Prognosestrategien für die kommende Periode hochgerechnet. In den einzelnen Strategien werden saisonale Schwankungen, sowie eine erwartete Marktveränderung berücksichtigt. Falls die dafür benötigten Daten nicht vorhanden sind, besteht eine dritte Variante, bei der ein zukünftiger Bedarf geschätzt wird. Es kann dabei zwischen intuitiver und analoger Schätzung unterschieden werden. Bei der **intuitiven Schätzung** ist die persönliche Meinung einzelner Personen beziehungsweise einer verantwortlichen Gruppe ausschlaggebend. Werden relevante Aspekte eingebunden, so spricht man von der **analogen Schätzung**.[14]

2.3.2 Materialbestand

Um den benötigten Bedarf decken zu können muss ein dementsprechender Materialbestand sichergestellt sein, um den Markt beziehungsweise die eigene Produktion mit Gütern zu versorgen. Dies geschieht ebenso nach der bereits erwähnten *6-R Regel*.[15]

In der Praxis wird jedoch nicht nur der Gesamtbestand eines Materials betrachtet. Dieser wird in einzelne Bestandteile unterteilt die als Schwellenwert für verschiedene Aktionen in der Planung oder Beschaffung dienen sollen. Der wohl geläufigste Anteil ist der **Sicherheitsbestand**. Dieser ist als eine Art eiserne Reserve zu sehen, die im Normalfall nicht in Anspruch genommen und nur in Ausnahmefällen für die Fertigung von Gütern herangezogen wird. Ein Szenario ist zum Beispiel eine Unterversorgung von benötigten Materialien durch einen Lieferanten. Ein solcher Verlauf kann Abbildung 2.6 entnommen werden.[16]

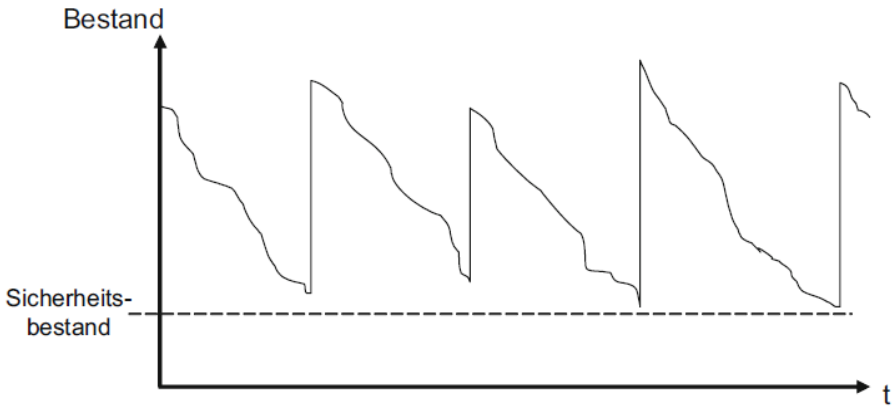


Abbildung 2.6 Bestandsverlauf ohne Belastung des Sicherheitsbestandes, Quelle: Seeck (2010), S. 73.

Damit dieser Bestellpunkt nicht unterschritten wird, muss zuvor ein Bestellpunkt, oder auch **Meldebestand** genannt, definiert werden. Beim Unterschreiten dessen muss eine Bestellung zur Auffüllung des Materialbestandes ausgelöst werden. Um diesen Wert zu ermitteln werden Vergangenheitswerte sowie Prognosen in Sachen Wiederbeschaffungszeit und Verbrauch

[14] vgl. Pfohl (2010), S. 93 f.

[15] vgl. Wannenwetsch (2014), S. 68.

[16] vgl. Seeck (2010), S. 73.

herangezogen. Jedoch soll der **Maximalbestand** bei der Auffüllung des Bestandes nicht überschritten werden.[17] (Abbildung 2.7)

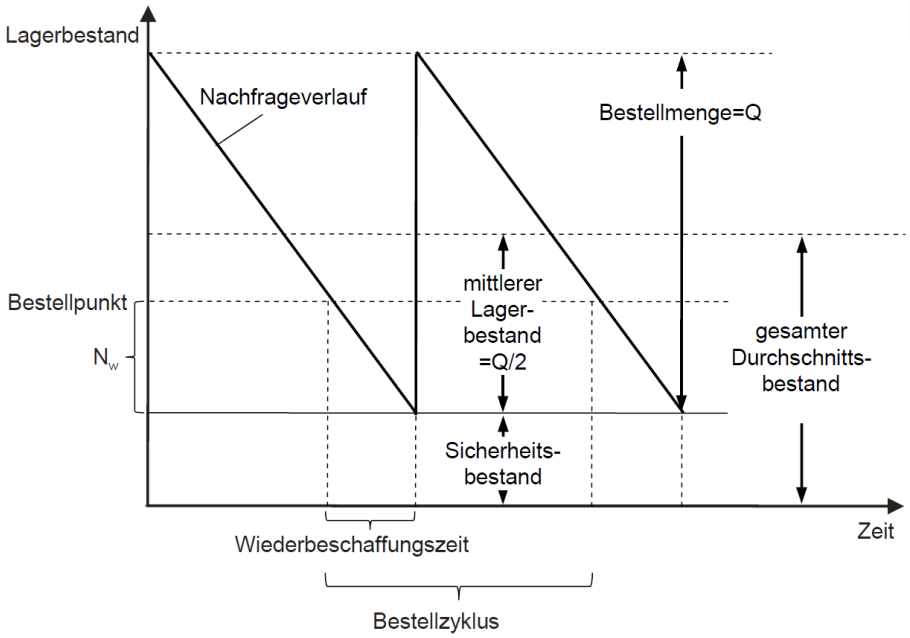


Abbildung 2.7 Bestandteile des Lagerbestandes, Quelle: Pfohl (2010), S. 91.

Als Wiederbeschaffungszeit ist jener Zeitraum zu verstehen der von der Bestellauslösung bis zur Verfügbarkeit des benötigten Materials vergeht. Damit sind sowohl die interne als auch die externe Lieferbereitstellungszeit zu betrachten.

2.3.3 Materialbestellung

Oftmals wird der Bedarf mit der Bestellung gleichgesetzt. Wie jedoch zuvor erläutert, muss zuerst begutachtet werden in welchem Zeitraum der Bedarf benötigt wird. Dabei kann es vorkommen, dass die Bestellungen erst nach einem bestimmten Zeitraum ausgelöst werden. Ebenso kann es sein, dass durch Spekulation ein größerer Vorrat, bedingt durch einen aktuell günstigen Preis, auf das Lager gelegt wird. In gleicher Weise muss man den aktuell verfügbaren Bestand betrachten, bevor man eine Bestellung generiert.[18]

Eine ABC-Analyse dient zur Klassifizierung der einzelnen Produkte. Diese unterteilt die Güter in deren Wichtigkeit zur Generierung des Umsatzes. A-Güter machen zwar nur 15 % der Gesamtmaterialien aus, jedoch generieren diese 75 % des Umsatzes. 30 % B-Güter stellen einen Umsatz von 20 % dar. Den mengenmäßig größten Anteil besitzen die C-Güter mit 55 % bei einem Umsatzanteil von 5 %. Bei dem ein oder anderen stellt sich nun vielleicht die Frage, warum diese anscheinend minderwertigen Güter dennoch produziert werden. Diese dienen zur Auslastung der Produktionskapazitäten. Werden die Kapazitäten voll ausgeschöpft, sinken die Gemeinkosten des Produktes. Somit tragen auch diese Produkte zum Gesamterfolg bei. Eine zusätzliche Einteilung kann durch die Kategorisierung mittels XYZ-

[17] vgl. Wannenwetsch (2014), S. 70.

[18] vgl. Seeck (2010), S. 81 ff.

Analyse erfolgen. Bei dieser erweiterten Betrachtung steht nicht die mengenmäßige Verteilung im Vordergrund. Vielmehr steht hier die Kontinuität des Verbrauchs im Fokus. X-Teile weisen einen konstanten Bedarf auf. Y-Teile hingegen haben einen schwankenden Bedarf. Z-Teile können in einer Festgelegten Periode um bis zu 100 % vom Jahresdurchschnitt abweichen.[19] Somit ergibt sich die Kombinationsmöglichkeit wie in Tabelle 2.2 erkannt werden kann.

	A	B	C
X	➢ Hoher Wertanteil ➢ Konstanter Bedarf	➢ Mittlerer Wertanteil ➢ Konstanter Bedarf	➢ Geringer Wertanteil ➢ Konstanter Bedarf
Y	➢ Hoher Wertanteil ➢ Schwankender Bedarf	➢ Mittlerer Wertanteil ➢ Schwankender Bedarf	➢ Geringer Wertanteil ➢ Schwankender Bedarf
Z	➢ Hoher Wertanteil ➢ Unregelmäßiger Bedarf	➢ Mittlerer Wertanteil ➢ Unregelmäßiger Bedarf	➢ Geringer Wertanteil ➢ Unregelmäßiger Bedarf

Tabelle 2.2 ABC- / XYZ-Analyse, Quelle: Seeck (2010), S. 88 (leicht modifiziert).

Diese genauere Aufgliederung der Produktsparten, kann schon eher für die Entscheidung über das Ausscheiden von Artikeln herangezogen werden. Hierbei sollte man den Hebel bei den CZ-Artikeln ansetzen. Diese weisen einen unregelmäßigen Bedarf auf und sind somit meist der Grund für Lagerhüter. AX-Artikel hingegen sind für den Unternehmenserfolg bedeutsam.

2.4 Logistikstammdaten

Um die zuvor behandelte Disposition durchführen zu können, ist ein großer Aufwand hinsichtlich der Logistikstammdaten zu betreiben. Die Wartung dieser Stammdaten erfordert ebenso große Genauigkeit sowie dementsprechenden Zeitaufwand. Diese können je nach verwendetem System zum Beispiel als Stammdaten in einem ERP abgebildet werden. Sind diese Informationen erfasst, werden diese zur Kalkulation der erbrachten Leistung sowie zur Ermittlung der Kosten für die Beschaffungs-, Produktions- und Distributionslogistik benötigt. Dabei teilt man die Daten in folgende Hauptverzeichnisse ein:[20]

- Auftrags- und Artikellogistikdaten
- Standortlogistikdaten
- Logistikeinheitenverzeichnisse
- Leistungskostensätze

Auftragslogistikdaten umfassen jene Informationen, die man zur Abarbeitung eines Lieferauftrages benötigt. Von Relevanz sind dabei die Lieferadresse, die Artikelnummer des benötigten Teils, sowie die benötigte Liefermenge und der definierte Abholtermin. Die **Artikellogistikdaten** hingegen geben

[19] vgl. Seeck (2010), S. 84 ff.

[20] vgl. Gudehus (2012), S.441 f.

Auskunft über die Eigenschaften, die Verpackungsart, die Verfügbarkeit, sowie Informationen über die Herstellungskosten und dem Verkaufspreis des gelieferten beziehungsweise bestellten Artikels. Spricht man von **Standortlogistikdaten** so spricht man von Informationen, die Auswirkungen auf die Leistungserfüllung haben. Zusätzlich können diese Informationen in drei unterschiedliche Untergruppen unterteilt werden. Betrachtet man die Wareneingangsseite so spricht man von **Lieferantenlogistikdaten** im Gegensatz zu den **Logistikdaten der Verkaufsstellen** im Warenausgang. Zwischen diesen zwei Bereichen befinden sich die Betriebslogistikdaten. Im Grunde unterscheiden sich die Kernthemen der einzelnen Bereiche nicht, jedoch ist es empfehlenswert für die verschiedenen Funktionen eigene Stammdatensätze anzulegen. Dadurch wird eine notwendige Unterscheidung gewährleistet. **Logistikeinheitenverzeichnisse** reichen im Gegensatz zur häufig verbreiteten Annahme über die Verpackungsvorschriften hinaus. Daten über Form, Gewicht und Abmaß eines Pakets sind zwar ein Teil dieser Verzeichnisse, darüber hinaus findet hier auch eine Zuordnung zu den Einsatzorten und zur Kodierung der verschiedenen Einheiten statt. Um den gefertigten und transportierten Artikeln die richtigen Kosten zuweisen zu können, ist auch eine Stammdatenpflege hinsichtlich der **Leistungskostensätze** durchzuführen. Diese Kosten scheinen auf den ersten Blick unwichtig, da diese nur einen minimalen Anteil der Gesamtkosten einnehmen und gehen aus diesem Grund meist verloren. Allerdings sind diese in der Masse nicht zu unterschätzen und auf die Herstellungskosten der einzelnen Artikel aufzuschlagen, um eine lückenlose Kostenrechnung gewährleisten zu können.[21]

Im Idealfall, bietet das eingesetzte ERP in einem Unternehmen nicht nur die Möglichkeit, diese Stammdaten zu pflegen, sondern verpflichten die administrativen Abteilungen dies durchzuführen. Eine Disposition kann nur so gut verplanen, wie es die Stammdaten eines Unternehmens zulassen. Sie tragen einen unersetzlichen Anteil zur Einsicht in die Abläufe der Produktion bei.

2.5 Unternehmenslogistik

Damit die Materialien den richtigen Weg vom Lieferanten durch das produzierende Werk bis zum Kunden finden, muss auf das Thema Unternehmenslogistik eingegangen werden. Die Aufgabe besteht darin, dass nicht nur der Material-, sondern auch der Datenfluss richtig geplant wird. Dabei werden die Kerngebiete aufgeteilt in[22]:

- Beschaffungslogistik
- Produktionslogistik
- Distributionslogistik
- Entsorgungslogistik

Wie der Name schon besagt handelt es sich bei der **Beschaffungslogistik** um die Versorgung des Unternehmens mit den benötigten Materialien. Um eine klare Abgrenzung zwischen der Versorgung an

[21] vgl. Gudehus (2012), S. 442 ff.

[22] vgl. Heinrich (2016), S. 3f.

sich und der Beschaffungslogistik herstellen zu können, werden diese zwei Themen wie folgt unterschieden:

Die Versorgung respektive der Einkauf sind dafür zuständig, dass alle Aktivitäten durchgeführt werden, damit die Lieferkapazitäten aktuell und in Zukunft gewährleistet sind. Die Beschaffungslogistik verwendet die bestehenden Lieferkapazitäten, um einen Material- und Informationsfluss innerhalb eines Unternehmens zu generieren.[23] Einhergehend damit entstehen Abhängigkeiten zu den Lieferanten des Unternehmens. Somit spielt es eine immer größer werdende Rolle langfristige Bindungen zu einem Teilelieferanten aufzubauen und gemeinsame Strategien für eine geeignete Teileversorgung, wie zum Beispiel **Just in Time (JiT)** oder **Just in Sequence (JiS)** auszuarbeiten. Ebenso von Bedeutung ist hierfür die Produktvielfalt eines Unternehmens. Eine große Anzahl unterschiedlicher Produkte in einem Unternehmen bedeuten ein ebenso breites Spektrum an zu beschaffender Ware. Abbildung 2.9 zeigt die Auswirkungen eines erweiterten Produktportfolios auf die Lagerbestände.

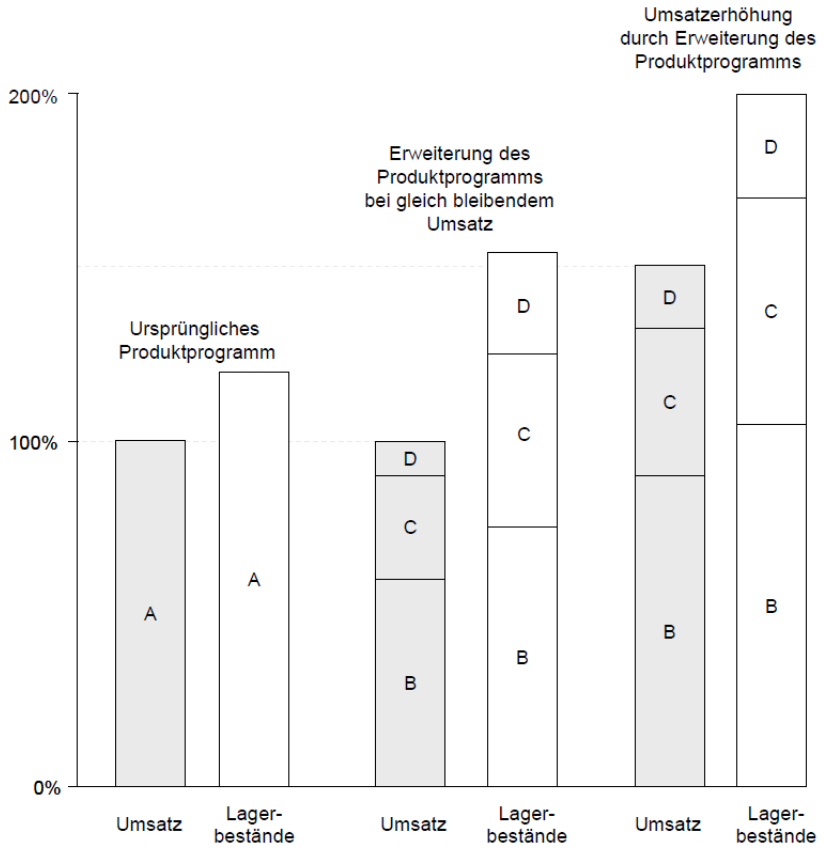


Abbildung 2.8 Wirkung eines erweiterten Produktprogrammes auf die Lagerbestände, Quelle: Pfohl (2010), S. 204.

Die zuvor gelieferten Materialien, werden in der **Produktionslogistik** auf die einzelnen Fertigungsressourcen nach der 6-R Regel verteilt. Dabei spielt die Raumplanung eine wichtige Rolle damit nicht zu viele Leerfahrten mit den zur Verfügung stehenden Transportmitteln durchgeführt werden müssen. Aus diesem Grund ist es sinnvoll eine **Materialflussmatrix** oder ein **Spaghetti-Diagramm** zu erstellen, um die Intensitäten der Transporte feststellen zu können. Das Ergebnis kann in einer Empfehlung zur Neuanordnung einzelner Ressourcen münden. Dies ist natürlich je nach Technologie mit

[23] vgl. Pfohl (2010), S. 170 f.

einem dementsprechenden Aufwand verbunden.[24] Deshalb sollen solche Überlegungen vor der Maschinenneuanordnung durchgeführt werden, solange eine *grüne Wiese* noch Realität ist. Zu diesem Zeitpunkt muss man sich auch gleich Gedanken über die Lagerhaltung machen. Grundlegend soll wie eingangs erwähnt nur so viel Fläche zur Lagerung verwendet werden, wie unbedingt benötigt. Dabei unterscheidet man die jeweilige Lagerfunktion, je nach Bedarf. (Abbildung 2.10)

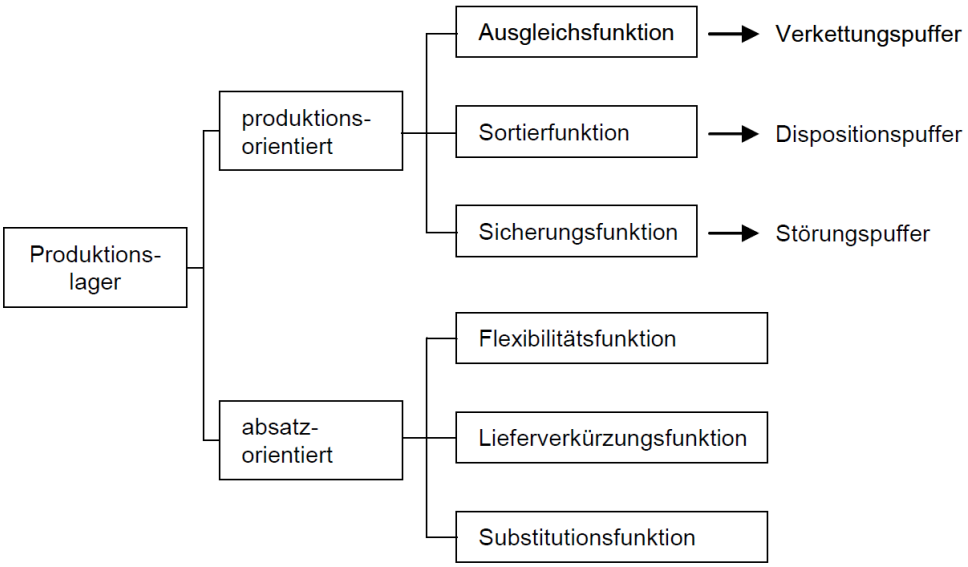


Abbildung 2.9 Funktionen von Produktionslagern, Quelle: Pfohl (2010), S. 193.

Nachfolgend versteht sich die **Distributionslogistik** als marktorientiertes Logistiksystem. Sie ist dafür zuständig, dass sie die notwendigen Güterflüsse zur Verfügung stellt, damit ein Kunde seine bestellte Ware erhält. Hierbei kann je nach Vertrag entweder nach dem Bring- oder Holprinzip gearbeitet werden. Beim Bringprinzip liegt es in der Verantwortung des Lieferanten, dass die Ware sein Ziel erreicht. Beim Holprinzip hingegen ist der Kunde für die Abholung selbst zuständig, was eine Kontrolle vor Ort am Fertigungsstandort zulässt.[25]

Durch einen gesteigerten Bedarf sind viele Unternehmen mit einem Rohstoffmangel konfrontiert. Aus diesem Grund und wegen einer gesteigerten Naturverbundenheit, gewinnt die **Entsorgungslogistik** immer mehr an Bedeutung. Ein weiterer Aspekt der die Entsorgung von Rückständen in den Vordergrund stellt, sind immer strenger werdende Rechtsverordnungen zum Umweltschutz, die eine lückenlose Dokumentation zum Fluss gefährlicher Abfälle fordert.[26] Dadurch entstehen zusätzliche Kosten, für die Entsorgung der Materialien. Deshalb werden oft modernere Technologien genutzt um Abfälle zu vermeiden. Falls diese jedoch unvermeidbar sind werden diese sofern möglich für einen weiteren Prozess als Hilfsmaterial verwendet. Für fehlerhafte Teile kommen oft Demontageanlagen zum Einsatz, um unbeschädigte Teile wiederverwenden zu können. Der Verkauf einzelner Rohstoffe kann ebenso zur Minderung der Entsorgungskosten beitragen und wird im Bereich der metallverarbeitenden Industrien

[24] vgl. Seeck (2010), S. 123 ff.

[25] vgl. Pfohl (2010), S. 219 ff.

[26] vgl. Pfohl (2010), S. 219 ff.

angewendet. Im Bereich der Ladungsträger sind Behälter zur geeigneten Mehrfachnutzung im Unternehmen zu bevorzugen.

Die **innerbetriebliche Logistik oder auch Intralogistik** verläuft parallel zur Distribution eines Produktionsunternehmens und ist ebenso in dieser anzusiedeln. Sie ist als Teil der Unternehmenslogistik zu sehen und ausschlaggebend für die Materialflusslogistik. Hierbei werden sämtliche Aufgaben erledigt, die durch die Unternehmenslogistik in einem Unternehmen anfallen. Dabei liegen die Schwerpunkte, die auch als Materialflussfunktionen bezeichnet werden, beim Umschlagen, Lagern, Transportieren, Kommissionieren sowie beim Verpacken. Es ist hervorzuheben, dass das Handling des Werkstückes während der Bearbeitung kein Bestandteil der Intralogistik ist, im Gegensatz zu den vorbereitenden und nachfolgenden Tätigkeiten wie zum Beispiel die Planung.[27]

2.6 Materialflusslogistik

Die Materialflusslogistik befasst sich mit sämtlichen Objektflüssen innerhalb der Intralogistik. Somit werden alle Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie Halbfabrikate, Fertigprodukte, Werkzeuge und auch entstandene Abfälle innerhalb des Unternehmens gelenkt. Im Fokus steht der Materialaustausch zwischen den einzelnen Abteilungen um ein Produkt fertigen zu können. Dabei startet diese beim Wareneingang der Rohmaterialien und stellt die Materialien für die einzelnen Fertigungsabteilungen bereit. Nach der Herstellung der Teile ist sie für die Zuteilung am Lager zuständig und endet mit dem Warenausgang an der Verladerampe. Ebenso kann die bei der Distributionslogistik bereits kennengelernte Unterscheidung in Bring- und Holprinzip durchgeführt werden. Beim Bringprinzip wird das Material vom Lager bedarfsgesteuert in die Abteilung gebracht. Dabei können Kanban-Karten zum Einsatz kommen, damit immer nur eine Palette transportiert und bereitgestellt wird. Dies führt einerseits zu mehr Platz in der Produktion und einem verringerten Umlaufbestand, andererseits zu einem erhöhten Transportaufwand. Daher ist es wichtig ein für das Unternehmen geeignetes Mittelmaß zu finden und dies einzusetzen. Daraus ist zu erkennen, dass das Materialflusssystem in das Produktionssystem einzubinden ist.[28] (Abbildung 2.11)

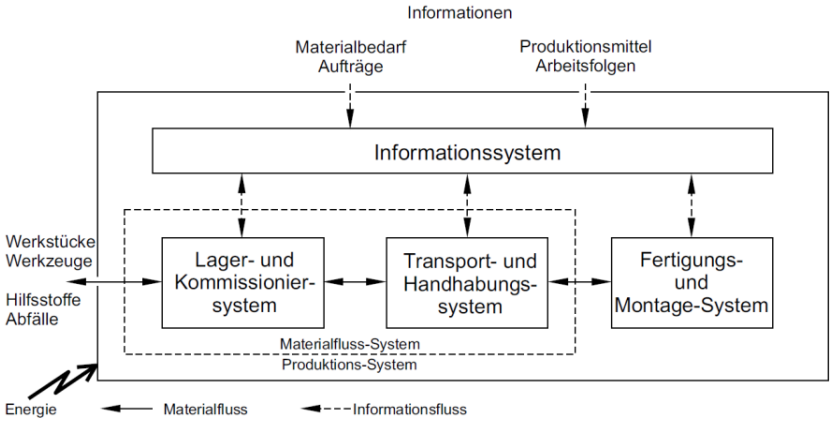


Abbildung 2.10 Abgleich Materialfluss- und Produktionssystem, Quelle: Heinrich (2016), S. 24.

[27] vgl. Heinrich (2016), S. 8.

[28] vgl. Heinrich (2016), S. 22 f.

Für detailliertere Informationen werden die Materialbewegungen in drei Komponenten unterteilt. Die **technische und räumliche** Komponente beschreibt die Lager-, Kommissionier-, Umschlag- und Transportmittel. Durch eine **quantitative** Komponente wird der Volumen-, Massen- sowie Stückstrom in Zahlen ausgedrückt. Dadurch können Anforderungen hinsichtlich der Anzahl von Fördermittel oder Lagerkapazitäten gestellt werden. Zuletzt wird die **zeitliche und organisatorische** Komponente erfasst.[29]

Anhand von Abbildung 2.12 erkennt man die unterschiedlichen Zeiten innerhalb eines Fertigungsauftrages. In der Abbildung wird Arbeitsgang 3 (AG3) genauer betrachtet. Es ist zu erkennen dass sich die Durchlaufzeit eines Arbeitsganges in die Übergangszeit und die Durchführungszeit des Arbeitsganges auftrennt.

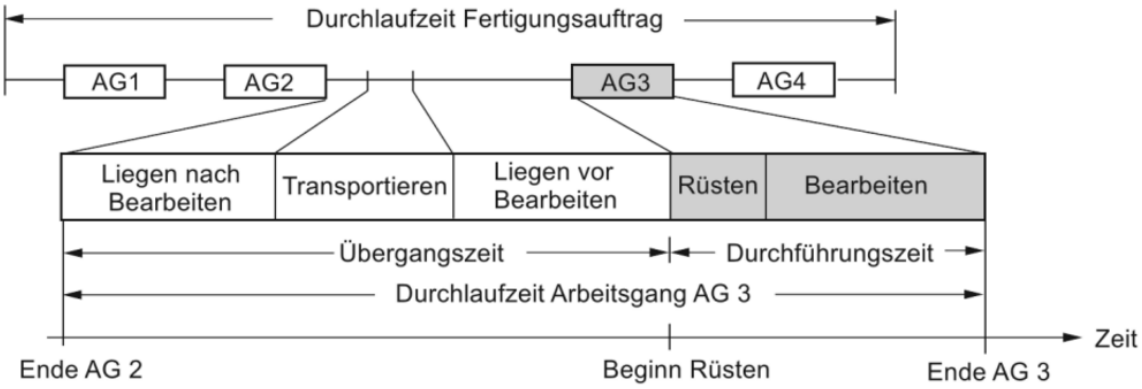


Abbildung 2.11 Durchlaufzeit eines Arbeitsganges, Quelle: Wiendahl (2014), S. 260.

Für die Betrachtung der zeitlichen und organisatorischen Komponente des Materialflusses ist vor allem die Übergangszeit von großer Bedeutung. Diese geht in der Kostenrechnung oftmals unter, weil man sich auf die Durchführungszeiten fixiert. In Wahrheit kann der Materialfluss je nach Branche einen Anteil von 50 % an den Gesamtkosten tragen. Bei genauer Betrachtungsweise können diese Kosten unterteilt werden in:[30]

- Personalkosten für Logistiker
- Betriebsmittelkosten für Fördermittel und Läger
- Raum- und Wegekosten
- Kapitalbindungskosten

Die prozessbedingte Liegezeit, die in der Abbildung als *Liegen nach Bearbeiten* definiert wird, bedeutet oftmals einen Lageraufwand des Halbfabrikates. Ein Senken der Kosten könnte durch die Modernisierung von Technologien, die schonendere Verfahren anwenden, herbeigeführt werden. Das *Liegen vor dem Bearbeiten* ist als Wartezeit für das Material zu betrachten. Diese entsteht, wenn eine nachfolgende Ressource noch nicht bereit zur Verarbeitung ist. Oftmals sind hier die Einsparungen auch

[29] vgl. Heinrich (2016), S. 25 ff.

[30] vgl. Heinrich (2016), S. 30.

ohne großen Investitionsaufwand möglich, indem man die Prozesse im Unternehmen genau durchleuchtet und die Stammdaten und Systeme an diese anpasst. Falsche Losgrößen zum Beispiel führen zu Verstopfungen bei Engpässen. Manchmal werden diese Produkte gar nicht zur Belieferung des Kunden benötigt. Allerdings werden sie wegen der Verringerung von Rüstaktivitäten dennoch ausgeschrieben. Dies bedeutet ein Sparen in der Fertigung auf Kosten der Kunden und entspricht nicht dem kundenorientierten Ansatz, dem ein Unternehmen heutzutage folgen sollte um längerfristig Erfolg zu haben.

Die ebenso angeführte Transportzeit ist jener zeitliche Aufwand der benötigt wird um ein Material von einem Arbeitsplatz zum nächsten zu bringen. Eine gut durchdachte Layout Planung und eine Umstrukturierung der Maschinenanordnung birgt ein großes Verbesserungspotential an dieser Stelle.

2.6.1 Materialflussanalyse

Nicht nur falsche Stammdaten und dadurch resultierende Engpässe sondern auch eine Neustrukturierung der Lagereinrichtungen und erhöhte Produktionsmengen sind meist Auslöser für eine Materialanalyse. Diese hat zum Ziel Schwachstellen aufzudecken und genaue Daten zur Beurteilung und Planung des Materialflusses zu liefern, um dessen Kosten niedrig zu halten beziehungsweise zu senken. Unter anderem sollen folgende Kenntnisse gewonnen werden[31]:

- Daten des Produktsortiments
- Daten des Lagergutes
  - Transporteinheiten, Lagereinheiten
  - Transportfrequenz
- Daten der Transport und Lagerhilfsmittel
- Informationsdaten
- Daten der Transportmittel und Lagerarten
  - Kapazitäten, Leistungen, Durchsatz, Auslastung, Verfügbarkeit
  - Flächen- und Raumgrößen, Höhen
  - Geschwindigkeiten, Wege
  - Lagergrößen, -kapazität, -umschlag, -organisation, -steuerung
- Daten der Betriebswirtschaft
  - Betriebskosten (Personalkosten, Instandhaltung)
  - Materialflusskosten, Lagerhaltungskosten
- Daten der Gebäude und Hallen, des Grundstückes

[31] vgl. Heinrich (2016), S. 30.

Zum Erfassen der Ist-Daten des Materialflusses eignen sich verschiedene Methoden, wobei hierfür sowohl Kurzzeit- als auch Daueraufnahmen in Frage kommen. Unter anderem können Multimomentaufnahmen, Balkendiagramme sowie Erhebungsbögen eingesetzt werden. Diese kann man vor Ort oder auch mittels Informationstechnologiesystemen im administrativen Bereich anwenden. Bei jeder dieser Methoden müssen Grund, Art, Weg, Transportmittel, und Transportdauer im Vordergrund der Untersuchung stehen.[32]

2.6.2 Materialflussplanung

Die gewonnenen Daten werden mittels ABC-Analyse gewichtet und in einem Materialflussablaufplan grafisch dargestellt. Eine weitere Methode zur Darstellung des Materialflusses ist das Wertstromdesign, das jedoch nicht nur die Güterbewegung sondern auch den Informationsfluss visualisiert. Danach werden die zukünftigen Ziele als Soll-Planungsdaten definiert. Dabei ist es wichtig, dass die Materialflussplanung als Aufgabe jeder Abteilung zu sehen ist. Dies soll mit folgendem Beispiel veranschaulicht werden.

Ein Produktsortiment wird durchleuchtet. Dies kann dazu führen, dass einerseits gewinnbringende Produktgruppen, die sogenannten Cash-Cows gefördert werden. Ganz im Gegensatz zu Produkten mit geringem Gewinnbeitrag, die zusätzlich auch noch selten abgerufen werden. Dabei handelt es sich um die sogenannten Poor-Dogs. Deren Produktlebenszyklus sollte scheinbar vorzeitig beendet werden, da diese nur Produktions- und Lagerkapazitäten binden. Allerdings muss man sich die Frage stellen, warum man diese Produkte dennoch im Programm behalten hat. Vielleicht liegt es darin, dass die Bereitstellung eines CZ-Artikels einen Folgeauftrag generiert und deswegen berechtigterweise produziert wird.

Da eine Neugestaltung des Materialflusses massive Auswirkungen auf das gesamte Unternehmen hat, ist es wichtig, dass ein solches Projekt als ganzheitliches zu sehen ist und weitere Aspekte wie der Informations-, Personen- und Energiefluss mit einbezogen werden. Beim Informationsfluss müssen Kommunikationsmöglichkeiten gegeben sein, damit Daten in mündlicher sowie schriftlicher Form ausgetauscht werden können. Der Personenfluss ist ab einer bestimmten Unternehmensgröße nicht außer Acht zu lassen. Es handelt sich hierbei um die Wege der Mitarbeiter und Firmengäste, die vom Werkseingang bis zum gewünschten Ziel zurückgelegt werden. Der durchgängige Fluss benötigter Energiearten, wie zum Beispiel Elektrizität und Wasser müssen bei der Neugestaltung des Materialflusses einbezogen werden, da dieser einen enormen Kostenanteil ausmachen kann.[33]

Ebenso ist es wichtig, dass man sich stets in Erinnerung ruft, dass es sich bei der Materialflussanalyse um eine Momentaufnahme der aktuellen Situation handelt. Das Bild kann sich nach verschiedenen Ereignissen, wie zum Beispiel einem hohen Auftragseingang, schnell ändern. Sollte es zu gravierende Veränderungen kommen, so ist es sinnvoll die Materialflussanalyse erneut durchzuführen, damit ein langfristiger Erfolg der Materialflusslogistik bestehen bleibt.

[32] vgl. Heinrich (2016), S. 31 ff.

[33] vgl. Heinrich (2016), S. 29 ff.

3 GRUNDLAGEN DER LAGERSYSTEME

Eine der Kernaufgaben der Logistik ist die Lagerung von Artikeln. Wie man im Abschnitt Materialflussanalyse erkennen kann, spielt die Positionierung und Dimensionierung eine wesentliche Rolle. In diesem Subkapitel sollen nun mögliche Lagerarten festgehalten werden, die im Unternehmen zum Einsatz kommen könnten. Zusätzlich wird auf gängige Lagerstrategien eingegangen.

3.1 Lagertypen

Wenn man auf die Vielfalt der möglichen Lagertypen eingeht und man sich danach für einen solchen entscheiden will, muss man zuerst wissen welche Lagerplatzkapazität realisierbar ist. Dabei wird jedes Lager in seine Lagerplätze unterteilt, welches wiederrum die Stellplätze als nächstkleinere Einheit definiert. Bei der Dimensionierung, wird die Länge eines Lagerplatzes mittels x-Koordinate, die Höhe des Lagers mittels y-Koordinate und die Tiefe mit Hilfe der z-Koordinate, beschrieben. Somit spricht man bei der Stapellänge [C_x] von der maximalen Anzahl der nebeneinander stehenden Lagereinheiten. Die Stapelhöhe [C_y] beschreibt die maximal übereinander gestellten Einheiten. Die Stapeltiefe [C_z] definiert die Maximalzahl der hintereinander stehenden Lagereinheiten auf einem Lagerplatz. Das Produkt dieser drei Variablen ergibt die Lagerplatzkapazität [C_{LP}].

Eine erste grobe Einteilung der Lagertypen wird mittels Unterscheidung in Regal- und Bodenlagerung durchgeführt. Dabei erfolgt eine weitere Gliederung der **Bodenlagerung** in Block- bzw. Zellenlagerung. Bei beiden Arten der Bodenlagerung werden die Güter direkt auf dem Boden übereinander gestellt. Der Unterschied liegt generell in der Zugänglichkeit und dem benötigten Platzbedarf zum Rangieren der Transportmittel. Wie man an Abbildung 3.1 erkennen kann liegt der Vorteil der Blocklagerung in der kompakten und somit platzsparenden Methode die Güter unterzubringen.

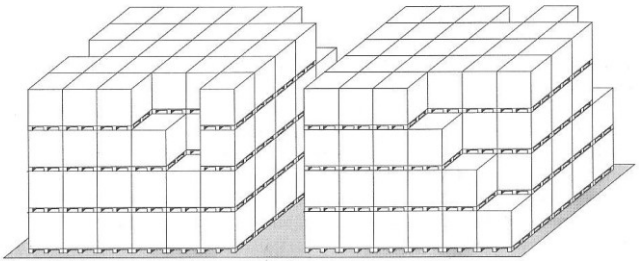


Abbildung 3.1 Darstellung eines Blocklagers, Quelle: Wannenwetsch (2014), S. 307.

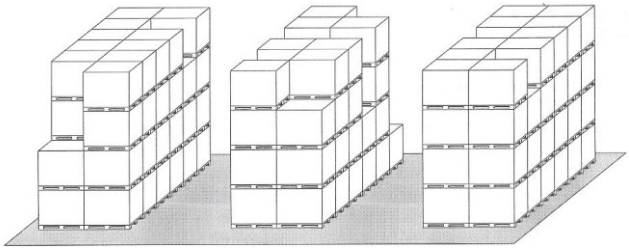


Abbildung 3.2 Darstellung eines Zeilenlagers, Quelle: Wannenwetsch (2014), S. 307.

Damit geht einher, dass pro Artikel oder gegebenenfalls pro Charge ein solcher Block zum Einsatz kommt. Aus diesem Grund ist diese Art für die Langzeitlagerung gleichartiger Ladeeinheiten, sowie zur Kurzzeitlagerung von Umlaufbeständen in der Produktion geeignet. Werden geringere Mengen gelagert, kann der reservierte Platz nicht zur Gänze genutzt werden sofern man keine Vermischungsgefahr von Chargen oder Güter riskieren möchte. Eine Aufteilung der Blöcke in Zeilen führt dazu, dass unterschiedliche Güter in einem bereitgestellten Bereich gelagert werden können. Allerdings ist dafür ein umso erhöhter Platzbedarf von Nöten.[34]

Ein grundlegender Vorteil der Blocklagerung ist, dass die Güter von jeder Kante erreichbar sind. Somit können die Güter schneller entnommen und Zugriffszeiten verkürzt werden. Ebenso ist die Einteilung der einzelnen Zeilen leicht veränderbar und ist mit keinen Demontage- sowie Montagekosten von etwaigen Regalen anderer Lagerarten verbunden. Einhergehende Kosten für die Regalbeschaffung an sich, sind auch nicht gegeben. Wogegen man darauf achten muss, dass große Kräfte auf die unterste Palette wirken. Somit gehört eine maximale Stapelhöhe definiert, damit keine Gefahr für Mensch, Umwelt und Material besteht.[35]

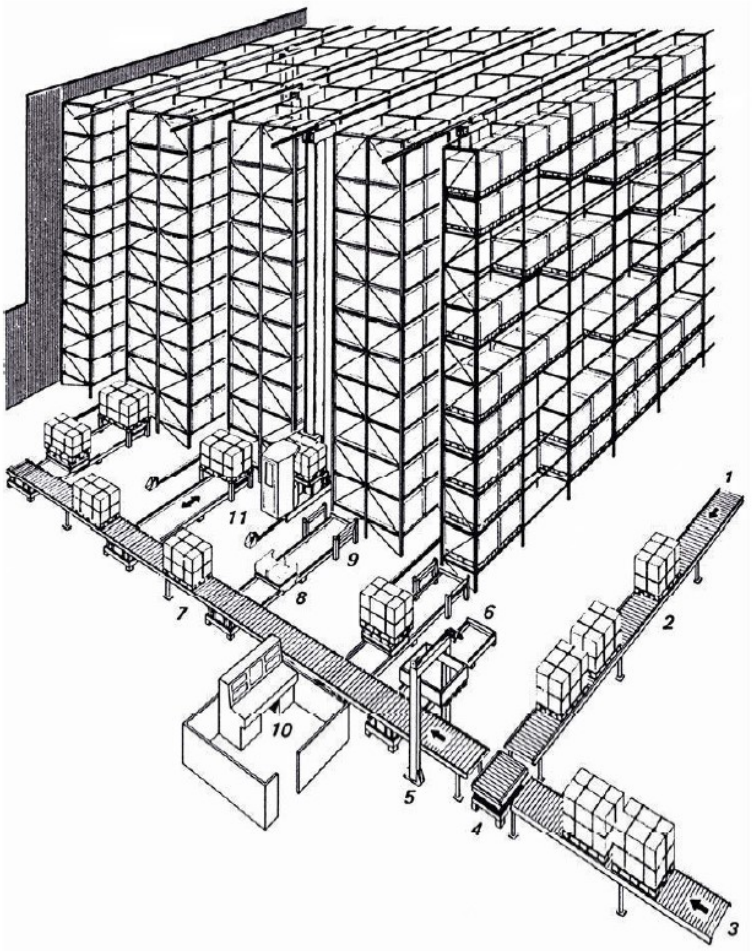
Eine weitere Möglichkeit besteht in der Lagerung mittels Regale. Diese Investition lohnt sich, wenn sämtliche Güter für sich erreichbar sein müssen. Der Nutzen in den Regalen besteht darin, dass man die Ware nicht übereinander stapeln muss. Zusätzlich kann das Abstellen am Boden verhindert werden. Da es eine große Anzahl unterschiedlicher Regalsysteme gibt soll in diesem Teil der Arbeit insbesondere auf die für das Unternehmen relevanten Varianten eingegangen werden.

Das größte Interesse liegt in der Ausführung eines manuellen sowie automatischen **Paletten-** bzw. **Behälterregales**, da nur solche Förderhilfsmittel zum Einsatz kommen. Bei der Einplatzausführung stehen die Regalständer eine Einheitenbreite auseinander und besitzen eine Tiefeneinrichtung mit Winkelprofilen, damit die Förderhilfsmittel hintereinander in einer Ebene gelagert werden können. Bei einer Mehrplatzausführung stehen die Regalständer weiter auseinander und sind mittels Traversen miteinander verbunden. Auf diesen können die Güter abgestellt werden. Grundsätzlich ist auch hier auf das Gewicht der einzelnen Paletten zu achten, da hier die Kräfte auf die Traversen beziehungsweise deren Verbindung zu den Regalständern wirken. Im Gegensatz zur Einplatzausführung werden die Paletten hier in Längsrichtung eingelagert. Das Befüllen und entnehmen dieser Regale hängt von der Höhe der einzelnen Läger ab. Generell können eigens angefertigte Hochregalstapler bis zu einer Höhe von 13 m zum Einsatz kommen. Dieses System wird meistens verwendet, wenn ein breites Produktsortiment vorhanden ist und unterschiedliche Mengen der einzelnen Artikel gelagert werden. Ein weiterer Vorteil neben der Erreichbarkeit der einzelnen Produkte liegt in der Nutzung von gegebenenfalls vorhandenen hohen Lagerhallen. Ebenso wird ein druckfreies Lagern der Güter ermöglicht. Jedoch liegt ein erheblicher Nachteil am erhöhten Bedarf von Flächen, die für die Fördertransportmittel Wege freigehalten werden müssen. Zur Abhilfe werden doppeltiefe Regale verwendet. Hierbei werden bei einer Mehrplatzausführung immer zwei Paletten hintereinander gestellt. Dadurch ist der Einsatz von Teleskopgabeln beim Transportmittel notwendig. Dieses Lagersystem kommt vor allem zum Einsatz,

[34] vgl. Gudehus (2012), S. 620 ff.

[35] vgl. Gudehus (2012), S. 620 ff.

wenn hohe Kosten bei den Lagerhallen anfallen, wie zum Beispiel bei gekühlten Räumen. [36] Da die Höhe solcher Systeme durch die Transportmittel begrenzt ist, kommen auch vermehrt halbautomatische sowie automatische Hochregallager zum Einsatz. Diese Systeme können 50 m und noch höher errichtet werden und sind somit für die Lagerung von großen Mengen auf geringstem Raum geeignet. Grundsätzlich muss bedacht werden, dass die Vorteile einer automatischen Lösung sogleich eine Investition zur Folge haben. Umso höher die Regale werden, desto teurer wird deren Anschaffung. Die Kosten der Bediengeräte sind auch abhängig von der Höhe des Lagers. Ebenso muss mit Ausgaben für die Zu- und Abfördertechnik gerechnet werden. Dennoch findet diese Methode immer größeren Anklang, da in den meisten Fällen ein unlösbares Problem durch vorhandenen Platzmangel vorherrscht.[37] Mehrmalig werden sämtliche Güter innerhalb eines Betriebes zu einem Zentrallager zusammengefasst, bei dem sämtliche Warenbewegungen durchgeführt werden. Abbildung 3.3 zeigt die grundlegenden Bestandteile eines solchen Lagersystems.



1 Wareneingang aus Fertigung
2 Staustrecke (Staurollenförderer)
3 Wareneingang von der Rampe
4 Drehtisch
5 Profilkontrolle
6 Ausschleusstrecke für fehlerhafte Palettenladungen
7 Einschleusstrecke
8 Verschiebehubwagen
9 Übergabeplatz
10 I-Punkt
11 Regalbediengerät

Abbildung 3.3 Skizze eines Hochregallagers Quelle: Heinrich (2016), S. 347.

Ein automatisches Hochregallager ist als ein abgeschlossenes System zu betrachten und somit sind die angeführten Aufgabestationen als Wareneingang für das System zu sehen. Die Staustrecke von jenen

[36] vgl. Heinrich (2016), S. 378 ff.

[37] vgl. Gudehus (2012), S. 629 ff.

Aufgabestationen bis zur Profil- beziehungsweise Konturenkontrolle, kann man als Pufferlager sehen. Die Profilkontrolle muss bei vollautomatischen Systemen durchgeführt werden, damit es zu keiner Kollision der Güter mit den Regalen kommt. Neben der Gefährdung für die Güter und das Lager kommt es zu zeitaufwendigen Stillständen durch Instandhaltungstätigkeiten. Aus diesem Grund sind nichtkonforme Ladeeinheiten zu entfernen. Der I-Punkt ist als Identifikationspunkt zu verstehen. An dieser Stelle wird dem Lagerverwaltungssystem mittels eindeutiger Identifikationsnummer (ID) mitgeteilt, welche Palette gerade eingelagert wird. Zur Nachverfolgung der Artikel- sowie Auftragsstammdaten, koppelt man diese Informationen mit der ID.[38] Dadurch wird eine Nachverfolgbarkeit der Produkte im Lager gewährleistet. Dies erfolgt durch verschiedene Informationsträger. Häufig kommen ein- beziehungsweise zweidimensionale Barcodes für diese Anwendung zum Einsatz. Sofern Funkfrequenzkennzeichnung (RFID) in einem Unternehmen zur Warenverfolgung implementiert ist, kann auch diese Technologie zum Einsatz kommen. Findet eine doppelte Nummernvergabe statt oder das System eine ID nicht erkennt, dann ist es von großer Bedeutung, dass die Ladungsträger nicht eingelagert werden. Ansonsten würden daraus falsche Bestände resultieren, die eine aufwendige Inventur zur Folge haben. Sind die Kriterien zur Einlagerung erfüllt, kann das Material mittels Übergabeplatz an das Regalbediengerät (RBG) weitergegeben werden. Die Lagerung erfolgt darauf vollautomatisch, wobei eine mögliche Auffüllstrategie zum Einsatz kommt. Zu Beginn wird das Hochregallager nahe der der Auslagerstation befüllt damit eine schnelle Auslagerung der Teile stattfindet. Nach einer definierten Zeitperiode, ist diese Strategie mittels durchgeführter *ABC-Analyse* zu überarbeiten. Wird am I-Punkt ein A-Artikel anhand der gepflegten Stammdaten erkannt, wird dieser in einer definierten Zone nahe einer Auslagerstation abgelegt. Anteilig sind auch Zonen für B- und C-Artikel zu reservieren. Ist die Einlagerung erfolgt, wird einer Datenbank mitgeteilt wo die zuvor identifizierte Palette eingelagert wird. Dadurch weiß das System bei einer Anforderung des Artikels Bescheid, wo die Palette abgeholt werden muss und führt diesen Schritt durch. Nach der Entnahme wird die Palette ebenso auf eine Fördertechnik gegeben, wobei der Informationsträger bei einem sogenannten Kontrollpunkt (K-Punkt) auf dessen Richtigkeit überprüft wird. Der Entnahmepunkt von der Fördertechnik ist als letzte Station des abgeschlossenen Systems zu sehen und ist als Warenausgang des Hochregallagers zu bezeichnen. Wird die Palette von diesem Punkt entnommen, wird die Menge der entnommenen Ware ausgebucht.

3.2 Lagerbetriebsstrategien

Ab einer gewissen Größe des Lagers müssen Lagerstrategien zur Anwendung kommen, um Wege und auch Kosten vermeiden zu können. Dabei ist es von Nöten dass hierbei in Belegungs- und Bewegungsstrategien unterschieden wird.

3.2.1 Belegungsstrategien

Belegungsstrategien besagen welche Lagerplätze mit den einzelnen Gütern belegt werden. Die Auswahl der jeweiligen Strategie ist oftmals verbunden mit der Größe eines Lagers. Die häufigste Unterscheidung erfolgt in **fester** sowie **freier Lagerplatzzuordnung**. Bei einem Lager mit fester

[38] Vgl. Gudehus (2012), S. 639 ff.

Lagerplatzzuordnung werden die verwendeten Abstellplätze fix vorgegeben. Dies ist eher für kleine Lager zu bevorzugen, die einen kontinuierlichen Bedarf an Abrufe aufweisen.

Ein Lager mit freier Lagerplatzzuordnung, auch chaotisches Lager genannt, findet oftmals einen Einsatz bei großen Lagern. Bei dieser Art des Deponierens kann eine Zuordnung der Güter auf jeden freien Lagerplatz erfolgen. Deshalb kann eine Auslastung dieser Regale oftmals an die 100 % erreichen. Jedoch ist es hierfür notwendig, dass die Landkarte des Lagers via ERP oder LVS bereitgestellt wird, damit die benötigten Mittel auch wieder gefunden werden können. Damit die Daten der dahinterliegenden Datenbank mit dem tatsächlichen Bestand übereinstimmen, ist eine Kennzeichnung der einzelnen Lagerplätze vorausgesetzt.[39]

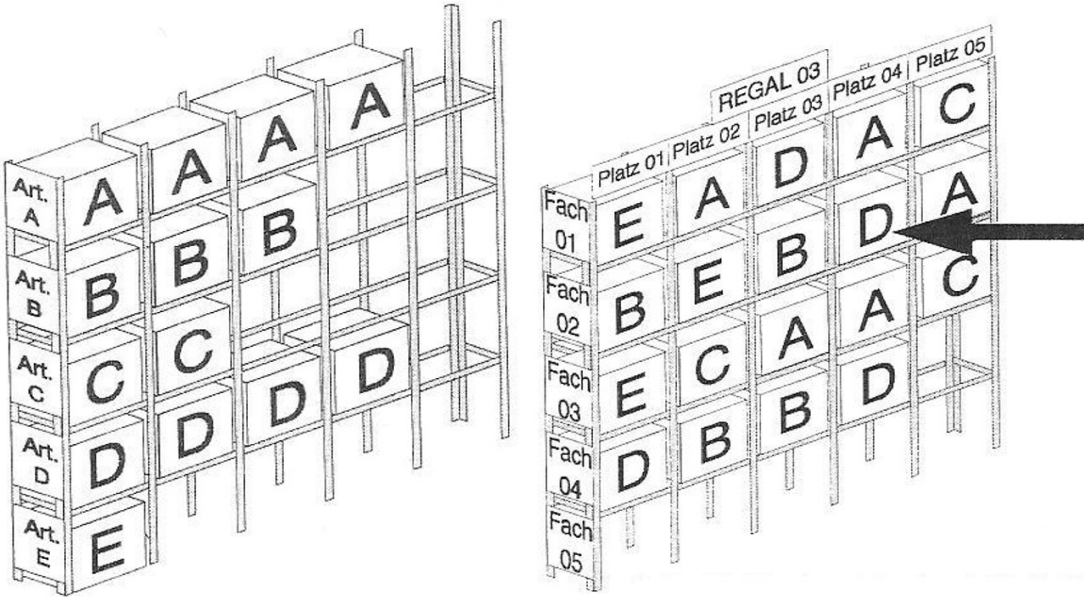


Abbildung 3.4 Lager mit fester Lagerplatzzuordnung (li.) sowie chaotisches Lager (re.), Quelle: Wannenwetsch (2014), S. 300 f.

Eine Mischform dieser beiden Strategien bietet die zonenweise feste Lagerordnung, wobei ein Lager für Warengruppen in fix zugewiesene Zonen unterteilt wird. Innerhalb dieser Zone ist die Platzzuordnung jedoch chaotisch gestaltet.[40]

3.2.2 Bewegungsstrategien

Bewegungsstrategien geben die Reihenfolge vor die bei Ein-, Um- und Auslagerung einzuhalten ist. Diese ist oft abhängig von Kundenvorgaben aber auch von der zur Verfügung gestellten Lagerfläche. Die wichtigsten Bewegungsstrategien sind bei den Auslagerprinzipien zu finden. Generell wird in **First-In-First-Out (FIFO)** sowie **Last-In-First-Out (LIFO)** unterschieden. Bei FIFO werden die ältesten Güter zuerst ausgelagert. Dies bedeutet, dass man ab der ersten Einlagerung in ein Lager, immer den Weg über eben dieses suchen muss, bis der Bestand komplett entleert ist. LIFO kommt zum Einsatz, wenn

[39] vgl. Heinrich (2016), S. 350

[40] vgl. Gudehus (2012), S. 646 f.

man nur von einer Seite Zugang zu einem manuellen Lager hat. [41] Eine weitere Methode stellt die **Querverteilungsstrategie** dar. Bei dieser sind die gleichen Artikel in verschiedenen Regalgassen verteilt, damit ein benötigter Artikel bei der Unerreichbarkeit einer Gasse dennoch ausgelagert werden kann. Was jedoch eine Bewegung ohne FIFO bedeutet. Soll die Auslagerung mit einer Einlagerung kombiniert werden, dann spricht man von einer **Doppelspielstrategie**.[42] Daher ist es wichtig, dass ein Lager richtig dimensioniert wird, um sich die Möglichkeiten der geeigneten Strategie offen zu halten.

3.3 Datenmanagement in Lagersystemen

Die Informationen, die zur Gestaltung und Planung eines Lagersystems benötigt werden, kann man unteranderem mittels Basisdatenerhebung zusammenfassen. Hierfür betrachtet man sämtliche zur Systembeschreibung benötigten Daten. Aus diesem Grund werden neben den Stammdaten auch die Bestands- sowie Bewegungsdaten dafür herangezogen. Die **Stammdaten** beschäftigen sich hauptsächlich mit der grundlegenden Information eines Artikels, wie zum Beispiel Artikelnummer, Bezeichnung sowie deren Mengeneinheit und bleiben in den meisten Fällen unverändert und somit statisch. Die **Bestandsdaten** geben eine Auskunft über die gelagerten Mengen eines Artikels sowie dessen Bestandsverlauf über eine bestimmte Periode und sind als dynamische Daten zu verstehen. Die **Bewegungsdaten** beschreiben sämtliche Manipulationen eines Artikels und können dadurch eine Auskunft über die physischen Lagerprozesse geben. Darunter fallen zum Beispiel die Anzahl der Aufträge pro Artikel und die dafür benötigte Durchlaufzeit.[43] Die nachstehende Tabelle 3.1 zählt weitere Punkte zu den Basisdaten auf und geht auf sonstig relevante Systemdaten ein.

Artikelstammdaten	Bestandsdaten	Bewegungsdaten	sonstige Systemdaten
Artikelnummer	Artikelanzahl	Wareneingänge pro Tag	Auftragsarten
Bezeichnung	Gesamtbestand	Warenausgänge pro Tag	Ladeeinheitenstammdaten
Artikelgewicht	Durchschnittsbestand	Mengenumschlag pro Jahr	Verpackungsstammdaten
Artikelabmessung	Mindestbestand	Umlagerungen pro Tag	Lagerkapazität
Mengeneinheit	Verfügbarer Bestand	Aufträge pro Tag	Anzahl Ladeeinheiten pro Artikel
Art Ladeeinheit		Aufträge pro Artikel	Anzahl Mitarbeiter pro Bereich
Beladungsfaktor		Positionen pro Auftrag	Krankenstand
Sperrkennzeichen		Positionen pro Tag	Betriebskosten
ABC Klassifikation		Auftragsdurchlaufzeit	Produktivität
Gewicht		Materialdurchlaufzeit	Investitionskosten
Verfallkennzeichen		Auftragszahl pro Auftragsart	Wertumschlag pro Jahr

Tabelle 3.1 Beispiele für Basisdaten Quelle: in Anlehnung ten Hompel, Schmidt (2010), S. 66.

[41] vgl. Gudehus (2012), S. 648 f.

[42] vgl. Heinrich (2016), S. 362.

[43] vgl. ten Hompel, Schmidt (2010), S. 65.

3.4 Kennzahlen von Lagersystemen

Kennzahlen sollen die nun zur Verfügung gestellten Informationen verdichten und eine Grundlage zum Vergleich einzelner Prozessvarianten liefern. Ebenso sollen Verbesserungspotentiale sichtbar gemacht werden mit deren Hilfe man eine Leistungssteigerung realisieren kann. Dennoch ist zu beachten, dass durch Kennzahlen aufgezeigte Potentiale nicht unbedingt konzernweit Geltung haben. Mehrmals wirken diese Kennzahlen innerhalb des Spannungsdreiecks (Abbildung 3.5) aufeinander ein. Als Beispiel kann die Liefertreue als Kennzahl für den Vertrieb und die Maschinenauslastung als Kennzahl für die Produktion betrachtet werden. So ist es im Interesse des Vertriebes, dass der Betrieb auch Kleinstserien produziert. Dies bedeutet jedoch eine geringere Maschinenauslastung. Umgekehrt würde eine hohe Maschinenauslastung bedingt durch hohe Losgrößen eine Verminderung der Liefertreue durch den Wegfall von Flexibilität bedeuten.[44]

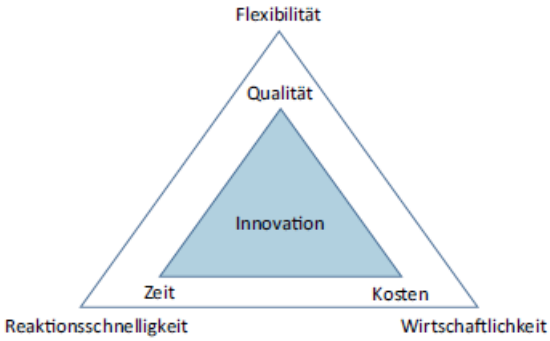


Abbildung 3.5 Spannungsdreieck Quelle: Gottmann (2016), S. 147.

Deshalb ist es von größter Bedeutung in einem Unternehmen die richtigen Kennzahlen in einem vernünftigen Ausmaß zu wählen. Aus diesem Grund können weniger Kennzahlen oftmals schlüssigere Aussagen generieren. Eine Definition dieser Kennzahlen ist somit innerhalb des Managements durchzuführen. Im folgenden Subkapitel wird auf die wichtigsten Erfolgsindikatoren im Bereich Material und Logistik eingegangen.

3.4.1 Kennzahlen zu Material und Logistik

Materialverfügbarkeit

Die Materialverfügbarkeit soll stets hoch gehalten werden, da sie zum Ziel hat, sämtliche Materialanfragen erfüllen zu können. Stillstände dürfen nicht durch fehlendes Material zu Stande kommen. Es liegt in der Verantwortung der Planung und Steuerung, dass die benötigten Materialien zur richtigen Zeit bereitgestellt und nicht doppelt reserviert werden.

$$Materialverfügbarkeit = \frac{befriedigte\ Materialanfragen}{Gesamtmaterialanfragen} * 100 \qquad (3.1)$$

[44] vgl. Gottmann (2016), S. 37 ff.

Eine gewissenhafte und ständige Datenpflege der ERP-Systeme können solche Vorkommnisse verhindern. Ebenso können Fertigungsleitstände zu einer Vereinfachung der Planung führen.

Interne Wiederbeschaffungszeit

Diese Kennzahl gibt an wie lange es dauert die Produktion mit den benötigten Materialien zu versorgen. Mit Hilfe dieses Wertes werden Entscheidungen bezüglich des optimalen Meldebestandes getroffen, damit die Lager nicht über- beziehungsweise unterversorgt sind. Vielmehr hängen die Flexibilität und Reaktionsfähigkeit der Fertigung von dieser Messzahl ab und geben einen wesentlichen Indikator für die Größe der benötigten Puffer und Läger.[45]

$$interne\ Wiederbeschaffungszeit = \frac{\Sigma(Anlieferzeitpunkt - Materialabrufzeit)}{Gesamtmaterialanfragen} * 100 \qquad (3.2)$$

Handlingfehlerqoute

Werden fehlerhafte Anlieferungen mit der Gesamtanzahl der Anlieferung verglichen, so spricht man von der Handlingfehlerquote. Ein hoher Anteil fehlerhafter Anlieferung kann ein Indiz für Probleme in der Produktionsplanung sowie Fertigungssteuerung sein. Oftmals sind es falsche Stammdaten im Bereich der Arbeitspapiere, die zu einem schlechten Ergebnis bei dieser Kennziffer führen. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass stabile Prozesse vorab definiert und im ERP abgebildet werden.[46]

$$Handlingfehlerquote = \frac{fehlerhafte\ Anlieferungen}{Gesamtmaterialanfragen} * 100 \qquad (3.3)$$

Lagerumschlagshäufigkeit

Hierbei wird betrachtet, wie oft ein Produkt in einem Lager ein- respektive ausgelagert wird. Generell sind der Materialverbrauch, sowie der durchschnittliche Lagerbestand von Interesse. Man kann eine erste Aussage über die Kapitalbindung im Unternehmen treffen. Einhergehend mit dieser Kennzahl können Strategien hinsichtlich der Auslaufsteuerung einzelner Produkte überlegt werden.[47]

$$Lagerumschlagshäufigkeit = \frac{Lagerabgänge}{durchschnittlicher\ Lagerbestand} \qquad (3.4)$$

Lagerdauer in Tagen

Hierbei wird ein gelagerter Artikel im Detail betrachtet und es wird festgestellt, wie lange sich dieser durchschnittlich gemessen in Tagen auf Lager liegt. Dadurch können Ladenhüter identifiziert werden, die durch Rationalisierungsmaßnahmen zu entsorgen sind Dadurch werden unnötige Kosten verhindert. Zusätzlich wird die benötigte Lagerkapazität bestimmt, da die Umschlaghäufigkeit ebenso zeigt, welche

[45] vgl. Gottmann (2016), S. 114 f.

[46] vgl. Gottmann (2016), S. 115.

[47] vgl. Gottmann (2016), S. 116.

Stücklistenkomponenten zur Fertigung einzelner Produkte benötigt werden und wie lange diese im Normalfall auf Lager liegen.[48]

$$Lagerdauer = \frac{Anzahl\ Tage\ pro\ Jahr}{Umschlaghäufigkeit} \tag{3.5}$$

Lagerreichweite in Tagen

Während das Controlling bemüht ist, dass unnötige Kapitalbindung am Lager vermieden wird, ist es im Interesse der Produktion und deren Verplanung, dass eine hohe Materialverfügbarkeit im Unternehmen gegeben ist. Deshalb wird oftmals eine große Menge an Bestand auf dem Lager gehortet. Aus diesem Grund ist es von äußerster Wichtigkeit, dass eine vernünftige Lagerreichweite definiert wird die im Normalfall nicht überschritten werden soll. Eng verbunden mit dieser Kennziffer ist der Sicherheitsbestand. Dieser ist so zu wählen, dass die Lagerreichweite die Wiederbeschaffungszeit des benötigten Materials deckt. Im Umkehrschluss bedeutet dies eine flexiblere Beschaffung. Die daraus resultierende kurze Wiederbeschaffungszeit bringt eine geringere Lagerreichweite in Tagen hervor. Dies wiederrum führt zu einer geringeren Kapitalbindung am Lager. Eine Verknüpfung der einzelnen Kennzahlen zeigt die enorme Abhängigkeit der einzelnen Werte und wie gut diese aufeinander abgestimmt werden müssen. Ebenso wird der benötigte Wartungsaufwand der Stammdaten gezeigt, damit die richtigen Vorgaben hinsichtlich der Lagermengen vom ERP vorgegeben werden.[49]

$$Lagerreichweite = \frac{Lagerbestand}{durchschnittlicher\ Verbrauch} \tag{3.6}$$

Lagernutzungsgrad

Bei der Neuanschaffung von Lagerkapazitäten neigt man oft zur Überdimensionierung, damit man für zukünftige Eventualitäten wie einem erwarteten Auftragsanstieg gerüstet ist. Dies kann jedoch zur Kapitalbindung, durch übertriebene Sicherheitsbestände führen. Dadurch besteht die Gefahr, dass bei geringem Lagernutzungsgrad die Sicherheitsbestände nach oben angepasst werden. Da scheinbar noch genügend Platz für höhere Losgrößen in der Produktion gegeben ist. Somit würde man eine höhere Lagerreichweite schaffen. Ratsam ist es, dass das Management für eine definierte Periode einen maximalen Lagernutzungsgrad vorgibt welcher nicht überschritten werden darf. Diesen kann man je nach Bedarf in bestimmten Intervallen anpassen, um die Nutzung weiterer Lagerkapazitäten freizugeben.[50]

$$Lagernutzungsgrad = \frac{belegte\ Lagerfläche}{Gesamtlagerfläche} * 100 \tag{3.7}$$

[48] vgl. Gottmann (2016), S. 116.

[49] vgl. Gottmann (2016), S. 117 f.

[50] vgl. Gottmann (2016), S. 119 f.

Work in Process

Beim Work in Process handelt es sich um sämtliche Materialien, die für einen Produktionsauftrag benötigt werden und sich bereits auf den Weg zur ersten Bearbeitungsstation gemacht haben. Dieser Status ist erst mit der Fertigstellung eines Produktes als abgeschlossen zu sehen. Mit der Abarbeitung der letzten Auftragsaktivität wird der Bestand des fertigen Artikels generiert. Die meisten ERP-Systeme bieten im Standard keine Möglichkeit, dass dieser Umlaufbestand mengenmäßig abgebildet wird. Dieser ist jedoch essentiell um einen schnellen Überblick über Ungleichgewichte in voneinander abhängigen Ressourcen zu erkennen. Ein hoher Umlaufbestand gibt Auskunft über einen Engpass in Produktionsbereichen, in denen eine sogenannte Fließfertigung aus technologischen Gründen nicht möglich ist. Eine Nivellierung der Ressourcenkapazitäten ist unumgänglich und von höchster Priorität. Darum werden oftmals für Artikel mit solchen Engpassaktivitäten eigene Unterteile angelegt, damit der Bestand erfasst und Handlungsbedarf bei einzelnen Ressourcen erkannt werden kann.[51]

$$Work\ in\ Process = \Sigma\ der\ Produkte\ im\ Arbeitssystem$$
$$Work\ in\ Process = \Sigma\ der\ ben\ddot{o}tigten\ Stunden\ f\ddot{u}r\ Auftr\ddot{a}ge\ im\ Arbeitssystem \tag{3.8}$$

3.4.2 Kennzahl Fließgrad

Wie man zuvor gesehen hat bestehen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Kennziffern. Die Kombination einzelner Indikatoren bildet ein erstes Grundkonstrukt, das Aufschluss über einzelne zu untersuchende Bereiche geben kann. Betrachtet man den Materialfluss durch die Produktion, dann ist es von Interesse wie lange ein Teil in Bearbeitung ist und wie lange sich dieses gegebenenfalls in einem Liege-, Warte- oder Transportzustand befindet. Sämtliche nicht produktiven Zeiten sind nämlich für die Kapitalbindung in Form von WIP-Beständen verantwortlich. Die gesamte Durchlaufzeit setzt sich dabei aus folgenden Phasen zusammen:[52]

- Wiederbeschaffungszeit
- Bearbeitungszeit
- Liegezeiten
- Losgrößen bedingte Fertigungszeit
- Transportzeit

$$Fließgrad = \frac{\Sigma Bearbeitungszeiten}{Durchlaufziet} \tag{3.9}$$

Um Kapitalbindung zu vermeiden ist es deshalb wichtig, dass sämtliche relevanten Zeitspannen neben der Bearbeitung so gering wie möglich gehalten werden. Das bedeutet zugleich, dass unnötig hohe Losgrößen zur Produktionsauslastung zu vermeiden sind, auch wenn dies einen erhöhten Aufwand in Form von Rüstaktivitäten bedeutet.

[51] vgl. Gottmann (2016), S. 118 f.

[52] vgl. Gottmann (2016), S. 165 ff.

3.4.3 Kennzahlen zur Reaktionsfähigkeit

Aus diesem Grund ist es von Bedeutung, dass die Reaktionsfähigkeit in der Produktion betrachtet wird. Diese erhöht die Flexibilität im Unternehmen, um auf kurzfristig geänderte Kundenwünsche eingehen zu können. Zu allererst ist es wichtig, dass man selbst ein Lieferantennetzwerk aufbaut, das eine geringe Wiederbeschaffungszeit ermöglicht. Weitere Kenngrößen zur Ermittlung der Reaktionsfähigkeit sind die Materialverfügbarkeit, sowie die Losgrößen bedingte Fertigungsdauer einzelner Produktionsaufträge sowie die durchschnittliche Transportzeit nach Auftragsende.

Sofern diese Indikatoren bereits vorhanden sind, muss man im nächsten Schritt die Produktionsprozesse begutachten, was in Form der Kennzahlen Overall Equipment Effectiveness (OEE) sowie Every Part Every Intervall (EPEI) durchgeführt werden kann.

Overall Equipment Effectiveness

„Der OEE soll generell zeigen wieviel Zeit der möglichen Laufzeit einer Anlage tatsächlich zur Produktion genutzt werden kann.“[53] Abbildung 3.6 zeigt, dass von einer optimalen Auslastung eines 24/7 Betriebes ausgegangen wird. Danach werden sämtliche Zeitverluste durch geplante sowie ungeplante Störungen an den Maschinen abgezogen, was zur Nettobetriebszeit führt. Als nächstes sind sämtliche Leistungsverluste zu betrachten, die von der zuvor gewonnenen Nettobearbeitungszeit abgezogen werden. Dadurch wird die Nettobearbeitungszeit ermittelt. Zum Schluss werden sämtliche Zeiten die durch Qualitätsverluste entstehen abgezogen um zur Nettoproduktivzeit zu gelangen. [54]

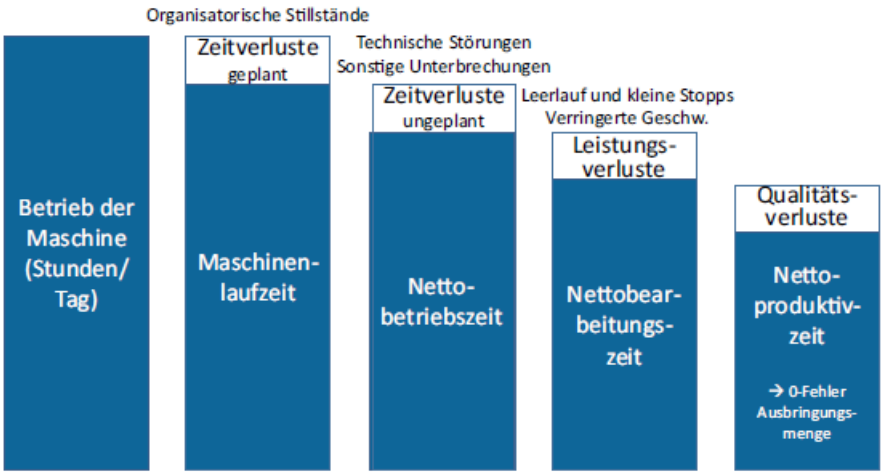


Abbildung 3.6 Overall Equipment Effectiveness Quelle: Gottmann (2016), S. 179.

$$OEE = \frac{Nettoproduktivzeit}{Maximal\ möglicher\ Maschinenbetrieb} \tag{3.10}$$

[53] Gottmann (2016), S. 178.

[54] vgl. Gottmann (2016), S. 178 ff.

Eine gängigere Methode den OEE über die Verfügbarkeit, Effizienz sowie dem Qualitätsgrad zu berechnen, bietet eine detaillierte Betrachtungsmöglichkeit der einzelnen Problemfelder.

$$OEE = Verfügbarkeit * Effizienz * Qualität \tag{3.11}$$

Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit setzt hierbei die tatsächliche Laufzeit mit der möglichen maximalen Laufzeit zum Verhältnis und berücksichtigt somit die geplanten sowie ungeplanten Störungen während der Produktion auf einer Anlage.

$$Verfügbarkeit = \frac{Laufzeit - Ausfallzeiten}{Laufzeit} \tag{3.12}$$

Effizienz

Die Effizienz zeigt die Zeit, die durch Kurzstillstände und Leistungsverluste verloren geht. Leistungsverluste können zum Beispiel durch Taktgeschwindigkeiten unter dem Sollwert hervorgerufen werden.

$$Effizienz = \frac{Taktzeit * Anzahl\ Teile}{Nettobetriebszeit} \tag{3.13}$$

Qualität

Die Qualität beschreibt die Verluste die durch Anfahr-, Ausschuss- sowie Nacharbeitsteile entstehen.

$$Qualität = \frac{Anzahl\ produzierter\ Teile - Ausschuss}{Anzahl\ produzierter\ Teile} \tag{3.14}$$

Every Part Every Intervall

Eine weitere Kennzahl zur Messung der Reaktionsfähigkeit stellt die Kennzahl *Every Part Every Intervall* (EPEI) dar. Diese zeigt wie lange es in Tagen dauert sämtliche Artikel zu fertigen, die auf einer Anlage produziert werden können. Diese berücksichtigt die Bearbeitungszeit sowie die dafür benötigten Rüstzeiten. Das Produkt aus EPEI multipliziert mit dem durchschnittlichen Tagesbedarf eines Artikels gibt die minimale Losgröße vor, die produziert werden muss um den Bedarf bis zum nächsten Produktionsdurchlauf decken zu können.[55]

$$EPEI = \frac{\sum_{n=1}^{n} Bearbeitungszeiten * Stückzahlen) + \sum_{n=1}^{n} Rüstzeiten}{verfügbare\ Arbeitszeit\ an\ einer\ Anlage} \tag{3.15}$$

[55] vgl. Gottmann (2016), S. 178 ff.

3.5 Informationstechnologien in der Logistik

Um einen Überblick bezüglich der einzelnen Tätigkeiten innerhalb eines Unternehmens erhalten zu können, werden verschiedenste Systeme genutzt, da eine Komplettabdeckung eine zu komplexe Herausforderung für eine einzelne Anwendung darstellt. Aus diesem Grund gibt es für die einzelnen Teilbereiche anforderungsspezifische IT-Lösungen die zum Einsatz kommen. Jedoch muss es im Interesse des Managements sein, dass eine möglichst einfache Softwarelandschaft geschaffen wird, damit der Aufwand in der Administration sowie in den Produktionsbereichen überschaubar bleibt. Oftmals werden Schnittstellen definiert, die einen Datenaustausch zwischen den einzelnen Anwendungen ermöglichen. Dadurch ist es zum Beispiel möglich, dass die Rückmeldung im Enterprise Ressource Planning ebenso einen Bestand in einem Warehouse Management System erzeugt. Somit kann eine durchgängige Buchungslogik innerhalb eines Programmes oftmals ausreichend sein. Im folgenden Teil soll deswegen ein Überblick über die einzelnen Programme innerhalb eines Unternehmens geschaffen werden, die in der Produktion sowie der Logistik zur Anwendung kommen.

3.5.1 Enterprise Ressource Planning

Ab einem mittelständischen Unternehmen ist ein professionelles ERP-System Dreh- und Angelpunkt für sämtliche administrative Tätigkeiten innerhalb einer Firma. Für die Recherche relevant sind vor allem die Bereiche der Stammdatenverwaltung der zu untersuchenden Bereiche. Dabei werden zum Beispiel sämtliche Lieferanten- sowie Kundendaten zusammengefasst und bei Bedarf aktualisiert. Darüber hinaus bildet die Produktionsplanung und Steuerung (PPS) eine Kernfunktion eines ERP. In diesem Teilbereich werden sämtliche Lagerbestände mit den Anforderungen des Marktes abgeglichen. Bei einer sauberen Datenpflege ist eine automatisierte Disposition anzudenken, die lediglich auf deren Richtigkeit überprüft werden muss. Dabei generiert man im ersten Schritt Planaufträge nach dem Unterschreiten des Meldebestandes. Diese sind als eine Art Vorschlag zu verstehen und geben vor bis wann ein Auftrag zu beginnen ist, damit ein Artikel rechtzeitig für den Kunden zur Verfügung steht. Nach einer Kontrolle durch die Planungsabteilung, wird durch die Freigabe ein Fertigungsauftrag ausgelöst, der sämtliche Arbeitspapiere für die Produktionsabteilung bereitstellt. Sobald einzelne Arbeitsschritte erledigt sind, müssen Rückmeldungen im System erfasst werden, um einen Fortschritt bei der Auftragsbearbeitung sowie Lagerzugänge abbilden zu können. Zusätzlich bietet ein ERP-System die Möglichkeit, das Finanzwesen im Programm abzubilden, damit eine durchgängige Kostenrechnung im Unternehmen durchgeführt werden kann.

3.5.2 Manufacturing Execution System

Die Planung in einem Enterprise Ressource Planning versteht sich eher als Grobterminierung und gibt lediglich vor bis wann ein Artikel wieder verfügbar sein muss. Um eine Detail- oder Feinplanung realisieren zu können kommen vermehrt Fertigungsleitstände zum Einsatz. Diese sind meist ein Bestandteil moderner Manufacturing Exectuion Systeme (MES). Dieses System ist im Shopfloor und somit in der Produktion angesiedelt um Rückmeldeaktivitäten zu vereinfachen und einen Echtstand des

Fertigungsfortschrittes zu zeigen.[56] Das MES besteht grundsätzlich aus drei Kerndisziplinen. Einerseits werden mittels Maschinendatenerfassung (MDE) sämtliche Status einer Maschine automatisch aufgezeichnet und protokolliert. Die Betriebsdatenerfassung (BDE) erlaubt es Rückmeldungen direkt an der Maschine mittels Terminal durchzuführen. Deshalb kann eine Verlagerung der administrativen Tätigkeiten hin zum Produktionsbetrieb durchgeführt werden. Diese gewonnenen Informationen fließen zuletzt in den Leitstand ein und der Fortschritt in der Produktion kann verfolgt werden. Zusätzlich kommen Personalzeiterfassungs- sowie Instandhaltungsmodule zum Einsatz, um sämtliche Informationen über vorhandene Ressourcen in den Leitstand einbinden zu können. Diese Softwarelösung schafft somit einen Überblick über die Tätigkeiten in der Produktion und erhöht die Reaktionsfähigkeit, um auf Probleme eingehen zu können. Zusätzlich kann man mittels eines MES Daten gewinnen, um Auswertung bezüglich der Ressourceneffektivität zu generieren.

3.5.3 Warehouse Management-System

Das Warehouse Management-System (WMS) hingegen spezialisiert sich auf die lager- sowie distributionsrelevanten Daten. In dieser Anwendung werden sämtliche Lager in einem Unternehmen abgebildet, wobei eine detaillierte Unterteilung in Lagerbereiche respektive Lagerplätze erfolgt. Dadurch können die gelagerten Produkte schneller wiedergefunden werden. Bei einem automatischen Hochregallager sind solche Systeme als Informationsträger über deponierte Produkte zu sehen und dienen gleichzeitig als Bediensoftware um Güter ein- und auszulagern. Zusätzlich werden die Beziehungen zwischen den einzelnen Lagerorten und deren zugeteilten Artikeln in einem WMS geführt. Aus diesem Grund muss man auch in diesem System diverse Artikelstammdaten hinterlegen um genügend Informationen wiedergeben zu können.[57] Wie man erkennen kann, kommt es zu einer redundanten Datenverwaltung in den verschiedenen Systemen. Deshalb werden oftmals nicht alle Daten in einem WMS gepflegt um die Belastung der Datenbanken überschaubar zu halten. Dies sollte jedoch nur dann gemacht werden, wenn eine saubere Schnittstelle definiert wird, die sämtliche Ausnahmefälle miteinbezieht. Wohingegen eine solche Schnittstelle verhindern kann, dass sämtliche Funktionen in einem System anwendbar sind. Somit ist im Vorfeld abzugleichen, ob diese Applikationen von Interesse sind oder nicht.

3.5.4 Management Information System

Sobald eine redundante Datenhaltung gegeben ist, werden meist Management Information Systeme (MIS) genutzt um die gewonnenen Informationen aufbereiten zu können. Diese Software ermöglicht es die verschiedenen Datenquellen miteinander zu verknüpfen und aussagekräftige Auswertungen zu generieren. Viele Anbieter ermöglichen mittlerweile die Nutzung von Trends, Prognosen sowie Analysen in deren Anwendungen. Diese können dazu genutzt werden, um den Materialfluss sowie die

[56] vgl. Hausladen (2016), S. 123 f.

[57] vgl. ten Hompel (2010), S. 2 ff.

Reaktionsfähigkeit zu verbessern, indem man Ladenhüter identifiziert und diese Produkte aus einem Unternehmen ausscheiden lässt[58].

3.5.5 Datenbank

Um sämtliche Informationen aus den einzelnen Systemen bereitstellen zu können, werden relationale Datenbanken verwendet. Structured Query Language (SQL) hat sich in den vergangenen Jahren als Standard etablieren können. Grundsätzlich muss eine Datenbank folgende Aufgaben erfüllen:[59]

- Daten dauerhaft speichern
- Integrität der Daten sichern
- Zugriff auf Datensätze erlauben
- Datensätze miteinander verknüpfen
- Datensätze anlegen, ändern oder löschen können

Somit besteht der Nutzen einer Datenbank darin, dass sie mit den Datensätzen einzelner Programme gefüllt wird. Um die gewonnenen Informationen in weiterer Folge sinnvoll nutzen zu können, muss eine für das Unternehmen sinnvolle Tabellenlandschaft geschaffen werden. Diese Tabellen können mittels Verknüpfungsbefehle kombiniert werden um weitere Detailinformationen generieren zu können. Um die Server nicht zu überlasten ist es sinnvoll, dass nicht jede einzelne Abfrage in eine Aktualisierungstabelle resultiert.

Ebenso kann eine Datenbank durch drei Datenbankschemata beschrieben werden. Es wird zwischen logischen, externen sowie internen Schemata unterschieden. Das logische Schema beschreibt die Struktur der Tabellen. Ein externes Schema definiert die Sichten auf die Tabellenstruktur. Hierbei wird definiert welche Benutzergruppen auf eine Tabelle oder Inhalte zugreifen darf. Das interne Schema regelt die physische Organisation der Datenspeicherung. Zusätzliche wird die Zugriffsorganisation geregelt.[60]

Werden sämtliche unternehmensrelevante Daten auf eine solche Art gespeichert, ist es von höchster Priorität, dass eine dauerhafte Verfügbarkeit gewährleistet wird. Aktuelle Daten müssen mittels Online-Zugriff immer verfügbar sein, wobei ältere Daten nur bei Bedarf verfügbar sein müssen. Hierbei reicht eine offline Datensicherung meist aus. Zusätzlich muss eine unterbrechungsfreie Stromversorgung genutzt werden, damit genügend Zeit bleibt, dass bei einem Stromausfall die Systeme geordnet runterfahren können. Bei einem Absturz des Systems gehen ansonsten Daten verloren, die einen erheblichen Aufwand zur Wiederherstellung bedeuten würden.[61]

---

[58] vgl. ten Hompel Michael (2016), S. 9 ff.

[59] vgl. ten Hompel, Schmidt (2010), S. 177 ff.

[60] vgl. ten Hompel, Schmidt (2010), S. 179 f.

[61] vgl. ten Hompel, Schmidt (2010), S. 182 f.

4 MATERIALFLUSSANALYSE

Nachdem in den Kapiteln zuvor die theoretische Abhandlung gezeigt wird, soll in den folgenden Abschnitten der aktuelle Material- und Datenfluss erhoben werden. Einerseits sollen die Materialflüsse innerhalb der einzelnen Standorte untersucht werden andererseits ist es auch das Ziel dass der Fluss zwischen den Werken analysiert wird. Von Interesse ist, ob es aktuell Engpässe in der Produktion gibt und welchen Einfluss diese auf die aktuelle Lagersituation haben. Ein weiterer Untersuchungsschwerpunkt stellt die Abbildung des Materialflusses mittels Informationstechnologien dar. Hierbei ist es von Interesse, ob eine lückenlose Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte vorhanden ist. Sofern es Mängel in dieser Informationskette gibt, sollen die dadurch entstandenen Aufwände verdeutlicht werden.

Darauf aufbauend soll anhand der gewonnenen Informationen jene Schwachstellen gezeigt werden, die einhergehend mit der Implementierung eines automatisierten Hochregallagers zu bereinigen sind um ein durchgängiges Buchungskonzept zu schaffen. Diese Veränderungen sollen zu einem langfristigen Erfolg des Unternehmens beitragen, indem sie eine einfache Abarbeitung der Produktionsabläufe gewährleisten.

4.1 Fertigungsartikel

Um jedoch eine Materialflussanalyse durchführen zu können ist vorab zu klären, welche Materialien sowie Produkte im Unternehmen benötigt beziehungsweise erzeugt werden. Zuerst sollen die Produkte der Serienfertigung im Vordergrund stehen. Zusätzlich soll eine Unterscheidung der Primärbedarfe bezüglich der Branchenzugehörigkeit dabei helfen einen Trend für die Zukunft zu schaffen.

Betrachtet man die Entwicklung der vergangenen Jahre ist ein Anstieg der Gesamtzahl aktiver Artikel zu erkennen. Abbildung 4.1 zeigt den Verlauf der letzten drei, sowie den Wert des aktuellen Jahres bis zum Stichtag am 30.09.2017. Ein stätiger Anstieg der Produktvielfalt ist somit zu erkennen.

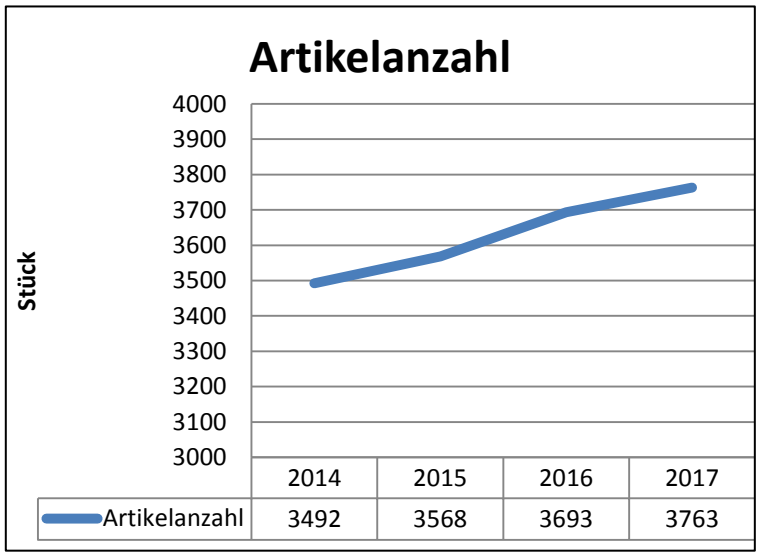
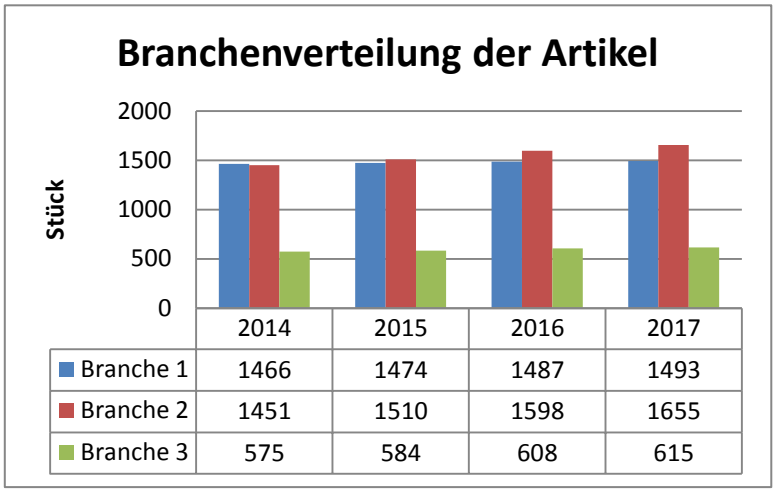


Abbildung 4.1 Anzahl der produzierten Artikel Quelle: Eigene Darstellung

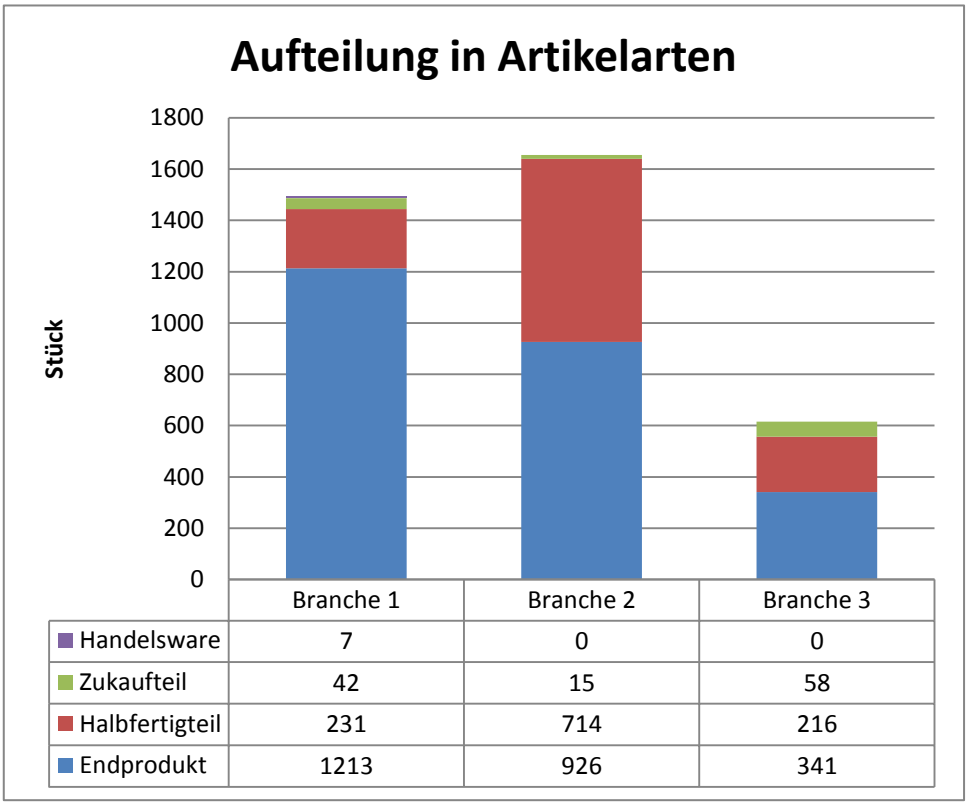
Eine genauere Betrachtung auf Branchenebene zeigt, dass das Produktspektrum der *Branche 2* am schnellsten wächst und die *Branche 1* in der Artikelvielfalt bereits im Jahr 2015 überholt hat. Darüber hinaus ist zu erkennen, dass die Produktvielfalt der Branche 1 stagniert. Dies bestätigt die erhöhte Ausrichtung hin zu den anderen Produktfamilien.



	2014	2015	2016	2017
Branche 1	1466	1474	1487	1493
Branche 2	1451	1510	1598	1655
Branche 3	575	584	608	615

Abbildung 4.2 Branchenverteilung der Artikelanzahl Quelle: Eigene Darstellung

Eine weitere Unterscheidung erfolgt hinsichtlich der Produktart. Das heißt, ob es sich bei diesen Teilen um Endprodukte oder Halbfertigteile handelt. Weitere Artikelarten, wie Zukaufteile und Handelswaren sollen für das Jahr 2017 anhand von Abbildung 4.3 ebenso gezeigt werden.



	Branche 1	Branche 2	Branche 3
Handelsware	7	0	0
Zukaufteil	42	15	58
Halbfertigteil	231	714	216
Endprodukt	1213	926	341

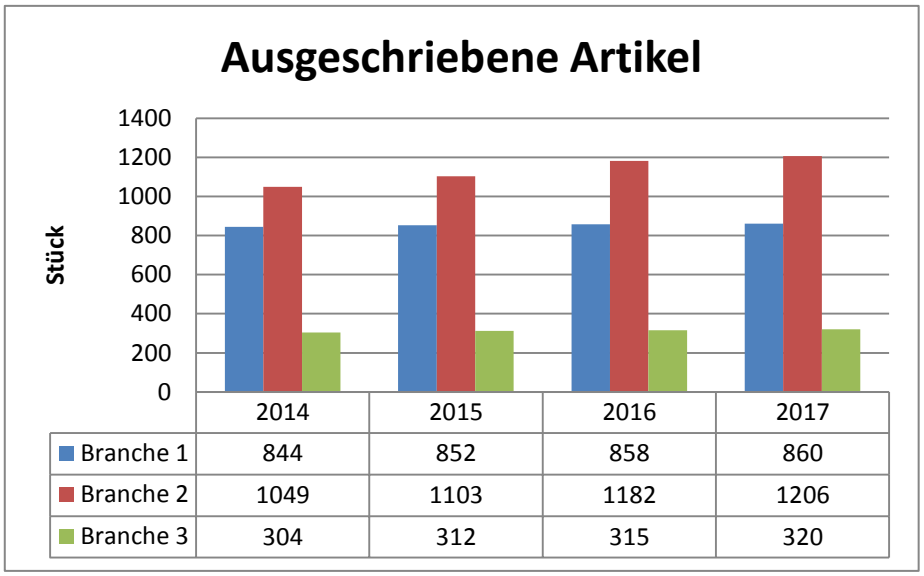
Abbildung 4.3 Einteilung der Artikel anhand der Produktart Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 4.3 trifft eine Aussage über die Fertigungstiefe der einzelnen Branchenartikel. Man erkennt, dass Teile der *Branche 1* meist mit einem durchgehenden Produktionsauftrag gefertigt werden können, da nur ein kleiner Anteil an Halbfertigware produziert wird. Dementsprechend komplex können auch die Arbeitspapiere zu den einzelnen Artikeln aussehen. Der längste Arbeitsplan kann bis zu 13 verschiedene Arbeitsgänge beinhalten. Dies wiederrum führt dazu, dass einzelne Produktionsaufträge bis zu acht Wochen innerhalb der Produktion unterwegs sind bis ein Lagerzugang stattfindet.

Im Gegensatz dazu ist eine große Vielfalt bei den Artikeln der beiden anderen Branchen gegeben. Dies spiegelt sich in der Verteilung zwischen den Endprodukten und Halbfertigteilen wieder. Die Artikel der ersten Produktionsebene werden bis zur Oberflächenfertigung ausgeschrieben. Bei der Montage können je nach Montagevorgang unterschiedliche Produkte gefertigt werden. Somit ist eine zweistufige Fertigung gegeben. Ein positiver Effekt ist, dass Halbfertigprodukte einen buchbaren Zustand im ERP-System erlangen. Zusätzlich können diese Teile gelagert und auf Vorrat produziert werden, um eine zeitflexiblere und schnellere Montage von Endprodukten zu gewährleisten. Dies ist jedoch mit der Lagersituation und den Lagerkosten abzuwiegen. Werden zu große Lagerbestände geführt, können schnell zusätzliche Kosten für ein Produkt entstehen. Ein weiteres Risiko besteht darin, dass beim Absprung eines Kunden Ladenhüter entstehen. Diese belasten die Kapazitäten unnötigerweise. Noch härter trifft es das Unternehmen, wenn sich kein Abnehmer mehr findet und die Teile auf eigene Kosten entsorgt werden müssen.

4.1.1 Produktionsauslastung

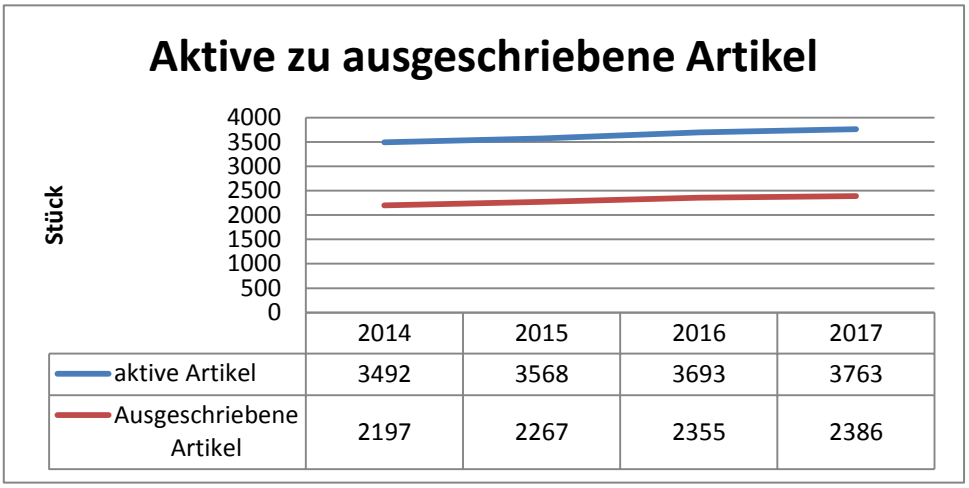
Generell werden die vertriebenen Produkte innerhalb des Unternehmens mittels eigener Fertigung hergestellt. Als Ausnahme sind Kleinstserien zu verstehen die als Handelsware zugekauft und danach wieder vertrieben werden. Laut Analyse werden für *Branche 1* sieben unterschiedliche Artikel extern zugekauft und vertrieben. Die Fertigung dieser Artikel im Haus ist nicht wirtschaftlich und würde unnötige Mehrkosten verursachen, dennoch will man dem Kunden diese Ware anbieten können. Abbildung 4.4 zeigt dabei die Menge der ausgeschriebenen Artikel. Anhand dieser Illustration ist ein rasanter Anstieg der Artikelvielfalt in *Branche 2* zu erkennen.



	2014	2015	2016	2017
Branche 1	844	852	858	860
Branche 2	1049	1103	1182	1206
Branche 3	304	312	315	320

Abbildung 4.4 Auflistung der ausgeschriebenen Artikel Quelle: Eigene Darstellung

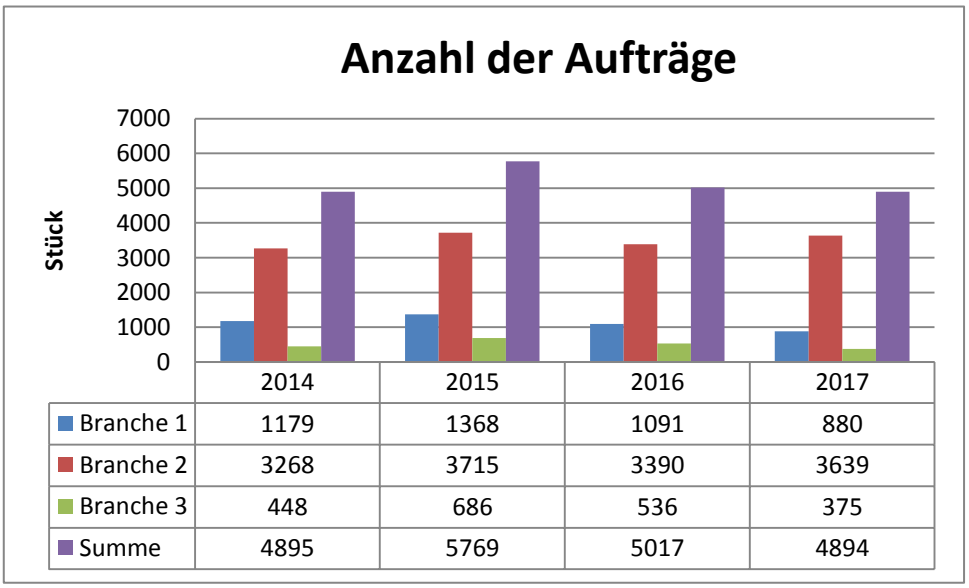
Darüber hinaus ist ersichtlich, dass eine Differenz zwischen den aktiven und den tatsächlich ausgeschriebenen Artikeln besteht. Dies ist eine Folge von vernachlässigter Stammdatenpflege. Aus diesem Grund sind die nicht benötigten Artikel zu erheben und im System zu archivieren. Dies erhöht einerseits die Leistungsfähigkeit des Systems andererseits können diese Artikel nicht fälschlicher Weise ausgeschrieben werden. Abbildung 4.5 veranschaulicht die Differenz zwischen den aktiven und ausgeschriebenen Artikel.



	2014	2015	2016	2017
aktive Artikel	3492	3568	3693	3763
Ausgeschriebene Artikel	2197	2267	2355	2386

Abbildung 4.5 Aktive zu ausgeschriebene Artikeln Quelle: Eigene Darstellung

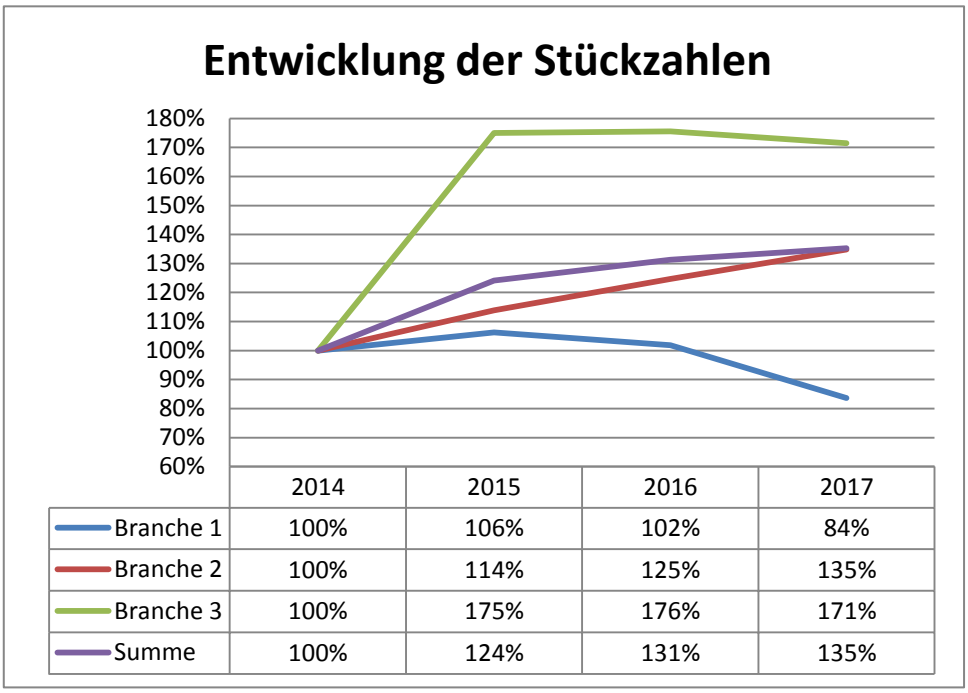
Zusätzlich ist zu erkennen, dass die Anzahl der ausgeschriebenen Artikel und somit das produzierte Produktsortiment kontinuierlich ansteigt. Dies geht unter anderem einher mit der gesteigerten Auftragslage in den einzelnen Branchen. Dennoch wird anhand Abbildung 4.6 erkannt, dass die Anzahl der Produktionsaufträge über die Jahre dennoch sinkt. An dieser Stelle sei gesagt, dass für das Jahr 2017 eine Hochrechnung der bestehenden Aufträge bis zum Jahresende verwendet wird.



	2014	2015	2016	2017
Branche 1	1179	1368	1091	880
Branche 2	3268	3715	3390	3639
Branche 3	448	686	536	375
Summe	4895	5769	5017	4894

Abbildung 4.6 Anzahl der gefertigten Aufträge Quelle: Eigene Darstellung

Somit werden mehr verschiedene Artikel mit weniger Aufträgen gefertigt. Dies deutet bei erster Betrachtung daraufhin, dass kleinere Losgrößen als in der Vergangenheit produziert werden. Ein weiterer Grund kann das Zusammenlegen von aufeinanderfolgenden Arbeitsgängen sein. Eine weitere Auswertung soll die Entwicklung der produzierten Stückzahlen wiederspiegeln. Dabei soll das Jahr 2014 als Basis dienen. Auch in dieser Darstellung wird der Wert für 2017 hochgerechnet.



	2014	2015	2016	2017
Branche 1	100%	106%	102%	84%
Branche 2	100%	114%	125%	135%
Branche 3	100%	175%	176%	171%
Summe	100%	124%	131%	135%

Abbildung 4.7 Entwicklung der produzierten Mengen Quelle: Eigene Darstellung

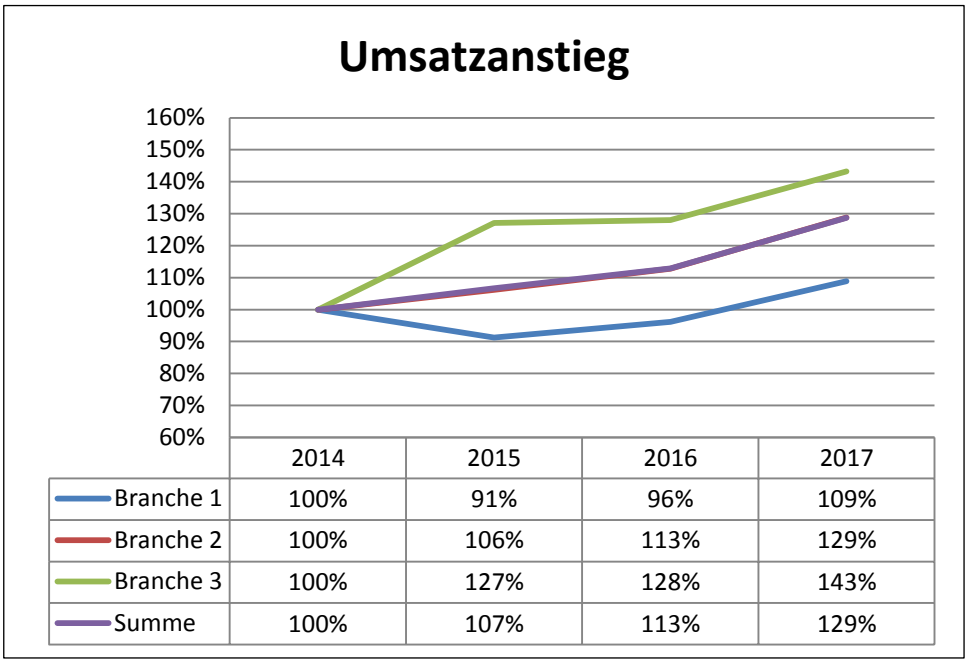
Der bereits vermutete Negativtrend bei den Artikeln der *Branche 1* ist mit dieser Illustration zu erkennen. Den größten Zuwachs kann man hingegen bei den Artikeln der *Branche 3* wahrnehmen, sowie ein Anstieg der *Branche 2*. Insgesamt ist die Anzahl der produzierten Stückzahlen um 35 % gestiegen.

4.1.2 Ladenhüter

Einhergehend mit dieser Entwicklung sind auch Ladenhüter in den einzelnen Bereichen angestiegen. Diese sind zum größten Teil bereits verschrottet. Übrige Anteile werden zu günstigeren Preisen abgegeben. Trotzdem sind im Stammwerk aktuell zwölf Artikel als Ladenhüter ausfindig zu machen, die seit 2016 keine Umlagerung mehr aufweisen. Davon entfallen sechs Produkte die seit 2015 und vier Produkte die seit 2014 nicht verwendet werden. Diese sind als Halbfertigprodukte zu identifizieren. Es werden 30 Lagerplätze und somit Kapital im Wert von 75.000 Euro (€) gebunden. Zusätzlich zu den angefallenen Material- und Produktionskosten sind weitere Ausgaben für die Lagerung nicht außer Acht zu lassen. Ebenso müssen die Teile nach einer langen Lagerung auf deren Funktionstüchtigkeit kontrolliert werden, was zusätzliche Kapazitäten in der Qualitätssicherung erfordert. Folglich ist der Verlust noch höher anzusetzen. Damit unnötige Manipulationen und dadurch entstandene Belastungen verhindert werden können, ist es oft günstiger diese Bestände zu entsorgen und bei Bedarf erneut anzufordern.

4.1.3 Umsatzverteilung

Neben dem Anstieg der Produktionsmengen und den dadurch bedingten Ladenhütern ist ein positiver Trend hinsichtlich des Umsatzes in den vergangenen Jahren zu erkennen. Dabei sind ebenfalls die Artikel der *Branche 2* und *Branche 3* als Treiber zu sehen. Im Vergleich zum Basisjahr 2014 werden in diesem Jahr laut Hochrechnung bis zum Jahresende alle drei Branchen einen Umsatzanstieg vorweisen können. Dabei deckt sich der Anstieg der Branche 2 mit dem Anstieg des gesamten Umsatzes.



	2014	2015	2016	2017
Branche 1	100%	91%	96%	109%
Branche 2	100%	106%	113%	129%
Branche 3	100%	127%	128%	143%
Summe	100%	107%	113%	129%

Abbildung 4.8 Umsatzanstieg seit 2014 Quelle: Eigene Darstellung

Betrachtet man die in Abbildung 4.9 angeführte Umsatzverteilung nach Branchen wird verständlich warum sich die Kurve des Gesamtumsatzes mit der Kurve von *Branche 2* fast genau deckt.

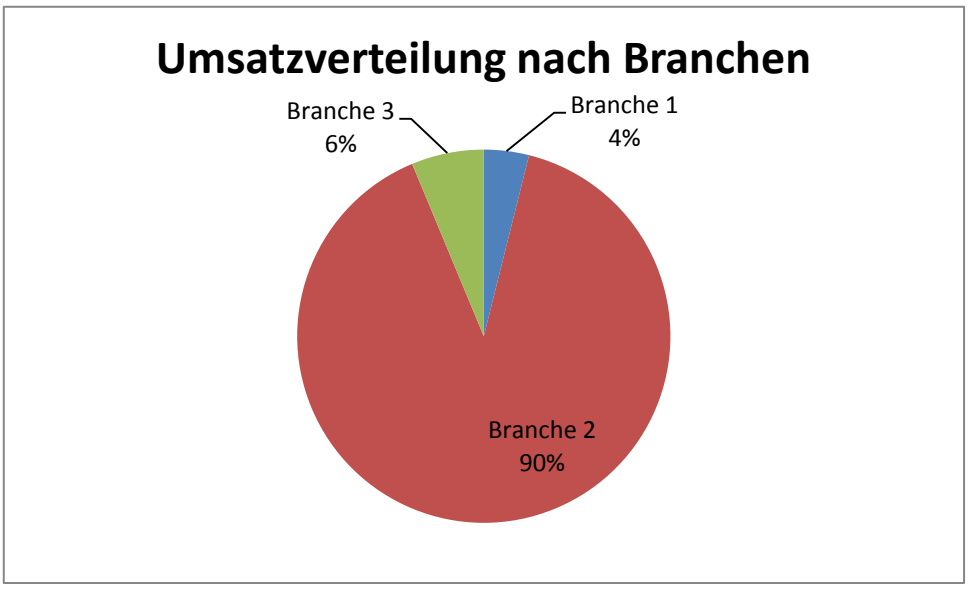


Abbildung 4.9 Umsatzverteilung nach Branchen Quelle: Eigene Darstellung

Dies ist auch der Grund warum eine Fokussierung in diese Richtung stattfindet und sich das Unternehmen auf diese Produktsparte spezialisiert. Ebenso erklärt sich dadurch der Verlauf der Produktionsmengen über die letzten Jahre. Zusätzlich wird in den nächsten drei bis vier Jahren mit einem Anstieg von 50 % gerechnet. Aus diesem Grund werden Vorkehrungen getroffen um ausreichende Produktionskapazitäten zu schaffen. Einhergehend damit sind auch die Lagerkapazitäten neu auszulegen.

4.2 Rohmaterialien

Um die zuvor angeführten Materialien produzieren zu können werden unterschiedliche Rohmaterialien benötigt. In der Serienfertigung ist eine Unterscheidung je nach Artikel notwendig. Zum Beispiel werden für die Herstellung diverser Teile Stahlbänder benötigt. Diese werden mittels Umformtechnik im ersten Schritt zu den einzelnen Halbfertigteilen geformt. Bei einer weiteren Produktfamilie benötigt man zusätzlich Drähte zur Fertigung der Teile. Durch die Auswertung der unterschiedlichen Rohmaterialnummern sind 280 verschiedene Produkte ausfindig zu machen. Je nach Teil erfolgt eine zusätzliche Einteilung in unterschiedlichen Werkstoffen. Die Verwendung dieser Materialien erfordert eine klimatisierte Lagerung. Um die Vorfertigung mit genügend Material versorgen zu können, werden bei günstigen Marktpreisen große Mengen zugekauft. Somit nimmt das Rohmateriallager eine Sicherungs- sowie Spekulationsfunktion ein. Die Sicherungsfunktion des Lagers sorgt dafür, dass das Lager Lieferschwankungen durch einen Anbieter für die Produktion überbrückt. Eine solche Funktion spielt zurzeit eine immer größere Rolle, da die aktuelle Wiederbeschaffungszeit, bedingt durch die gute wirtschaftliche Lage, bei 56 Tagen und somit acht Wochen liegt. Diese hat sich innerhalb der letzten fünf Jahre fast verdoppelt und schwankt je nach Saison.

4.3 Hilfsmaterialien

Neben den Teilen zur Deckung des Primärbedarfes und den Rohmaterialien, spielen die Hilfsmaterialien des Unternehmens eine große Rolle. In den unterschiedlichen Abteilungen kommen Schmier- sowie Reinigungsmittel zum Einsatz. Diese Materialien werden zur Gänze zugekauft. Zusätzlich werden auch Ersatzteile für den hausinternen Werkzeugbau extern erworben. Das aktuelle Teilespektrum der Hilfsmaterialien liegt im Moment bei über 20.000 verschiedenen Artikeln. Aus Kostengründen wird deshalb der Großteil dieser Ersatzteile jedoch in der Abteilung *Mechanische Fertigung* produziert. Insbesondere Teile deren Herstellung einen Wettbewerbsvorteil in der Produktion bedeuten. Dieses Knowhow will man nicht aus der Hand geben. Einhergehend ist man in der Region des Stammwerkes jedoch mit einem Fachkräftemangel im technischen Bereich konfrontiert. Diese Personalengpässe führen zu Verspätungen in der Produktion. Aus diesem Grund muss der Fokus auf die interne Lehrlingsausbildung gelegt werden. Ebenso besteht durch den Ausbau des Zweitwerkes die Chance, dass in dieser Abteilung fehlende Kapazitäten kompensiert werden. Diese Kompetenzweitergabe innerhalb beider Werke ist in den nächsten Monaten zu forcieren, da mit der Anzahl der produzierten Artikel ebenso die Anzahl der Werkzeugersatzteile anwächst. Wenn man bedenkt, dass ein Werkzeug aus zwischen 100 und 300 Ersatzteilen besteht, kann man erkennen, dass sich diese Zahl um ein Vielfaches pro Endprodukt erhöht.

4.4 Werksspezifische Aufteilung

Die nächsten zwei Subkapitel sollen einen Überblick bezüglich der beiden Produktionsstandorte schaffen, in denen die Güter produziert werden. Hierbei stehen die Produktions- sowie Lagerbereiche im Vordergrund. Dieses Grundverständnis muss geschaffen werden, damit in den Folgekapiteln auf den zwischen- sowie innerbetrieblichen Material- und Datenfluss eingegangen werden kann.

4.4.1 Produktionsbereiche Stammwerk

Das Stammwerk befindet sich in der Mitte Österreichs und wird in der Serienfertigung in fünf verschiedene Bereiche unterteilt. Die Bereiche *Vorfertigung 1 (V1)* sowie *Vorfertigung 2 (V2)* sind intern als Halbfertigproduktion zu sehen. Die Unterteilung in zwei verschiedene Bereiche ist bedingt durch die unterschiedlichen Umformtechniken die zum Einsatz kommen. Darüber hinaus sind es die eingesetzten Werkzeuge, die eine Unterscheidung unumgänglich machen. Je nach eingesetztem Material werden unterschiedliche Fachkräfte für den Werkzeugbau benötigt.

Nach diesem Fertigungsschritt werden die angefallenen Teile im Bereich *Oberflächenbehandlung (OF)* entfettet. Dieser Arbeitsschritt ist erforderlich um die zuvor benötigten Schmiermittel entfernen zu können. Zusätzlich werden verschiedene Technologien zum Polieren der Teile eingesetzt.

In weiterer Folge werden die Güter entweder im *Endfertigungsbereich (EF)* oder in der *Montage (MON)* weiterverarbeitet. Die EF spielt am Standort hinsichtlich der Mengen jedoch nur noch eine untergeordnete Rolle. Hierbei handelt es sich um verbliebene Ressourcen, von denen die restlichen bereits in das Zweitwerk übersiedelt sind. Einen viel größeren Bereich stellt die MON dar. In diesem Bereich sind automatisierte Montageautomaten vorzufinden, die einen Großteil der Halbfabrikate sowie Zukaufteile verarbeiten.

Neben der Serienfertigung ist ebenso eine hausinterne *mechanische Fertigung (MF)* vorhanden. In dieser Abteilung werden die Werkzeugersatzteile hergestellt, die zur Reparatur im Werkzeugbau benötigt werden. Die V1 sowie V2 haben jeweils einen eigenen Werkzeugbau, der sich einerseits als Kunde der MF, andererseits als Dienstleister für die jeweiligen Produktionsbereiche sieht.

Einhergehend mit der Trennung zwischen Serienfertigung und mechanischer Fertigung wird auch die Verplanung in diesen zwei Bereichen unterteilt. Dies resultiert aus der Gegebenheit, dass unterschiedliche Planungsstrategien benötigt werden, da in der Serie Aufträge mit hohen Losgrößen und einer Auftragsdauer von bis zu drei Wochen pro Arbeitsgang produziert werden können. In der MF jedoch werden nur sehr kleine Losgrößen bis zu Losgröße 1 produziert, da ein Werkzeugbruch eine hohe Reaktionsfähigkeit erfordert.

4.4.2 Lagerbereiche - Stammwerk

Die Lagerbereiche unterscheiden sich am Stammwerk je nach Fertigungstiefe. Zu Beginn des Standortes befindet sich der Wareneingang. Nach Annahme der Lieferung durch die Qualitätssicherung werden die zugekauften Güter in das Rohmateriallager gebracht. Von dort aus werden die Vorfertigungsbereiche mittels Kanban-System beliefert. Somit ist in diesen Bereichen kein Lager für Rohmaterialien ausfindig zu machen. Vor den Bereichen V1 und V2 werden hingegen die jeweils benötigten Werkzeuge aufbewahrt.

Das nächste Lager befindet sich vor der OF. Hier entsteht ein Puffer, da in der Vorfertigung eine große Menge unterschiedlicher Teile anfällt die nicht in der gleichen Reihenfolge abgearbeitet werden können. Wird die Kapazität des Puffers voll ausgeschöpft wird ebenso ein weiteres Produktionslager zur Aufbewahrung des Umlaufbestandes verwendet. Dieses nimmt zusätzlich eine Pufferfunktion für Bestände vor der EF und MON ein. Zum Verständnis soll Abbildung 4.10 die einzelnen Bereiche schematisch darstellen.

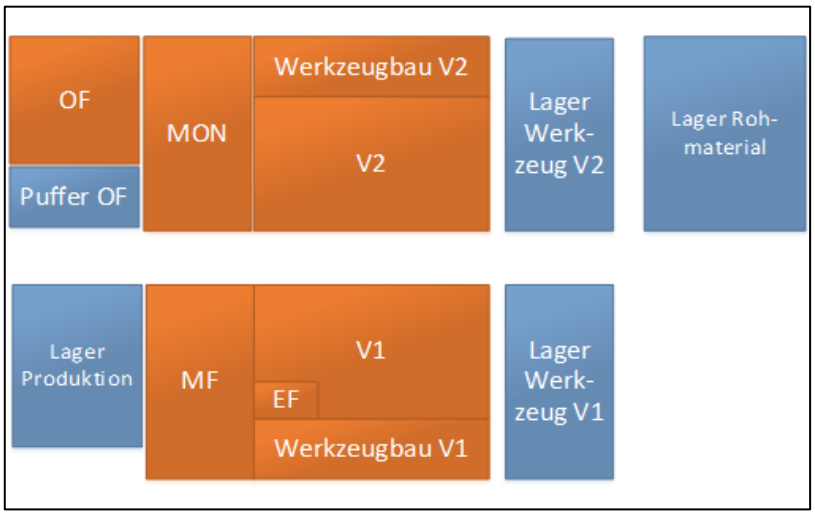


Abbildung 4.10 Schematische Darstellung der Produktions- und Lagerbereiche des Stammwerkes Quelle: Eigene Darstellung

Anhand dieser Abbildung ist zu erkennen, dass kein Fertigteillager direkt am Standort vorhanden ist. Dieses befindet sich ungefähr 5 Kilometer entfernt vom Stammwerk. Hierfür kommt eine zusätzliche Halle zum Einsatz in der Kapazität für Fertigmengen geschaffen wird. Die Belieferung an den Kunden findet von diesem Standort aus statt. Dies bedeutet, dass fertige Produkte nach einem Produktionsdurchlauf für einen Transport gepuffert werden, bis sich ein Transport lohnt. Durch diese Auslagerung entstehen weitere Kosten, auf die im Materialfluss genauer eingegangen wird.

4.4.3 Produktionsbereiche - Zweitwerk

Die Bereiche im Zweitwerk, sind an die Abteilungen im Stammwerk angelehnt. Hier ist ebenso ein *Vorfertigungsbereich 1* für den ersten Arbeitsschritt vorhanden.

Eine darauf anknüpfende *Oberflächenabteilung (OF)* bietet ebenso die Möglichkeit die zuvor angefallenen Teile zu entfetten beziehungsweise zu waschen. Zusätzlich können Lackiertrommeln in diesem Bereich vorgefunden werden. Dies weist den ersten Unterschied zum Stammwerk auf. In Folge dessen wird erkannt, dass Artikel vom Stamm- in das Zweitwerk geliefert werden müssen, sofern diese lackiert werden.

Wie bereits erwähnt, sind einige maschinelle Ressourcen der Endfertigung des Stammwerkes verlagert worden. Diese bilden den *Endfertigungsbereich (EF)* des Stammwerkes und sind zur Weiterverarbeitung der gewaschenen Halbfabrikate gedacht. Zusätzlich kommen hier Technologien zum Einsatz, die in dieser Form im Stammwerk nicht mehr anzufinden sind. Die Umlagerung begründet sich im wirtschaftlichen Aspekt.

Des Weiteren sind *Montageplätze* (MON) vorzufinden, die jedoch in Form von Handarbeitsplätzen ausgeführt sind. Obendrein gibt es einen *Sortierbereich* in dem einerseits Nacharbeiten sowie Sortierarbeiten per Hand durchgeführt werden. Wie zu Beginn der Arbeit erwähnt, bereitet sich die Firma auf einen erhöhten Kapazitätsbedarf in der Produktion vor. Dieser ist zum größten Teil in der Montage der Halbfabrikate zu erbringen. Aus diesem Grund steht vorerst eine Produktionshalle leer. Je nach Beschluss der Führungsebene werden weitere Ressourcen vom Stammwerk verlagert oder automatisierte Montageautomaten auf dieser Fläche platziert.

4.4.4 Lagerbereiche - Zweitwerk

Zu Beginn des Standortes ist ebenso ein Lager für das Rohmaterial vorzufinden. In diesem werden sämtliche benötigten Waren aufbewahrt. In Mitten der Fertigungsabteilungen ist ein Pufferlager für Umlaufbestände angesiedelt, das eine Versorgungsfunktion für diese Bereiche erfüllen soll. Am Ende des Standortes befindet sich das Fertigteillager, dass bei Bedarf noch erweitert werden kann. Dieser freie Raum dient bis zur Implementierung des Hochregallagers als Blocklager für Fertig- und Halbfertigteile des Stammwerkes. Wie aus Abbildung 4.11 entnommen werden kann, ist das Zweitwerk viel dichter verplant, obwohl noch freie Fläche verfügbar wäre. Im Gegensatz zum historisch gewachsenen Stammwerk, wird das Zweitwerk neu bezogen und somit kann die Bereichsanordnung an die Gegebenheiten angepasst werden.

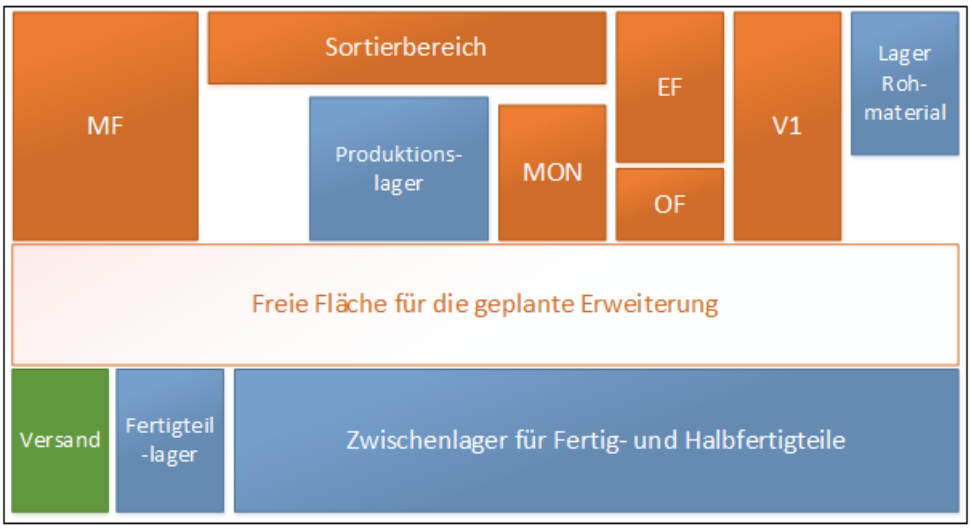


Abbildung 4.11 Schematische Darstellung der Produktions- und Lagerbereiche des Zweitwerkes Quelle: Eigene Darstellung

4.5 Materialfluss

Nach der Analyse und Darstellung der Artikelvielfalt sowie der Produktionswerke in den vorherigen Subkapiteln, zeigt dieser Teil den Güterfluss innerhalb und zwischen den Werken.

4.5.1 Gesamtheitlicher Materialfluss

Zunächst sollen die Materialbewegungen vom Lieferanten bis zum Versand analysiert werden. Abbildung 4.12 soll den aktuell komplexen Ablauf vereinfacht darstellen, wobei die Anbindung des Hochregallagers vorerst noch außer Acht gelassen wird.

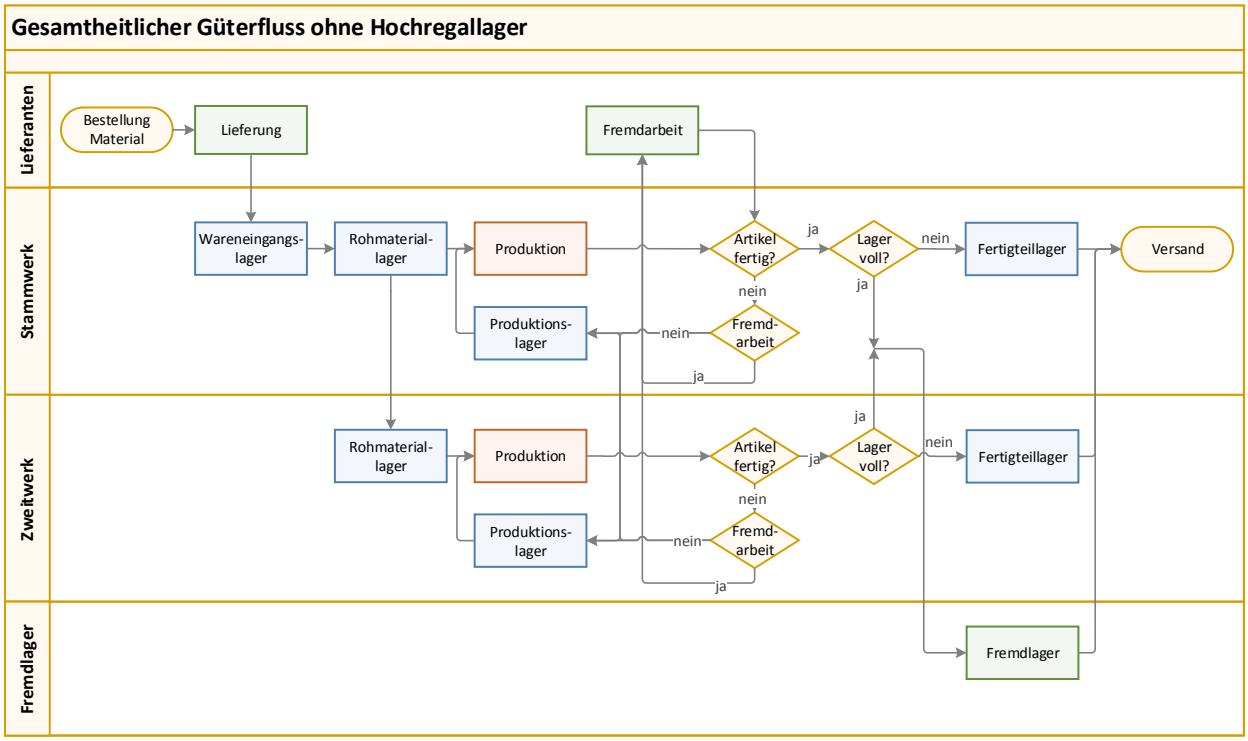


Abbildung 4.12 Gesamtheitlicher Güterfluss ohne Hochregallager Quelle: Eigene Darstellung

Es wird gezeigt, dass die Zustellung der Roh- sowie Hilfsmaterialien durch den Lieferanten erfolgt, was eine Beschaffung nach dem Bringprinzip innerhalb des Unternehmens bedeutet. Diese Materialien werden zuerst an das Wareneingangslager überreicht. Dort erfolgt eine Kontrolle durch die Qualitätssicherung. Nach der Freigabe werden die Güter am Rohmaterialager des Stammwerkes untergebracht. Danach wird das Material je nach Bedarf auf die einzelnen Werke zugeteilt. Nach der Verteilung auf das jeweilige Werk startet der Produktionsvorgang. Nach jedem Produktionsschritt wird das Material auf ein zugeordnetes Produktionslager gebracht, bis die Fertigung abgeschlossen ist. Als Ausnahme sind die Bereitstellungen für einen Dienstleister zu sehen. Nach der vollendeten Dienstleistung gliedert sich die Ware wieder in den Güterflusses innerhalb des jeweiligen Werkes ein. Zusätzlich kann ein Warenfluss zwischen Stamm- und Zweitwerk innerhalb eines Fertigungsprozesses vorkommen. Dabei verhält sich die Eingliederung in den Warenfluss, wie bei einem Dienstleister. Einhergehend mit der hohen Auftragslage muss eine Sicherungsfunktion für den Kunden gewährleistet sein. Das bedeutet einen erhöhten Lagerbedarf der Fertigteile. Aus diesem Grund kommt es vor, dass die einzelnen Fertigteillager der einzelnen Standorte über 100 % ausgelastet sind. Ist das Lagervolumen zur

Gänze ausgeschöpft, werden die Teile einerseits im Zweitwerk gelagert andererseits werden Fremdlager gemietet um die Ware unterbringen zu können. Zusätzlich wird eine zugekaufte Lagerhalle in der unmittelbaren Umgebung zum Stammwerk genutzt um die Güter verstauen zu können. Werden die Produkte vom Kunden abgerufen, holt man diese in das Stammwerk zurück, wo sie dann verpackt und für den Versand bereitgestellt werden.

Diese umständlichen Lagervorgänge sind mit erheblichen Kosten verbunden. Das Zweitwerk ist, wie bereits erwähnt, circa 250 Kilometer vom Hauptstandort entfernt. Der unternehmensinterne Transport fährt bei einer hohen Auftragslage zweimal täglich zwischen den Werken hin und her. Zusätzlich stellt ein weiterer Transport die Güterversorgung zwischen Stammwerk und zugekauftem Lager sicher. Dieses befindet sich circa 5 Kilometer entfernt und ein Transport zwischen den zwei Standorten erfolgt bis zu fünf Mal täglich. Darüber hinaus entstehen Ausgaben durch das Anmieten von Lagerkapazitäten bei einem externen Transportunternehmen, die mit Hilfe neuer Lagerkapazitäten oder einem verbesserten Produktionsfluss minimiert werden können.

4.5.2 Materialfluss innerhalb der Produktion

Betrachtet man den produktionsspezifischen Materialfluss, kann man den gleichen Ablauf innerhalb der unterschiedlichen Werke, wie in Abbildung 4.13 abgebildet, erkennen.

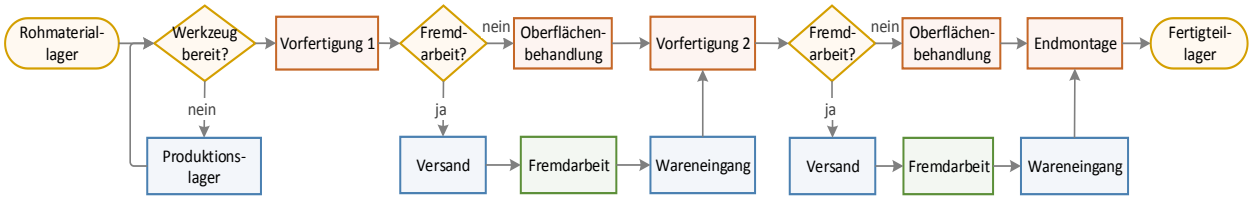


Abbildung 4.13 Güterfluss innerhalb der Produktion Quelle: Eigene Darstellung

Zuerst erfolgt, die Abklärung bezüglich der Werkzeugverfügbarkeit. Ist dieses bereit, startet der erste Arbeitsgang im Bereich der Vorfertigung 1. Danach entscheidet sich ob eine Fremdarbeit benötigt wird. Ist dies nicht der Fall wird der Umlaufbestand für die Oberflächenbehandlung bereitgestellt. Danach erfolgt bei Bedarf ein weiterer Vorfertigungsschritt. Wird eine Technologie zur Oberflächenbehandlung benötigt, die nicht vorhanden oder deren Kapazität ausgelastet ist, wird der Umlaufbestand für den Versand zu einem Dienstleister bereitgestellt. Nach dem Wareneingang gliedert sich das Material erneut in die Fertigungskette ein. Dieser Vorgang wiederholt sich für eine weitere Oberflächenbehandlung und die abschließende Endmontage.

Neben den Fremdarbeiten durch einen externen Dienstleister kann es vorkommen, dass Arbeitsschritte im Zweitwerk durchgeführt werden müssen. Somit kann es sein, dass zwar die Vorfertigung 1 im Stammwerk, die benötigte Oberflächenbehandlung und der Vorfertigungsschritt 2 im Zweitwerk durchgeführt werden. Außerdem kann es vorkommen, dass die Endmontage hingegen wieder im Stammwerk durchgeführt wird. Dies wird oftmals durch Nacharbeiten hervorgerufen, worauf sich das Zweitwerk spezialisiert hat.

Eine Auswertung, dargestellt mittels Bewegungsmatrix (Tabelle 4.1) zeigt die Abteilungswechsel der einzelnen Produkte innerhalb des Stammwerkes. Hierfür werden die angelegten Stammdaten zu den einzelnen Arbeitsgängen ausgewertet und in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. Diese soll zeigen wie oft ein Material von einer Quelle zu den einzelnen Senken transportiert wird.

Senke / Quelle	Vorfertigung 1	Vorfertigung 2	Vorfertigung 3	Montage	Oberfläche	Prozessende	Fremdarbeit
Vorfertigung 1	---	---		---	176	349	2
Vorfertigung 2	---	---	---	---	5	92	1
Vorfertigung 3	20	---	---	---	148	188	---
Montage	---	---	---	5	9	21	20
Oberfläche	---	45	10	23	317	160	320
Prozessbeginn	523	55	383	119	590	---	1647
Fremdarbeit	---	---	1	13	273	273	1005

Tabelle 4.1 Bewegungsmatrix anhand Prozessdatenanalyse Quelle: Eigene Darstellung

Anhand dieser Auswertung ist zu erkennen, dass die Abteilung zur Oberflächenbehandlung intern am meisten beliefert wird. Dies und die Tatsache, dass Dienstleistungen zur Kapazitätsentlastung genutzt werden, deuten auf einen möglichen Engpass in dieser Abteilung hin. Der Engpass sorgt für einen erhöhten Lagerbedarf innerhalb der einzelnen Werke. Zusätzlich zeigt die Tabelle, dass die meisten Prozesse einen Fremdarbeitsgang aufweisen, der meistens aus der Tatsache resultiert, dass die Oberflächenabteilung an ihre Kapazitätsobergrenze hinsichtlich der Produktion gestoßen ist. Aus diesem Grund soll eine weitere Abbildung den Anstieg der Auslastung dieser Abteilung durch die angelieferten Umlaufbestände zeigen. Hier wird erneut von einem Basisjahr 2014 ausgegangen. Man kann einen Trend zu einer höheren Auslastung der Abteilung erkennen, obwohl 2016 bedingt durch einen Maschinenausfall von fast 2 Monaten einige Fremdvergaben in diesem Bereich erfolgt sind.

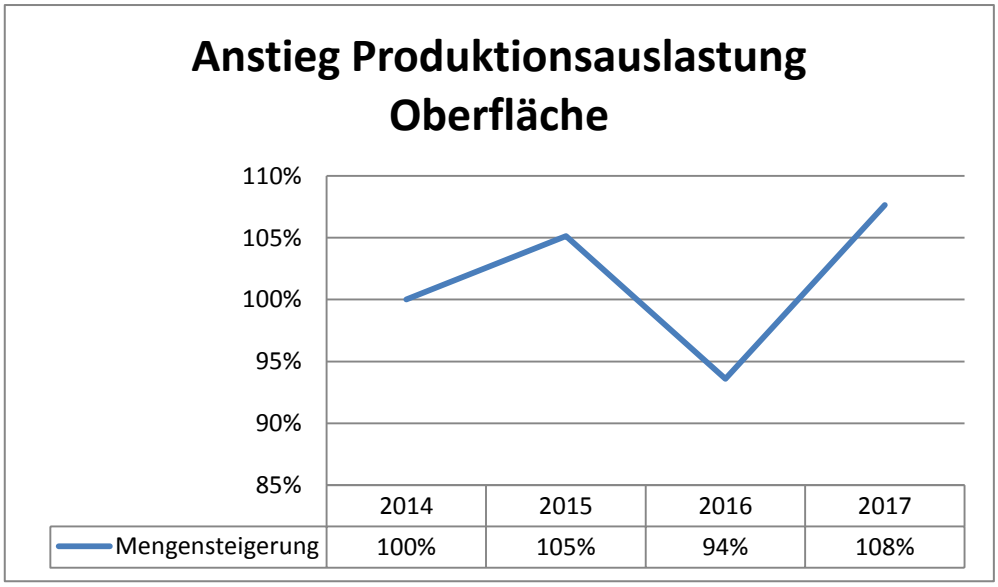


Abbildung 4.14 Anstieg der Produktionsauslastung im Bereich Oberfläche Quelle: Eigene Darstellung

Betrachtet man die Kapazitätsauslastung der Oberflächenabteilung im Stammwerk über die letzten Jahre ist zu erkennen, dass man an der Kapazitätsobergrenze angekommen ist und sich oft mit Fremdvergaben beziehungsweise Zwischenlagerungen behelfen muss. Vor allem wenn man bedenkt, dass ein weiterer Anstieg von 50 % in der Produktion zu erwarten ist. Dabei werden sämtlich gefertigte Güter in der Oberflächenabteilung behandelt.

4.5.3 Kapazitätsbedarf Lager

Wie in Kapitel 4.5.1 hervorgeht reichen die aktuellen Kapazitäten im Stammwerk nicht aus um die Fertigteile unterzubringen. Eine nähere Analyse zeigt, dass die fehlende Kapazität bei einem Transportunternehmen angemietet wird. Dieses Lager bietet Platz für 1000 Europaletten zu je 20 Kleinladungsträgern. Zusätzlich wird in der näheren Umgebung des Stammwerkes ein Lager bezogen, das weitere 750 Europaletten aufnehmen kann. Durch diese Auslagerung und einer begrenzten Fläche werden die freien Plätze zu 80 % für den Umlaufbestand genutzt. Dadurch stehen innerhalb des Stammwerkes nur noch 250 frei verfügbare Lagerplätze für Fertig- und Halbfertigteile zur Verfügung. Diese werden in Form von Regallagern und chaotischer Lagerplatzzuordnung verwaltet. Zusätzlich zu diesen Mengen bietet das Zweitwerk Platz für 500 Paletten, beladen mit Halbfertig- sowie Fertigteilen. Diese werden sowohl in Form eines Blocklagers als auch eines Regallagers mit chaotischer Lagerplatzverwaltung abgestellt. Ein Blocklager kommt wegen der hohen Losgröße der gelagerten Chargen in Frage. In diesem Fall ist auch eine Zeilenlagerung wirtschaftlich sinnvoll, da die Lagerung über einen langen Zeitraum stattfindet. Die Puffer in den Produktionsbereichen bieten zusätzlich Platz für 200 Paletten Umlaufbestand. Somit stehen in Summe 2.700 Lagerplätze zur Verfügung, die einen Lagernutzungsgrad von 98 % aufweisen. Von diesen Paletten werden stündlich ungefähr 20 Paletten in einem Dreischichtbetrieb eingelagert. Die Auslagerung erfolgt dreischichtig, in denen ebenso bis zu 20 Paletten stündlich bewegt werden.

4.6 Ergebnis und Resümee der Materialflussanalyse

4.6.1 Engpassabteilung Oberflächenabteilung

Die Materialflussanalyse zeigt zu Beginn, dass bereits über die vergangenen Jahre hinaus ein Anstieg der Produktionsmengen sowie Lagermengen stattfindet und dass sich ein Engpass in der Oberflächenabteilung abzeichnet. Anhand der Kennzahlen aus Kapitel 3.4 soll eine Aufnahme der aktuellen Situation geschaffen werden.

Der Lagernutzungsgrad des Pufferlagers in dieser Abteilung liegt im Jahresdurchschnitt bei 98 % was besagt, dass das Lager über das ganze Jahr voll ist. Dabei handelt es sich um 150 Europaletten zu je 20 Kleinladungsträgern, die unterschiedliche Mengen aufnehmen können. Diese werden bis auf die Produktion bereitgestellten Mengen in Kleinregallagern aufbewahrt. Durch die Errichtung der Regale ist zwar eine einmalige Investition gegeben, die aber durch die gesenkten Manipulationskosten wieder wettgemacht werden. Auf diesem Puffer sind stets 3000 Kisten vor der Oberflächenbehandlung gelagert. Dies bedeutet bei einer durchschnittlichen Bearbeitungsdauer von 30 Minuten pro Kiste und Maschinenressource, ist Material für 4 Schichten und 2 Maschinen lagernd. Trotz Wochenendarbeiten

und Fremdvergaben baut sich dieser Bestand innerhalb eines Monats wieder auf. Folglich ist ein weiterer Indikator für einen Engpass gegeben.

Die Lagerdauer hängt je von Artikel und den Nachfolgekapazitäten ab. Befindet sich eine nachfolgende Maschinenressource im Reparaturzustand kann es sein, dass die Lagerdauer bis zu 30 Tage beträgt. Im Durchschnitt jedoch beträgt die Lagerdauer ungefähr 3 Betriebstage. Einen zusätzlichen Einfluss stellt die Vorfertigung dar. Produziert diese mit voller Kapazität kommt es zum Auflaufen der Güter in der Oberflächenbehandlung. Die Anhäufung dieser Teile ist zuvor mittels Fremdvergaben abzufangen. Ist ein Dienstleister wegen fehlender Kapazitäten ebenso nicht in der Lage diese Leistungen durchzuführen, steigt die Lagerdauer im Durchschnitt auf bis zu 10 Betriebstage an.

Geht man von einer Lagerdauer von 3 Tagen aus, entspricht das bei einem Dreischichtbetrieb 4320 Minuten. Somit ergibt sich ein sehr hoher Fließgrad von 144, bei einer Bearbeitungszeit von 30 Minuten. Dieser Wert zeigt, dass zukünftige Projekte auf die Minimierung dieses Wertes fokussiert werden müssen. Darüber hinaus muss man darauf achten, dass man mit der Errichtung des Hochregallagers nicht noch weitere Umlaufbestände in diesem Bereich anhäuft. Diese würden weiteres Kapital binden.

Schritte zur Lockerung des Engpasses

Eine Möglichkeit zur kurzfristigen Entlastung der Kapazitäten liegt einerseits bei der Zuhilfenahme von Dienstleistungen Dritter, andererseits bei der Erweiterung des Kapazitätsangebotes in Form von angeordneten Überstunden.

Mittelfristig werden zur Lösung von Engpässen auch Verbesserungen hinsichtlich der Reihenfolge zur Abarbeitung der Produkte in Betracht gezogen. Dabei sind im Bereich der Oberflächenbehandlung die eingesetzten Hilfsmittel sowie Chemikalien zu betrachten, die für einen Rüstvorgang ausschlaggebend sind. Es ist essentiell dass innerhalb dieser Abteilung Rüstfamilien gebildet werden, die als spezifisches Merkmal dasselbe Hilfsmaterial benötigen, damit die Flüssigkeit nicht nach jedem Arbeitsgang entleert werden muss, da dieser Vorgang Kapazität ohne Wertschöpfung bindet. Hierbei wird das Potential bei 10 % seitens der Prozessverantwortlichen angesiedelt.

Unumgänglich erscheint jedoch der nächste Schritt zur längerfristigen Verbesserung der aktuellen Situation. Die Erweiterung des Maschinenpools um eine weitere Ressource, die eine schnellere Abarbeitung ermöglicht. Dies würde einerseits Lagerkosten sowie Ausgaben durch Dienstleistungen sparen andererseits können die zukünftig benötigten Kapazitäten geschaffen werden. Bei einer aktuellen über das Jahr nivellierten Auslastung von 130 % im Bereich der Entfettungsanlagen kann durch die Beschaffung derselben Ressource die benötigte Kapazität im Haus geschaffen werden. Lediglich zu Auftragsspitzen müssen Dienstleister beziehungsweise Überstunden zur Kapazitätserweiterung herangezogen werden. Jedoch muss die Abarbeitung der produzierten Teile durch die nachfolgenden Abteilungen gewährleistet sein, da sich das Problem ansonsten nicht löst sondern nur verlagert. Aus diesem Grund sind die Bereiche der Montage und Endfertigung ebenso in Betracht zu ziehen. Da die Endfertigung aktuell in einem Zweischichtenmodell produziert, stehen hier noch genügend Kapazitäten zur Verfügung. Zur Erweiterung der Montagekapazitäten werden aktuell Ressourcen mit dem Maschinenhersteller konzipiert, die eine ausreichende Versorgung von Maschinenkapazitäten aufweisen, um die anfallenden Stückzahlen abzuarbeiten.

4.6.2 Engpassabteilung Mechanische Fertigung

Neben dem Engpass in der Serienfertigung ist auch ein Engpass in der mechanischen Fertigung zu erkennen. Einzelne Ressourcen dieser Abteilung sind überlastet, welches auch in diesem Bereich zu Fremdvergaben einzelner Arbeitsschritte führt. Dies bedeutet aktuell einen enormen finanziellen Aufwand, damit die Werkzeuge rechtzeitig gefertigt werden können. Darüber hinaus bedeutet dieser Engpass aber auch, dass es zu Stillständen in der Produktion kommt, da das Fehlen eines Ersatzteiles nicht zur vorgezogenen Fertigung eines anderen Artikels führen darf. Dies würde unnötige Lagerkapazitäten binden und zeitgleich den Fließgrad der einzelnen Produkte am Lager erhöhen. Mittels einer Analyse kann ein Mehrmaschinenpool ausfindig gemacht werden, der eine Verplanung für die nächsten zwei Monate aufweist, obwohl Teile bereits früher benötigt werden. Um diesen Engpass lockern zu können, kann man einen mehrstufigen Ansatz in Betracht ziehen.

Schritte zur Lockerung des Engpasses

Kurzfristig scheint es sinnvoll zu sein, dass man sich mit Fremdvergaben sowie Überschichten behilft um eine schnelle Verbesserung erreichen zu können. Zusätzlich wird eine Vergabe der Teile in das Zweitwerk als kurzfristige Lösung erkannt. Hier stehen zum Teil benötigte Maschinenressourcen sowie die dafür benötigten Fachkräfte frei zur Verfügung. Dadurch können die benötigten Teile mit den zwischenbetrieblichen Transporten versendet werden. Da im Moment täglich zwei Transporte unterwegs sind, können einzelne hoch priorisierte Aktivitäten innerhalb eines Tages durchgeführt und wieder rückgeliefert werden. Mittelfristig muss ebenso angedacht werden, dass Rüstfamilien ausgearbeitet werden. In diesem Fall jedoch sind die Werkzeugwechsel in den einzelnen Maschinen ausschlaggebend, da diese Kapazitäten binden.

Ein Potential zur langfristigen Lösung liegt in der Verfügbarkeit der Fachkräfte, um verwendete Technologien gewinnbringend einsetzen zu können. Durch die aktuell gute wirtschaftliche Lage sind diese Fachkräfte mittlerweile nur noch schwer am freien Markt zu finden. Deshalb muss ein Fokus auf die Nachwuchsarbeit innerhalb des Unternehmens gelegt werden. Einhergehend mit den neuen Fachkräften können auch Überlegungen hinsichtlich modernerer Technologien angestellt werden, die eine schnellere Abarbeitung einzelner Aktivitäten ermöglichen. Um diese neuen Möglichkeiten erkennen zu können, müssen weitere Fortbildungen ermöglicht werden.

4.6.3 Stammdatenqualität

Zu Beginn der Materialflussanalyse haben die Auswertungen gezeigt, dass die Stammdaten bedingt durch Überlasten in der Administration nicht sauber gepflegt werden. Dies ist anhand der Anzahl der aktiven und tatsächlich ausgeschriebenen Artikel zu erkennen. Zusätzlich sind Einzelne Ressourcen keinen Bereichen zugeteilt, was einen Wartungsaufwand zur Ermittlung der Bewegungsmatrix bedeutet. Außerdem zeigt die Analyse, dass als Handelswaren oder Zukaufartikel deklarierte Teile mittels Produktionsauftrag ausgeschrieben werden. Dabei handelt es sich um inkonsistente Stammdaten, die zu bereinigen sind.

4.7 Einfluss des Hochregallagers auf den Materialfluss

4.7.1 Anstieg der Lagerkapazitäten

Da mit dem Anstieg der Produktionsaufträgen und den einhergehend gesteigerten Mengen, zukünftig mehr Paletten bewegt und gelagert werden, ist das automatische Hochregallager für 35 Ladungsträger zur Ein- sowie Auslagerung pro Stunde zu konzipieren. Dies bedeutet, dass insgesamt 70 Bewegungen in diesem Zeitraum möglich sind. Zusätzlich wird bei der Auslegung des Hochregals darauf geachtet, dass genügend Lagerplätze zu Verfügung stehen. Damit auch in Zukunft genügend Kapazität vorhanden ist bietet das Lager Platz für 5.300 Paletten. Das bedeutet eine Verdoppelung der aktuell zur Verfügung stehenden Lagerplätze.

Allerdings soll dieser Platz nicht als Pufferlager für die Produktion angesehen werden, da ein solcher Anstieg an Lagerkapazitäten, verlockend für eine Überlastung einzelner Maschinenressourcen ist. Die aktuelle Situation in der Oberflächenabteilung soll nicht verschleiert werden, indem man die Umlaufbestände im visuell abgetrennten Hochregallager “verschwinden“ lässt. Darüber hinaus sollen die aktuell benötigten Dienstleistungen reduziert werden. Deshalb ist anzudenken, dass im ersten Jahr eine maximale Lagerplatzanzahl von 2.700 Paletten freigegeben wird. Die restlichen Stellplätze sollen vorerst gesperrt und nur zu systeminternen Umlagerungen genutzt werden. Eine Verbesserung des Materialflusses ist durch die Anschaffung weiterer Oberflächenressourcen zu schaffen. Das bedeutet eine Verringerung des WIP-Bestandes und dem einhergehend gebundenen Kapital. Ebenso spricht eine kürzere Durchlaufzeit sowie eine flexiblere Verplanung der Kapazitäten für die Anschaffung einer weiteren Maschine.

4.7.2 Verbesserte werksspezifische Aufteilung im Stammwerk

Neben der Implementierung des Hochregallagers wird in der gleichen Ausbauphase im Stammwerk eine zusätzliche Fläche für die Montageabteilung bereitgestellt. Diese wird benötigt um den Maschinenpark hinsichtlich der gesteigerten Produktionsmengen zu vergrößern. Die dadurch entstandene freie Fläche im Zentrum des Standortes wird genutzt um die Oberflächenabteilung sowie die mechanische Fertigung auszuweiten und somit Platz für weitere Ressourcen zu schaffen. (Abbildung 4.15)

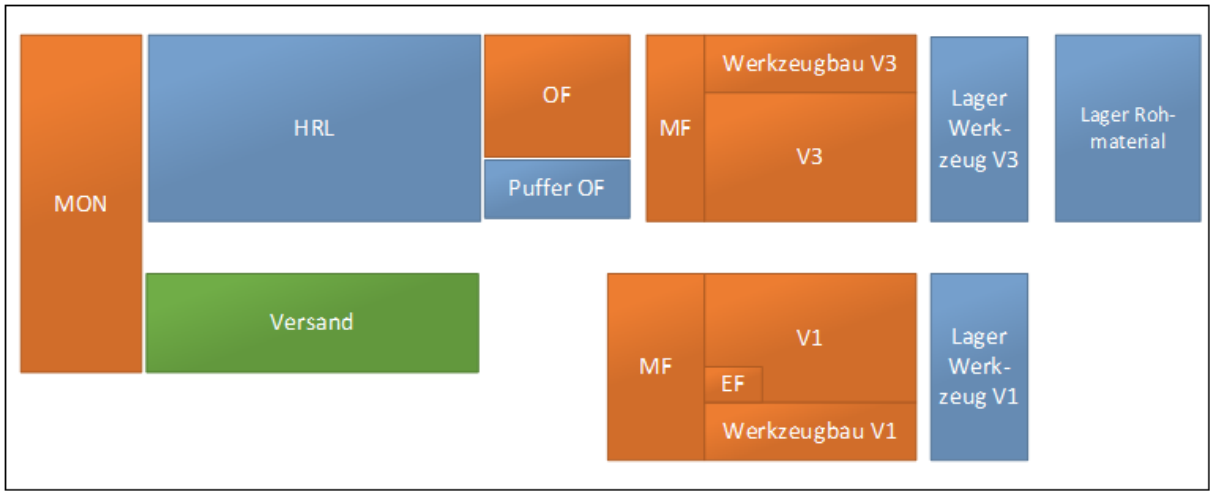


Abbildung 4.15 Neuanordnung der Produktions- und Lagerbereiche im Stammwerk Quelle: Eigene Darstellung

Die Errichtung des Hochregallagers ermöglicht es, dass der Versand wieder vom Produktionsstandort aus durchgeführt werden kann. Durch diese Schritte können Engpässe gelockert werden und Sonderfahrten zum werksnahen Lager bleiben erspart. Darüber hinaus verbessert sich das Firmengefüge der Mitarbeiter, wenn sämtliche Abläufe an einem Standort durchführbar sind.

4.7.3 Verbesserte werksspezifische Aufteilung im Zweitwerk

Auch der zweite Standort profitiert durch die Errichtung des Hochregallagers, da innerhalb kurzer Zeit die durch das Stammwerk beanspruchte Fläche wieder frei wird und bereits mit den ersten Vorbereitungen für die neuen Maschinen begonnen werden kann. Die Blocklagerung der einzelnen Teile hat nämlich diverse Bereiche der Hallen unzugänglich gemacht. Zusätzlich kann das eigene Fertigteillager sowie der Versand vergrößert werden, damit genügend Platz zur Manipulation der Ware gegeben ist.

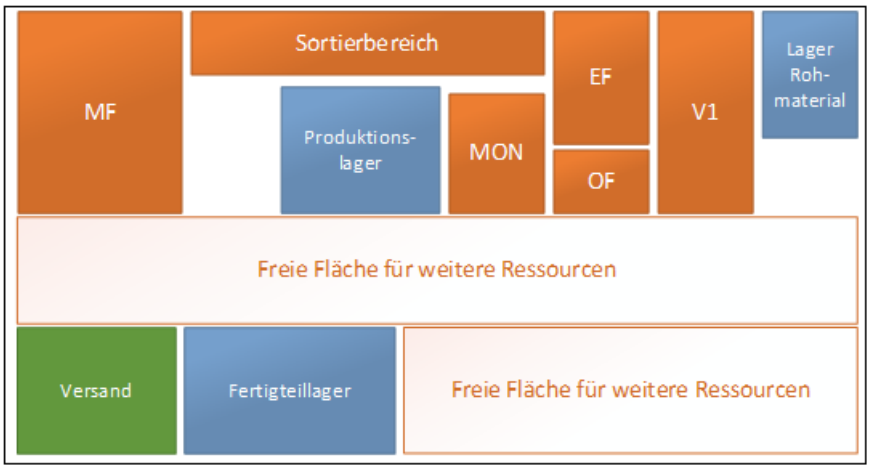


Abbildung 4.16 Neuanordnung der Produktions- und Lagerbereiche im Zweitwerk Quelle: Eigene Darstellung

4.7.4 Verbesserter Materialfluss

Einhergehend mit den gesteigerten Lagerkapazitäten im Stammwerk, besteht nun die Möglichkeit den Güterfluss zwischen den Werken zu optimieren. Da die Fläche des Zweitwerkes mit dem Erbau des HRL im Stammwerk nicht mehr verstellt werden, kann man im Gegenzug Produktionsressourcen verlagern. Ein Ansatz ist, dass vorhandene Technologien je nach Artikelbranche aufgeteilt werden. Zieht man zum Beispiel die Verlagerung der zuvor erwähnten Branchen 1 und 3 in Betracht, reichen die Lager- sowie Produktionsressourcen für eine eigenständige Produktion im Zweitwerk aus. Durch eine solche Verlagerung können die Produktionsprozesse unabhängig vom jeweiligen Werk gestaltet werden. Wegen dieser neuen Ausrichtung der Produktionsstrategie besteht die Möglichkeit, dass der zwischenbetriebliche Transport auf ein Minimum reduziert wird. Das Potential durch den Wegfall des zusätzlichen Transportes wird seitens der prozessverantwortlichen Führungskräfte bei 75.000 € jährlich eingestuft. Abbildung 4.15 zeigt den neu gestalteten Ablauf, der nun kein Fremdlager mehr aufweist was zu einer jährlichen Ersparnis von 200.000 € führt. Zusätzlich wird das Lager in der Nähe des Stammwerkes nicht mehr benötigt. Durch den Wegfall dieses Lagers, kommen keine zusätzlichen Sondertransporte mehr auf. Des Weiteren fallen die Erhaltungskosten des Gebäudes Weg, was zu einem Potential von 75.000 € jährlich führt.

Durch die Neugestaltung verlässt der Umlaufbestand nur dann ein Werk, wenn die Hilfestellung eines Dienstleisters benötigt wird. Dies soll anhand Abbildung 4.17 im Detail gezeigt werden.

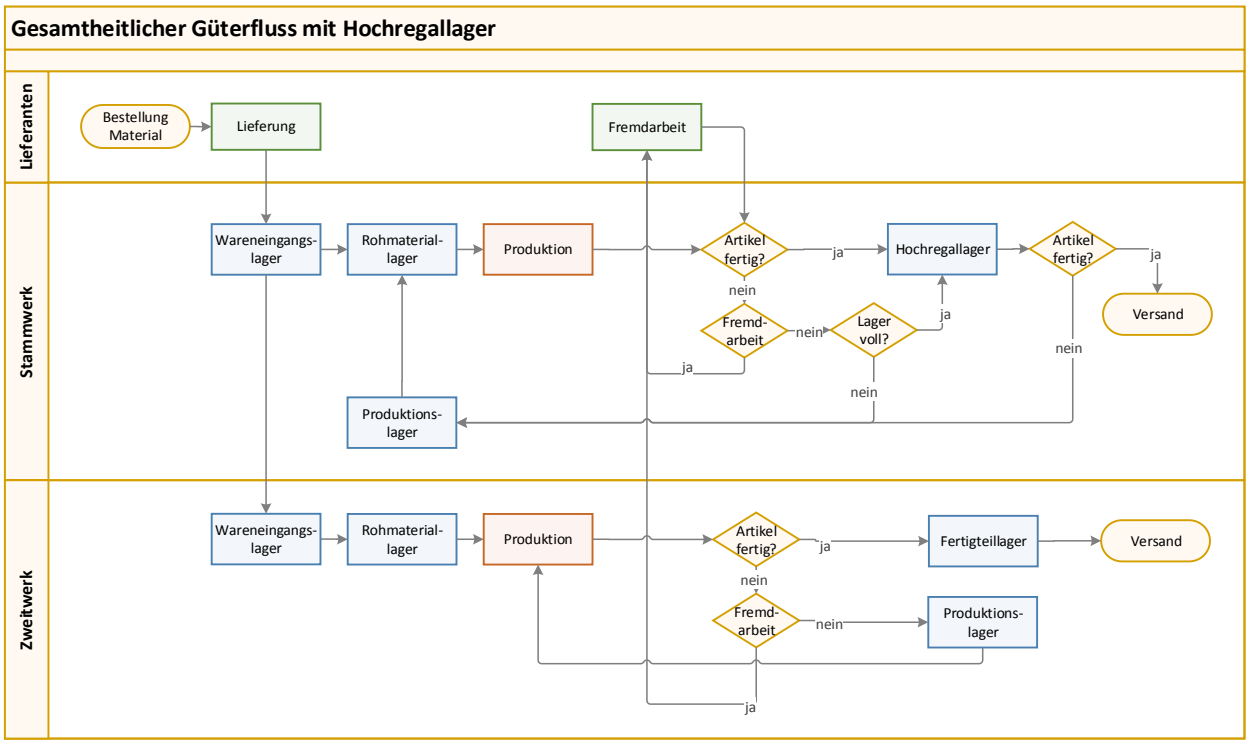


Abbildung 4.17 Gesamtheitlicher Güterfluss mit Hochregallager Quelle: Eigene Darstellung

Sind sämtliche Arbeitsgänge eines Produktionsauftrages erledigt, wird der Bestand des Artikels am standortspezifischen Fertigteillager geführt. Der Versand der fertigen Produkte erfolgt laut dieser Variante ebenso direkt vom jeweiligen Standort und es werden weitere Transportkosten zwischen den Werken eingespart.

5 DATENFLUSSANALYSE

Im nächsten Schritt wird eine detaillierte Analyse hinsichtlich der angewandten Informationstechnologien und dem Datenfluss innerhalb des Betriebes durchgeführt. Diese ist bedingt durch einen aktuellen Wissensverlust, einhergehend mit personellen Veränderungen in den betroffenen Abteilungen. Um den Einfluss der Implementierung eines Hochregallagers feststellen und zusätzliche Softwarelösungen effektiv einsetzen zu können, müssen zuerst die aktuellen Prozesse in diesem Bereich erkannt werden.

5.1 Landschaft der Informationstechnologie

Die Landschaft der Informationstechnologien im Unternehmen ist geprägt von den einzelnen Prozessen und den dafür benötigten Softwarelösungen. Für die Analyse sollen jedoch die logistikrelevanten Programme im Vordergrund stehen. Wie man in Abbildung 5.1 erkennt, ist die zentrale Datenbank (Data Warehouse) wesentlich. Diese wird aktuell einerseits mit den Informationen aus dem ERP andererseits mit den Daten aus dem MES befüllt. Die zusammenkommenden Informationen werden zuvor in relationalen Datenbanken verdichtet, damit die benötigten Daten für das Management Information System zur Verfügung stehen. In Zukunft wird einhergehend mit der Errichtung des Hochregallagers eine weitere Datenquelle sowie -senke zur Verfügung stehen. Ein WMS, das in der Abbildung in grüner Farbe dargestellt wird, soll Daten mit dem ERP sowie Data Warehouse austauschen. Die Verbindung mit dem ERP soll dabei bidirektional ausgeführt werden. Das MIS soll jedoch nur als Senke von Informationen dienen.

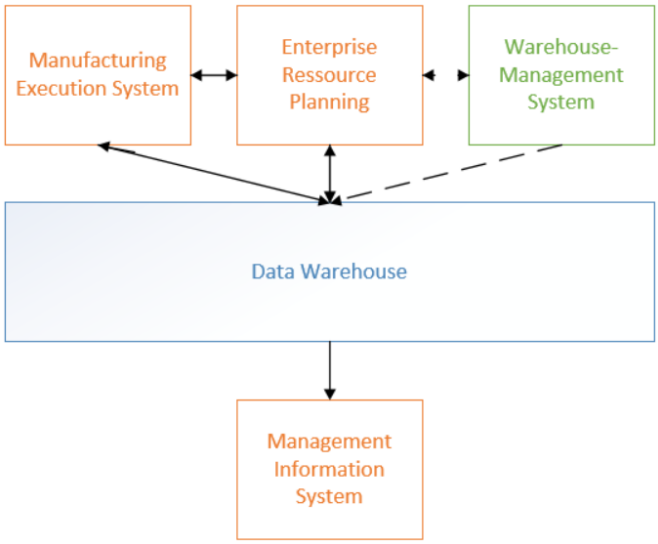


Abbildung 5.1 Schemenhafte Illustration der logistikrelevanten Informationstechnologien Quelle: Eigene Darstellung

5.1.1 Enterprise Ressource Planning

Dabei dient das ERP als Tool der Geschäftsleitebene. In diesem System werden sämtliche Informationen zu den Produkten, Lieferanten sowie Kunden gesammelt. Hier wird innerhalb definierter Mandanten zwischen den Werken in Österreich und Slowenien unterschieden.

Dispositionsparameter

Generell kommt eine bestandsgesteuerte Disposition zum Einsatz. Dies bedeutet, dass ein Auftrag beziehungsweise eine Bestellung durch das unterschreiten eines Meldebestandes vorgeschlagen wird. Die auszuschreibende Menge ergibt sich aus der Differenz zwischen Auffüllbestand und aktuellem Bestand. Diese Menge kann jedoch durch eine definierte Mindestbestellmenge bei einem Lieferanten übersteuert werden, was zu einem langfristigen Binden von Lagerkapazitäten führt.

Lagerstammdaten

Aus den Dispositionsparametern ist zu schließen, dass auch die einzelnen Lagerorte in beiden Systemen angeführt werden müssen. Dabei kommen je nach Anwendung Lagerorte mit chaotischer sowie fester Lagerplatzzuordnung zum Einsatz. Artikel werden den einzelnen Lagerorten im internen Lagerverwaltungssystem zugeteilt. Somit werden die zuvor gepflegten Stammdaten übernommen. Eine solche Zuordnung ermöglicht die Einschränkung der buchbaren Artikel auf lediglich zugewiesene Lager.

Ressourcen und deren Verplanung

Darüber hinaus werden die für die Fertigung benötigten Ressourcen gepflegt. Maschinen deren Technologie für eine bestimmte Produktgruppe geeignet ist, werden als Ressourcengruppe zusammengefasst. Dies ermöglicht der Planung und Steuerung eine flexiblere Einteilung einzelner Produktionsaufträge. Bei eingehenden Großaufträgen kann ein Artikel auf bis zu vier verschiedenen Anlagen gleichzeitig verplant werden. Damit diese Multiressourcenplanung so durchgeführt werden kann, muss eine dementsprechende Anzahl von Aufträgen erfasst werden. Ansonsten kann man die durchzuführenden Aktivitäten nicht auf die richtigen Maschinen zuweisen. Dadurch würde sich bei der verwendeten Grobplanung im ERP eine längere Lieferzeit als benötigt ergeben. An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass lediglich die Grobplanung und somit die Terminierung der Endtermine einzelner Aufträge im ERP durchgeführt wird. Für die Feinplanung werden Excel-Tabellen verwendet, die sich über Jahrzehnte bewährt haben. Mittels dieser Tabellen werden die einzelnen Produktionsaufträge auf die einzelnen Produktionsressourcen zugewiesen, was einen erheblichen Zeitaufwand in Anspruch nimmt.

Zusätzlich ergibt die Analyse, dass lediglich die maschinellen Ressourcen gepflegt werden. Personalressourcen werden im System nicht berücksichtigt, da dies einen erhöhten Aufwand in der Datenpflege bedeuten würde, der aktuell in der Planung und Steuerung nicht erbracht werden kann. Anstatt dessen werden in den Haupturlaubszeiten die Kapazitäten der maschinellen Ressourcen beziehungsweise deren Nutzungsgrade gesenkt. Mit Hilfe dieser einfachen Methode reicht eine flexible Einteilung innerhalb der Fertigungsbereiche aus um die verplanten Aufträge termingerecht zu fertigen.

Produktionsaufträge

Um einen Produktionsauftrag ausschreiben respektive fertigen zu können, werden die zugehörigen Arbeitspapiere im ERP abgebildet. Diese setzen sich einerseits aus dem Arbeitsplan und dessen zugewiesenen Arbeitsgängen, andererseits aus den einzelnen Stücklistenpositionen zusammen. Wegen der angestrebten durchgängigen Fertigung wird weitestgehend auf Halbfertigprodukte verzichtet. Das kann zur Folge haben, dass bis zu 13 verschiedene Arbeitsgänge in einem Arbeitsplan enthalten sind. Durch diese Arbeitsgänge wird zwar eine schnellere Planung der Artikel ermöglicht jedoch erreicht der Artikel nie einen buchbaren Zustand der erfasst werden kann. Vielmehr ist ein großer Anteil an Umlaufbestand in der Produktion gegeben der nicht im System abgebildet wird. Dabei werden die Materialien und die finanziellen Aufwände verschleiert. Deshalb geht Transparenz über die finanziellen Mittel bis zur Fertigstellung der Produkte verloren.

Bei Artikeln mit unterschiedlichen Veredelungsschritten wird zur Erhöhung der Flexibilität eine Halbfertigebene vor der Oberflächenbehandlung verwendet. Dadurch kann eine erhöhte Flexibilität vor dieser Abteilung geschaffen und der Umlaufbestand im System abgebildet werden.

Zwischenbetrieblicher Prozess

Durch die Verlagerung einzelner Arbeitsschritte in das Zweitwerk, kommt es zu betriebsübergreifenden Prozessen. Jedoch werden die zuvor erwähnten Produktionsaufträge lediglich im österreichischen Mandanten generiert. Somit stehen diese im Zweitwerk nicht zur Verfügung. Aus diesem Grund muss eine beiliegende Laufkarte über die anstehenden Arbeitsgänge im Zweitwerk Auskunft geben. Dies resultiert aus einem schnellen Wachstum des Unternehmens. Eine Verplanung der Aufträge ist erst mit dem Anstieg der Produktionsauslastung in den vergangenen Monaten notwendig geworden. Somit wird das slowenische Werk im Moment vom Stammsitz übersteuert und mittels Excel verplant. Dies bedeutet einen Abbruch der Informationskette innerhalb des ERP und führt oftmals zu verspäteten Anlieferungen.

Außerdem muss im Moment eine komplizierte Lagerbestandsführung in beiden Mandanten durchgeführt werden, damit der Überblick innerhalb der Planung im Stammwerk nicht verloren geht. Ein Grund dafür ist, dass verwendete Materialien von der Administration in Slowenien abgebucht werden. Für die Rohmaterialversorgung hingegen ist das Stammwerk verantwortlich.

Das führt einerseits zu massiven Bestandsabweichungen im negativen sowie positiven Bereich, andererseits werden administrative Kapazitäten gebunden, die für andere Tätigkeiten genutzt werden können. Diese fehlerhaften Bestände können zu Rückständen aber auch zu Lagerhütern führen, wenn im System ein Material den Meldebestand unterschreitet, real jedoch noch genug davon vorhanden ist.

5.1.2 Manufacturing Execution System

Um den Fortschritt der einzelnen Produktionsaufträge im Auge behalten zu können müssen Rückmeldungen gebucht werden. Diese beinhalten Informationen über die gefertigte Menge und die dafür benötigte Bearbeitungszeit. Sie sind somit ausschlaggebend für die Bewegungsdaten innerhalb des Betriebes.

Bewegungsdaten

Diese werden mittels MES erhoben. Im Detail werden die Mengen sowie Zeiten mittels Maschinendatenerfassung aufgezeichnet. Als Instrument der Produktionsebene ist es von Bedeutung, dass eine möglichst zeitsparende Handhabung ermöglicht wird. Dadurch soll verhindert werden, dass die Mitarbeiter zu lange mit administrativen Tätigkeiten beschäftigt sind. Eine technische Umsetzung der Eingabe erfolgt im Unternehmen mittels Touchscreens. Bei Schichtende sollen die automatisch erfassten Mengen bestätigt oder sofern notwendig, korrigiert werden. Neben diesen Terminals stehen für den administrativen Bereich einzelne Desktopversionen mit erweiterten Anwendermöglichkeiten zur Verfügung, damit komplexere Korrektureingriffe durchgeführt werden können. Zur Erfassung der Maschinendaten wird eine eigens angefertigte speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) an die Maschinen-SPS angeschlossen. Dabei werden die Signale von Interesse abgefangen und für das System übersetzt. Zum Beispiel werden die Takte respektive einzelne Impulse erfasst. Da bei der angewandten Umformtechnik eine Vielzahl von Teilen pro Impuls gefertigt werden kann, muss ein Faktor für jeden Artikel gepflegt werden, damit man die richtigen Stückzahlen erfasst.

Falls die Anbindung einer spezifischen SPS nicht möglich ist, kann eine Betriebsdatenerfassung genutzt werden. Diese kommt zum Einsatz wenn keine Maschinendaten seitens Hersteller freigegeben werden oder eine ältere Maschine ohne SPS verwendet wird. Diese ermöglicht eine eigenständige An- und Abmeldung des Produktionsauftrages. Ebenso wird ermöglicht, dass die produzierte Menge manuell eingegeben werden kann.

Störgrunderfassung

Dadurch können auch die einzelnen Maschinenstörungen rückgemeldet werden. Dafür werden vorab Störgründe erhoben und als relevant definiert. Die für die Aufzeichnung relevanten Stillstände werden mittels Konfiguration zur Rückmeldung am Terminal ermöglicht. Es liegt in der Aufgabe der einzelnen Maschinenbediener diese Meldungen durchzuführen. Folglich dient ein MES neben den erfassten Mengen- und Zeitenmeldungen zur Aufzeichnung von häufigen Störgründen. Mit Hilfe einzelner Auswertungen können zukünftige Investitionsentscheidungen hinsichtlich neuer Maschinenressourcen getroffen werden. Zusätzlich können solche Auswertungen Aufschluss hinsichtlich problematischer Artikel bringen und die wartungsbedingten Stillstände erfasst werden. Mit Hilfe dieser gewonnenen Daten werden die Soll-Daten zu den einzelnen Arbeitspapieren angepasst.

5.2 Aktuelles Buchungskonzept

Mit Hilfe der beiden zuvor analysierten Softwarelösungen, wird das aktuelle Buchungskonzept im Unternehmen umgesetzt. Dabei kommt eine Schnittstelle zum Informationsaustausch zum Einsatz um die Daten nicht doppelt eingeben zu müssen. Hier ist das ERP als führendes System zu erkennen. Dies resultiert daraus, dass sämtliche Artikel im ERP kalkuliert und deren Aufträge dort generiert werden.

5.2.1 Wareneingang

Nach Anlieferung der bearbeiteten Materialien sowie Rohmaterialien durch zuständige Lieferanten werden die Güter mittels Wareneingang verbucht. Nach der Freigabe durch die Qualitätssicherung erfolgt eine mengenmäßige Umbuchung auf das zugeordnete Produktionslager.

5.2.2 Warenausgang

Nach Abarbeitung des Produktionsauftrages stehen die Materialien für den Kunden zur Verfügung. Mittels Kundenaufträge verschiedenster Form wie Rahmen-, Abruf- und Einmalaufträge werden die gelagerten Mengen für diese Bedarfe reserviert. Wird nach den eingepflegten Kundenaufträgen der Meldebestand unterschritten, wird für dieses Produkt ein neuer Produktionsauftrag und falls benötigt eine Bestellung von Rohmaterialien vorgeschlagen. Die Generierung dessen erfolgt erst durch die manuelle Freigabe der Produktionsplanung, da die Mengen in der Produktion sowie Vertrieb leicht variieren können.

5.2.3 Produktionsauftrag

Aktuell werden die Produktionsaufträge mit Hilfe der Informationen auf einer Laufkarte gebucht. Wie man anhand Abbildung 5.2 erkennen kann, ist nicht jedem Arbeitsgang ein Barcode zugewiesen und somit ist nicht jede Aktivität über den Produktionsauftrag rückmelderelevant.

LAUFKARTE **200-20025** 200200

Artikel: 200-20025 Beispielteil **Prüfplan:** / **KiNr.:** 1/1250

KiGew.: 23,20 kg **KiMenge.:** 2.000 **Auftr.Menge:** 2.500.000 STK **Starttermin KW:** 45/2017

Pos.	KST.	Maschine	Akt.	Akt. Bezeichnung	Unterschrift/Datum	Rückmelde Barcode
10	15025	386	3201	Arbeitsgang 1 Vorfertigung		
20			7520	Fremdleistung Zweitwerk OF		**Werk SLO**
30			3035	Fremdleistung Dienstleister		**Lieferant 1**
40			6401	Fremdleistung Dienstleister 2		**Lieferant 2**
50	15730	603	3260	Arbeitsgang 5 Endfertigung		
60	16500	Prüfpl	3250	Arbeitsgang 6 Prüfen		
70	17200	Versan	9000	Arbeitsgang 7 Verpacken		

200-20025

Abbildung 5.2 Laufkarte Produktion Quelle: Eigene Darstellung

Dies kann verschiedene Gründe haben. Zum Beispiel werden Arbeitsgänge beziehungsweise Aktivitäten, deren Bearbeitungszeiten für die Kostenerfassung zu vernachlässigen sind, als *Informationsarbeitsgänge* gesehen. Hierbei spielt die genaue Zeiterfassung keine Rolle. Lediglich von Bedeutung ist, dass diese Aktivitäten auf der Laufkarte angedruckt und bei Erledigung vom Mitarbeiter unterzeichnet werden. In der Abbildung 5.2 kann der *Arbeitsgang 70 Verpacken* als solche Aktivität erkannt werden. Die mengenbezogene Rückmeldung erfolgt über den vorherigen oder nächsten Arbeitsgang.

Zusätzlich werden *Fremdaktivitäten*, durchgeführt von Lieferanten, nicht mittels Produktionsauftrag gebucht. Hierfür werden Wareneingänge für die jeweiligen Bestellungen durchgeführt. Diese generieren sich aus den Dispovorschlägen zu dem jeweiligen Produktionsauftrag. Somit können die angefallenen Kosten auf einen Produktionsauftrag respektive Artikel zugeordnet werden.

Für das Werk rückmelderelevante Arbeitsgänge werden einerseits mittels MES, anderseits mittels ERP rückgemeldet. Dabei werden die Informationen zwischen den beiden Systemen mittels Datenschnittstelle ausgetauscht. Dadurch werden die mittels ERP ausgeschriebenen Aufträge an das MES weitergegeben. Diese Aufträge sind danach im Arbeitsvorrat direkt am Terminal für den Mitarbeiter ersichtlich. Bei Arbeitsbeginn meldet der verantwortliche Mitarbeiter seinen Arbeitsgang an, was zugleich den Start für die Mengen- sowie Zeiterfassung bedeutet. Bei Schichtwechsel beziehungsweise Auftragsende ist eine Rückmeldung via Terminal durchzuführen, wobei die Daten innerhalb des angemeldeten Zeitraumes erfasst werden. Eine Schnittstelle zum ERP gibt die erfassten Werte weiter.

Die Datenanalyse hat ergeben, dass lediglich der Bereich der mechanischen Fertigung Mengen sowie Bearbeitungszeit an das ERP weitergibt. In der Serienfertigung wird hingegen nur die erfasste Zeit weitergegeben. Aus diesem Grund sollen diese Bereiche getrennt voneinander Betrachtet werden.

Buchungen in der Serienfertigung

Das MES ist lediglich bei den ersten Maschinen ausgerollt. Dabei handelt es sich um den Bereich der Vorfertigung bei dem große Stückzahlen produziert werden. Einzelne Artikel kann man mit bis zu 600 Hüben pro Minute fertigen. Nach dem letzten Bearbeitungsschritt fallen die produzierten Teile auf ein Förderband, das die Teile in einen Kleinladungsträger befördert. Kommt es zu einer Maschinenstörung, wird die Richtung des Förderbandes geändert und die Materialien werden in einen Ausschussbehälter befördert. Da dies wegen der hohen Stückzahl nicht genau durchgeführt werden kann, wird die Weiche hin zum Ausschussbehälter länger als benötigt aktiv geschalten. Aus diesem Grund werden auch Gutteile in den Ausschussbehälter befördert, was zu einer Abweichung der erfassten Mengen mittels Maschinendatenerfassung führt. Das ist zugleich der Grund warum die Stückzahlen des MES in diesem Bereich nicht an das ERP weitergegeben werden. In Folge dessen ergibt sich ein erheblicher Wartungsaufwand der Bewegungsdaten im administrativen Bereich. Wöchentlich werden 3 Personentage für das Pflegen dieser Daten im ERP benötigt.

Eine Momentaufnahme vor Ort hat zusätzlich ergeben, dass die Mengen bei einem Takt größer als 500 Hübe pro Minute nicht richtig erfasst werden, da die speicherprogrammierte Steuerung (SPS) einen Wert von maximal 600 nur bei optimalen Umgebungsbedingungen erreichen kann. Dies ist bis jetzt noch nicht aufgefallen beziehungsweise relevant gewesen, da die Mengen nicht automatisiert weitergegeben werden. Es würde jedoch zu erheblichen Fehlbeständen von bis zu 20 % führen und muss zuvor in einem weiteren Projekt abgeklärt werden, bevor die Schnittstelle um diesen Wert erweitert wird

Buchungen in der mechanischen Fertigung

In diesem Bereich werden sowohl Durchlaufzeit als auch produzierte Mengen an das ERP weitergegeben. Ein Grund dafür ist, dass in der mechanischen Fertigung andere Technologien zum Einsatz kommen, die viel geringere Takte aufweisen. Die Bearbeitungszeit eines Werkstückes variiert zwischen 15 Minuten und mehreren Stunden. Dadurch kann der Ausschuss genauer erfasst werden und

die Maschinendatenerfassung hat auch keine Schwierigkeiten mit der richtigen Identifizierung der gefertigten Stückzahlen. Jedoch hat die Analyse hier ein anderes Problem innerhalb der Rückmeldungen auf einem Auftrag ergeben. Teilweise werden Buchungen doppelt durchgeführt. Einerseits im ERP andererseits im MES. Die Momentaufnahme vor Ort und eine Recherche durch die Prozessverantwortlichen hat ergeben, dass Terminalausfälle sowie Netzwerkprobleme zu diesen Buchungen führen. Zusätzlich findet der Austausch der Mengen nur einseitig statt. Es werden lediglich die im MES erfassten Mengen an das ERP weitergegeben. So sind die eigentlich nicht mehr benötigten Aufträge und deren Arbeitsgänge weiterhin im MES ersichtlich, wenn im ERP gebucht wird. Dies führt dazu, dass falsche Lagerbestände in diesem Bereich vorzufinden sind, die ebenso durch einen administrativen Aufwand bereinigt werden müssen. Zusätzlich werden falsche Entscheidungen hinsichtlich der Technologien getroffen, da keine richtige Aussage über die angefallenen Kosten getroffen werden kann.

5.2.4 Lagerungsprozess

Hinter den bestandsverändernden Prozessen ist eine komplexe Lagerstruktur vorzufinden. Hier werden die einzelnen Zu- sowie Abgangslager mit den einzelnen Prozessen ähnlich wie in der Materialflussanalyse verbunden. (Abbildung 5.3)

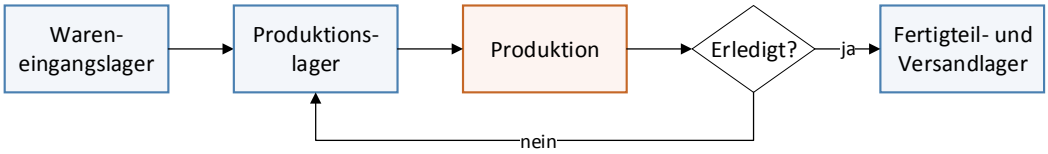


Abbildung 5.3 Schemenhafte Darstellung des innerbetrieblichen Datenflusses bei Lagerungsprozessen Quelle: Eigene Darstellung

Innerbetrieblicher Buchungsprozess

Im Grunde werden die Materialien nach Eintreffen der Lieferung auf das Wareneingangslager gebucht. Diese verbleiben dort, bis eine Freigabe durch die Qualitätssicherung erfolgt ist. Danach werden die Güter auf das jeweilige Produktionslager zugeteilt und dementsprechend umgebucht. Die nächste Lagerbuchung erfolgt durch die Materialentnahme auf den Produktionsauftrag. Diese Buchungen werden nicht retrograd sondern proaktiv durchgeführt. Das heißt es erfolgt eine manuelle Buchung der tatsächlichen Mengen durch den Mitarbeiter. Tritt der Idealfall auf und es bleiben keine Restmengen bestehen, werden die bearbeiteten Materialien wieder auf das Produktionslager gebucht. Dieser Vorgang wiederholt sich bis der Auftrag fertig durchlaufen ist und das Endprodukt fertig ist. Die Kombination zwischen dem Auftragsfortschritt und dem Lagerstand auf dem Produktionslager ermöglicht, dass der WIP-Bestand abgebildet werden kann. Dies bedeutet jedoch einen erheblichen Aufwand in der Logistik, da eine manuelle Buchung auf ein Lager für jeden Ladungsträger durchgeführt werden muss. Bei der Entnahme für einen nachfolgenden Arbeitsgang müssen diese Mengen auch wieder abgebucht werden. Ist ein Produktionsauftrag abgeschlossen, werden die Endprodukte auf ein eigenes Fertigteillager gebucht. Somit kann die Produktionsplanung eine Aussage über die vorhandenen Primärgüter treffen. Stellt man die Materialien für einen Lieferabruf durch den Kunden bereit, werden die Güter vom Fertigteillager auf den Versandbereich gebucht. Durch diese Maßnahme wird der Primärbedarf durch den Kunden im System gedeckt und ein Vergleich zwischen Bestand am Fertigteillager und Meldebestand

kann durchgeführt werden. Dieser Prozess ist zwar aufwändig, ermöglicht es aber, dass Aussagen über die restliche Durchlaufzeit eines Auftrages getroffen werden können. Innerhalb eines Standortes sprechen die Nutzen im Moment für diesen Prozessablauf.

Zwischenbetrieblicher Buchungsprozess

Betrachtet man den zwischenbetrieblichen Prozess, sind einige Schwierigkeiten zu erkennen und der Aufwand erhöht sich um ein Vielfaches. Betrachtet man die Laufkarte aus Abbildung 5.2 erkennt man dass der erste Arbeitsschritt im Stammwerk mit einer Rückmeldung durchgeführt wird. Nach Abarbeitung stehen die gefertigten Mengen für den Versand zum slowenischen Werk zur Verfügung. Diese werden dazu auf ein eigenes Versandlager gebucht. Dort bleiben sie solange ersichtlich bis die Mengen bearbeitet retour kommen. Im Zweitwerk werden diese Mengen im eigenen ERP-Mandanten ebenso erfasst. Deshalb werden die WIP-Bestände über Umwege in beiden Mandanten auf Lager geführt. Werden die Materialien für den Arbeitsgang *Fremdleistung 1* entnommen, werden diese Mengen im Zweitwerk abgebucht.

Da jedoch keine Produktionsaufträge im Mandanten des Zweitwerkes angelegt werden, können Fortschritte sowie Gut- bzw. Ausschussmengen nur durch einen erheblichen Zeitaufwand festgestellt werden.

Dies erfolgt über den Abgleich mit der in Kapitel 5.1.1 erwähnten Excel-Tabelle. Abbildung 5.3 soll den Informationsfluss veranschaulichen und soll den Bereich hervorheben, der für eine Dateninkonsistenz zwischen den Werken verantwortlich ist.

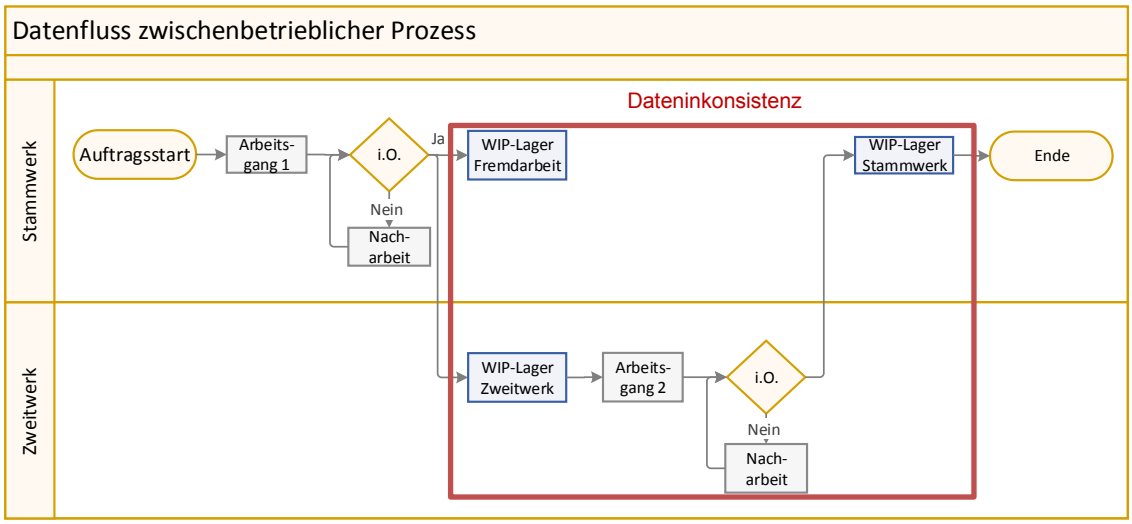


Abbildung 5.4 zwischenbetrieblicher Informationsfluss Quelle: Eigene Darstellung

Dadurch entsteht ein Personalmehraufwand, um die Lagerbestände abzugleichen. Darüber hinaus entstehen noch weitere Kosten, falls durch diesen komplexen Prozess dennoch Differenzen in den Lagerbereichen auftreten. Werden solche erkannt, sind Inventuren im Zweitwerk durchzuführen, die weitere Kapazitäten verschlingen. Weitaus problematischer können sich Fehlbestände auf die Produktion sowie die Logistik auswirken. Einerseits kann ein Fehlen von Materialien dazu führen, dass Produktionsanlagen stillstehen und ein Produkt nicht rechtzeitig gefertigt werden kann, andererseits werden dann Produkte zu früh gefertigt, die danach die Lagerkapazitäten binden.

5.3 Ergebnis und Resümee der Datenflussanalyse

5.3.1 Feinplanung

Zukünftig ist es notwendig, dass eine Feinplanung innerhalb des ERP oder MES eingeführt wird. Dieser Prozess kann die Planungsressourcen erheblich verringern, die im Gegenzug für die immer aufwändiger werdende Stammdatenpflege genutzt werden können. Zugleich werden die Ergebnisse der Feinplanung direkt in das ERP wiedergegeben und die Termine werden aussagekräftiger. Einhergehend muss jedoch gesagt werden, dass es nicht das Hauptziel einer Feinplanung ist, dass die Materialien schneller durch die Produktion gelangen. Der Fokus eines solchen Systems sowie der Profit liegen in der wahrheitsgetreuen Aussage über einen frühestmöglichen Liefertermin. Das bedeutet, dass ein Kunde vorab informiert wird, bis wann er die Ware geliefert bekommt. Außerdem ermöglicht diese Softwarelösung, dass auf Stillstände einzelner Ressourcen besser eingegangen werden kann, da eine Neuanordnung auf alternative Ressourcen durchführbar ist.

5.3.2 Zwischenbetrieblicher Prozess

Derzeit liegt der Aufwand für den Abgleich der Lagerbestände zwischen den Werken bei 4 Personentagen pro Woche. Somit ergibt sich bei der Annahme von 50 € pro Stunde in der Administration und einem Normalarbeitstag von 8 Stunden ein Aufwand von 1600 € pro Woche. Da es im Betrieb keinen jährlichen Betriebsurlaub gibt kann von 50 Wochen pro Jahr ausgegangen werden. Dies führt zu jährlichen Kosten von 80.000 € für den Lagerabgleich.

Zusätzlich werden innerhalb eines Geschäftsjahres Zwischeninventuren durchgeführt, falls gravierende Lagerabweichungen auftreten. Diese können nicht so einfach in Zahlen bemessen werden, dennoch ist ein großes Potential durch die Minimierung dieser Aufwände zu erkennen.

Darüber hinaus werden künstliche Sicherheitsbestände generiert, die teilweise nicht benötigt werden. Diese werden durch Produktionsaufträge oder Bestellungen oft nur deswegen erzeugt, um eine Sicherheitsfunktion zu gewährleisten. Diese Mehrmengen führen zu belegte Lagerplätze, sowie die in Kapitel 4 angesprochenen Lagerhüter.

5.3.3 Produktionsaufträge im Zweitwerk

Um eine bessere Kostenzuteilung der Produktionsaktivitäten auf die Produkte durchzuführen ist es unerlässlich, dass in Zukunft Produktionsaufträge im Zweitwerk ausgeschrieben werden. Dieser Schritt führt zu einer genauen Erfassung der Produktionszeiten im ERP. Des Weiteren findet eine Aufzeichnung des Materialbedarfes für die Durchführung einzelner Produktionsschritte statt. Eine mühevolle Protokollierung in einer eigens definierten Excel-Tabelle kann dadurch ebenso beendet werden. Mit Hilfe der Aufträge wird ein durchgängiger Informationsfluss gewährleistet. Ein weiterer positiver Effekt wird durch die übersichtlichere Darstellung der Produktionsfortschritte ermöglicht. Eine Splittung der Produktionsaufträge führt zu eine detaillierteren Rückmeldehistorie im System, da nun in beiden Mandanten eine Buchung der einzelnen Arbeitsgänge erfolgen kann. Darin besteht auch der Mehrwert einer Umsetzung der Aufträge im Zweitwerk. Dieser liegt in Zahlen ebenso bei 40.000 € pro Jahr. Zusätzlich kann der durchgängige Informationsfluss als Vorteil angesehen werden.

5.3.4 Bereichsübergreifend einheitliche Schnittstelle zwischen MES und ERP

Um eine einheitliche Erfassung der Maschinendaten zu ermöglichen und somit das Ansehen der Softwarelösung innerhalb des Unternehmens verbessern zu können muss auch in der Serienfertigung eine Rückmeldung der Produktionsaufträge ermöglicht werden. Das Potential durch die automatische Weitergabe liegt bei drei Personentagen pro Woche. Was bei der Annahme von 50 € pro Personalstunde und einem Normalarbeitstag von 8 Stunden ein Ersparnis von 1200 € pro Woche bedeutet. Hochgerechnet auf ein Geschäftsjahr kann ein Potential von 60.000 € erkannt werden.

Um dies so realisieren zu können muss jedoch das zuvor angesprochene Problem in der Erfassung von hohen Taktfrequenzen via Maschinendatenerfassung gelöst werden. Die Kosten werden sich hierbei bei ungefähr 10.000 € belaufen. Somit ist eine Lösung des Problems in nächster Zeit anzustreben.

5.3.5 Flächendeckende Ausrollung der Schnittstelle zwischen MES und ERP

Aufbauend auf die einheitliche Definition der Schnittstelle ist dieser Schritt nachfolgend durchzuführen, um ein einheitliches Vorgehen im Buchungsprozess innerhalb des Unternehmens etablieren zu können. Da im Moment die Aufträge in zwei unterschiedlichen Systemen durchgeführt werden, schleichen sich bei den Anwendern Unklarheiten seitens der Handhabung ein. Aus diesem Grund kommt es teilweise zu Falsch- sowie Doppelbuchungen. Ebenso können die Produktionszahlen der Abteilungen mit ERP-Rückmeldungen nur schwer mit den MES-Zahlen der restlichen Abteilungen verglichen werden. Die Erfassungen mittels MES sind viel genauer und aussagekräftiger, wenn eine Technologie im Unternehmen bewertet werden soll. Dies liegt in der Natur der Sache, dass die Maschinendaten exakt protokolliert werden und eine genauere Erfassung der Durchlaufzeiten in diesem Bereich gegeben ist.

Nach der vollständigen Ausrollung des MES können Überlegungen hinsichtlich neuer Buchungsstrategien vorgenommen werden. Eine Idee könnte sein, dass man die Rückmeldungen nur noch via MES zulässt, um Doppelbuchungen zu verhindern. Das Melden via ERP soll der Administration für Korrekturen vorbehalten sein. Dieser Schritt ist auch als Bekennen gegenüber dem System zu verstehen, dass in der Vergangenheit vernachlässigt wurde, was zu einer Ablehnung der Softwarelösung innerhalb der Produktion geführt hat.

5.4 Einfluss des Hochregallagers auf das Buchungskonzept

5.4.1 Veränderung der Lagerstruktur

Da die aktuellen Lagerstrukturen mit dem Unternehmen nicht mitgewachsen sind, besteht nun mit der Implementierung des WMS die Chance neue Strukturen aufzuziehen, die teilweise für die Einführung des Systems notwendig sind. Zusätzlich soll mit Hilfe des Lagerverwaltungssystems eine Abbildung des Umlaufbestandes ermöglicht werden. Dadurch soll sich der administrative Aufwand in der Recherche des Produktionsfortschrittes minimieren. Somit wird mit dem Errichten des Hochregallagers ein neuer Lagerort eingeführt. Darüber hinaus sollen die eingesetzten Materialien leichter verfolgbar gemacht werden. Dies wird durch die Einführung von abteilungsbezogenen Pufferplätzen erreicht.

Deshalb sind folgende Lagerorte neu in den Systemen aufzunehmen:

- Lagerort 100: *Hochregallager*
- Lagerort 201: *Pufferlager Montage*
- Lagerort 202: *Pufferlager Oberfläche*
- Lagerort 203: *Pufferlager Fremdarbeit*
- Lagerort 210: *Produktionslager*
- Lagerort 215: *Versandlager*

Abbildung 5.5 kann entnommen werden, dass nicht jeder Lagerort des WMS im ERP und umgekehrt abgebildet wird.

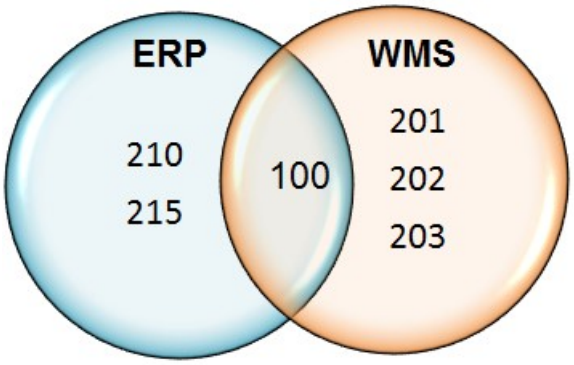


Abbildung 5.5 Darstellung der Lagerstrukturen mittels Venn-Diagramm Eigene Darstellung

Es muss zwischen den ERP- und MES-relevanten Lagerorten unterschieden werden. Lediglich das Hochregallager wird in beiden Systemen geführt. Aber auch hier sind unterschiede vorzufinden.

Die Abbildung des **Hochregallagers im ERP** dient zur Bestandsführung der Fertigteile. Da rein die Bestände zu den Artikeln und deren Charge von Interesse sind, kann in diesem System ein Blocklager zur Verwendung kommen. Im Unternehmen sind verschiedene Verpackungseinheiten im Einsatz. Das Anlegen einzelner Artikel für die jeweilige Verpackung würde zu einer unübersichtlichen Produktvielfalt führen. Zudem wäre ein aufwendiger Abgleich der einzelnen Bestände durchzuführen, um die Gesamtmenge einzelner Produkte rauszufinden.

Aus diesem Grund werden die untergeordneten Lagerbereiche genutzt, um diese abzubilden. So wird für jede Möglichkeit ein Lagerbereich definiert:

- Kiste (KIS)
- Karton (KAR)
- Kleinladungsträger (KLT)
- Holzbahnrahmen (HOL)

Durch diese Zweckentfremdung der Lagerbereiche kann ein schneller Zugriff auf den Gesamtbestand, sowie den einzelnen verpackten Einheiten gewährleistet werden. Dabei soll das System bei einer Produktionsrückmeldung die meistverwendeten Verpackungseinheiten als Standardwert vorschlagen. Kommt es allerdings zu einer abweichenden Lagerung muss das Feld variabel belegbar bleiben. Somit wird der Eingabeaufwand minimiert.

Die Abbildung des **Hochregallagers im WMS** ist als chaotisches Lager durchgeführt. In diesem System müssen zur internen Verarbeitung Lagerplätze definiert werden. Diesen Plätzen werden die eingelagerten Paletten mittels eindeutiger Nummer zugewiesen. Dies erfolgt durch das Abscannen von einem eindeutigen Barcode am I-Punkt. Zusätzlich ist die Zuweisung der einzelnen Artikel auf einem Lagerplatz bei der manuellen Entnahme von Interesse. Vorab muss man den Lagerplatz ausfindig machen, um die benötigte Ware nicht lange suchen zu müssen. Ebenso sollen die Umlaufbestände im Hochregallager abgebildet werden. Um diese einfach darstellen zu können muss dem WMS die Information über Artikel, Auftrag, aktuellen Arbeitsgang, Nachfolgeaktivität sowie nächster Produktionsressource weitergegeben werden. Dies ermöglicht dass primär nach einem Artikel im System gesucht werden kann. In der Anzeige kann danach das fertige Teil am Fehlen einer Nachfolgeaktivität erkannt werden. Ist ein Nachfolger im System hinterlegt, ist auch im gleichen Zug der aktuelle Fortschritt zu erkennen. Mit Hilfe dieser einfachen Darstellung kann eine schnelle Aussage über die verbleibende Durchlaufzeit des Artikels getroffen werden. Tabelle 5.1 soll veranschaulichen, wie dieses Prinzip funktioniert. Da bei den ersten beiden Positionen nicht sämtliche Felder ausgefüllt sind, handelt es sich hierbei um einen fertigen Artikel. Die folgenden drei Positionen zeigen einen Umlaufbestand, der einerseits in der eigenen Produktion für einen Arbeitsgang (AG 5, AG 6) verwendet wird, andererseits bei einem Dienstleister für die Oberflächenbehandlung (FL OF) benötigt wird. Somit kann durch visuelle Unterstützung eine schnelle Unterscheidung zwischen Fertig- und Umlaufbestand durchgeführt werden.

Artikelnummer	Bezeichnung	Charge	Menge	Mengeneinheit	Verpackung	Auftrag	gemeldete Aktivität	Bezeichnung	Nächste Aktivität	Bezeichnung	Ressource	nächster Puffer
200-20025	TeilB	200200	40.000	Stk.	KIS	---	---	---	---	---	---	---
200-20025	TeilB	200200	40.000	Stk.	KAR	---	---	---	---	---	---	---
200-20025	TeilB	200200	520.000	Stk.	KIS	1020	3201	AG 1	7520	FL OF	Zweit-werk	203
200-20025	TeilB	200200	120.000	Stk.	KIS	1020	6401	FL 2	3260	AG 5	603	201
200-20025	TeilB	200200	80.000	Stk.	KIS	1020	3260	AG 5	3250	AG 6	Prüfpl.	201

Tabelle 5.1 Darstellung der Bestände im WMS Quelle: Eigene Darstellung

ERP-relevante Lagerorte

Der Lagerort 210 wird als Blocklager definiert, In diesem wird die Vorbereitung zur Aus- und Einlagerung vom beziehungsweise in das Hochregallager durchgeführt. Zusätzlich kann dieser Lagerbereich genutzt werden um Stücklistenkomponenten vom Hochregallager auszubuchen. Die Komponenten einer solchen Stückliste sind vom Umlaufbestand zu unterscheiden, da sie bereits einen Fertigstatus erreicht haben und in unterschiedliche Teile einfließen können.

Lagerort 215 wird ebenso als Blocklager definiert, in dem jedoch Transportkommissionierungen und Korrekturbuchungen durchgeführt werden. Zusätzlich wird dieses Lager dazu genutzt, um die gelieferten Mengen mittels Lieferschein von diesem Lager abzubuchen.

WMS-relevante Lagerorte

Die Pufferlager müssen vorab im WMS angelegt werden und dienen zur Abbildung des Umlaufbestandes im System. Im ERP werden diese Lager nicht gebucht, finden sich aber an anderer Stelle wieder. Diese werden in Zukunft als Information bei den Aktivitäten hinzugefügt. Durch diese Erweiterung wird bei einer **Rückmeldung des Arbeitsganges**, in der Schnittstelle zwischen ERP und WMS die Information weitergegeben auf welches Lager der Artikel im WMS gebucht werden muss. Der Buchungsprozess geht dabei von der aktuellen Situation aus, dass der Produktionsfortschritt im ERP rückgemeldet wird. Deshalb muss die Rückmeldung in der Produktion durch die Logistikabteilung durchgeführt werden, da diese entscheidet ob ein Material ins Hochregallager oder auf einen nachfolgenden Puffer befördert wird. Zusätzlich muss bei der Einlagerung in das Hochregallager eine Ladehilfsmittel-Nummer (LHM-Nummer) vergeben werden, was direkt beim HRL durchgeführt wird.

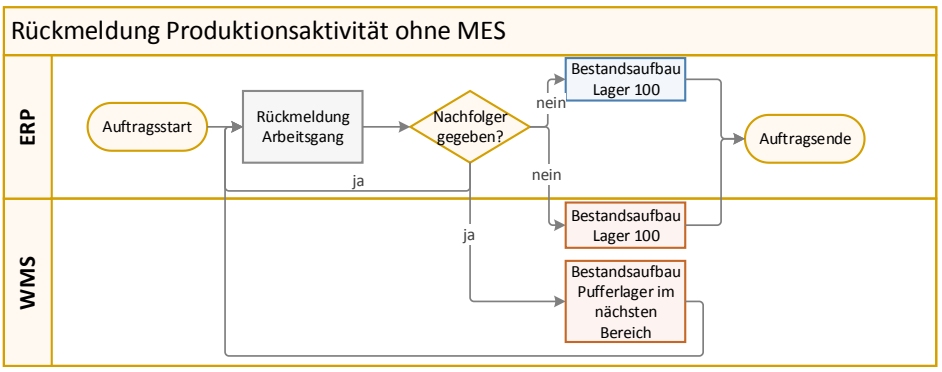


Abbildung 5.6 Technologieübergreifende Buchungslogik Rückmeldung Produktionsaktivität ohne MES Quelle: Eigene Darstellung

Geht man von der Tatsache aus, dass die Produktionsaktivitäten in Zukunft mengenmäßig über das MES durchgeführt werden, kann der in Abbildung 5.7 abgebildete Prozess angedacht werden.

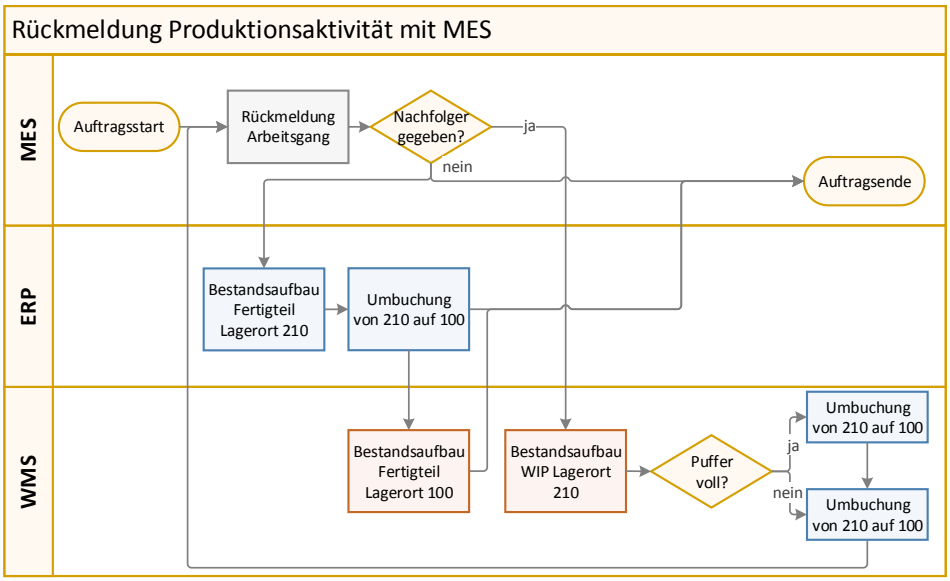


Abbildung 5.7 Technologieübergreifende Buchungslogik Rückmeldung Produktionsaktivität mit MES Quelle: Eigene Darstellung

Dieser zeigt, dass der Auftragsstart sowie die Produktionsrückmeldungen nun im MES durchgeführt werden. Wie bereits zuvor angesprochen, werden diese Meldungen durch die Produktionsmitarbeiter durchgeführt. Da diese jedoch nicht für die Einlagerung der Materialien in das Hochregallager und der zuvor benötigten LHM-Nummernvergabe zuständig sind, muss der Lageraufbau am Lagerort 210 stattfinden. Dieser Bestand wird danach von der Logistikabteilung in das HRL mittels Umbuchung eingelagert. Handelt es sich um einen Umlaufbestand, werden die Parameter via Stammdatenpflege ebenso für den Lagerort 210 eingegeben. Von hier aus kann die Logistik wiederrum entscheiden, wohin die Güter gebucht gehören.

Um nicht nur einen Lageraufbau in den Pufferbereichen zu generieren, muss zuvor beachtet werden ob ein Vorgänger gegeben ist. Wenn ein solcher vorhanden ist muss durch die Rückmeldung des Arbeitsganges eine **retrograde Buchung des Vorgängers**, der gleichzeitig den Umlaufbestand bildet, vorgenommen werden. Dieser Prozess wird in Abbildung 5.8 veranschaulicht.

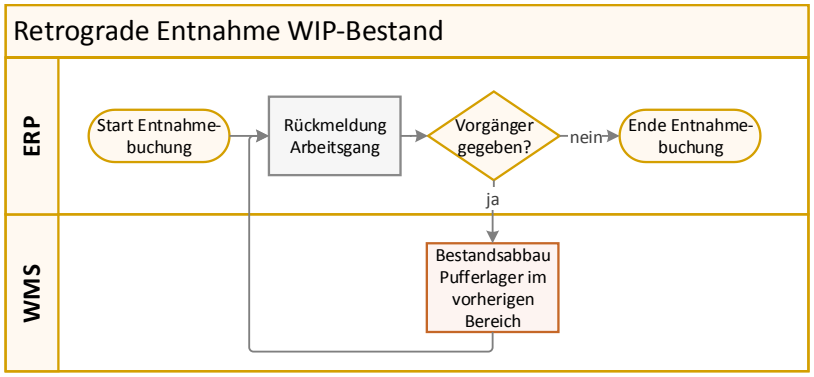


Abbildung 5.8 Technologieübergreifende Buchungslogik Retrograde Entnahme WIP-Bestand Quelle: Eigene Darstellung

Neben der Entnahme des WIP-Bestandes sollen auch die zuvor erwähnten **Stücklistenkomponenten** bei Verwendung gebucht werden. Dies ist ein komplexerer Vorgang, da eine Buchung sowohl im ERP als auch im WMS durchzuführen ist. Zuerst muss die benötigte Komponente aus dem Hochregallager geholt werden. Diese Auslagerung führt per Schnittstellendefinition zu einer Umbuchung der Komponente vom Hochregal- in das Produktionslager und findet ohne weiteren Aufwand statt. Durch die Rückmeldung der Produktionsaktivität im ERP wird einerseits der interne Bestand im Produktionslager bereinigt, andererseits wird eine Schnittstellennachricht ausgelöst, die zur Abbuchung der Komponente am definierten Puffer führt.

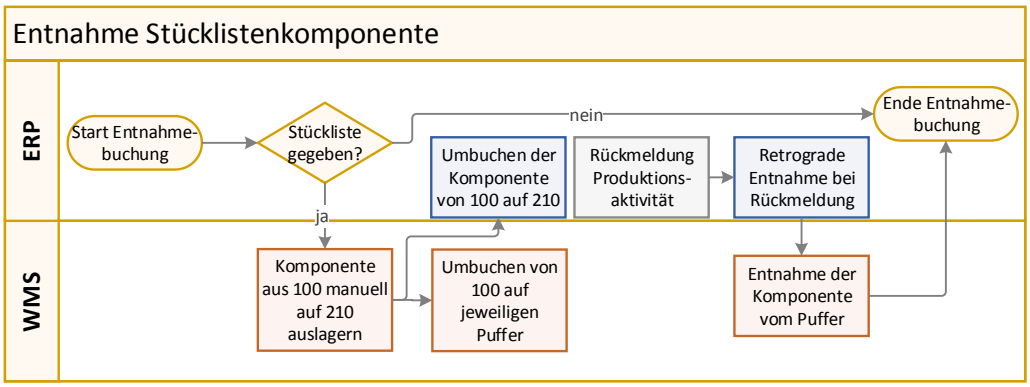


Abbildung 5.9 Technologieübergreifende Buchungslogik Retrograde Entnahme Stücklistenkomponenten Quelle: Eigene Darstellung

Wird das Material für die Kommissionierung benötigt, muss ähnlich wie beim Prozess der Entnahme von Stücklistenkomponenten, der Artikel aus dem WMS ausgelagert werden. Dies wiederrum löst eine Umlagerung innerhalb des ERP auf das Versandlager aus. Durch den danach generierten Lieferschein für den Kunden, wird der Bestand des Teiles im ERP ausgebucht. Diese negative Bestandsveränderung führt zusätzlich zu einer Bestandsveränderung im WMS. Danach ist dieser Prozess beendet.

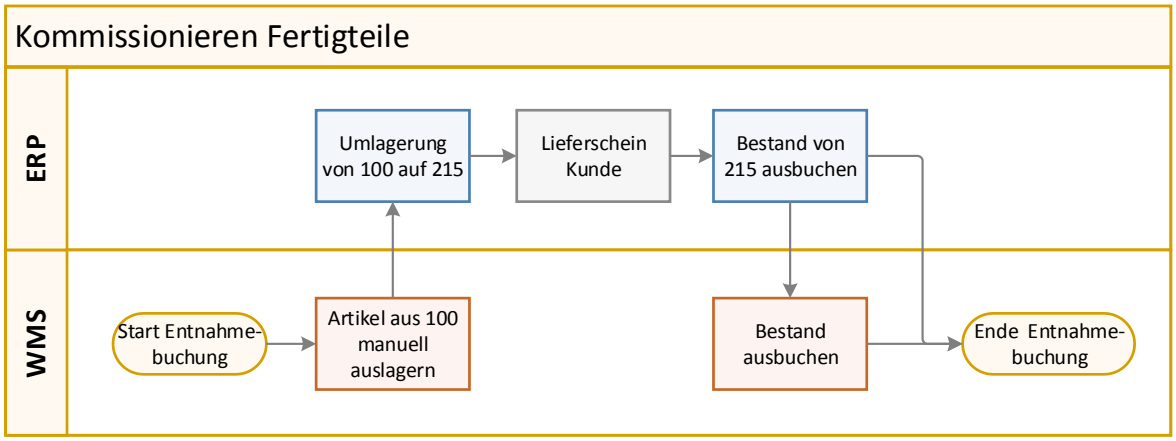


Abbildung 5.10 Technologieübergreifende Buchungslogik zur Bereitstellung von Versandteilen Quelle: Eigene Darstellung

5.4.2 Schnittstelle zwischen WMS und ERP

Wie im vorherigen Abschnitt deutlich wird, muss eine Schnittstelle definiert werden. Diese soll eine verbesserte Datenkonsistenz bieten und den Aufwand der zusätzlichen administrativen Tätigkeiten minimieren. Deshalb soll das ERP das führende System im Unternehmen bleiben. Die Arten der Kommunikation soll anhand der nachfolgenden Abbildung dargestellt werden.

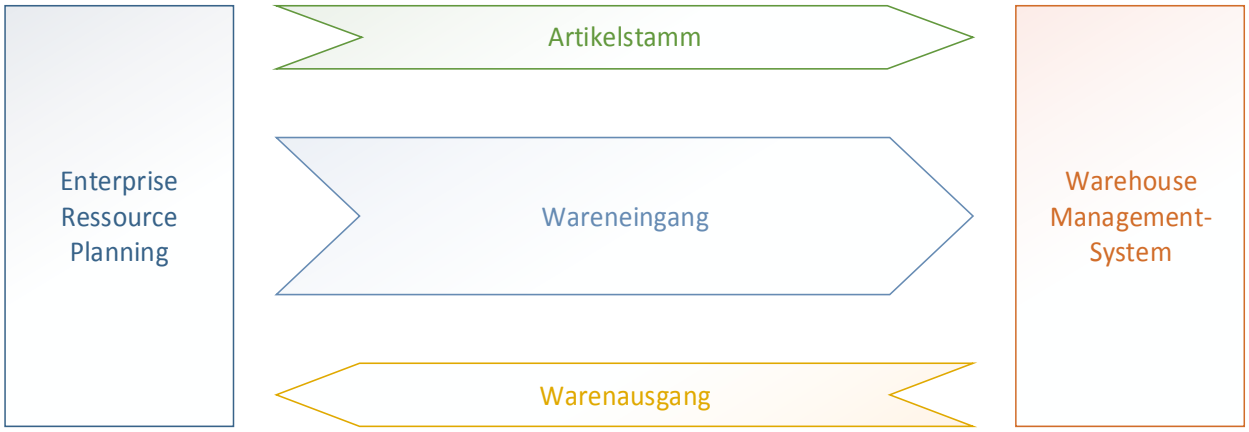


Abbildung 5.11 Arten der Schnittstellenkommunikation zwischen ERP und WMS Quelle: Eigene Darstellung

Artikelstamm des Warehouse Management-Systems

Um das neue System implementieren zu können, sind Überlegungen hinsichtlich der WMS-relevanten Stammdaten anzustellen und wie diese in das System gelangen. Da der Artikelstamm bereits im ERP erfasst wird, ist in der Schnittstelle zu definieren welche Daten ausgetauscht werden. Um den Datenverkehr zu minimieren und die Infrastruktur zu schonen wird beschlossen dass eine Aktualisierung lediglich einmal pro Nacht stattfindet. Dies genügt da die Artikelanlage meist vorab durchgeführt wird bevor ein Artikel lagerrelevant ist. In einzelnen Fällen kann es dennoch passieren, dass ein Artikelstamm

am selben Tag angelegt und das Teil produziert wird. In diesem Fall soll es ermöglicht werden, dass die Schnittstelle automatisch angestoßen werden kann. Anhand der Basisdaten ist es möglich die Grundstrukturen im WMS zu bilden.

Wareneingang

Beim Wareneingang aus Sicht des WMS soll eine Übertragung der Bewegungs- sowie Bestandsdaten durchgeführt werden. Im Gegensatz zum Artikelstamm ist der Austausch der Bewegungs- sowie Bestandsdaten zeitkritischer. Aus diesem Grund müssen die Daten sofort übertragen werden. Dies führt zur Definition, dass ein ständiger Abgleich zwischen den beiden Systemen durchgeführt werden soll. Jegliche Differenz zwischen diesen beiden Softwarelösungen würde zu Unstimmigkeiten führen und erneut einen manuellen Abgleich zwischen ERP und WMS erfordern. Zusätzlich muss man definieren, welche Daten für den Artikelstamm beider Systeme relevant sind. Im Vordergrund dabei stehen die auftragsrelevanten Daten, die unter anderem in der Chargennummer eines Auftrages sowie der Menge der einzeln eingelagerten Positionen wiederzufinden sind.

Warenausgang

Da die eingelagerten Materialien bei Bedarf auch wieder aus dem HRL gelangen müssen, soll an dieser Stelle ebenso eine Schnittstelle definiert werden. Diese gleicht den Bestand bei einem Warenausgang ab. Dieser Prozess wird direkt beim Hochregallager und die Buchung im WMS durchgeführt. Es wird an dieser Stelle auch das ERP mit dem WMS abgeglichen und nur die dafür relevanten Daten weitergegeben. Die nachstehende Tabelle soll einen Überblick über die weitergegebenen Daten verschaffen.

Artikelstamm	Wareneingang	Warenausgang
Artikelnummer	Nummer des Ladehilfsmittels	Nummer des Ladehilfsmittels
Bezeichnung 1	Artikelnummer	Artikelnummer
Bezeichnung 2	Charge	Charge
Mengeneinheit	Menge	Menge
ABC-Klassifizierung	Lagerbereich	Lagerbereich
Verpackungseinheit	Verpackungsart	
	Produktionsauftrag	
	aktuelle Position der Aktivität	
	aktuelle Aktivitätennummer / alternativ der Lieferant der Fremdbearbeitung	
	Bezeichnung der Aktivität	
	nächste Position der Aktivität	
	nächste Aktivitätennummer	
	Bezeichnung der nächsten Aktivität	
	nächste Maschinenressource	
	nächstes Pufferlager	

Tabelle 5.2 Aufzählung der schnittstellenrelevanten Daten Quelle: Eigene Darstellung

5.4.3 Potential durch das neue Buchungskonzept

Abbildung des WIP-Bestandes

Durch das neue Buchungskonzept können zukünftig Umlaufbestände in den Systemen abgebildet werden. Dadurch kann man schnellere Aussagen über die Restdauer eines Produktionsauftrages treffen. Darüber hinaus sind die Auswirkungen durch eine fehlerhafte Produktion und dem bedingten Ausschuss schneller ersichtlich. Aus Folge dessen verkürzt sich die Reaktionszeit um neue Aufträge auszuschreiben. Dies führt zu einer erheblichen Steigerung der Liefertermintreue.

Zusätzlich kann der Wert eingesetzter Güter innerhalb des Unternehmens besser erfasst werden. Aktuell zeigen sich monatliche Schwankungen von 500.000 € im Materialumlauf. Dies resultiert daraus, dass die Rohmaterialien im ersten Arbeitsschritt abgebucht werden, die fertigen Produkte bedingt durch lange Durchlaufzeiten hingegen erst nach einigen Wochen wieder als Bestand aufscheinen. Wird der Umlaufbestand jedoch erfasst und somit auswertbar gemacht, wird die aktuelle Ungewissheit über den Materialumlauf genommen. Dies führt dazu, dass Investitionsentscheidungen früher getroffen werden können, da hierzu eine exakte Aussage getroffen wird.

Ein- und Auslagerungsprozess im Hochregallager

Durch die vereinfachte Einbindung des WMS in das System wird zwar ein Eingriff in den Buchungsprozess notwendig, der sich jedoch in Grenzen hält. Die gewohnte Softwareumgebung bleibt für die Bediener unverändert und somit wird eine Fehlerquelle durch die Neueinführung eines bisher fremden Systems verhindert. Vielmehr ermöglicht das Konzept, dass nur wenige neue Buchungen durchgeführt werden müssen um einen Bestand im WMS generieren zu können. In der Anfangsphase wird das Volumen der Einlagerungen auf 20 Paletten pro Stunde gerechnet. Dieser Vorgang wird im Dreischichtbetrieb bei einer Fünftagewoche durchgeführt. Die komplexe Befüllung der Datensätze im WMS gestaltet sich als zeitintensiv und würde nach einer Eingewöhnungsphase ungefähr 2 Minuten pro Datensatzanlage in Anspruch nehmen. Das bedeutet, dass bei 60 Minuten ein Buchungsaufwand von 40 Minuten entsteht. Dies entspricht zwei Drittel der Arbeitszeit eines Mitarbeiters. Daraus folgt, dass sich der Aufwand bei wöchentlich 80 Stunden beläuft. Da der Bau des Hochregallagers aus Platzmangel bereits unumgänglich ist kann dieser Aufwand zur Gänze in die Nutzenrechnung einfließen. Aus diesem Grund wird die Stundenanzahl mit den definierten Personalkosten in der Logistik von 35 € pro Stunde multipliziert. Dadurch belaufen sich die Kosten der Dateneingabe in das WMS bei 2.800 € pro Woche. Hochgerechnet auf ein Geschäftsjahr mit 50 Arbeitswochen belaufen sich die Aufwände bei 140.000 € rein für die Dateneingabe des Einlagerungsprozesses. Bedenkt man, dass die Auslastung in den nächsten Jahren um einiges höher sein wird, soll ebenso die Ersparnis bei voller Auslastung des HRL in Betracht gezogen werden.

Geht man bei der erwarteten Produktionssteigerung von einer vollen Auslastung des HRL bei einer Nullfehlertoleranz aus, werden stündlich 35 Paletten eingelagert. Dies führt dazu, dass der Aufwand pro Stunde bei 70 Minuten liegt und nicht mehr für einen Mitarbeiter pro Schicht durchführbar ist. Da einhergehend mit der Steigerung der Lagerungsprozesse eine schnellere Abarbeitung zu erwarten ist, wird von einem Aufwand von 60 Minuten pro Stunde ausgegangen. Bei dieser Annahme belaufen sich die Kosten bei 210.000 €, die durch die Implementierung der Schnittstelle jährlich eingespart werden.

Weitere Einsparungen können in der verringerten Fehlerwahrscheinlichkeit durch die Schnittstelle angesehen werden. Die Buchung wird durch die Rückmeldung im MES beziehungsweise mittels Einscannen des Barcodes auf der Laufkarte durchgeführt. Dadurch sind Tippfehler als Fehlerquelle ausgeschlossen, sofern sämtliche Komponenten im System funktionstüchtig sind.

Um die Schnittstelle implementieren zu können, fallen jedoch auch zusätzliche Kosten an, die durch den Gewinn gedeckt werden müssen. Zunächst ist die innerbetriebliche Projektphase und Definition zu kalkulieren. Diese beläuft sich bei 200 Personenstunden im administrativen Bereich und ergibt somit einen Aufwand von 10.000 €. Die Erweiterungen der Systemanbieter wird mit 50.000 € geschätzt. Das bedeutet dass sich die Gesamtkosten von 60.000 € innerhalb eines halben Jahres gedeckt sind, was für die Implementierung der Schnittstelle spricht.

5.4.4 Mögliche Fehlerquellen durch das neue Buchungskonzept

Besonders in der Anfangsphase ist es wichtig, dass ein Vertrauen in der Funktionalität des Konzeptes geschaffen wird. Aus diesem Grund sind neben den Schulungsprotokollen vorab mögliche Fehlerquellen zu berücksichtigen und zu verhindern.

Stammdatenqualität

Um eine automatisierte Buchung durchführen zu können ist es essentiell, dass die Stammdaten der einzelnen Arbeitsgänge richtig gepflegt werden. Diese enthalten im ERP-System nämlich die nachfolgenden Arbeitsschritte, die einen Hinweis auf das anzusteuernde Pufferlager geben. Werden diese nicht ordnungsgemäß gepflegt, wird der Umlaufbestand im falschen Lager angeführt und die Waren sind dadurch nur schwer auffindbar.

Barcode

Zur Identifikation der Paletten bei der Einlagerung werden Barcodes verwendet, die immer nur einmal vergeben werden dürfen. Aus diesem Grund ist es von Bedeutung, dass spätestens nach dem Einlesen des Barcodes dieser an die entsprechende Palette angebracht wird. Zu bevorzugen ist es jedoch, dass der Barcode bereits vorab an die Palette angebracht wird und danach erst die Verpaarung der Artikel auf der Palette mit dem Barcode stattfindet. Um dies durchführen zu können, muss ein mobiler Computer mit integrierter Datenerfassung verwendet werden. Dennoch wird durch eine zusätzliche Erweiterung sichergestellt, die das Einscannen desselben Barcodes innerhalb von 15 Minuten verhindert.

Schnittstellenfehler

Kommt es aus diversen Gründen zu einem Schnittstellenfehler zu einem Bestandsaufbau oder -abbau in einem der beiden Systemen soll mittels Anforderung-Antwort-Prinzip eine Überprüfung der erhaltenen Daten durchgeführt werden. Wird dabei bemerkt, dass Schnittstellendaten nicht korrekt gesendet werden, dann wird die Logistikabteilung mittels E-Mail informiert. Danach kann man eine Überprüfung der einzelnen Lager durchführen.

6 RESÜMEE UND AUSBLICK

Zuerst zeigt die Materialflussanalyse, dass aktuell Engpässe in den Bereichen Oberfläche und mechanische Fertigung im Stammwerk vorhanden sind. Diese sind in den kommenden Monaten so schnell wie möglich zu verringern. Ansonsten bedeuten die gesteigerten Produktionsmengen einen Anstieg der benötigten Dienstleistungen. Da diese in der Preiskalkulation einzelner Neuartikel nicht miteinfließen, stellen Fremdvergaben ein Risiko dar, da die Gewinnspanne geringer als ursprünglich kalkuliert ausfällt. Kapitel 4.6 zeigt hierbei erste kurz-, mittel- sowie langfristige Lösungsansätze zu den jeweiligen Bereichen. Aus diesem Grund werden aktuell potentielle Lieferanten zur Erweiterung der Maschinenressourcen kontaktiert. Die dafür benötigten Flächen werden durch die Erweiterung an beiden Standorten ermöglicht. Um die Zeit bis zum Eintreffen der neuen Ressourcen zu überbrücken, können im Bereich der mechanischen Fertigung die benötigten Ersatzteile auch im Zweitwerk gefertigt werden. Im Bereich der Oberflächenbehandlung, stellt die Nutzung der alternativen Ressourcen eine größere Herausforderung dar. Diese sind nämlich auch am zweiten Standort zu 100 Prozent ausgelastet. Deshalb sind die Kapazitäten in deren Nutzung zu optimieren. Dabei können Einteilungen in Rüstfamilien sowie Sonderschichten zur schnelleren Abarbeitung der Teile beitragen. Zusätzlich zeigt die Materialflussanalyse ein Potential im Prozess des zwischenbetrieblichen Materialflusses. Dieser kann insofern verbessert werden indem sich die Standorte auf einzelne Produktfamilien spezialisieren. Die Ausrichtung auf eine Gruppe von Teilen führt zu einer unabhängigen Fertigung innerhalb der beiden Standorte. Um diese Maßnahmen jedoch durchführen zu können, werden zusätzliche Flächen benötigt, die durch den Ausbau des Stammwerkes realisiert werden. Einhergehend mit dem Ausbau und dem errichteten Hochregallager zeigt Kapitel 4.7 den Einfluss dieser Erweiterung und welches Potential wegen den verbesserten Strukturen entsteht. Durch den Wegfall der zwischenbetrieblichen Transporte sowie den ausgelagerten Eigen- sowie Fremdlagern ergibt sich ein Potential von ungefähr 350.000 € jährlich.

Im Bereich der Datenflussanalyse wird ebenso ein Potential, wie in Kapitel 5.3 dargestellt, erkannt. Dieses ist vor allem in der einfacheren Handhabung der einzelnen Softwarelösungen ausfindig zu machen. Durch einen einfacher gestalteten zwischenbetrieblichen Prozess, besteht die Möglichkeit, dass keine doppelte Bestandsführung in den beiden Werken durchgeführt werden muss. Des Weiteren ist die Einführung von Produktionsaufträgen im Zweitwerk zu forcieren damit eine voneinander unabhängige Verplanung der Ressourcen sowie die Produktion zu einem langfristigen Erfolg der Unternehmung beitragen können. Hierbei erstreckt sich das Potential zusammengefasst bei 180.000 € jährlich im administrativen Bereich. Zur Neudefinition der Schnittstelle zwischen ERP und MES ist bereits ein Projektteam zusammengestellt worden. Da es von größter Bedeutung ist, dass die gebuchten Mengen korrekt sind und dass die Übernahme der Mengen automatisiert stattfinden kann, wird das Projekt mit höchster Priorität innerhalb des Unternehmens angesehen. Zeitgleich ist das Projektteam zur Einführung der Produktionsaufträge im Zweitwerk gebildet worden. Die Umsetzung dieser Produktionsaufträge sowie die Einschulung der zuständigen Personen sollen innerhalb der nächsten drei Monate stattfinden. Zusätzlich hat die Datenflussanalyse ergeben, dass die falsch erfassten Mengen bei hohen Produktionstakten eine größere Rolle spielen als zunächst gedacht. Die durch das MES erfassten Mengen dienen nämlich als Datenquelle zur Ermittlung des OEE. Somit ist dieser Wert fälschlicher Weise

niedriger ausgefallen als er tatsächlich ist. Die erfassten Mengen fließen sowohl in die Effizienz als auch in das Verhältnis zwischen Gut- und Ausschussteilen negativ mit ein. Um zukünftig bessere Aussagen über die Produktionsressourcen treffen zu können muss die Auswertung vorübergehend auf die Daten des ERP zurückgreifen. Nach Bereinigung der Mengenerfassung kann eine Umstellung auf Maschinendaten angedacht werden.

Da das Hochregallager mittlerweile bereits im Einsatz ist, wird schon mit dem neuen Buchungskonzept gearbeitet. Dabei ist zu erkennen, dass das in dieser Arbeit ausgearbeitete Konzept funktioniert und Anklang bei den Mitarbeitern findet. Der administrative Aufwand in der Logistik hat sich durch die Implementierung des WMS nicht gesteigert, da die Generierung der korrekten Bestände durch die Rückmeldung der Produktionsaufträge im ERP stattfinden. Die einfache Darstellung der Umlaufbestände trägt wie erwartet zu einer schnelleren Ermittlung der restlichen Durchlaufzeiten bei.

Neben den zuvor erwähnten Neuprojekten, ausgelöst durch die Datenflussanalyse, werden bereits weitere Überlegungen angestellt, wie man die neue Softwarelösung des Hochregallagers zusätzlich verwenden kann. Es wird zum Beispiel in Betracht gezogen, zukünftig Liftregalsysteme zur Lagerung der Werkzeugersatzteile zu verwenden. Werden diese vom gleichen Lieferanten wie das Hochregallager bezogen, kann eine ähnliche Schnittstelle zwischen ERP und WMS zu einer schnellen Umsetzung im Bereich des Informationsmanagements beitragen. Dabei kann die Strategie der Produktionspuffer für die Fächerbelegung im Liftregallager übernommen werden. Auch zu diesem Thema hat sich bereits ein Projektteam gebildet, das diese Umsetzungsmöglichkeit mit in Betracht zieht.

Generell lässt die einfache Gestaltung der Schnittstelle zwischen ERP und WMS, einen Spielraum für die Implementierung weiterer Technologien offen und kann als Kernstück eines automatisierten Materialflusses innerhalb und zwischen den Werken verstanden werden. Das Hochregallager ist lediglich als erste Ausbaustufe dieses Prozesses zu sehen. Gruppen zur Umsetzung von Folgeprojekten werden bereits zusammengestellt, um das Potential von fahrerlosen Transportsystemen sowie Funktechnologien zur Warenverfolgen auszuarbeiten. Durch die Umsetzung dieser weiteren Projekte zusammen mit dem Hochregallager soll dem Unternehmen einen langfristigen Erfolg im Bereich Logistik sichern.

LITERATURVERZEICHNIS

Gottmann, J. (2016). *Produktionscontrolling.* Wiesbaden: Springer-Fachmedien.

Gudehus, T. (2012). *Logistik 1 - Grundlagen, Strategien, Anwednungen.* Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.

Gudehus, T. (2012). *Logistik 2 - Netzwerke, Systeme und Lieferketten.* Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.

Günthner, W., Durchholz, J., Klenk, E., & Boppert, J. (2013). *Schlanke Logistikprozesse.* Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.

Hausladen, I. (2016). *IT-gestützte Logistik.* Wiesbaden: Springer-Fachmedien.

Heinrich, M. (2016). *Transport und Lagerlogistik - Systematik, Planung, Einsatz und Wirtschaftlichkeit.* Wiesbaden: Springer-Fachmedien.

Jacob, M. (2013). *Management und Informationstechnik: Eine komplette Darstellung.* Wiesbaden: Springer-Fachmedien.

Pfohl, H.-C. (2010). *Logistiksysteme - Betriebswirtschaftliche Grundlagen.* Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.

Seeck, S. (2010). *Erfolgsfaktor Logistik - Klassische Fehler erkennen und Vermeiden.* Wiesbaden: Gabler Verlag.

ten Hompel, M., & Schmidt, T. (2010). *Warehousemanagement - Organisation und Steuerung von Lager- und Kommissioniersystemen.* Berlin Heidelberg: Springer.

Wannenwetsch, H. (2014). *Integrierte Materialwirtschaft, Logistik und Beschaffung.* Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.

Wiendahl, H.-P. (2014). *Betriebsorganisation für Ingenieure.* München: Carl Hanser Verlag.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2.1 Vergleich der Ansichten bezüglich Lagerbestände Europa und Japan, Quelle: Wiendahl (2014), S. 254. 4

Abbildung 2.2 Hauptziele der Logistik, Quelle: Gudehus (2012), S. 70. 5

Abbildung 2.3 Innerbetriebliche Prozesse und Unternehmenslogistik gegenübergestellt, Quelle: Heinrich (2016), S. 4. 8

Abbildung 2.4 Materialbedarfsarten, Quelle: Wiendahl (2014), S. 254 (leicht modifiziert). 9

Abbildung 2.5 Methoden der Bedarfsermittlung, Quelle: Pfohl (2010), S. 93 (leicht modifiziert). 10

Abbildung 2.6 Bestandsverlauf ohne Belastung des Sicherheitsbestandes, Quelle: Seeck (2010), S. 73. 11

Abbildung 2.7 Bestandteile des Lagerbestandes, Quelle: Pfohl (2010), S. 91. 12

Abbildung 2.8 Wirkung eines erweiterten Produktprogrammes auf die Lagerbestände, Quelle: Pfohl (2010), S. 204. 15

Abbildung 2.9 Funktionen von Produktionslagern, Quelle: Pfohl (2010), S. 193. 16

Abbildung 2.10 Abgleich Materialfluss- und Produktionssystem, Quelle: Heinrich (2016), S. 24. 17

Abbildung 2.11 Durchlaufzeit eines Arbeitsganges, Quelle: Wiendahl (2014), S. 260. 18

Abbildung 3.1 Darstellung eines Blocklagers, Quelle: Wannenwetsch (2014), S. 307. 21

Abbildung 3.2 Darstellung eines Zeilenlagers, Quelle: Wannenwetsch (2014), S. 307. 21

Abbildung 3.3 Skizze eines Hochregallagers Quelle: Heinrich (2016), S. 347. 23

Abbildung 3.4 Lager mit fester Lagerplatzzuordnung (li.) sowie chaotisches Lager (re.), Quelle: Wannenwetsch (2014), S. 300 f. 25

Abbildung 3.5 Spannungsdreieck Quelle: Gottmann (2016), S. 147. 27

Abbildung 3.6 Overall Equipment Effectiveness Quelle: Gottmann (2016), S. 179. 31

Abbildung 4.1 Anzahl der produzierten Artikel Quelle: Eigene Darstellung 36

Abbildung 4.2 Branchenverteilung der Artikelanzahl Quelle: Eigene Darstellung 37

Abbildung 4.3 Einteilung der Artikel anhand der Produktart Quelle: Eigene Darstellung 37

Abbildung 4.4 Auflistung der ausgeschriebenen Artikel Quelle: Eigene Darstellung 38

Abbildung 4.5 Aktive zu ausgeschriebene Artikeln Quelle: Eigene Darstellung 39

Abbildung 4.6 Anzahl der gefertigten Aufträge Quelle: Eigene Darstellung 39

Abbildung 4.7 Entwicklung der produzierten Mengen Quelle: Eigene Darstellung 40

Abbildung 4.8 Umsatzanstieg seit 2014 Quelle: Eigene Darstellung 41

Abbildung 4.9 Umsatzverteilung nach Branchen Quelle: Eigene Darstellung 41

Abbildung 4.10 Schematische Darstellung der Produktions- und Lagerbereiche des Stammwerkes Quelle: Eigene Darstellung 44

Abbildung 4.11 Schematische Darstellung der Produktions- und Lagerbereiche des Zweitwerkes Quelle: Eigene Darstellung 45

Abbildung 4.12 Gesamtheitlicher Güterfluss ohne Hochregallager Quelle: Eigene Darstellung 46

Abbildung 4.13 Güterfluss innerhalb der Produktion Quelle: Eigene Darstellung 47

Abbildung 4.14 Anstieg der Produktionsauslastung im Bereich Oberfläche Quelle: Eigene Darstellung.. 48

Abbildung 4.15 Neuanordnung der Produktions- und Lagerbereiche im Stammwerk Quelle: Eigene Darstellung 52

Abbildung 4.16 Neuanordnung der Produktions- und Lagerbereiche im Zweitwerk Quelle: Eigene Darstellung 53

Abbildung 4.17 Gesamtheitlicher Güterfluss mit Hochregallager Quelle: Eigene Darstellung 54

Abbildung 5.1 Schemenhafte Illustration der logistikrelevanten Informationstechnologien Quelle: Eigene Darstellung 55

Abbildung 5.2 Laufkarte Produktion Quelle: Eigene Darstellung 59

Abbildung 5.3 Schemenhafte Darstellung des innerbetrieblichen Datenflusses bei Lagerungsprozessen Quelle: Eigene Darstellung..... 61

Abbildung 5.4 zwischenbetrieblicher Informationsfluss Quelle: Eigene Darstellung..... 62

Abbildung 5.5 Darstellung der Lagerstrukturen mittels Venn-Diagramm Eigene Darstellung 65

Abbildung 5.6 Technologieübergreifende Buchungslogik Rückmeldung Produktionsaktivität ohne MES Quelle: Eigene Darstellung..... 67

Abbildung 5.7 Technologieübergreifende Buchungslogik Rückmeldung Produktionsaktivität mit MES Quelle: Eigene Darstellung..... 67

Abbildung 5.8 Technologieübergreifende Buchungslogik Retrograde Entnahme WIP-Bestand Quelle: Eigene Darstellung 68

Abbildung 5.9 Technologieübergreifende Buchungslogik Retrograde Entnahme Stücklistenkomponenten Quelle: Eigene Darstellung..... 68

Abbildung 5.10 Technologieübergreifende Buchungslogik zur Bereitstellung von Versandteilen Quelle: Eigene Darstellung 69

Abbildung 5.11 Arten der Schnittstellenkommunikation zwischen ERP und WMS Quelle: Eigene Darstellung 69

TABELLENVERZEICHNIS (OPTIONAL)

Tabelle 2.1 Ziele und deren Konflikte, Quelle: Wannenwetsch (2014), S. 21 (leicht modifiziert). 7

Tabelle 2.2 ABC- / XYZ-Analyse, Quelle: Seeck (2010), S. 88 (leicht modifiziert). 13

Tabelle 3.1 Beispiele für Basisdaten Quelle: in Anlehnung ten Hompel, Schmidt (2010), S. 66. 26

Tabelle 4.1 Bewegungsmatrix anhand Prozessdatenanalyse Quelle: Eigene Darstellung 48

Tabelle 5.1 Darstellung der Bestände im WMS Quelle: Eigene Darstellung 66

Tabelle 5.2 Aufzählung der schnittstellenrelevanten Daten Quelle: Eigene Darstellung 70

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

€.. ……*Euro*

AG.....*Arbeitsgang*

BDE .....*Betriebsdatenerfassung*

EF .....*Endfertigung*

EPEI.....*Every Part Every Intervall*

ERP .....*Enterprise Ressource Planning*

FIFO.....*First-In-First-Out*

FL.....*Fremdleistung*

HOL .....*Holzbahnrahmen*

HRL.....*Hochregallager*

I-Punkt ..... *Identifikationspunkt*

JiS.....*Just in Sequence*

JiT .....*Just in Time*

KAR .....*Karton*

KIS ..... *Kiste*

KLT ..... *Kleinladungsträger*

K-Punkt..... *Kontrollpunkt*

LHM-Nummer ..... *Ladehilfsmittel-Nummer*

LIFO.....*Last-In-First-Out*

LVS ..... *Lagerverwaltungssystem*

MDE.....*Maschinendatenerfassung*

MES .....*Manufacturing Execution System*

MF.....*Mechanische Fertigung*

MIS ..... *Management Information System*

MON ..... *Montage*

OEE ..... *Overall Equipment Effectiveness*

OF.....*Oberfläche*

PPS.....*Produktionsplanung und Steuerung*

RBG .....*Regalbediengerät*

RFID ..... *Radio Frequency Identification*

SPS ..... Speicherprogrammierte Steuerung, *Speicherprogrammierbare Steuerung*

SQL ..... *Structured Query Language*

V1 ..... *Vorfertigung 1*

V2 ..... *Vorfertigung 2*

WIP ..... *Work in Process*

FORMELVERZEICHNIS

(3.1) Materialverfügbarkeit 27

(3.2) Wiederbeschaffungszeit 28

(3.3) Handlingfehlerquote 28

(3.4) Lagerumschlagshäufigkeit 28

(3.5) Lagerdauer 29

(3.6) Lagerreichweite 29

(3.7) Lagernutzungsgrad 29

(3.8) Work in Process 30

(3.9) Fließgrad 30

(3.10) Overall Equipment Effectiveness 31

(3.11) Overall Equipment Effectiveness (alternative Berechnungsmethode) 32

(3.12) Verfügbarkeit 32

(3.13) Effizienz 32

(3.14) Qualität 32

(3.15) Every Part Every Intervall 32