

Masterarbeit

Entwicklung und Anwendung eines adaptionstfähigen Simulationsmodells zur Effizienzsteigerung bei der Einführung des „Milkrun“-Zulieferkonzepts

eingereicht an der

Montanuniversität Leoben

erstellt am

Lehrstuhl Industrielogistik

Vorgelegt von:

Jürgen Blematl
0435004

Betreuer/Gutachter:

Univ.-Prof. Dr. Helmut Zsifkovits

Auftraggeber:

Volkswagen AG

Leoben, 20.11.2009

Sperrvermerk

Die vollständige oder auszugsweise Veröffentlichung, Vervielfältigung und / oder Weitergabe der vorliegenden Arbeit oder darin enthaltener Informationen ist nur mit ausdrücklicher schriftlicher Genehmigung der Volkswagen AG, Abteilung K-SIB, gestattet.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

Jürgen Blematl

Leoben, 20.11.2009

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all meinen Kollegen der Abteilung K-SIB Innovationszentrum KAP für ihre tatkräftige Unterstützung bedanken. Insbesondere gilt mein Dank Herrn DDI (FH) Matthias Stoer für die laufende Betreuung, sowie Herrn Dipl. Ing. Akinlar Ševket, der grundlegend für das Zustandekommen dieser Arbeit verantwortlich ist. Des Weiteren möchte ich mich bei meinem Betreuer Herrn Univ.-Prof. Dr. Helmut Zsifkovits für seine fachliche und wissenschaftliche Unterstützung bedanken. Außerdem gilt mein Dank Frau Mag. (FH) Cornelia Schuss. Ebenfalls möchte ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dr. Dirk Hartel für das ausführliche Interview bedanken.

Kurzfassung

Die Volkswagen AG erwartet sich durch einen verstärkten Einsatz des Milkrun-Zulieferkonzepts einem Anstieg an Beschaffungskosten entgegenwirken zu können. Da jedoch eine flächendeckende Einführung von Milkruns auf Grund des hohen Ressourceneinsatzes in der Potentialabschätzung und Implementierung noch nicht möglich ist, wird im Zuge dieser Masterarbeit ein Simulationsmodell entwickelt, das einen Beitrag dazu leisten soll, die Einführung von Milkruns effizienter zu gestalten. Im ersten Schritt wird dafür das Milkrun-Zulieferkonzept eingehend analysiert, um in weiterer Folge ein wirklichkeitsgetreues Simulationsmodell erarbeiten zu können. Dieses Simulationsmodell ist insbesondere durch seine Adaptionfähigkeit gekennzeichnet, die dem Anspruch Rechnung trägt, dass das Modell nicht nur für ein einzelnes Szenario, sondern zukünftig für alle Milkrun-Einführungen einsetzbar sein soll. Basierend auf dem entwickelten Modell schließt die Arbeit mit der Durchführung eines Simulationsexperiments für ein konkretes Pilotprojekt. Im Zuge der Arbeit lässt sich so nicht nur eine Aussage über das Potential von Simulationsstudien im konkreten Anwendungsgebiet treffen, sondern auch über jenes von Milkrun-Zulieferkonzepten selbst.

Abstract

By the intensified use of milkrun as a supply-concept, Volkswagen AG is expecting to counter increasing costs in sourcing and procurement. Currently, the comprehensive use of the milkrun concept is not possible due to the necessity of a high input of economic resources for the implementation process. Based on this fact, the output of this thesis is a simulation model that helps to make the implementation process more efficient. At first, there is a detailed analysis of the milkrun concept itself, which provides the basis for the following development of a valid simulation model. The simulation model is characterized by its ability of adaptation, required due to the need of multi-scenario applicability. Finally, the developed simulation model is used for supporting a pilot scheme. This systematic approach does not only allow the appraisal of the potential of simulation studies in the specific scenario but also the milkrun concept itself.

Inhaltsverzeichnis

Sperrvermerk	I
Eidesstattliche Erklärung	II
Danksagung	III
Kurzfassung	IV
Abstract	V
Inhaltsverzeichnis	VI
Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	VIII
1 Einleitung	1
2 Zulieferkonzepte	4
2.1 Begriffsdefinition, Anforderungen und Ziele von Beschaffung und Beschaffungslogistik.....	4
2.2 Differenzierte Betrachtung der Beschaffungsobjekte als Grundlage für effiziente Beschaffungsprozesse.....	6
2.3 Beschaffungsmodelle.....	10
2.4 Zulieferkonzepte.....	14
2.4.1 Begriffsabgrenzung.....	14
2.4.2 Kategorisierung von Zulieferkonzepten und Beschreibung gängiger Ausprägungsformen.....	15
2.4.3 Zuordnung der Zulieferkonzepte zu den Beschaffungsmodellen.....	19
2.4.4 Relevanz und Potential des Milkrun-konzepts.....	21
3 Analyse des Milkrun-Zulieferkonzepts	23
3.1 Begriffserklärung, Grundidee und Funktionsweise.....	23
3.2 Potentiale und Vorteile des Milkrun-Konzepts.....	27
3.2.1 Senkung der Transportkosten.....	27
3.2.2 Senkung der Bestandskosten.....	29
3.2.3 Verbesserung der Liefertreue.....	33
3.2.4 Weitere Vorteile.....	34
3.3 Voraussetzungen für die Einführung des Milkrun-Konzepts.....	35
3.3.1 Geographische Nähe der Lieferanten.....	35
3.3.2 Materialrestriktionen.....	37
3.3.2.1 Transportfähigkeit.....	37
3.3.2.2 Bedarfscharakteristik.....	38
3.3.3 Änderung der Lieferkonditionen.....	44
3.4 Vorgehen bei der Einführung von Milkruns und Potentialidentifikation für Simulationsunterstützung.....	45
3.4.1 Einführung und Umsetzung von Milkruns.....	45
3.4.2 Potential von Simulationsstudien bei der Einführung und Umsetzung von Milkruns.....	49
4 Simulationsstudie	52
4.1 Modellbildung.....	54
4.1.1 Zielbeschreibung.....	54
4.1.2 Aufgabenspezifikation.....	56
4.1.2.1 Beschreibung des zu untersuchenden Systems.....	56
4.1.2.2 Systemverhalten, Systemkonfiguration und mögliche Ausprägungen.....	62
4.1.2.3 Informationen, Daten und Messgrößen.....	63
4.1.3 Konzeptmodell.....	64
4.1.4 Formales Modell.....	72
4.1.4.1 Formalisierung des Konzeptmodells.....	72
4.1.4.2 Konfiguration und Initialisierung.....	73
4.1.4.3 Steuerungsebene.....	77

4.1.4.4	Materialflussebene.....	87
4.1.4.5	Definition der erforderlichen Datenbasis.....	95
4.1.5	Ausführbares Modell	97
4.1.5.1	Modellierung mit Plant Simulation	98
4.1.5.2	Umsetzung des ausführbaren Modells in Plant Simulation.....	101
4.1.6	Verifikation und Validierung	107
4.2	Experimente	112
4.2.1	Experimentpläne und Ergebnisse.....	114
4.2.1.1	Experiment I.....	119
4.2.1.2	Experiment II.....	122
4.3	Zusammenfassung	127
5	Conclusio	129
6	Literaturverzeichnis	132
7	Anhang	136

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich der verschiedenen Beschaffungsmodelle.....	12
Tabelle 2: Einsatzkriterien der Beschaffungsmodelle.....	13
Tabelle 3: Mögliche Transportvolumina in Milkrunsystemen.....	40
Tabelle 4: Vorgehen bei der Einführung von Milkruns.....	45
Tabelle 5: Daten, Informationen und Messgrößen des Simulationsmodells.....	63
Tabelle 6: Inputdatenstruktur.....	97
Tabelle 7: Modellbausteine - Plant Simulation.....	101
Tabelle 8: Input-Daten für die Simulationsstudie.....	116
Tabelle 9: Simulationsszenarien.....	120
Tabelle 10: Auswertung Experiment I.....	122
Tabelle 11: Auswertung Experiment II.....	125
Abbildung 1: SCOR-Supply Chain.....	5
Abbildung 2: Materialgruppen, Beschaffungsmodelle und Zulieferkonzepte.....	7
Abbildung 3: Operative Beschaffungsmodelle.....	10
Abbildung 4: Herkömmliche Zulieferverfahren vs. Milkrun-Prinzip.....	23
Abbildung 5: Vergleich Standard-Milkrun und Milkrun/Cross-Docking Kombination.....	26
Abbildung 6: Bestandsdarstellung.....	30
Abbildung 7: Auswirkung von Wiederbeschaffungsfrequenzsteigerung auf Bestandsniveau und Transportmittelauslastung.....	32
Abbildung 8: Vorgehensmodell für die Durchführung von Simulationsstudien nach ASIM.....	53
Abbildung 9: Vereinfachter Beschaffungsprozess in der Vorratsbeschaffung.....	57
Abbildung 10: Systemkomponenten eines Beschaffungssystems.....	58
Abbildung 11: Gesamtmodellstruktur.....	65
Abbildung 12: Modellkomponente: Zuliefersystem.....	69
Abbildung 13: Modellkomponenten: Lieferant, Straße, Entladestelle.....	71
Abbildung 14: Elemente von EPK-Darstellungen.....	73
Abbildung 15: EPK - Konfiguration und Initialisierung.....	74
Abbildung 16: EPK - Erzeuge Materialflusskomponenten.....	75
Abbildung 17: EPK - Initialisiere Materialflusskomponenten.....	76
Abbildung 18: EPK - Initialisiere Steuerungskomponenten.....	77
Abbildung 19: EPK - Simulationssteuerung.....	78
Abbildung 20: Systematik der Zulieferplanung.....	79
Abbildung 21: EPK - Zulieferplanung.....	81
Abbildung 22: EPK - Überprüfe ob Steuerungseingriff nötig.....	82
Abbildung 23: EPK - Berechne neue Zuliefermengen.....	83
Abbildung 24: EPK - Berechne Zulieferrhythmus und Lieferabrufmengen.....	84

Abbildung 25: EPK - Erzeuge neuen Fahrplan.....	85
Abbildung 26: EPK - Materialflusssteuerung	86
Abbildung 27: EPK - Straße.....	88
Abbildung 28: EPK - Lieferant.....	90
Abbildung 29: EPK - Entladestelle.....	92
Abbildung 30: EPK - Verbrauchersteuerung und Verbraucher	94
Abbildung 31: Ausführbares Modell - Oberste Modellebene	102
Abbildung 32: Ausführbares Modell - Lieferant, Straße, Entladestelle, Puffer	105
Abbildung 33: Pufferauswertung ohne stochastische Einflüsse.....	110
Abbildung 34: Verifikation & Validierung – Monitoring.....	111
Abbildung 35: Milkrun Route	113
Abbildung 36: Auszug - Verbrauchsdaten	117
Abbildung 37: Verkehrsaufkommen und Wartezeiten verteilt nach Tageszeiten	118
Abbildung 38: Auswertung - Durchschnittliche Rundtourdauer	121
Abbildung 39: Streckenlängen im Milkrun-Netzwerk vs. Direktrelationen	126

1 Einleitung

Folgende Diplomarbeit entsteht in Zusammenarbeit mit der Volkswagen AG, Abteilung K-SIB, Innovationszentrum KAP (Kundenauftragsprozess), einem Teilbereich der Konzern IT-Abteilung. Die Hauptaufgabe des Innovationszentrums KAP ist die wissenschaftsnahe Abwicklung von IT-relevanten Projekten aus unterschiedlichen Fachbereichen der Volkswagen AG. So wird diese Diplomarbeit im Auftrag des Fachbereichs Logistik verfasst.

"Any customer can have a car painted any colour that he wants so long as it is black."¹ Kaum eine Aussage hat sich im Laufe der Zeit so ins Gegenteil gekehrt wie diese von Henry Ford. Heute wird in der Automobilindustrie von *Mass Customization* gesprochen. Man wählt aus einer zweistelligen Farbpalette und auf Wunsch wird das Auto nach der Augenfarbe des zukünftigen Besitzers lackiert. Seit Jahren sind klar zwei Trends zu erkennen: Zum einen vergrößern sich die Produktpaletten der Automobilhersteller zusehends um jedes noch so ausgefallene Nischenprodukt, zum anderen steigen die Konfigurationsmöglichkeiten für jedes Fahrzeug kontinuierlich an. Es verlassen heute nahezu keine zwei baugleichen Fahrzeuge mehr die Produktionsstätten des VW-Konzerns. Die klassische Wahl zwischen Leder- oder Stoffsitzen hat sich längst in eine Qual der Wahl durch endlos lange Motorisierungs- und Mehrausstattungslisten gewandelt. So stieg beispielsweise alleine bei der Modellreihe Audi A6 im Zuge des letzten Modellwechsels im Jahre 2004 die Anzahl von konfigurierbaren Teilen um 30 Prozent an.²

Diese geradezu explodierende Variantenvielfalt bedeutet neben den Vorteilen für den Kunden jedoch eine gravierende Steigerung der Komplexität in allen Unternehmensbereichen der Automobilhersteller. Insbesondere trifft es jedoch die Logistik, und mit ihr die Materialwirtschaft. Eine wachsende Variantenvielfalt mündet direkt in eine wachsende Anzahl an Teilen, die es alle zu beschaffen, zu disponieren und zu lagern gilt. Dies führt nicht nur zu einer Steigerung des administrativen Aufwands, sondern auch zu weiteren negativen Effekten³:

- Erhöhung der Einstandspreise von Materialien aufgrund von geringeren Abnahmemengen
- Erhöhung der Anzahl an Bestellvorgängen und Verschlechterung der Prognosegüte
- Bestandserhöhungen im Lager aufgrund der Notwendigkeit stabiler Lieferbereitschaft
- Erhöhung der Transportkosten aufgrund geringerer Auslastung

¹ Ford, Crowther (2005), S. 72.

² Vgl.: Alders (2005), S. 39.

³ Vgl.: Schmid (2009), S. 33.

Zusätzlich sind die Kosten für den Gütertransport seit Jahren im Steigen begriffen und werden sich auch auf absehbare Zeit, insbesondere mit zunehmendem ökologischen Einflussfaktor, nicht umkehren. All dies bringt nicht nur, aber insbesondere, die Automobilindustrie in Handlungszwang, wenn sie einem Anstieg der Beschaffungskosten entgegenwirken möchte.

Unter diesem Aspekt trifft es Volkswagen als Branchenbenchmark bei Transportkosten besonders. Volkswagen konnte seit Jahren seine Transportkosten auf einem minimalen Niveau halten, was jedoch im Umkehrschluss bedeutet, dass nun durch Preisverhandlungen keine Verbesserungen mehr erzielbar sind. An dieser Stelle bedarf es einer strukturellen Veränderung in der Beschaffungslogistik. Seit einiger Zeit beschäftigt man sich bei Volkswagen unter dem Titel „Neues Logistikkonzept“ unter anderem mit neuen Transport- und Zulieferkonzepten. Als ein sehr viel versprechendes Konzept stellt sich dabei das so genannte Milkrun-Zulieferkonzept dar. Trotz seiner möglichen Einsparungspotentiale ist das Konzept noch kaum im Einsatz. Der Hauptgrund dafür wird folgendermaßen beschrieben: „Die Bildung von Teilladungsverkehren (zu denen das Milkrun-Konzept zählt, Anmerk. d.d. Verf.) ist verhältnismäßig aufwändig und erfordert einen hohen Durchgängigkeitsgrad von der Planung bis zur Umsetzung [...]. Durch die hohen Anforderungen bei der Implementierung ist eine vollautomatische Lösung bislang jedoch noch nicht vorzufinden. Doch gerade bei komplexen Netzwerken muss bei der Planung bzw. Identifizierung von kosteneinsparenden Teilladungsverkehren auf automatisierte Planungssysteme zurückgegriffen werden.“⁴

Aus dieser Problematik heraus leitet sich auch die Themenstellung dieser Arbeit ab. So soll im Zuge dieser Arbeit ein adaptionsfähiges Simulationsmodell erarbeitet werden, das es erlaubt, Simulationsstudien von strukturierten Teilladungsverkehren (Milkruns) durchzuführen, um die Potentialabschätzung und Einführung von Milkruns effizienter zu gestalten. Zudem soll das Simulationsmodell bereits für ein konkretes vorliegendes Pilotprojekt unterstützend zum Einsatz kommen.

Um diese Aufgabenstellung seriös und anforderungsgerecht abhandeln zu können, bedarf es einer genauen Analyse dieses Zulieferkonzepts, um Funktionsweisen und Wirkungszusammenhänge zu verstehen und diese in ein wirklichkeitsgetreues Simulationsmodell umsetzen zu können. Dementsprechend wird im ersten Schritt dieser Arbeit ein allgemeiner Überblick über Zulieferkonzepte gegeben, gefolgt von einer detaillierten Analyse des Milkrun-Konzepts. Darauf aufbauend folgt im letzten Schritt

⁴ Flender et al. (2008), S. 9.

schließlich die Erarbeitung eines adäquaten Simulationsmodells sowie die Durchführung von
Simulationsexperimenten zur Unterstützung eines Milkrun-Pilotprojekts.

2 Zulieferkonzepte

Ziel dieses Kapitels ist es, dem Leser zu vermitteln, worum es sich bei Zulieferkonzepten im Allgemeinen handelt und welche Aufgaben und Ziele diesen Konzepten zugeschrieben werden. Des Weiteren soll geklärt werden, warum diesem Themengebiet vor allem bei Volkswagen derzeit große Aufmerksamkeit geschenkt wird und welche besondere Rolle dabei das Milkrun-Konzept spielt. Die Aufgabe von Zulieferkonzepten, zu denen auch der Milkrun gehört, kann vereinfacht als Systematisierung des inbound-seitigen Materialflusses eines Unternehmens bezeichnet werden. Damit gehören Zulieferkonzepte zu jenem Teilbereich der Logistik, der als Beschaffungslogistik bezeichnet wird. Welche Rolle Zulieferkonzepten innerhalb der Beschaffung zukommt und welche Einflussfaktoren die Wahl von Zulieferkonzepten beeinflussen, ist eine weitere Fragestellung,, die in diesem Kapitel erörtert wird.

Für die Einordnung und Abgrenzung des Milkrun-Konzepts wird im weiteren Vorgehen ein Top-Down-Ansatz gewählt, um möglichst große Nachvollziehbarkeit sowie ein grundlegendes Verständnis vor allem auch für fachferne Leser gewährleisten zu können. Als erster Schritt wird dabei näher auf Aufgaben, Anforderungen und Ziele der Beschaffungslogistik und Beschaffung im Allgemeinen eingegangen, gefolgt von der Beschreibung sogenannter Beschaffungsmodelle, die grundlegend die Prozessabläufe zwischen Abnehmer und Lieferanten festlegen und somit die Wahl von Zulieferkonzepten maßgeblich beeinflussen. Im Sinne des Top-Down-Ansatzes schließt dieses Kapitel mit der genauen Definition von Zulieferkonzepten einschließlich der Beschreibung ihrer Aufgaben und Ziele sowie aller relevanten Ausprägungsformen.

2.1 Begriffsdefinition, Anforderungen und Ziele von Beschaffung und Beschaffungslogistik

Unter dem Begriff der Beschaffung versteht man grundlegend sämtliche unternehmens- und/oder marktbezogene Tätigkeiten, die darauf ausgerichtet sind, einem Unternehmen die benötigten, aber nicht selbst hergestellten Objekte verfügbar zu machen.⁵ Unter Objekten werden in diesem Fall alle Produktionsmaterialien, sowie Hilfs- und Betriebsstoffe, sowie auch Betriebsmittel, Dienstleistungen und Rechte verstanden.⁶ Der Beschaffungsprozess selbst umfasst dabei nicht nur die Planung und Steuerung der Zulieferung dieser Objekte, sondern auch Aufgaben wie Bedarfsermittlung, Lieferantenauswahl, Bestandsmanagement

⁵ Vgl.: Beckmann, Schmitz (2008), S. 255.

⁶ Vgl.: Ihme (2006), S. 262.

und Bestandsführung sowie die Bestellabwicklung.⁷ Folgende Abbildung zeigt die Einordnung der Beschaffung (engl.: Source) in einer mehrstufigen Supply-Chain.

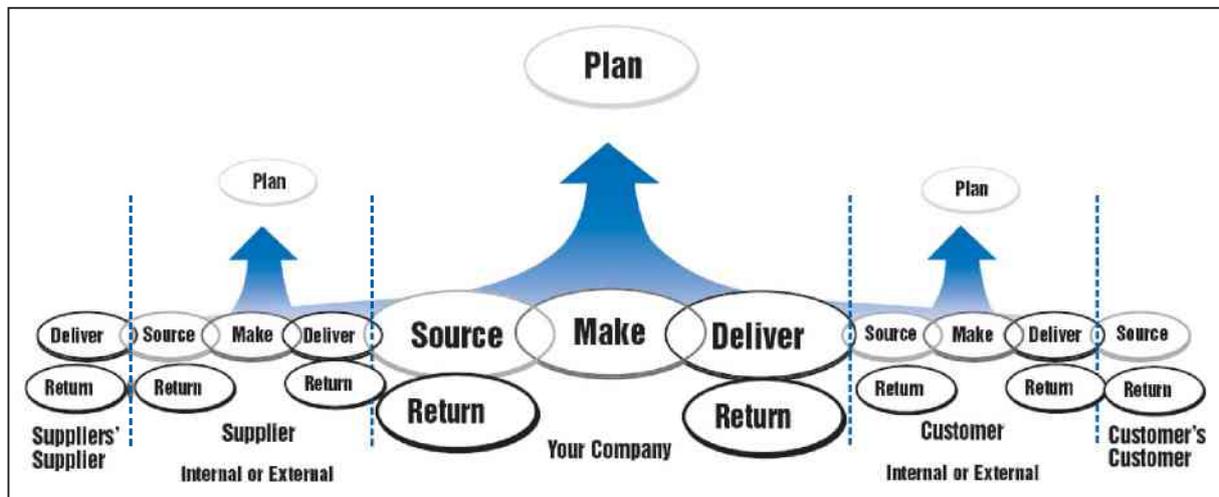


Abbildung 1: SCOR-Supply Chain⁸

Aus dieser Abbildung lässt sich erkennen, dass sich die Beschaffung immer am Beginn jeder unternehmensinternen Supply-Chain befindet, und so die Schnittstelle zu der Distribution (engl.: Deliver) des Lieferanten (engl.: Supplier) darstellt.

Abgrenzung der Beschaffungslogistik vom allgemeinen Begriff der Beschaffung

Unter Logistik werden im Allgemeinen alle Aktivitäten in und zwischen Unternehmen verstanden, die sich auf die Gestaltung und Verbesserung des gesamten Material- und Informationsflusses beziehen.⁹ Daraus kann abgeleitet werden, dass die Beschaffungslogistik die Planung, Gestaltung, Durchführung, Steuerung sowie Überwachung des Informations- und Materialflusses, ausgehend vom Beschaffungsmarkt bis hin zum Eingangslager bzw. in die Produktion eines Unternehmens, für alle genannten Beschaffungsobjekte, umfasst.¹⁰ Aus dieser Aufgabe der Logistik, sowohl als Planungs-, Gestaltungs-, Steuerungs- als auch Überwachungsfunktion, lässt sich die Notwendigkeit der Bestimmung und Verfolgung von Leistungs- und Effizienzzielen ableiten. Folgende Leistungsziele, auch als „sieben R“ der Logistik bekannt, können auch für die Beschaffungslogistik identifiziert werden: Ziel ist es, die richtigen Güter in der richtigen Menge zur richtigen Zeit am richtigen Ort in der richtigen Qualität zu den richtigen Kosten mit den richtigen Informationen bereitzustellen.¹¹ Etwas formaler können diese Logistikleistungen auch in der Kennzahl des Lieferservicegrads

⁷ Vgl.: Ihme (2006), S. 262.

⁸ Quelle: Supply-Chain Council (2006), S. 3.

⁹ Vgl.: Beckmann, Schmitz (2008), S. 255.

¹⁰ Vgl.: Ihme (2006), S. 262.

¹¹ Vgl.: Ihme (2006), S. 272.

ausgedrückt werden, der die Kriterien Lieferzeit, Lieferzuverlässigkeit, Lieferbereitschaft und Lieferqualität umfasst.¹²

Da jede Leistungserstellung immer einen Ressourceneinsatz bedingt, gibt es neben den Leistungszielen auch das allgemeine ökonomische Ziel der Effizienz. Für die Logistik bedeutet dies im Konkreten, dass die Kosten aller logistischen Prozesse für die jeweilige Leistung minimal und ihre Leistung bei den jeweiligen Kosten maximal sein sollte. Zusätzlich zu dem Ziel der ökonomischen Effizienz bekommen ökologische Ziele in der Logistik immer größere Bedeutung und sollten für alle Entscheidungen berücksichtigt werden.¹³

Auf Basis der Funktionen der Beschaffungslogistik und den Aufgaben und Teilbereichen im Beschaffungsprozess lassen sich nach Ihme die Kosten, die es in der Beschaffungslogistik zu minimieren gilt, folgendermaßen differenzieren¹⁴:

- **Steuerungs- und Systemkosten** für die Gestaltung, Planung und Kontrolle der Materialbereitstellung
- **Bestandskosten** für das Vorhalten von Beständen
- **Lagerhaltungskosten** für die vorzuhaltenden Lagerkapazitäten
- **Kosten für Ein- und Auslagervorgänge**
- **Transportkosten**
- **Handlingskosten** (Umschlagen, Umpacken usw.)

Um ein Erreichen der Leistungsziele in der Beschaffungslogistik bei möglichst minimalen Kosten gewährleisten zu können, bedarf es eines strukturierten und differenzierten Vorgehens.

2.2 Differenzierte Betrachtung der Beschaffungsobjekte als Grundlage für effiziente Beschaffungsprozesse

Die nötige Differenzierung in der Beschaffungslogistik ist dadurch bedingt, dass die unterschiedliche Beschaffenheit und Ausprägung von Beschaffungsobjekten unterschiedlichen Einfluss auf die Beschaffungskostenstruktur hat. So werden beispielsweise Lagerhaltungskosten bei der Beschaffung von Rechten oder Dienstleistungen weniger stark ins Gewicht fallen als bei der Beschaffung von Produktionsmaterial, das aus Lieferbereitschaftsgründen vorgehalten werden muss. Dieses Beispiel soll veranschaulichen, dass unterschiedliche Ausprägungen von Beschaffungsobjekten einzelne Kostenpositionen

¹² Vgl.: Fleischmann (2008), S. 8.

¹³ Vgl.: Fleischmann (2008), S. 7.

¹⁴ Vgl.: Ihme (2006), S. 272.

unterschiedlich belasten können. Somit müsste für eine kostenoptimale Beschaffung jedes Beschaffungsobjekt so behandelt werden, dass über alle Kostenpositionen ein Gesamtminimum erreicht wird. Selbiges gilt auch innerhalb der Beschaffungsobjektgruppe der Materialien, die auch zueinander in ihrer Ausprägung so inhomogen sind, dass sie im Sinne eines effizienten Beschaffungsprozesses differenziert betrachtet und behandelt werden müssen. Da Zuliefererkonzepte einen Teil des Beschaffungsprozesses gestalten, steht die Frage nach der differenzierten Betrachtung auch im direkten Zusammenhang damit. Folgende Grafik veranschaulicht diese Zusammenhänge.

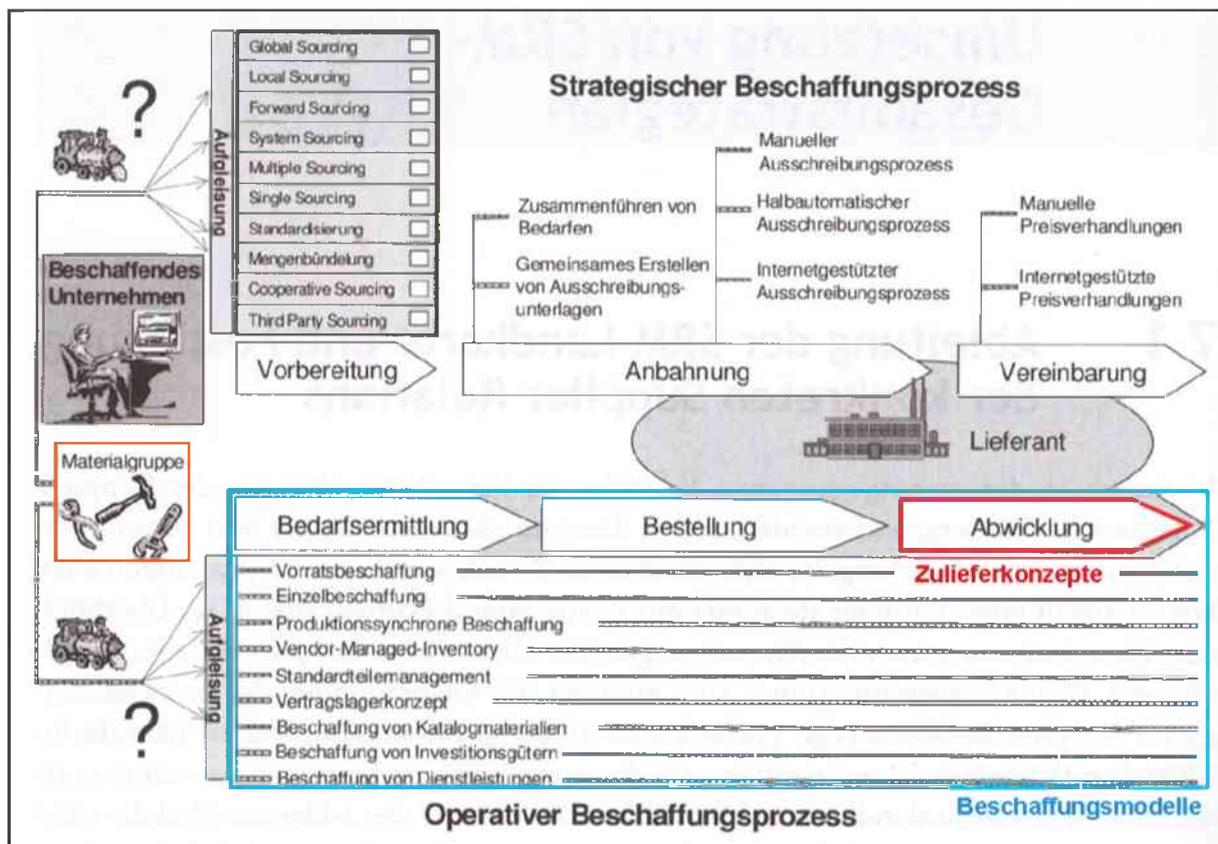


Abbildung 2: Materialgruppen, Beschaffungsmodelle und Zuliefererkonzepte¹⁵

Obige Darstellung zeigt die zentrale Rolle der differenzierten Beschaffungsobjekte (als Materialgruppen bezeichnet und orange hervorgehoben) und ihren Einfluss sowohl auf die operativen wie auch strategischen Beschaffungsprozesse. Die Abbildung lässt sich so interpretieren, dass ausgehend von den Materialgruppen das passende Beschaffungsmodell gefunden werden muss, um einen effizienten operativen Beschaffungsprozess zu gewährleisten. Zusätzlich zeigt diese Abbildung den Bezug zwischen Zuliefererkonzept und Beschaffungsmodell. Wie eingangs erwähnt, ist die Aufgabe des Zuliefererkonzepts die Systematisierung des Materialflusses, was in obiger Abbildung als letzter Prozessschritt im

¹⁵ Quelle: modifiziert nach Appelfellner, Buchholz (2006), S. 214.

operativen Beschaffungsprozess dargestellt wird und somit im Einflussbereich der Beschaffungsmodelle liegt. Dass die differenzierte Behandlung der Beschaffungsobjekte in der Beschaffungslogistik ein gängiges und notwendiges Vorgehen ist, konnte an dieser Stelle deutlich gemacht werden. Stellt sich nun die Frage, wie eine solche Differenzierung systematisiert werden kann und welche Auswirkung unterschiedliche Beschaffungsobjekte auf die Wahl des Beschaffungsmodells und schließlich des Zulieferkonzepts haben.

Materialgruppenbildung als Grundlage nötiger Differenzierung

Da es meist eine hohe Anzahl an Beschaffungsobjekten gibt, und eine differenzierte Behandlung jedes einzelnen Beschaffungsobjekts daher ineffizient wäre, ist die wichtigste Aufgabe im Zuge der Differenzierung die Bildung homogener Materialgruppen.¹⁶ Unter der Bildung homogener Materialgruppen wird die Gruppierung solcher Materialien verstanden, die sich aufgrund ihrer Eigenschaften hinsichtlich der Kostenstruktur in der Beschaffung ähnlich verhalten und somit im Beschaffungsprozess einheitlich behandelt werden können. Die Gruppenbildung sollte dabei möglichst so durchgeführt werden, dass die Objekteigenschaften in einer Gruppe zueinander so homogen wie möglich und zu Objekten anderer Gruppen so heterogen wie möglich sind. Diese Art der differenzierten Materialgruppenbildung wird in der Fachliteratur als Materialklassifikation bezeichnet.¹⁷ Im Folgenden werden unterschiedliche Klassifikationsmöglichkeiten näher beschrieben, die die Grundlage für die Auswahl von Beschaffungsmodellen bilden, und die somit auch für die Frage nach dem Zulieferkonzept relevant sind.

Eine grundlegende Unterscheidung bei Materialien kann nach dem Verwendungszweck erfolgen. Dabei unterscheidet man zwischen so genannten *direkten* und *indirekten* Materialien. Unter direkten Materialien versteht man solche Materialien, die unmittelbar in den eigentlichen Wertschöpfungsprozess eines Unternehmens eingehen (Produkte, die für die Weiterverarbeitung in der Produktion verwendet werden). Indirekte Materialien hingegen sind für Betrieb und Unterhalt eines Unternehmens nötig (Werkzeuge, Computerzubehör, Software, Kantine, Beratung etc.) und können weiter in Dienstleistungen, Katalogmaterialien und Investitionsgüter unterteilt werden.¹⁸ Indirekte Materialien werden laut Auftraggeber im Beschaffungsprozess generell gesondert behandelt, und daher soll im Zuge dieser Arbeit der ausdrückliche Fokus auf direkte Materialien gelegt werden. Die Kategorisierung von Materialien nach ihrem Verwendungszweck reicht jedoch für die Planung des operativen

¹⁶ Vgl.: Appelfellner, Buchholz (2006), S. 53f.

¹⁷ Vgl.: Appelfellner, Buchholz (2006), S. 26f.

¹⁸ Vgl.: Appelfellner, Buchholz (2006), S. 30f.

Beschaffungsprozesses noch nicht aus. Dafür empfiehlt sich eine Klassifikation nach folgenden Kriterien:

1. Klassifikation nach Bedarfscharakteristik:

Wertbeitrag der Materialien (monetär bewertetes Beschaffungsvolumen in einer Periode)

Die Kategorisierung der Materialien nach dem Wertbeitrag sollte nach dem Prinzip der ABC-Analyse durchgeführt werden. Bei diesem Verfahren zur Klassifizierung von Objekten werden alle Materialien nach ihrem Beschaffungsvolumen in einer Betrachtungsperiode gereiht, der prozentuelle Anteil am Gesamtvolumen berechnet und schließlich eine Zuordnung der Materialien zu drei Wertegruppen (nach kumulierten prozentuellem Anteil: A bis 75%, B bis 20% und C 5%) durchgeführt.¹⁹ Eine solche Kategorisierung von Objekten eignet sich generell für die Ermittlung von Potentialobjekten (A-Teile), denen ein hoher Ursache-Wirkungszusammenhang unterstellt wird und daher eine präzisere Allokation von knappen Ressourcen ermöglicht.

Bedarfsvariabilität/Prognosegenauigkeit (Schwankung des monatlichen Verbrauchs)

Eine weitere Kategorisierung von Materialien sollte nach der Charakteristik ihrer Bedarfsvariabilität durchgeführt werden. Diese Eigenschaft hat aufgrund ihrer Auswirkung vor allem auf die Prognosegüte essenziellen Einfluss auf den gesamten operativen Beschaffungsprozess. Eine Kategorisierung nach Bedarfsvariabilität kann nach folgenden Wertegruppen durchgeführt werden: X-Teile haben einen konstanten Verbrauch (<20% des monatlichen Verbrauchs). Y-Teile schwanken bzw. unterliegen einem saisonalem Trend (20%-50% d.m.V.). Z-Teile haben einen unregelmäßigen Verbrauch bei schlechter Prognosegenauigkeit (>50% d.m.V).²⁰

2. Klassifikation nach Versorgungsrisiko:

Die Klassifikation nach dem Versorgungsrisiko ist eine ebenso wichtige Differenzierung für den Beschaffungsprozess wie jene nach Bedarfsvariabilität und Wertbeitrag. Die Bestimmung des Versorgungsrisikos eines Materials kann auf folgende Eigenschaften zurückgeführt werden: Die Komplexität eines Produkts, die Austauschbarkeit und die Möglichkeit zur Einzelfertigung, sowie die Anzahl an verfügbaren Lieferanten, die Kosten eines Lieferantenwechsels und die voraussichtliche Entwicklung des Marktpreises und der Nachfrage.²¹

¹⁹ Vgl.: Appelfellner, Buchholz (2006), S. 27.

²⁰ Vgl.: Beckmann, Schmitz (2008), S. 278.

²¹ Vgl.: Appelfellner, Buchholz (2006), S. 55.

Ist eine solche Kategorisierung der Materialien durchgeführt worden, könnte im nächsten Schritt die Auswahl der bestgeeigneten Beschaffungsmodelle für die gefundenen Materialgruppen erfolgen. Im nächsten Abschnitt dieser Kapitels wird nun erörtert, worum es sich bei Beschaffungsmodellen im Detail handelt, welche Funktionen sie umfassen, für welche Materialgruppen welches Beschaffungsmodell besonders geeignet ist. Vor allem aber soll im nächsten Punkt geklärt werden, welchen Einfluss ein Beschaffungsmodell auf das Zulieferkonzept hat.

2.3 Beschaffungsmodelle

Beschaffungsmodelle sind Vorgehenskonzepte in der operativen Beschaffungslogistik, die sich in Jahrzehnten der Zusammenarbeit zwischen Kunden und Lieferanten herausgebildet und entwickelt haben. Im Laufe der Zeit wurde diese Zusammenarbeit systematisiert und auf vertraglich geregelte Grundlagen gestellt. Ziel der Anwendung dieser operativen Beschaffungsmodelle soll es sein, eine optimierte und standardisierte Prozessabwicklung zwischen Lieferant und Abnehmer sicher zu stellen, sowie eine genaue Regelung der Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten zwischen den Beteiligten zu erreichen.²² Folgende Abbildung zeigt gängige operative Beschaffungsmodelle.

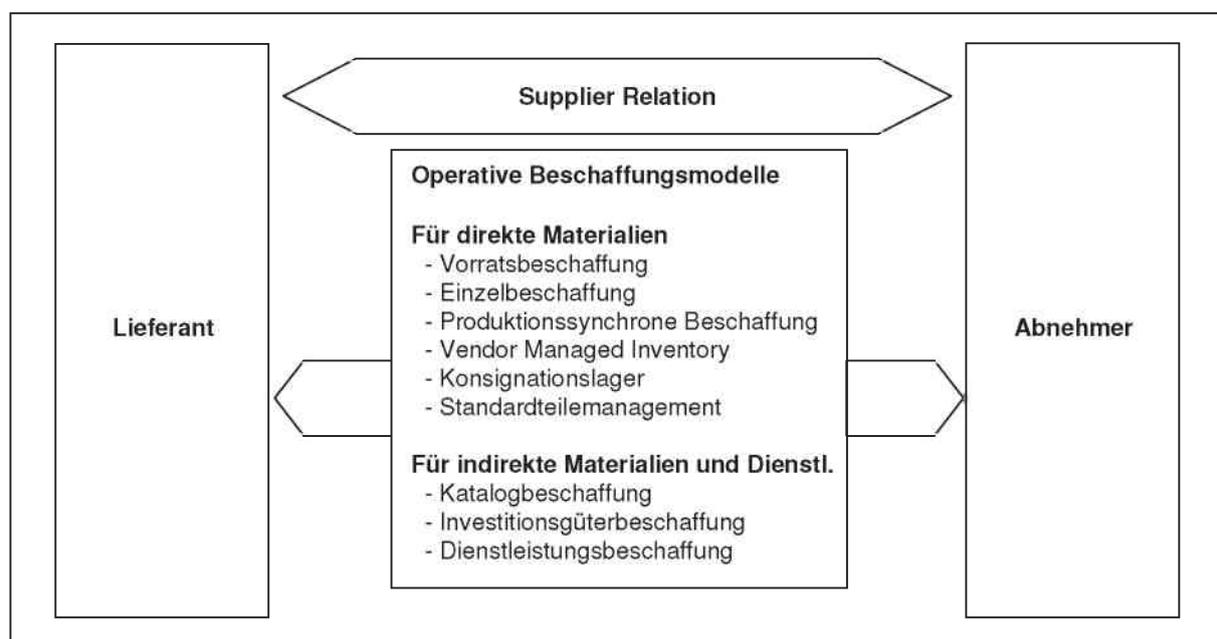


Abbildung 3: Operative Beschaffungsmodelle²³

Um die Unterschiede, Vor- und Nachteile dieser Modelle und auch Einsatzkriterien kurz und übersichtlich darzustellen, folgt nun eine tabellarische Übersicht. Da, wie im vorigen

²² Vgl.: Appelfellner, Buchholz (2006), S. 149.

²³ Quelle: Appelfellner, Buchholz (2006), S. 150.

Abschnitt erwähnt, der Fokus dieser Arbeit auf den direkten Materialien liegt, werden Modelle für indirekte Materialien und Dienstleistungen außer Acht gelassen.

Die wichtigsten Unterschiede der einzelnen Beschaffungsmodelle sollen anhand folgender Aspekte²⁴ näher erläutert werden:

Bestandsverantwortung

Die Bestandsverantwortung regelt die Zuständigkeit zwischen Abnehmer und Lieferant, hinsichtlich der Verantwortung für die Materialverfügbarkeit. Derjenige Partner, der die Bestandsverantwortung inne hat, muss dafür sorgen, dass immer genügend Material für die Produktion beim Abnehmer zur Verfügung steht.

Lagerbetrieb

Lagerbetreiber ist derjenige, der das Lager inklusive seiner Einrichtungen bereitstellt. Es spielt dabei keine Rolle, ob das Lager angemietet wurde oder sich im Eigentum des Lagerbetreibers befindet. Der Lagerbetreiber trägt alle anfallenden Lagerungskosten.

Fakturierungszeitpunkt

Der Fakturierungszeitpunkt bestimmt, zu welchem Zeitpunkt die Ware in das Eigentum des Abnehmers übergeht, ob zum Zeitpunkt der Anlieferung, oder zum Zeitpunkt der Entnahme der Ware aus dem Lager. In letzterem Fall bleibt die Ware Eigentum des Lieferanten, bis zur Entnahme aus dem Lager durch den Abnehmer.

Anlieferzyklus

Der Anlieferzyklus gibt Auskunft darüber, nach welchem Zyklus Ware angeliefert wird. Die Ausprägungsformen *bedarfsgetrieben*, *periodisch* oder *verbrauchssynchron* sind dabei gängig.

Bedarfsermittlung

Im Rahmen der Bedarfsermittlung werden die Bedarfsmengen und die Bedarfstermine festgelegt. Dies kann automatisch mittels IT-Unterstützung, manuell oder auch durch Prinzipien wie Kanban geschehen.

Bereitstellungsort

Unter Bereitstellungsort wird jener Ort verstanden, wo das Material angeliefert wird, beispielsweise direkt in die Fertigung des Abnehmers, oder konventionell in ein Lager.

²⁴ Vgl.: Appelfellner, Buchholz (2006), S. 207.

Folgende Tabelle bietet nun den Vergleich der gängigen operativen Beschaffungsmodelle auf Basis dieser Kenngrößen.

	Bestandsverantwortung	Lagerbetrieb	Fakturierungszeitpunkt	Anlieferzyklus	Bedarfs-ermittlung	Bereitstellungs-ort
Vorratbeschaffung	Abnehmer	Abnehmer	nach Anlieferung	nach Bedarf oder periodisch Plan- oder Verbrauchsgetrieben	automatisch oder manuell	am Lager
Einzelbeschaffung	Abnehmer	Abnehmer	nach Anlieferung	nach Bedarf Bedarfsgetrieben	manuell	am Lager
Produktions-synchrone Beschaffung (JIT/JIS)	Abnehmer oder Lieferant	Abnehmer	nach Anlieferung	verbrauchs-synchron	automatisch	in der Fertigung
Vendor Managed Inventory	Lieferant	Abnehmer	nach Anlieferung oder Entnahme	nach Bedarf oder periodisch Keine Dispo	automatisch oder manuell	am Lager
Standard-teilemanagement	Dienstleister	Abnehmer	nach Anlieferung (zb. Monatlich)	Periodisch/ Keine Dispo	in der Regel Kanban	in der Fertigung
Vertragslager-konzept	Lieferant	Dienstleister /Lieferant	nach Anlieferung oder Entnahme (nach Entnahme entspricht Konsignations-prinzip)	nach Bedarf oder periodisch Bedarfsgetrieben	automatisch oder manuell	am Lager

Tabelle 1: Vergleich der verschiedenen Beschaffungsmodelle²⁵

An dieser Stelle gilt es nun zu klären, welche Aussage die einzelnen Merkmale, vor allem in ihrer Kombination, über die Beschaffungsmodelle ermöglichen. Wenn man sich nun nochmals die unterschiedlichen Kostenpositionen in der Beschaffungslogistik, wie sie im vorigen Abschnitt aufgeschlüsselt wurden, ins Gedächtnis ruft, wird man bemerken, dass man diese größtenteils den einzelnen Merkmalen in der Tabelle zuordnen kann. So stellt jedes Modell in Hinblick auf ein Gesamtbeschaffungskostenoptimum unterschiedliche Ansprüche. Ohne diese Zusammenhänge in ihrer gesamten Komplexität auszuführen, sei an dieser Stelle nur ein anschauliches Beispiel gezeigt: Wenn ein Unternehmen mit seinem Lieferanten ein Beschaffungsmodell vereinbart, bei dem die Bestandsverantwortung und das Bestandsrisiko auf den Lieferanten übergehen, so wird der Abnehmer zwar Kostenvorteile durch die Verringerung von Kapitalbindungskosten erzielen, im Gegenzug dafür wird der Lieferant höchstwahrscheinlich für das zusätzliche Risiko den Verkaufspreis seiner Materialien

²⁵ Quelle: Appelfellner, Buchholz (2006), S. 208.

erhöhen. In diesem Sinne muss für jede Materialgruppe jenes Beschaffungsmodell ausgewählt werden, das die geringsten Kosten verursacht. Folgende Tabelle bietet nun einen Überblick, für welche Materialtypen sich welches Beschaffungsmodell grundsätzlich eignet.

	Beschreibung d. Materialien	Wert d. Materialien	Bedarfs-kontinuität	Beschaffungs-risiko	Kollaboration m. d. Lieferanten	Prozess-anforderung a. d. Lieferanten
Vorratbeschaffung	Grundsätzlich gesamtes Materialspektrum, wenn andere Modelle nicht anwendbar sind	alle	hoch	häufig hoch	gering	gering
Einzelbeschaffung	Materialien für Einzelfertigung und Kleinserien	meist hoch	keine	häufig hoch	gering	gering
Produktions-synchrone Beschaffung (JIT/JIS)	Hochwertige Systeme und Baugruppen mit regelmäßigem Bedarf	hoch	sehr hoch	hoch	sehr hoch	sehr hoch
Vendor Managed Inventory	Teile mit unregelmäßigem Bedarf	mittel bis hoch	mittel	-	hoch	hoch
Standard-teilemanagement	Standardteile für die Produktion mit geringem bis mittlerem Wert	gering bis mittel	hoch	Gering	hoch	sehr hoch
Vertragslager-konzept	Hochwertige Teile mit unregelmäßigem Bedarf	mittel bis hoch	mittel	-	hoch	hoch

Tabelle 2: Einsatzkriterien der Beschaffungsmodelle²⁶

Im Sinne eines differenzierten Beschaffungsprozesses eröffnet sich nun, auf Basis der Materialklassifizierung und der in Tabelle 2 dargestellten Einsatzkriterien der Beschaffungsmodelle, die Möglichkeit der Zuordnung homogener Materialgruppen zu dem jeweils passenden Beschaffungsmodell. Unabhängig davon, welches Beschaffungsmodell sich für welchen Materialtyp besser eignet, sei festgehalten, dass die Wahl des kostenoptimalen Beschaffungsmodells für eine Materialgruppe in der Praxis nicht immer möglich ist. Gründe dafür können beispielsweise die Qualifikation oder die Macht von Lieferanten, aber genauso prozessbedingte Kriterien auf Seiten des Abnehmers sein. Welches Beschaffungsmodell schließlich gewählt wird, bestimmt, ob die Frage nach einem Zulieferkonzept überhaupt relevant wird und wenn ja, welche Ausprägungsformen zulässig sind.

²⁶ Quelle: Appellfeller, Buchholz (2006), S. 210.

Einfluss des Beschaffungsmodells auf das Zulieferkonzept

Wie bereits erwähnt, ist die Aufgabe von Zulieferkonzepten, vereinfacht dargestellt, die Systematisierung der Materialflüsse von den Lieferanten hin zum Abnehmer. Somit greift das Zulieferkonzept erst auf der Ebene des physischen Materialflusses in den Beschaffungsprozess ein. Wenn folglich der Abnehmer mit seinen Lieferanten Beschaffungsmodelle vereinbart, die die Bestandsverantwortung auf die Lieferanten oder einen Dienstleister übertragen, so liegt auch die Gestaltung des Materialflusses in der Verantwortung des Lieferanten oder des Dienstleisters. Da in diesen Fällen der Lieferant oder Dienstleister dazu verpflichtet ist, dem Abnehmer das Material in der nötigen Menge am Verbrauchsort bereitzustellen, ist die Frage nach dem Zulieferkonzept für den Abnehmer nicht mehr relevant. Die Möglichkeit, Beschaffungskosten mittels der Wahl des bestgeeignetsten Zulieferkonzepts einzusparen, stellt sich somit nur dann, wenn jene Beschaffungsmodelle vereinbart werden, bei denen die Bestandsverantwortung beim Abnehmer verbleibt. Wie man Tabelle 1 entnehmen kann, trifft das auf die Beschaffungsmodelle *Einzelbeschaffung*, *produktions-synchrone Beschaffung* und *Vorratsbeschaffung* zu. Wenn diese Beschaffungsmodelle gewählt werden, ist der Abnehmer selbst für die Bereitstellung seiner Materialien verantwortlich und es eröffnet sich die Frage, nach welchen Prinzipien der Materialfluss von den Lieferanten hin zum Abnehmer möglichst effizient gestaltet werden kann. Diese Frage zu beantworten ist die zentrale Aufgabe der Zulieferkonzepte und wird im nächsten Punkt näher ausgeführt.

2.4 Zulieferkonzepte

Im abschließenden Punkt dieses Kapitels gilt es nun zu klären, worin genau die Aufgabe und das Ziel von Zulieferkonzepten besteht und welche gängigen Ausprägungsformen vorzufinden sind. Des Weiteren soll erörtert werden, warum Zulieferkonzepte die Beschaffungskosten erheblich beeinflussen können und welche Zulieferkonzepte für welche Beschaffungsmodelle geeignet sind.

2.4.1 Begriffsabgrenzung

Wie bereits ausgeführt, ist die Aufgabe von Zulieferkonzepten die Systematisierung des Materialflusses von den Lieferanten hin zum Abnehmer. Etwas formaler formuliert bedeutet das Folgendes: Unter Zulieferkonzepten versteht man die Systematisierung der Vorgänge und Prozesse, deren Ziel die Verbringung eines oder mehrerer Objekte(s) von einer oder mehreren Quelle(n) zu einer oder mehreren Senke(n) ist.²⁷ Damit kann der Aufgabenbereich

²⁷ Vgl.: Schieck (2008), S. 117.

von Zulieferkonzepten im Beschaffungsprozess auf der Ebene des physischen Materialflusses eingeordnet werden. In der Fachliteratur wird dieser Aufgabenbereich manchmal auch unter dem Begriff *Transportkonzepte* zusammengefasst. Es sei an dieser Stelle nur soviel gesagt, dass beide Termini dieselbe Bedeutung haben, und der Unterschied der Begriffe Zulieferkonzept und Transportkonzept nur dadurch zustande kommt, dass das Wort Zulieferkonzepte den Anwendungsbereich in der unternehmensinternen Supply-Chain aus Sicht des Abnehmers impliziert. Da die Systematisierung des Materialflusses auch in anderen Teilbereichen der Logistik, wie beispielsweise der Distribution, ebenso notwendig ist, ist auch die anwendungsneutrale Formulierung Transportkonzepte entstanden.

2.4.2 Kategorisierung von Zulieferkonzepten und Beschreibung gängiger Ausprägungsformen

Eine grundlegende Einteilung von Zulieferkonzepten kann nach der Beschaffenheit der Transportkette und nach der Größe der beförderten Ladung vorgenommen werden.

Unter dem Aspekt Beschaffenheit der Transportkette lassen sich zwei Ausprägungsformen unterscheiden, nämlich *eingliedrig* und *mehrgliedrig*. Eingliedrige Transportketten kennzeichnen sich durch einen direkten Transportprozess von der Quelle zur Senke. Finden hingegen zwischen Quelle und Senke ein oder mehrere Umschläge statt, oder hat die Transportkette mehrere Abnehmer, spricht man von einer mehrgliedrigen Transportkette.²⁸ Transportketten werden auch dahingehend unterschieden, ob zwischen Quelle und Senke das Transportmittel gewechselt wird, beispielsweise von LKW auf den Zug. Ist das der Fall, spricht man von einem so genannten *intermodalen* Transport.²⁹ Zulieferkonzepte werden jedoch nicht nur über Transportketten charakterisiert, sondern auch über die Größe der Ladung, die sie transportieren. Wenn eine einzige Ladung das eingesetzte Transportmittel gewichts- oder volumenmäßig vollständig auslastet, so dass keine andere Ladung mehr Platz findet, spricht man von einem *Ladungs-* bzw. *Komplettladungsverkehr*. Lastet hingegen das Transportgut das Transportmittel nicht vollständig aus, so spricht man von einem so genannten *Teilladungsverkehr*. Eine Sonderform des Teilladungsverkehrs, bei der die transportierten Mengen meist noch kleiner sind, und insbesondere auch mehrere Abnehmer am Ende der Transportkette stehen können, ist der *Sammelladungs-* oder *Sammelgutverkehr*.³⁰

²⁸ Vgl.: Vastag (2008), S. 408.

²⁹ Vgl.: Vastag (2008), S. 408.

³⁰ Vgl.: Schieck (2008), S. 171.

Weiters können Zulieferkonzepte dahingehend unterschieden werden, welcher Partner sich für die Planung und Durchführung des Transportprozesses verantwortlich zeichnet. Ist es der Lieferant oder ein Logistikdienstleister, der den Transportprozess plant und dafür verantwortlich ist, spricht man aus Sicht des Abnehmers von einem *passiven* Zulieferkonzept. Ist hingegen der Abnehmer selbst für die Zulieferung verantwortlich und plant diese selbst aus, so kann diese Ausprägung des Zulieferkonzepts als aktiv bezeichnet werden.

Es folgt nun eine nähere Betrachtung der gängigen Zulieferkonzepte, die in der Automobilindustrie zum Einsatz kommen.

Das Gebietsspediteur-Konzept

Beim Gebietsspediteur-Konzept handelt es sich um einen Sammelladungsverkehr, bei dem ein Logistikdienstleister Lieferungen von allen Lieferanten in einem Gebiet in eigenoptimierten Touren einsammelt, sie zu einem Umschlagpunkt bringt und sie von dort in einer vollen Ladung zum Werk des Abnehmers transportiert.³¹ So wird es für den Abnehmer möglich, auch geringe Mengen von Materialien von weit entfernten Lieferanten kostengünstig zu beschaffen. Die Preise für den Transport in diesen Netzwerken sind nach dem sendungspflichtigen Gewicht gestaffelt und orientieren sich an den Entfernungen zwischen vordefinierten Zonen. Der Logistikdienstleister trägt auf diesen Relationen das unternehmerische Risiko der Transportmittelauslastung, was sich durch entsprechend höhere Tarife ausdrückt. Die im Rahmen des Gebietsspediteur-Konzepts verhandelten Preise bewegen sich bei Volkswagen bereits am unteren Limit, mit geringen Margen für die Dienstleister.³² Bei dem Gebietsspediteur-Konzept handelt es sich eindeutig um ein passives Zulieferkonzept, bei dem der Logistikdienstleister nicht nur die Transportplanung übernimmt, sondern auch das Auslastungsrisiko seiner Transportmittel trägt. Der Vorteil dieses Konzepts liegt ganz klar darin, dass geringe Mengen eines Materials beschafft werden können, ohne die Gefahr und Kosten für schlecht ausgelastete Transportmittel übernehmen zu müssen. So wird es dem Abnehmer möglich, durch häufigere Anlieferung von geringeren Mengen seine Lagerbestände gering zu halten. Diese Möglichkeit wird jedoch wie erwähnt durch höhere Transportpreise erkaufte. Dieses Konzept wird vornehmlich dann verwendet, wenn der Transport als Direktladungsverkehr aufgrund zu geringer Transportvolumina nicht möglich ist.

³¹ Vgl.: Fleischmann (2008), S. 14.

³² Vgl.: Flender et al. (2008), S. 8.

Der Direktladungsverkehr

Der Direktladungsverkehr ist der klassische Komplettladungsverkehr zwischen genau einem Lieferanten und einem Abnehmer. Da Volkswagen dieses Konzept so handhabt, dass nur dann ein Transport angestoßen wird, wenn die transportierte Menge so groß ist, dass sie ein Transportmittel kalkulatorisch vollständig auslastet, gilt dieses Konzept bei Volkswagen als Transportkosten-optimal.³³ Zudem fallen für dieses Zulieferkonzept kaum Prozesskosten an, da aufgrund der wenigen Beteiligten der Planungsaufwand sehr gering ist. Den Direktladungsverkehr gibt es in zwei Ausprägungsformen, als passive oder aktive Variante. Bei der aktiven Variante steuert der Abnehmer den gesamten operativen Beschaffungsprozess und trägt somit auch das Planungs- und Auslastungsrisiko. Bei der passiven Variante liefert der Lieferant seine Ware selbst beim Abnehmer an oder lässt dies durch einen Dienstleister durchführen. In eben beiden letzteren Fällen trägt der Lieferant sowohl Transportverantwortung als auch -kosten. Dementsprechend kann bei der passiven Variante ein Preiszuschlag zu den normalen Verkaufspreisen erwartet werden. Dieses Transportkonzept erlaubt es in seiner aktiven Form Transportkosten-optimal zu beschaffen. Nachteil dabei ist, dass die betrachtete Lieferanten-Abnehmer-Beziehung ein hohes Volumen aufweisen muss, da ansonsten hohe Bestände im Lager des Abnehmers unvermeidbar sind. Mit einer einfachen Überlegung kann diese Aussage belegt werden. Vereinfacht ausgedrückt liegt beschafftes Material so lange auf Lager, bis es verbraucht ist. Ist also die Mindestbeschaffungsmenge eines Materials unverhältnismäßig viel höher als sein Verbrauch, so liegt das Material mindestens so viele Perioden auf Lager, wie die Mindestbeschaffungsmenge geteilt durch den Verbrauch pro Betrachtungsperiode lang dauert. Dem könnte durch eine häufigere Anlieferung des Materials in geringeren Mengen entgegengewirkt werden, dies würde sich jedoch in einer Verschlechterung der Transportmittelauslastung widerspiegeln und somit höhere Transportkosten verursachen. Bei dieser Problematik handelt es sich um ein typisches Losgrößenproblem, das für jede Materialgruppe auf Grund ihrer unterschiedlichen Ausprägungen differenziert gelöst werden muss.

Ist eine Lieferanten-Abnehmer Relation von ihrem Transportvolumen her zu gering, als dass sie mittels Direktladungsverkehr beschafft werden kann, wird zurzeit bei Volkswagen auf das zuvor erwähnte Gebietsspediteur-Konzept zurückgegriffen. Der Nachteil dabei ist jedoch, dass es aufgrund der höheren Transportpreise zu einer deutlichen Steigerung der Transportkosten gegenüber dem Direktverkehr kommt. Da, wie in der Einleitung erwähnt,

³³ Vgl. Flender et al. (2008), S. 7.

durch die steigende Variantenvielfalt immer mehr Materialien mit geringeren Mengen beschafft werden müssen und Transportpreise kontinuierlich steigen, stellt dies eine zunehmende Belastung für die Volkswagen AG dar. Einen Ausweg aus dieser Problematik kann das Milkrun-Zulieferkonzept schaffen, das eine Mischform aus Direktverkehr und Gebietsspediteur-Konzept ist, und zu den Teilladungsverkehren zählt.

Der Teilladungsverkehr

Der Teilladungsverkehr ist eine Mischform aus Komplettladungs- und Sammelladungsverkehr. Bei dieser Art des Zulieferkonzepts fährt ein Fahrzeug mehrere Lieferanten in einer vordefinierten Rundtour an, wodurch sich verschiedene Sendungen den zur Verfügung stehenden Frachtraum teilen. Vorteil dieses Konzepts ist es, dass durch das Einbinden mehrerer Lieferanten in einen Transportzyklus Lieferanten-Abnehmer-Relationen auch mit geringerem Volumen zu einem Transport mit nahezu derselben Auslastung wie bei einem Direktverkehr gebündelt werden können. Wird diese Form des Zulieferkonzepts soweit systematisiert, dass auch die Integration einer Leergutrückführung möglich wird, nennt man dies Milkrun. Dieses Zulieferkonzept bietet die Möglichkeit, die Vorteile von Direktverkehr und Gebietsspediteur-Konzept zu verbinden. Durch den Einsatz dieses Zulieferkonzepts wird es möglich, trotz hoher Anlieferfrequenz eine hohe Transportmittelauslastung zu gewährleisten. Um jedoch Preisvorteile gegenüber dem Gebietsspediteur-Konzept realisieren zu können, muss dieses Transportkonzept aktiv vom Abnehmer geplant, umgesetzt und betreut werden. Dies ist der Grund, warum diese systematisierten Teilladungsverkehre noch nicht flächendeckend im Einsatz sind. Die Bildung von Teilladungsverkehren ist ein komplexer und aufwändiger Prozess, der von der Planung bis zur Umsetzung einen hohen Einsatz von Ressourcen benötigt. Um diesen Ressourceneinsatz zu mindern und somit eine flächendeckende Einführung von Milkruns gewährleisten zu können, ist man auf der Suche nach adäquater Unterstützung aus dem IT-Bereich.³⁴

Nicht nur die Planung und Umsetzung eines systematisierten Teilladungsverkehrs ist erheblich schwieriger als die eines Direktverkehrs, sondern insbesondere auch die Identifikation von potentiellen Lieferanten-Abnehmer-Relationen, die sich für eine solche Art des Zuliefersystems eignen. Dies ist vor allem dadurch zu erklären, dass die Umsetzung von Milkruns an bestimmte Restriktionen geknüpft ist, die aufgrund der Komplexität des Systems durch die hohe Anzahl an Beteiligten nicht eindeutig abgegrenzt werden können. Nähere Erläuterungen dazu werden im Kapitel drei dieser Arbeit gegeben. Um Volkswagen dennoch die Potentiale der Bildung von Teilladungsverkehren zugänglich machen zu können, wird an

³⁴ Vgl.: Flender et al. (2008), S. 9.

unterschiedlichen IT-Unterstützungen gearbeitet, die die Potentialabschätzung sowie die Einführung und Umsetzung solcher Konzepte vereinfachen sollen. Eines davon soll das in dieser Arbeit zu entwickelnde Simulationsmodell sein, das sowohl die Potentialabschätzung wie auch die Einführung von Milkruns erheblich erleichtern soll.

2.4.3 Zuordnung der Zulieferkonzepte zu den Beschaffungsmodellen

Bevor nun im nächsten Kapitel mit der genauen Ausarbeitung des Milkrun-Konzepts fortgefahren wird, folgt an dieser Stelle noch die Zuordnung der Zulieferkonzepte zu den einzelnen Beschaffungsmodellen.

Wie im Punkt Beschaffungsmodelle dargelegt, stellt sich die Frage nach Zulieferkonzepten für den Abnehmer nur für jene Lieferanten-Abnehmer-Beziehungen, für die ein Beschaffungsmodell gewählt wurde, das die Bestandsverantwortung beim Abnehmer belässt und nicht auf den Lieferanten oder einen Dienstleister überträgt. Dies trifft nur für drei der Beschaffungsmodelle, nämlich die *Vorratsbeschaffung*, die *produktions-synchrone Beschaffung* und die *Einzelbeschaffung*, zu. Um herauszufinden, welche Zuliefersysteme für welche dieser Beschaffungsmodelle geeignet sind, wird nachstehend näher auf die einzelnen Beschaffungsmodelle eingegangen.

Einzelbeschaffung

Die Einzelbeschaffung findet meist in der Kundenauftragseinzelfertigung Anwendung, wo im Detail noch nicht feststeht, wie das Endprodukt aussehen wird und somit auch die benötigten Materialien, die in das Produkt einfließen, noch nicht feststehen. Dieses Beschaffungsmodell ist geprägt durch niedrige Materialverfügbarkeiten, niedrige Bestandskosten und hohe Prozesskosten in der Abwicklung, da der Beschaffungsprozess reaktiv abläuft.³⁵ Dies bedeutet, dass bei der Einzelbeschaffung der gesamte Beschaffungsprozess erst dann ausgelöst wird, wenn ein konkreter Bedarf an einem Material vorliegt. Aus diesem Grund wird dieses Beschaffungsmodell auch umgangssprachlich als anlassbezogene Beschaffung bezeichnet. In manchen Fällen steht bei der Einzelbeschaffung nicht einmal der Lieferant fest, und bevor der Beschaffungsprozess starten kann, muss erst ein adäquater Lieferant gefunden werden. Für diese Art der Beschaffung kommt nur ein Zulieferkonzept in Frage, das spontan und ohne besonderen Planungsaufwand durchführbar ist. Dies trifft nur auf den Direktladungsverkehr zu. Alle anderen Zulieferkonzepte erfordern aufgrund der nötigen Integration der einzelnen Beschaffungs-Partner einen erhöhten

³⁵ Vgl.: Appelfellner, Buchholz (2006), S. 169.

Planungsaufwand und sind daher im Sinne einer Kosten-Nutzen-Abwägung nur für einen kontinuierlichen Beschaffungsprozess geeignet.

Produktions-synchrone Beschaffung

Ziel der produktions-synchronen Beschaffung ist es, durch kontinuierliche, bedarfs-synchrone Anlieferung von Materialien den notwendigen Materialbestand beim Abnehmer auf null zu senken. Im Gegensatz zur Einzelbeschaffung erfordert dieses Modell eine hohe Integration aller beteiligten Partner im Beschaffungsprozess. Der Vorteil dieses Beschaffungsmodells ist es, dass für den Abnehmer nahezu keine Bestandskosten anfallen. Der Nachteil hingegen ist, dass aufgrund der notwendigen hohen Anzahl an Anlieferungen mit geringen Materialmengen nur eine geringe Transportmittelauslastung erreicht wird, die wiederum hohe Transportkosten bedingt³⁶. Ein zusätzlicher Aspekt, der bei der produktions-synchronen Beschaffung beachtet werden muss, ist das potentiell hohe Ausfallsrisiko der Produktion, wenn aufgrund von Störungen im Beschaffungsprozess das gewünschte Material nicht oder zu spät eintrifft. Derzeit ist bei Volkswagen im Zusammenhang mit der produktions-synchronen Beschaffung nur das Zulieferkonzept des Direktladungsverkehrs im Einsatz. Wenn man auf die Beschreibung der einzelnen Zulieferkonzepte zurückblickt, zeigt sich, dass sich an dieser Stelle großes Potential für den Teilladungsverkehr eröffnen würde, da dieser den Anspruch erhebt, bei hoher Anlieferfrequenz dennoch eine hohe Auslastung der Transportmittel zu gewährleisten. Problem dabei ist jedoch, dass der Teilladungsverkehr im Vergleich zum Komplettladungsverkehr komplexer und damit fehleranfälliger ist. Bedingt durch eine höhere Anzahl an Beteiligten im System, erhöht sich auch die Fehlerwahrscheinlichkeit. Da aufgrund der Null-Bestandsstrategie in der produktions-synchronen Beschaffung Prozessstörungen zu hohen Ausfallkosten führen können, sei der mögliche Einsatz von Teilladungsverkehren an dieser Stelle zwar als Potential hervorgehoben, jedoch wird dieser zum jetzigen Zeitpunkt für Volkswagen, aufgrund der kaum vorhandenen Erfahrung mit Teilladungsverkehren, als wenig praxistauglich erachtet.

Vorratsbeschaffung

Die Vorratsbeschaffung stellt einen klassischen Beschaffungsprozess dar, der trotz aller Bemühungen, Materialgruppen mit effizienteren und günstigeren Beschaffungsmodellen zu beschaffen, insbesondere in der Serienfertigung nach wie vor relevant ist. Bei diesem Beschaffungsmodell wird, wie der Name vermuten lässt, Material vorrätig auf Lager gelegt. Das führt dazu, dass der inbound-seitige Materialfluss vom Materialverbrauch des Abnehmers entkoppelt wird. Der Vorteil dabei ist, dass verglichen mit der produktions-synchronen

³⁶ Vgl.: Appelfellner, Buchholz (2006), S. 171.

Beschaffung das Ausfallsrisiko bei Störungen im Beschaffungsprozess aufgrund der Pufferfunktion der Materialbestände geringer ist. Nachteilig sind hingegen die steigenden Kosten für die Vorhaltung von Lagerkapazitäten sowie die Bestandskosten im Allgemeinen. Die Schwierigkeit bei diesem Beschaffungsmodell liegt vor allem darin, dass auch all jene Materialien, die meist aus prozessbedingten Gründen nicht mit anderen für sie kosteneffizienteren Beschaffungsmodellen beschafft werden können, damit beschafft werden müssen. Dies bedeutet, dass in der Praxis alle Materialtypen, sowohl A,B,C als auch X,Y,Z Materialien mit sowohl hohem, als auch niedrigem Versorgungsrisiko mit diesem Beschaffungsmodell beschafft werden. Da je nach Materialbeschaffenheit unterschiedliche Kostentreiber die Gesamtbeschaffungskosten beeinflussen, können für dieses Beschaffungsmodell alle Zulieferkonzepte zum Einsatz kommen. Bei Volkswagen sind dies derzeit der Komplettladungsverkehr, vor allem für Materialien mit hohen Bedarfsmengen, sowie das Gebietsspediteur-Konzept für Materialien mit geringen Bedarfen. Insbesondere eignet sich für dieses Beschaffungsmodell das Zulieferkonzept Teilladungsverkehr, da die hohe Prozesssicherheit wie bei der produktions-synchronen Beschaffung notwendig ist, aber dennoch ein kontinuierlicher Materialfluss von den Lieferanten hin zum Abnehmer erforderlich ist.

2.4.4 Relevanz und Potential des Milkrun-Konzepts

Bezogen auf die gemachten Ausführungen in diesem Kapitel stellt sich nun die Frage, welche Relevanz dem Milkrun-Konzept tatsächlich zukommt und welche Vorteile sich die Volkswagen AG vom Einsatz dieses Konzepts im Konkreten erwartet.

Wie eingangs erwähnt, sind die Beschaffungskosten bei Volkswagen im Steigen begriffen. Eine grundlegende Notwendigkeit, um dieser Entwicklung Herr zu werden, ist die differenzierte Behandlung der unterschiedlichen Beschaffungsobjekte. In diesem Zusammenhang haben sich vorrangig die einzelnen Beschaffungsmodelle herausgebildet, die die Grundlage für eine differenzierte Beschaffung ermöglichen. Zwar ist die Automobilindustrie Vorreiter, was den Einsatz von modernen und hoch integrativen Beschaffungsmodellen betrifft, dennoch ist man noch weit davon entfernt, alle Beschaffungsobjekte mit den für sie am bestgeeignetsten Modellen zu beschaffen. So werden bei Volkswagen zurzeit noch immer mehr als 40 Prozent aller beschafften Teile mittels Vorratsbeschaffung beschafft. Das Potential, noch einen signifikanten Anteil dieser 40 Prozent in andere, im Sinne der Gesamtbeschaffungskosten günstigere, Beschaffungsmodelle einzugliedern, gilt zum jetzigen Zeitpunkt als nahezu ausgeschöpft. Dementsprechend wird derzeit versucht, mögliche Einsparungspotentiale im Bereich der Vorratsbeschaffung zu

finden. Da bei diesem Beschaffungsmodell auch der operative Teil des Beschaffungsprozesses, nämlich die Gestaltung des physischen Materialflusses, sowie das Bestandsmanagement im Verantwortungsbereich des Abnehmers liegt, ist die Thematik der Zulieferkonzepte als Quelle möglicher Einsparungspotentiale in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit gerückt. Die Schwierigkeit bei der Vorratsbeschaffung ist, dass so gut wie alle Materialtypen damit beschafft werden und dass die derzeit im Einsatz befindlichen Zulieferkonzepte hingegen nur für bestimmte Materialtypen besonders gut geeignet sind. In diesem Zusammenhang verspricht man sich vom Milkrun-Konzept ein erhebliches Einsparungspotential, da es gewissermaßen die Vorteile der beiden anderen Zulieferkonzepte verbindet und somit für eine größere Anzahl an Materialtypen besser geeignet sein könnte. Ob ein Zulieferkonzept für eine bestimmte Beschaffungssituation besser geeignet ist als ein anderes, wird schlussendlich dadurch entschieden, inwiefern es in der Lage ist, für die Summe der einzelnen Positionen der Beschaffungskosten ein besseres Gesamtergebnis zu erzielen. Welche Vorteile man sich im Detail vom Milkrun-Konzept erwartet, wie genau es funktioniert und an welche Voraussetzungen seine Einführung gebunden ist, wird im nächsten Kapitel näher erläutert.

3 Analyse des Milkrun-Zulieferkonzepts

Dem im vorigen Kapitel gegebenen Überblick über unterschiedliche Zulieferkonzepte folgt nun eine detaillierte Betrachtung des Milkrun-Konzepts. Ziel dieses Kapitels ist es, zum einen das nötige fachliche Grundverständnis sowie Kenntnis über Funktion und Wirkungszusammenhänge dieses Zulieferkonzepts zu erarbeiten, um die Grundlage für die Erstellung eines wirklichkeitsgetreuen Simulationsmodells zu schaffen. Zum anderen sollen Potentiale und Voraussetzungen dieses Konzepts erörtert, sowie ein Leitfaden für die schrittweise Einführung erstellt werden, um den in der Einleitung erwähnten Schwierigkeiten in der Umsetzung des theoretischen Konzepts systematisch zu begegnen. Außerdem soll dem Auftraggeber diese ausführliche Darstellung eine Unterstützung zur Meinungsbildung und Entscheidungsfindung für die weitere Anwendung dieses Konzepts bieten.

3.1 Begriffserklärung, Grundidee und Funktionsweise

Der Begriff „Milkrun“, zu Deutsch als „Milchmann-Prinzip“ bekannt, ist die Bezeichnung für ein Zulieferkonzept, das sich auf die Sammeltouren bei Milchbauern zurückführen lässt.³⁷ So entspricht es, ähnlich dem alten System der Abholung von Milchkannen bei Bauernhöfen, folgendem Vorgehen:

Ausgehend von einem Startpunkt, der zugleich den Endpunkt der Sammeltour darstellt, fährt ein LKW einen vordefinierten Rundweg und holt bereitgestellte Teile (z.B. volle Milchkannen) bei unterschiedlichen Lieferanten ab und bringt gleichzeitig etwaiges Leergut (z.B. leere Milchkannen) retour. Diese Art des Zuliefersystems stößt mittlerweile auch bei Industrieunternehmen auf zunehmendes Interesse, vor allem wegen seiner ökologischen und ökonomischen Effizienz. Folgende Grafik zeigt den Unterschied zwischen herkömmlichen Zuliefersystemen und dem Milkrun-Prinzip.

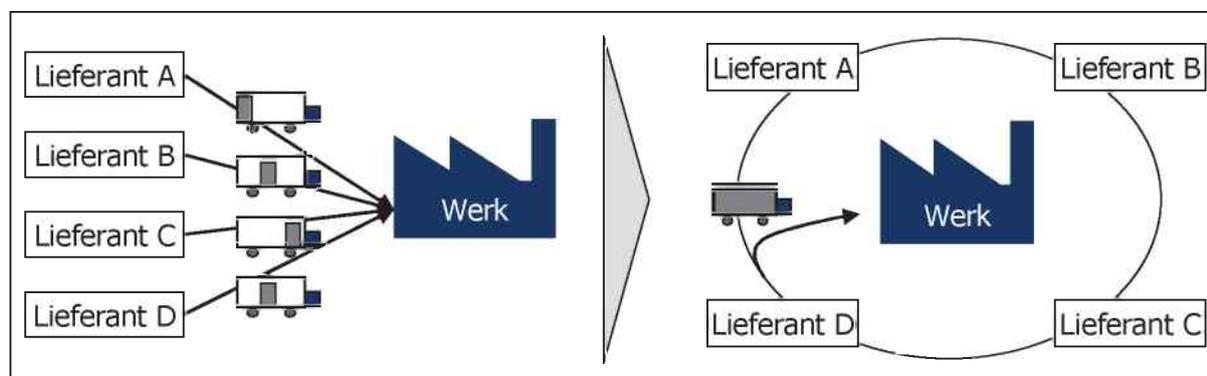


Abbildung 4: Herkömmliche Zulieferverfahren vs. Milkrun-Prinzip³⁸

³⁷ Vgl.: Vahrenkamp (2005), S. 224.

³⁸ Quelle: Jacobi et al. (2005), S. 99.

Das Milkrun-Prinzip unterscheidet sich von herkömmlichen Zulieferverfahren durch eine sequenzielle Abholung bei mehreren vordefinierten Lieferanten auf einer festgelegten Route und einer gleichzeitigen Integration des Leergutrückflusses.³⁹ Klassische Zuliefer-Transporte, die zumeist von Spediteuren geplant oder den Lieferanten selbst durchgeführt werden, sind häufig sehr schwach ausgelastet.⁴⁰ Als aktiv gemanagtes Zulieferkonzept kann das Milkrun-Konzept dieser Problematik und seinen Folgen entgegenwirken. „*Aktiv gemanagt*“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass der Abnehmer, sprich der Kunde, die Teileanlieferungen von seinen Lieferanten selbst plant, koordiniert und kontrolliert. So können gering ausgelastete Einzeltransporte zu einem gut ausgelasteten Sammeltransport zusammengefasst werden. Da das Milkrun-Konzept eine Integration mehrerer Lieferanten vorsieht und nur der Abnehmer selbst Kenntnis über seine gesamte Bedarfssituation und Lieferantenstruktur besitzt, ist für die Optimierung des Zuliefersystems mittels Milkrun ein aktives Handeln des Abnehmers unumgänglich. Aus diesem Grund spricht Wildemann im Zusammenhang mit dem Milkrun-Prinzip zumeist von Partnerschaftlicher Prozessoptimierung (PPO).⁴¹ Zu dieser partnerschaftlichen Prozessoptimierung gehören drei Partner, nämlich die Lieferanten, der Logistikdienstleister und der Abnehmer selbst. Um dieses, verglichen mit herkömmlichen Zuliefermodellen, komplexes Konzept erfolgreich zu betreiben, müssen bestimmte Regeln definiert werden, die eine notwendige Prozessstandardisierung gewährleisten sollen. Diese Milkrun-Regeln umfassen dabei sowohl mengen-, als auch zeitbezogene Vorgaben, die von allen beteiligten Partnern eingehalten werden müssen. Trotz nötiger Standardisierung in den Prozessabläufen wird von den Beteiligten auch ein gewisses Maß an Flexibilität erwartet, um bei unvorhergesehenen Ereignissen handlungsfähig zu bleiben.⁴² Um frühzeitig auf derartige Ereignisse reagieren zu können und dadurch Fehlleistungen zu vermeiden, bedarf es eines verlässlichen und klar definierten Informationsflusses zwischen den einzelnen Beteiligten. Milkruns leisten somit nicht nur einen wertvollen Beitrag zur Erreichung einer verschwendungsärmeren Beschaffungslogistik, sondern tragen auch zur aktiven Gestaltung und Beherrschung der Supply Chain bei.⁴³

Ausprägungsformen und Anwendungsbeispiele

Trotz der vorrangigen Bedeutung für die Beschaffungslogistik muss festgehalten werden, dass das Milkrun-Prinzip auch in anderen Unternehmensbereichen erfolgreich eingesetzt werden kann. So beschränkt sich die Anwendbarkeit nicht nur auf den Beschaffungs-

³⁹ Vgl.: Wildemann, Faust (2004), S. 8.

⁴⁰ Vgl.: Emporias Management Consulting (2007), S. 1.

⁴¹ Vgl.: Wildemann, Faust (2004), S. 8.

⁴² Vgl.: Wildemann, Faust (2004), S. 8.

⁴³ Vgl.: Emporias Management Consulting (2007), S. 1.

(Inbound)-Bereich, sondern lässt sich äquivalent dazu auch auf den Distributions- (Outbound)-Bereich anwenden. Aufgrund des Wegfalls externer Partner und des dadurch verringerten Koordinationsaufwands, ist das Milkrun-Prinzip auch besonders für die Strukturierung des innerbetrieblichen Transports, wie beispielsweise für die Versorgung der Produktion, geeignet.

Bei überbetrieblicher Anwendung stellt jedoch zumeist nicht der Koordinationsaufwand die Restriktion für die Anwendbarkeit dar, sondern vielmehr die geographischen Gegebenheiten. Ohne an dieser Stelle näher auf Restriktionen für die Einführung des Milkrun-Prinzips als Zuliefersystematik eingehen zu wollen (siehe dazu 3.3), sei jedoch erwähnt, dass für die Gewährleistung eines stabilen und effizienten Betriebs die in das Zuliefersystem integrierten Lieferanten, sowie der Abnehmer selbst, in einem bestimmten eingeschränkten Umkreis ansässig sein müssen. Um diese notwendige strukturelle Einschränkung aufzubrechen, gibt es die Möglichkeit, das Milkrun-Prinzip mit einem Cross-Docking-Konzept zu verknüpfen. Unter Cross-Docking versteht man vereinfacht ausgedrückt ein Umschlagssystem, bei dem Wareneingänge und Warenabgänge mit Hilfe eines Warenumschlagslagers (Cross-Dock) so abgestimmt werden, dass ohne Vereinnahmung der Waren in ein Lagersystem, der Wechsel des Transportmittels möglich wird.⁴⁴ Das Cross-Docking-Konzept ermöglicht so eine Trennung der Warenströme in einen sogenannten Vorlauf (von den Lieferanten ausgehend hin zum Cross-Dock) und einen Hauptlauf (vom Cross-Dock ausgehend hin zum Abnehmer). Somit kann durch die Kombination von Cross-Docking- und Milkrun-Konzept, aufgrund der dadurch möglichen Trennung der Warenströme, die erwähnte notwendige Nähe zwischen Milkrun-Lieferanten und Abnehmer aufgebrochen werden. Folgende Grafik zeigt diese Möglichkeit.

⁴⁴ Vgl.: Hompel, Schmidt (2008), S. 69.

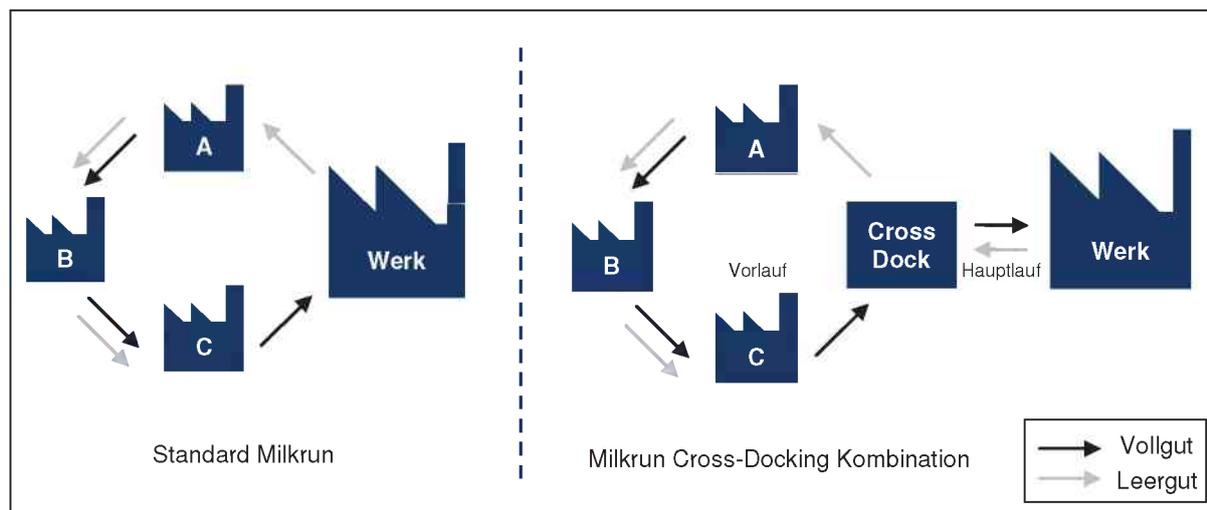


Abbildung 5: Vergleich Standard-Milkrun und Milkrun/Cross-Docking Kombination

Wie links in Abbildung 5 dargestellt, bindet ein Standard-Milkrun einzelne Lieferanten über den Sammeltransport direkt an den Abnehmer an, wodurch eine bestimmte geographische Nähe sowohl zwischen den einzelnen Lieferanten als auch zum Abnehmer hin gegeben sein muss. Die Milkrun/Cross-Docking Kombination hebt diese Restriktion auf und erweitert somit den Einsatzbereich. Ein zusätzlicher Vorteil, der durch den gemeinsamen Einsatz von Milkrun und Cross-Docking-Konzept entsteht, ist die mögliche Anbindung mehrerer Milkrun-Vorläufe an ein Cross-Dock und der dadurch möglichen Warenstrombündelung zu einem Hauptlauf.

Ein Anwendungsfall, bei dem sich der Einsatz der Milkrun-Systematik als besonders erfolgsversprechend zeigt, ist die Just-In-Time-Steuerung von Beschaffungsprozessen. Die Grundidee von Just-In-Time besteht darin, dass die aufeinander folgenden Produktions- und Transportprozesse so synchronisiert werden, dass Material genau dann bereit steht, wenn es benötigt wird und somit keine Bestände verursacht werden.⁴⁵ Damit jedoch eine bedarfssynchrone Anlieferung funktionieren kann, bedarf es in der Regel hoher Anlieferfrequenzen, die wiederum zu niedrigen Transportmittelauslastungen mit all ihren Folgen führen. An dieser Stelle greifen die Vorteile des Milkrun-Konzepts, die genau diesem Effekt entgegenwirken, indem mehrere schwach ausgelastete Lieferanten-Abnehmer-Beziehungen zu einem gut ausgelasteten Sammeltransport zusammengefasst werden. Durch die Flexibilität des Milkrun-Systems hinsichtlich der Anlieferhäufigkeit kann auch problemlos eine mehrmalig tägliche Anlieferung, wie sie bei Just-In-Time-Anbindungen benötigt wird, etabliert werden. Bei aller Flexibilität hinsichtlich der Anlieferhäufigkeit ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich bei Milkruns um ein statisches Zuliefersystem handelt. Es ist, wie eingangs dieses Kapitels erwähnt, nötig, zeit- und mengenbezogene Regeln für die

⁴⁵ Vgl.: Fleischmann (2008), S. 10.

Durchläufe eines Milkruns genau festzulegen und einzuhalten, um eine prozesssichere Durchführung von Milkrun-Transporten gewährleisten zu können.

Obwohl Milkruns eine effiziente Möglichkeit sind, trotz niedriger Transportvolumina einzelner Lieferanten-Abnehmer-Relationen hohe LKW-Auslastungen zu erzielen und somit die beiden konkurrierenden Ziele Bestands- und Transportkostensenkung positiv zu beeinflussen, sind sie nicht für jede Beschaffungssituation und alle Materialien geeignet. Ebenso ist die Umsetzung an Restriktionen und Voraussetzungen gebunden, die nicht immer erfüllt werden können. Ist die vorliegende Situation jedoch für die Einführung eines Milkruns geeignet und werden wesentliche Parameter berücksichtigt, können neben signifikanten Bestandsreduktionen und der Erhöhung der Versorgungssicherheit Transportkostensenkungen realisiert werden.⁴⁶

3.2 Potentiale und Vorteile des Milkrun-Konzepts

Ziel dieses Abschnitts ist es, einen Überblick über mögliche Verbesserungs- und Einsparungspotentiale zu geben, die durch die Einführung des Milkrun-Konzepts als Zuliefersystem realisiert werden können und deren Hintergründe und Entstehung zu erklären. Da grundsätzlich die Betrachtung von Vorteilen immer in einer relativen Beziehung zur vorherrschenden Situation stehen sollte, hier aber nicht auf jede mögliche Ausgangssituation eingegangen werden kann, wird als Vergleichsbasis exemplarisch eine nicht optimierte Zuliefersystematik gewählt. Um eine realistische Einschätzung an Verbesserungspotential für eine konkrete Situation zu gewährleisten, müsste eine explizite Potentialanalyse durchgeführt werden. Folgende Daten und Fakten beruhen daher auf theoretischen Überlegungen sowie Erfahrungswerten aus Industrie-Projekten.

3.2.1 Senkung der Transportkosten

Das wohl größte Einsparungspotential und somit der signifikanteste Vorteil des Milkrun-Konzepts liegt in der Transportkostensenkung. Durchschnittlich kann bei der Umstellung von nicht optimierten Zuliefersystemen auf Milkruns eine Einsparung von 20 Prozent der Transportkosten erreicht werden.⁴⁷ Nicht selten ist sogar eine Einsparung von über 50 Prozent möglich.⁴⁸ Diese signifikante Senkung der Transportkosten hat mehrere Ursachen:

Steigerung der Transportmittelauslastung

Die Steigerung der Transportmittelauslastung ist das grundlegendste Ziel des Milkrun-Konzepts und auch der Haupttreiber für eine Reduktion von Transportkosten. Unabhängig

⁴⁶ Vgl.: Emporias Management Consulting (2006), S. 1.

⁴⁷ Vgl.: Jacobi et. al (2005), S. 100.

⁴⁸ Vgl.: Wildemann, Faust (2004), S. 10.

davon welcher Partner, ob Lieferant, Spediteur oder der Abnehmer selbst, sich für einen Transport verantwortlich zeichnet oder nach welchem Prinzip die Verrechnung von Transportkosten stattfindet, fallen von der Auslastung unabhängig für jeden Transport sowohl fixe als auch variable Kosten an. Egal ob gemessen an Volumen oder Gewicht, steigen somit bei sinkender Auslastung die anteilig pro transportierter Einheit anfallenden Transportkosten. Daraus ergibt sich die zulässige Schlussfolgerung, dass ein gering ausgelastetes Transportmittel höhere Transportkosten verursacht als ein gut ausgelastetes. Durch die Bündelung mehrerer wenig bis kaum ausgelasteter Lieferanten-Abnehmer-Relationen, wie sie häufig bei nicht optimierten Zuliefersystemen vorkommen, wird beim Milkrun-Prinzip ein stark ausgelasteter Sammeltransport mit zusätzlicher Leergutrückführung geschaffen. Dadurch kann je nach vorliegender Situation ein Vielfaches an Transportmittelauslastung erreicht werden.

Steigerung der Preistransparenz und Schaffung einer neuen Verhandlungsgrundlage

Ein weiterer Aspekt, der durch die Umstellung von herkömmlichen Zuliefersystemen auf Milkruns zu einer Transportkostensenkung beiträgt, ist die Steigerung der Preistransparenz und der damit verbundenen Möglichkeit, versteckte Margen zu identifizieren und zu beseitigen. Verantwortlich für diese Steigerung der Preistransparenz in einem mittels Milkrun-Prinzip gesteuerten Zuliefersystem ist die unter Punkt 3.3.3 erwähnte notwendige Voraussetzung der Übertragung der Transportverantwortung vom Lieferanten auf den Abnehmer. Die damit verbundene Umstellung der Incoterms führt dazu, dass der Abnehmer selbst für die Anlieferung seiner Ware verantwortlich wird und der Lieferant die entsprechende Ware nur noch abholfertig an seinem Ausgangslager bereitstellen muss. Verglichen mit einem Zuliefersystem, bei dem der Lieferant für den Transport verantwortlich ist, ist es demnach für den Lieferanten nicht mehr möglich, versteckte Margen über den Frachtpreis zu lukrieren.⁴⁹ Diesem Wegfall von versteckten Margen der Lieferanten steht jedoch ein gesteigerter Koordinationsaufwand sowie zusätzliche Verantwortung für den Abnehmer gegenüber.

Liegt die Verantwortung für die Transportoptimierung bereits beim Dienstleister oder beim Abnehmer selbst, bietet die Einführung des Milkrun-Prinzips dennoch eine weitere Möglichkeit für Transportkosteneinsparungen. Durch die einhergehende strukturelle Veränderung des Zuliefersystems bei der Einführung von Milkruns wird eine neue Verhandlungsgrundlage für Transportpreise geschaffen. Bei Standard-Rahmenverträgen

⁴⁹ Vgl.: Jacobi et al. (2005), S. 95.

zwischen Abnehmer und Spediteur werden zumeist Transportpreise in Abhängigkeit von Sendungsgewicht/-volumen und der Transportweglänge festgelegt. Bei übernommenen Transporten trägt somit der Spediteur das Risiko von Unterauslastungen und schlägt bei diesen Preismodellen dementsprechende Risikozuschläge auf.⁵⁰ Das Milkrun-Konzept unterstützt, durch seine Prozessstandardisierung im Mengen- wie auch Zeitbezug, eine Abkehr von diesem System. Anstelle des Zukaufs einzelner Transportdienstleistungen kann durch die genaue Information über Transportmengen und Anlieferzeiten ein kompletter LKW inklusive Fahrer pro durchgeführtem Milkrun angemietet werden. Dies vereinfacht zum einen den Preisvergleich der Angebote unterschiedlicher Transportdienstleister und sollte zum anderen aufgrund des wegfallenden Auslastungsrisikos des Speditors zu einer erheblichen Transportkostensenkung beitragen.

3.2.2 Senkung der Bestandskosten

Der zweite Posten an Logistikkosten, der sich durch den Einsatz des Milkrun-Konzepts als Zuliefersystem senken lässt, sind die Bestandskosten. Bestandskosten setzen sich im Wesentlichen aus Lagerungs- und Lagerhaltungskosten zusammen und sind großteils proportional zur Höhe der Bestände.⁵¹

Die Höhe des in Beständen gebundenen Kapitals hängt von Preis und Menge der eingelagerten oder sich im Prozess befindlichen Materialien und Teile ab. Da die Transportplanung und das gewählte Zuliefersystem einen erheblichen Einfluss auf die Höhe der Bestände haben, legen sie einen Großteil des gebundenen Kapitals und die damit verbundenen Bestandskosten fest. Direkten Einfluss auf die Bestandshöhe im Eingangslager des Abnehmers hat die Häufigkeit bzw. die Frequenz der Material-Anlieferungen.⁵² Um diesen Zusammenhang zwischen Bestandshöhe und Anlieferfrequenz verständlich zu machen, folgt ein kurzes Gedankenexperiment:

Angenommen jemand besitzt einen Behälter, der täglich um 24:00 Uhr mit 24 Bällen aufgefüllt wird. Jede Stunde, einschließlich jener, in der wiederbefüllt wird, wird aus diesem Behälter ein Ball entnommen. Daraus folgt, dass sich durchschnittlich über den Tag verteilt rund 12 Bälle im Behälter befinden. Ändert man nun das Szenario und lässt diesen Behälter zweimal täglich, einmal um 24:00 Uhr und einmal um 12:00 Uhr befüllen, so verringert sich der durchschnittliche Tagesbestand an Bällen auf rund sechs Stück. Steigert man die Wiederbefüllungsrate des Behälters weiter, beispielsweise auf viermal täglich, so halbiert sich

⁵⁰ Vgl.: Wildemann, Niemeyer o.J., S. 3.

⁵¹ Vgl.: Gleißner, Femerling (2008), S. 143.

⁵² Vgl.: Fleischmann (2008), S. 142.

der durchschnittliche Bestand auf drei Stück. Folgendes Diagramm zeigt diese Änderungen des Ballbestands im Behälter abhängig von der Wiederbefüllungsfrequenz.

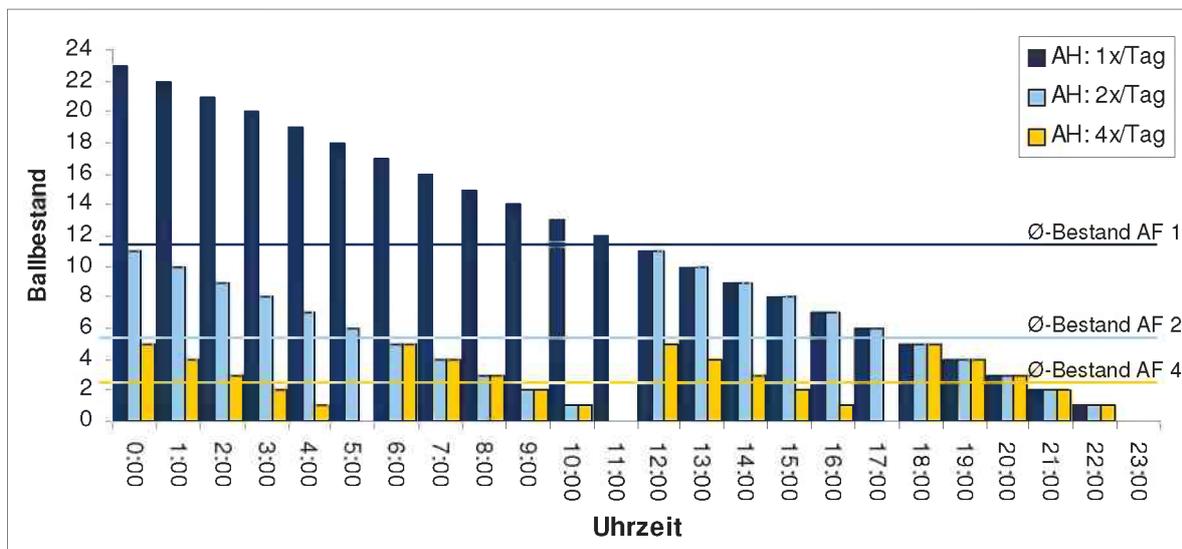


Abbildung 6: Bestandsdarstellung⁵³

Diese Verringerung von Beständen durch die Steigerung der Anlieferfrequenz lässt sich bis hin zu einer „Null-Bestand“-Strategie weiterführen. So müsste, um keinen Bestand im Ballbehälter zu haben, dieser jede Stunde bedarfsgerecht mit einem Ball befüllt werden. In solch einem Fall spricht man von einer Just-In-Time-Anlieferung. Dieses vereinfachte Gedankenexperiment kann naturgemäß nicht ohne Restriktionen auf die Realität umgelegt werden, zeigt jedoch die direkte Auswirkung der Anlieferfrequenz auf die Bestandshöhe, wie sie auch in der Praxis vorliegt.

So stellt sich nun die Frage, warum nicht alle Unternehmen alle Materialien mit einer möglichst hohen Zulieferfrequenz, oder sogar mittels Just-In-Time-Strategie, beliefern lassen, um ihre Bestände zu minimieren. Wie bereits unter Punkt 3.2.1 dargelegt, ergeben sich aus einer geringen Transportmittelauslastung hohe Transportkosten. Da im Regelfall eine Erhöhung der Anlieferfrequenz bei gleichbleibendem Materialbedarf zu einer Senkung der Transportmittelauslastung führt, steht man vor einem Zielkonflikt zwischen Senkung der Transportkosten und Senkung der Bestandskosten. Dabei handelt es sich um ein typisches Losgrößenproblem, bei dem ein Gesamtoptimum zwischen Transport- und Bestandskosten gefunden werden muss.⁵⁴

Durch die Einführung des Milkrun-Prinzips als Zuliefersystematik kann trotz Steigerung der Anlieferfrequenz eine stabile hohe Auslastung des Transportmittels erreicht werden und

⁵³ Quelle: Eigene Darstellung

⁵⁴ Vgl.: Fleischmann (2008), S. 142.

somit bei gleichbleibenden Transportkosten eine Senkung des Bestands erreicht werden. Mit der Einbindung mehrerer Lieferanten in einen Milkrun-Durchlauf wird dieser Spagat zwischen hoher Auslastung der Transportmittel und hoher Anlieferfrequenz erreicht. Obwohl es in der Literatur keine determinierte Obergrenze für die Anzahl an Lieferanten in einem Milkrun gibt, bei der ein effizienter Betrieb noch gewährleistet werden kann, wird zumeist von einer Lieferantenzahl zwischen vier und sechs als ökonomisch sinnvoller Größenordnung gesprochen.⁵⁵ Entsprechend dieser Größenordnung kann, verglichen mit einer direkten Lieferanten-Abnehmer-Relation, bei gleichbleibender Transportmittelauslastung eine vier- bis sechsmal höhere Anlieferfrequenz und eine dementsprechende Bestandssenkung erreicht werden.⁵⁶ Folgende Grafik veranschaulicht die Auswirkung der Steigerung der Wiederbeschaffungsfrequenz auf das Lagerbestandsniveau und auf die zugehörige Transportmittelauslastung für ein Beispielszenario. Ebenfalls zeigt die Grafik, dass durch die Einführung eines Milkrun-Systems trotz Steigerung der Wiederbeschaffungsrate ein Absinken der Transportmittelauslastung verhindert werden kann.

⁵⁵ Vgl.: Baudin (2004), S. 147f.

⁵⁶ Vgl.: Baudin (2004), S. 134.

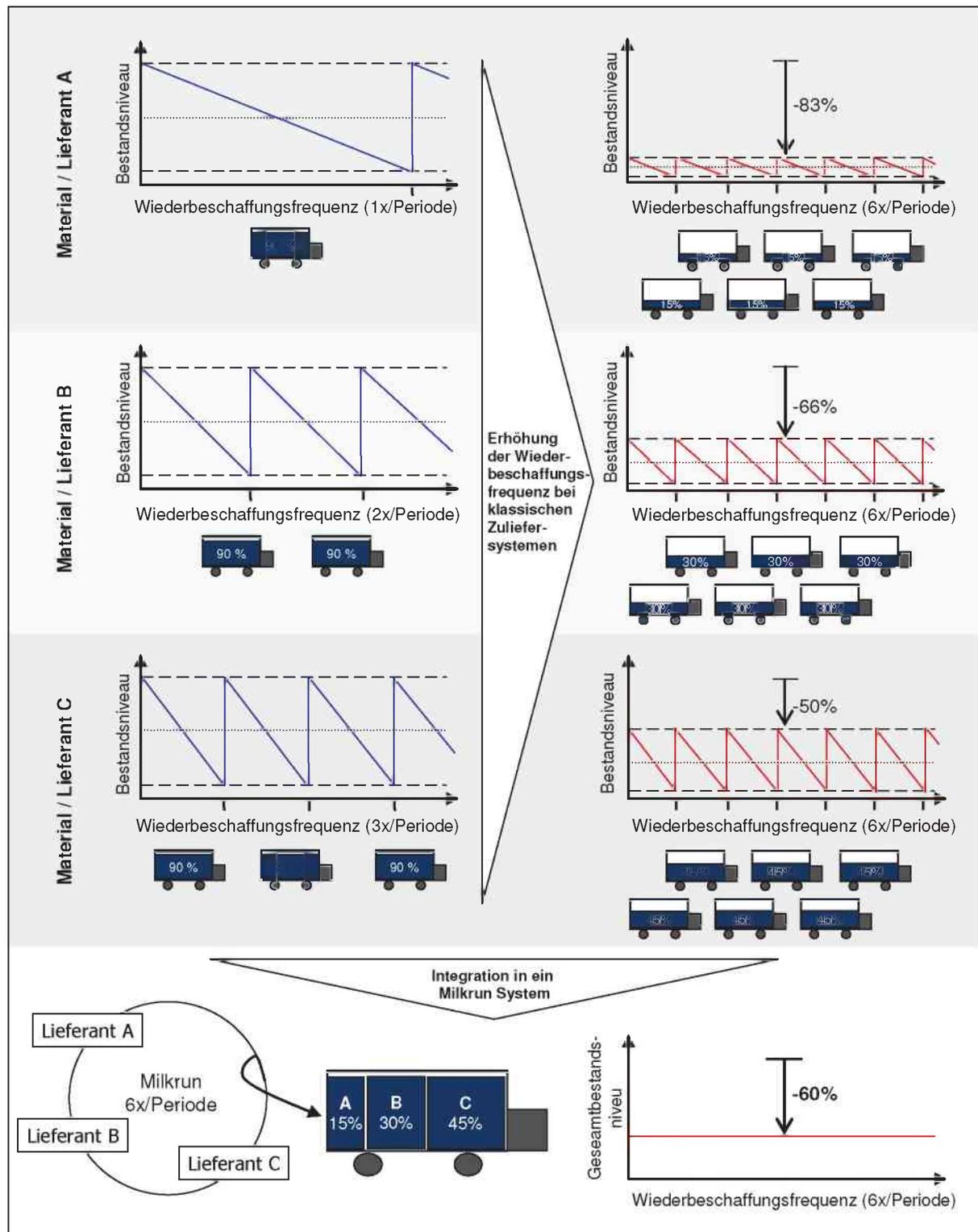


Abbildung 7: Auswirkung von Wiederbeschaffungs-frequenzsteigerung auf Bestandsniveau und Transportmittelauslastung⁵⁷

In Abbildung 7 wird exemplarisch die Bedarfs-situation eines Unternehmens dargestellt, das drei unterschiedliche Materialien in unterschiedlichen Mengen beschaffen muss. Es wird

⁵⁷ Quelle: modifiziert nach: Baudin (2004), S. 134.

sowohl das Bestandsniveau der einzelnen Materialien mittels Sägezahnkurve, wie auch die Anzahl und Auslastung der eingesetzten Transportmittel, dargestellt. Die rechte Seite der Grafik zeigt die Auswirkungen auf die eben genannten Größen bei einer möglichen Steigerung der Anlieferfrequenz. Im unteren Teil der Abbildung ist zu sehen, dass der Einsatz eines Milkrun-Systems die negativen Aspekte (hohe Bestände links, niedrige Transportmittelauslastung rechts) beider Szenarien kompensieren kann. So ist bei gleichbleibender Anzahl an Transporten und Transportmittelauslastung mittels einer Steigerung der Anlieferfrequenz und dem Einsatz des Milkrun-Konzepts eine signifikante Senkung des Bestandsniveaus möglich.

Ein weiterer Aspekt, der zur Senkung der Bestandskosten beiträgt, ist die durch die Einführung des Milkrun-Prinzips erreichbare Standardisierung der Prozesse im Beschaffungsvorgang. Durch die klare Aufgaben- und Verantwortlichkeitsverteilung sowie die Standardisierung der Ablaufprozesse und die genaue Definition der Transportzeiten und -mengen, wird ein gewisses Vertrauen der Beteiligten in das System geschaffen. Dadurch wird es möglich, Sicherheitspuffer, die sich zumeist in hohen Mindestbeständen ausdrücken, abzubauen.

3.2.3 Verbesserung der Liefertreue

Ebenfalls eine Folge der Prozessstandardisierung und verstärkter Kollaboration der Prozessbeteiligten ist eine Verbesserung der Liefertreue. Bei durchgeführten Milkrun-Projekten konnte, neben der Senkung von Transport- und Bestandskosten, auch eine signifikante Verbesserung der Liefertreue beobachtet werden.⁵⁸ Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei Milkruns um eine Art partnerschaftliche Prozessoptimierung, in die alle notwendigen Beteiligten (Lieferanten, Spediteur, Abnehmer) einbezogen werden müssen. Im Vergleich zu anderen Zuliefersystemen, in denen die Zusammenarbeit der einzelnen Beteiligten eher lose und auf die Eigenoptimierung hin ausgerichtet ist, steht bei dem Milkrun-Prinzip die gemeinschaftliche Prozessdefinition und Gesamtoptimierung im Vordergrund. Um diese gewährleisten zu können, werden bei der Konzeption eines Milkruns Regeln und Abläufe definiert, die von allen Beteiligten in weiterer Folge eingehalten werden müssen. Diese Regeln und Abläufe sollten im aktiven Betrieb nicht mehr geändert, allenfalls wenn nötig leicht adaptiert werden. Dadurch bekommt das System eine gewisse Statik, die man, positiv formuliert, als Standardisierung bezeichnen kann. Diese Standardisierung führt wiederum dazu, dass die einzelnen Prozessbeteiligten fest definierte Ziele zu erreichen haben

⁵⁸ Vgl.: Wildemann, Faust (2004), S. 10.

und sich nur auf die Einhaltung der eigenen Prozesse konzentrieren müssen. Verglichen mit Zuliefersystemen, bei denen ungeplante bedarfsgetriebene Materialabrufe die Regel sind, kann somit die Häufigkeit von Fehlmengen zu einem großen Teil verringert werden. Sollten dennoch durch unvorhergesehene Ereignisse definierte Prozessabläufe oder Ziele nicht eingehalten werden können, so kann mit Hilfe der in einem Milkrun genau definierten Informationsabläufe und -kanäle schnell auf die vorliegende Situation reagiert werden, um die Folgewirkungen so gering wie möglich zu halten. Die Milkrun-Systematik als Zuliefersystem kann somit durch die nötige Prozessstandardisierung und die damit einhergehende Steigerung der Transparenz im Beschaffungsvorgang zur Verbesserung der Liefertreue beitragen.

3.2.4 Weitere Vorteile

Glättung von Bedarfen

In einigen Projekten konnte eine deutliche Verstetigung der internen Produktionsabläufe sowie die Reduktion von Bedarfsspitzen beobachtet werden. Zurückzuführen ist dieses Phänomen auf eine erleichterte Kapazitätsplanung und Steigerung des Vertrauens der Planer in die Materialverfügbarkeit. Dieses wiederum lässt sich auf die bereits mehrfach erwähnte Stabilisierung der Prozessabläufe und Steigerung der Transparenz zurückführen.⁵⁹

Reduktion der Fremdfirmen am Werksgelände

Die Einführung des Milkrun-Konzepts birgt auch einen sicherheitstechnischen Vorteil. Da mehrere Lieferanten an einen Sammeltransport angebunden werden, betreten weniger Spediteure das Werksgelände des Abnehmers. Zudem hat der Abnehmer durch die Incoterm Umstellung die Möglichkeit, sich den Spediteur selbst auszuwählen.⁶⁰ Die Reduktion der LKW am Werksgeländer hat jedoch nicht nur einen sicherheitstechnischen Vorteil. Insbesondere für Unternehmen, die mit Just-In-Time-Beschaffungsarten arbeiten, kann die dadurch entstandene hohe Dichte an Anlieferungen zu Engpässen an den Laderampen oder an Stellplätzen für wartende LKW führen. Die Reduktion der LKW durch den Einsatz von Milkrun-Transporten kann in einem solchen Fall zu einer deutlichen Entspannung beitragen.⁶¹

Ökologischer Beitrag und vereinfachte Entsorgungslogistik

Ohne nochmals im Detail auf die Auswirkung geringer Transportmittelauslastung einzugehen, sei an dieser Stelle nur auf den ökologisch negativen Aspekt hingewiesen. Da bei geringer

⁵⁹ Vgl.: Wildemann, Faust (2004), S. 10.

⁶⁰ Vgl.: Jacobi et al. (2005), S. 94f.

⁶¹ Vgl.: Vahrenkamp (2005), S. 222.

Transportmittelauslastung eine höhere Anzahl an Transporten benötigt wird, um dieselbe Menge an Ladegut zu transportieren, geht damit eine höhere Umweltbelastung einher. Durch die Möglichkeit der Erhöhung der Transportmittelauslastung durch die Einführung des Milkrun-Konzepts kann somit ein Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden. Zusätzlich verbessert das Milkrun-Prinzip, durch die Integration des Leergut-Rückflusses in den Zuliefervorgang, die Entsorgungslogistik.⁶²

Zu diesem Kapitel ist abschließend festzuhalten, dass all diese genannten Vorteile größtenteils für den Abnehmer, sprich den Kunden, der dieses Konzept als sein Zuliefersystem etabliert, realisierbar sind.

3.3 Voraussetzungen für die Einführung des Milkrun-Konzepts

Das Milkrun-Konzept als Zuliefersystematik bietet viele Vorteile und Einsparungspotentiale gegenüber herkömmlichen Zuliefersystemen. Die Einführung und Umsetzung von Milkruns ist jedoch an bestimmte Voraussetzungen und Restriktionen geknüpft, die nicht für jede Situation erfüllt werden. Deshalb wird in diesem Abschnitt näher auf mögliche Restriktionen und Voraussetzungen für die Einführung des Milkrun-Konzepts als Zuliefersystematik eingegangen. Wichtig in diesem Zusammenhang zu erwähnen ist, dass es sich bei den folgenden Voraussetzungen immer um weiche Restriktionen handelt, die abhängig von der tatsächlich vorliegenden Situation variieren können. Somit geben die folgenden Voraussetzungen nicht Auskunft über einen möglichen Erfolg oder Misserfolg eines Milkrun-Projekts, sondern bilden vielmehr eine Art Faktorengerüst, das die Sinnhaftigkeit einer Anwendung dieses Konzepts abgrenzt. Unter Sinnhaftigkeit wird in diesem Fall eine reine Kosten-Nutzen-Relation verstanden. Es kann also durchaus möglich sein, dass aus anderen Gründen dieses Konzept trotz Nicht-Erfüllung der nachfolgenden Voraussetzungen, unter den jeweils angelegten Maßstäben, erfolgreich eingeführt wird. Ebenfalls macht die Unterschiedlichkeit der Anforderungen verschiedener Industriezweige an ihre Beschaffungslogistik selbst eine allgemeingültige Aussage über die Kosten-Nutzen-Effizienz schwierig. Folgende Voraussetzungen basieren auf theoretischen Überlegungen und Erfahrungsberichten aus praktischen Projekten.

3.3.1 Geographische Nähe der Lieferanten

Die stärkste Restriktion für die Bildung von Milkruns ist die nötige geographische Nähe zwischen den einzelnen Lieferanten. Diese Voraussetzung lässt sich einfach erklären, wenn man auf die Darstellung vom Beginn dieses Kapitels zurückgreift, die Milkruns als eine

⁶² Vgl.: Wannenwetsch (2007), S. 320.

Rundtour beschreibt, die ausgehend von einem Start-/Endpunkt von einem Lieferanten zum nächsten führt, um schließlich wieder am Ausgangspunkt anzukommen. Der restriktive Faktor bei diesen Rundtoure ist die Zeit, die dafür benötigt wird. Laut EU-Sozialvorschrift 3821/85 darf die Arbeitszeit eines Fahrers eines LKWs mit über 3,5 Tonnen höchstzulässigem Gesamtgewichts die Zeit von neun Stunden, mit einer Unterbrechung von 45 Minuten, nicht überschreiten.⁶³ Folglich sollte im Sinne der Kosten-Effizienz eine Rundtour unter neun Stunden beendet werden können, um nicht zusätzliche Fixkosten sowie einen gesteigerten Koordinationsaufwand durch die Notwendigkeit eines zweiten Fahrers herbeizuführen. Diese gesetzlich geregelte Fahrzeit von neun Stunden kann, bedingt durch feste Öffnungszeiten der Anliefer- und Abholstellen bei Lieferanten und Abnehmer, unter Umständen nicht einmal voll ausgeschöpft werden.⁶⁴ Diese Beschränkungen der Dauer, die eine Milkrun-Rundtour längstens benötigen darf, begrenzen in logischer Folge auch den Umkreis, in dem sich Lieferanten sowie Start-/Entpunkt eines Milkruns befinden müssen.

Der Haupttreiber für die Dauer eines Milkrun-Durchlaufs sind die Wegstrecken, zuzüglich der möglichen Störgrößen wie Staus und Verkehrsüberlastung, die zwischen den einzelnen Lieferanten zurückgelegt werden müssen. Zusätzlich dazu trägt auch die Zeit für Be- und Entladung des LKWs bei den Lieferanten und dem Abnehmer zur Erhöhung der Durchlaufzeit bei. Welche Zeit ein Milkrun-Durchlauf tatsächlich benötigt, lässt sich im Vorhinein nur schwer errechnen, da zwischen den einzelnen Einflussgrößen eine starke Abhängigkeit besteht. So weisen unterschiedliche Wegstrecken nicht nur unterschiedliche Staucharakteristika auf, sondern die Wahrscheinlichkeit für Staus bzw. Verkehrsüberlastungen wird zusätzlich von der Uhrzeit abhängig sein. Gleich verhält es sich mit den Be- und Entladezeiten des Milkrun-LKWs. Diese werden durch die Auslastung an den Laderampen der Lieferanten und Abnehmer bestimmt, die in den meisten Fällen wiederum eine Korrelation zur Uhrzeit aufweist. Da in einem Milkrun-Durchlauf nicht nur ein, sondern mehrere Lieferanten angefahren werden, ergibt sich daraus ein komplexes System aus zueinander abhängigen Größen, die einen kritischen Einfluss auf die Durchlaufzeit haben. Aufgrund dieser gegenseitigen Abhängigkeit der Einflussfaktoren ist eine analytische Berechnung kaum möglich. Die Durchlaufzeit eines Milkruns kann natürlich geschätzt werden, um jedoch eine statistisch zuverlässige Aussage zu erhalten, empfiehlt sich die Durchführung einer Simulationsstudie. Das genaue Wissen über die Dauer eines Milkruns hat den Vorteil, dass man die Zuverlässigkeit und Stabilität des Systems einschätzen kann. Liegt die durchschnittliche Dauer nahe der Neun-Stunden-Grenze, wird die Wahrscheinlichkeit

⁶³ Vgl.: Jaeger, Laudel (2003), S. 127.

⁶⁴ Vgl.: Hartel (2009)

möglicher Fehlleistungen höher sein, als wenn diese deutlich darunter liegt. Je nachdem, ob man Fehlleistungen in Kauf nehmen möchte, kann ein Milkrun folglich prozesssicher (stabil) oder auslastungsorientiert (instabil) dimensioniert werden.⁶⁵ Liegt die Durchlaufzeit über neun Stunden, sollte aus Gründen der Kosten-Effizienz der Milkrun redimensioniert, oder als nicht durchführbar erklärt werden.

Zusammengefasst kann Folgendes festgehalten werden: Durch die Beschränkung der maximalen Durchlaufzeit eines Milkruns wird die Auswahl an möglichen Lieferanten für die Anbindung mittels Milkrun-Systematik eingeschränkt. Potentielle Milkrun-Lieferanten müssen sich zueinander und zu dem gewählten Start-/Endpunkt in einem Umkreis befinden, der es zulässt, innerhalb der gesetzlich geregelten Fahrzeiten eines LKW-Fahrers die gesamte Rundtour abzuwickeln.

Beschränkung der maximalen Durchlaufzeit:

- Gesetzlich geregelte Arbeitszeit des LKW-Führers (9 Stunden / Tag)
- Weitere Einschränkung durch feste Öffnungszeiten der Abhol-/Anlieferstellen bei Lieferanten und Abnehmer

Auswirkungen auf die Durchlaufzeit:

- Länge und Beschaffenheit der Wegstrecken in der gesamten Rundtour
- Einflüsse durch Staus oder Verkehrsüberlastung
- Be- und Entladezeiten inklusive Wartezeiten bei Lieferanten und Abnehmer
- Defekte am Milkrun-LKW

3.3.2 Materialrestriktionen

Weitere Restriktionen für die Anwendung des Milkrun-Prinzips als Zuliefersystematik gehen von den zu transportierenden Materialien aus. Nicht jedes Material ist für den Transport mittels Milkrun-Prinzip geeignet. Denn jedes Material besitzt bestimmte Eigenschaften hinsichtlich seiner Transportfähigkeit und Bedarfscharakteristik, die den Einsatz eines Milkrun-Zuliefersystems erschweren können, oder unter Umständen nicht zulassen.

3.3.2.1 Transportfähigkeit

Die Transportfähigkeit eines Materials kann durch seine Beschaffenheit und die dadurch resultierende Möglichkeit der Bildung transportfähiger Einheiten beschrieben werden.

⁶⁵ Vgl.: Wildemann, Faust (2004), S. 9.

Aufgrund des Transports verschiedener Materialien in einem LKW setzt der Einsatz des Milkrun-Konzepts die Verwendung von Standardgebinde und genormten Ladungsträgern voraus, um die Beladungskompatibilität zwischen den unterschiedlichen Materialien gewährleisten zu können. Unter Ladungsträgern versteht man Hilfsmittel zur Bildung uniformer logistischer Einheiten, die eine Automatisierung und Mechanisierung im Güterfluss zulassen (z.B. Gitterboxen).⁶⁶ Ein weiterer Aspekt für die Notwendigkeit genormter Ladungsträger in einem Milkrun-System ist die Voraussetzung der Stapelbarkeit derselbigen, da, insbesondere durch die Integration des Leergutrückflusses in den Beschaffungsvorgang, eine bestmögliche Kapazitätsauslastung des Milkrun-LKWs gewährleistet sein muss. Diese Voraussetzungen schließen somit all jene Güter von einem Transport mittels Milkrun-Systematik aus, die nicht in den wie eben erwähnten, genormten Ladungsträgern transportiert werden können.

Diese Einschränkung gilt als einzige auch für das verwendete Transportmittel. Das Standard-Transportmittel für die Durchführung von Milkruns ist weitgehend der LKW. Es können je nach benötigtem Transportvolumen/-gewicht unterschiedlichste LKW-Klassen eingesetzt werden. Allein die genannte Verwendung von Standardgebinde und genormten Ladungsträgern muss gewährleistet sein.

3.3.2.2 Bedarfscharakteristik

Weiteren Einfluss auf die Möglichkeit des Transports eines Materials mittels Milkrun-Systematik hat dessen Bedarfscharakteristik. Unter Bedarfscharakteristik werden in diesem Zusammenhang die Eigenschaften Bedarfsvolumen/-gewicht, Bedarfshäufigkeit und die daraus resultierende Bedarfsschwankung eines Materials verstanden.

Um im weiteren Verlauf dieses Punktes das Verständnis sowie folgende beispielhafte Darstellungen zu vereinfachen, wird nicht mehr explizit von Bedarfsvolumen und Bedarfsgewicht, sondern nur mehr von Volumen gesprochen. Volumen und Gewicht sind zwei Größen, die über Menge und Beschaffenheit des betrachteten Guts zueinander in Beziehung stehen. Da jedes Transportmittel sowohl ein höchstzulässiges Gesamtgewicht, als auch ein maximales Zuladungsvolumen aufweist, hängt es von der Beschaffenheit des Transportguts ab, welche Größe den restriktiven Faktor darstellt und somit für eine bestimmte Situation berücksichtigt werden muss. In weiterer Folge wird nur mehr von Transport- und Bedarfsvolumen gesprochen, mit dem Bewusstsein, dass sich das Gewicht zwar in anderen Maßgrößen ausdrückt, aber dennoch äquivalent verhält.

⁶⁶ Vgl.: Martin (2009), S. 62.

Nicht jedes Material eignet sich hinsichtlich seines Bedarfsvolumens und seiner Bedarfsschwankung für die Beschaffung mittels Milkrun-Systematik. Eine exakte Abgrenzung, welche Materialien sich eignen und welche nicht, ist jedoch nur schwer möglich. Selbst die Fachliteratur bietet hierzu keine eindeutige Aussage, allein eine gewisse Tendenz ist erkennbar.

So beschreiben Jacobi und Hartel in einer Fallstudie aus der Automobilindustrie, dass sich bei starken Volumenschwankungen im Materialbedarf die Vorteile von Milkrun gegenüber klassischen Konzepten nicht voll ausschöpfen lassen.⁶⁷ Ebenso bekräftigt Vahrenkamp in seiner Auseinandersetzung mit dem Thema Milkrun, dass nur jene Lieferanten für eine Einbindung in ein Milkrun-System geeignet sind, die ein stetiges Teilladungsaufkommen aufweisen.⁶⁸ Diese Aussage impliziert nicht nur eine Einschränkung hinsichtlich der Bedarfsschwankung, sondern auch hinsichtlich des Bedarfsvolumens. Unter der Bezeichnung Teilladungsaufkommen wird in diesem Zusammenhang ein Transportvolumenbereich verstanden, der aufgrund seiner Höhe zwischen 20 und 200m³ je Sender-Empfängerbeziehung und Woche nicht als Komplettladungsverkehr (>200m³ / Woche) durchgeführt wird.⁶⁹ Diese Ansicht bekräftigt Professor Hartel in einem für diese Arbeit durchgeführten Telefoninterview mit der Aussage, dass sich potentielle Milkrun-Materialien im Bedarfsbereich des Teilladungsaufkommens befinden müssen. Ebenso bestätigt er eine notwendige Stabilität der Bedarfe, und gibt hierzu für die Durchführung von Milkruns eine explizite Größenordnung von zehn bis fünfzehn Prozent als maximal zulässige Schwankungsbreite der Materialbedarfe an. Professor Hartel betont, dass bei diesen Verteilungen und Volumina immer ganze Ladungsträger (z.B. Gitterboxen), und nicht einzelne Materialien gemeint sind.⁷⁰ Dieses Verständnis ermöglicht, dass in Anbetracht der erwähnten Notwendigkeit der Verwendung von Standardgebinde und genormten Ladungsträgern für die Betrachtung des Transportvorgangs, unterschiedliche Materialien eines Lieferanten zu einer einzigen Lieferanten-Abnehmer-Beziehung aggregiert werden können. Somit ist es möglich, unterschiedliche Materialien, sofern sie von einem Lieferanten bezogen werden, für die Transportplanung als ein einzelnes zu betrachten.

Zusammengefasst lassen sich aus der Fachliteratur folgende Voraussetzungen für Materialien hinsichtlich ihrer Bedarfscharakteristik ableiten: Um für die Verwendung in einem Milkrun-System geeignet zu sein, sollte eine Lieferanten-Abnehmer-Beziehung hinsichtlich ihrer Schwankung im Bedarfsvolumen 15 Prozent nicht überschreiten. Für die höchstmögliche

⁶⁷ Vgl.: Jacobi et al. (2005), S. 99f.

⁶⁸ Vgl.: Vahrenkamp (2005), S. 224.

⁶⁹ Vgl.: Jacobi et al. (2005), S. 97.

⁷⁰ Vgl.: Hartel (2009)

Erzielung an Einsparungspotential sollte das Bedarfsvolumen pro Woche und Lieferanten-Abnehmer-Relation zwischen 20 und 200m³ liegen. Bei Bedarfen unter 20m³ wird eine rentable LKW-Auslastung als kaum realisierbar und bei Bedarfen über 200m³ ein Komplettladingstransport als effizienter erachtet.⁷¹ Da diese in der Literatur erwähnten Restriktionen ohne eine analytische Begründung scheinbar rein den Erfahrungen aus Praxisprojekten entstammen, folgt nun der Versuch, mittels theoretischer Überlegungen diese Restriktionen herzuleiten und einen Vergleich mit den vorhandenen Ergebnissen durchzuführen.

Einschränkungen hinsichtlich Bedarfsvolumen

Es gibt zwei Stellgrößen in einem Milkrun-System, die das verfügbare Transportvolumen festlegen und somit das nötige Bedarfsvolumen einschränken. Diese beiden Stellgrößen sind einerseits die Häufigkeit an Milkrun-Durchläufen und andererseits die Größe des eingesetzten LKWs. Da, wie zu Beginn dieses Kapitels erwähnt, die Frequenz von Milkrun-Durchläufen kaum Einschränkungen unterliegt und es eine Vielzahl an LKW-Typen mit unterschiedlichsten Zuladungsvolumina gibt, ist das Transportvolumen eines Milkrunsystems kaum eingeschränkt. Folgende Tabelle zeigt exemplarisch die mögliche Variabilität des Transportvolumens in einem Milkrun-System. Um die Vergleichbarkeit mit bestehenden Größen aus der Literatur zu gewährleisten, wird das verfügbare Transportvolumen auf die Basis einer 5-Tage Woche normiert.

Anzahl an Milkrun-Durchläufen	LKW-Typ (Zuladungsvolumen)	Verfügbares Transportvolumen auf Wochenbasis (5 Tage)
3x/Tag	40t Sattelzug (90m ³)	4050m ³
1x/Tag	12t Sattelzug (66m ³)	396m ³
3x/Woche	MB Sprinter Sattelzug (45m ³)	135m ³
1x/Woche	LKW 7,5t (38m ³)	38m ³
1x/Woche	Kleintransporter(3m ³)	3m ³

Tabelle 3: Mögliche Transportvolumina in Milkrunsystemen⁷²

⁷¹ Vgl.: Jacobi et al. (2005), S. 97.

⁷² Quelle: Exakt Transport + Logistik GmbH & Co. KG (2007)

Anhand dieser in Tabelle 3 gegebenen Rechenbeispiele kann man erkennen, dass aus rein theoretischen Überlegungen Transportvolumina in Milkrunsystemen problemlos zwischen 3 und über 4000m³ die Woche liegen können und somit kaum restriktiv sind. Bezugnehmend auf die erwähnten Erfahrungsberichte aus Praxisprojekten, bei denen jene Lieferanten-Abnehmer-Relationen, die unter 20m³ und über 200m³ die Woche liegen, für Milkrun-Projekte als wenig erfolgsversprechend bezeichnet werden, sei Folgendes festgehalten: Aus rein mathematischer Überlegung sind diese Restriktionen abzulehnen. In Anbetracht einer Kosten-Nutzen-Betrachtung jedoch, wie sie unter Punkt 3.3. gefordert wurde, wird eine sehr kleine Bedarfs- bzw. Transportmenge höchstwahrscheinlich abzulehnen sein, da der nötige Aufwand für die Etablierung eines Milkrunsystems kaum durch die dadurch entstehenden Kostenvorteile amortisiert werden kann. Wo genau diese Effizienzgrenze liegt, kann nicht pauschal bestimmt werden, hierbei empfiehlt es sich, auf Erfahrungsberichte aus durchgeführten Projekten zurückzugreifen. Anders verhält es sich bei der erwähnten Obergrenze von 200m³, ab der der Einsatz von Komplettladungsverkehren als rentabler bezeichnet wird. Eine Volumsobergrenze für Milkruns wird auch aus Kosten-Nutzen-Sicht angezweifelt, da eine der Stärken des Milkrun-Konzepts in der Senkung der Bestandskosten durch Steigerung der Anlieferfrequenz liegt. Eben diese Steigerung der Anlieferfrequenz lässt sich insbesondere durch die Integration mehrerer hochvolumiger Lieferanten-Abnehmer-Relationen in einen Milkrun erreichen (vgl. Abbildung 4). Es ist somit als sehr wahrscheinlich zu erachten, dass diese mögliche Senkung an Bestandskosten den nötigen Etablierungs- und Koordinationsaufwand für Milkruns gegenüber Komplettladungsverkehren übersteigt.

Einschränkungen hinsichtlich Bedarfsschwankungen

Um die Auswirkungen von Materialbedarfsschwankungen auf das Milkrun-System zu zeigen und daraus mögliche Einschränkungen für bestimmte Bedarfscharakteristika abzuleiten, ist es nötig, nochmals den Ursprung für die Effizienz des Zuliefersystems darzulegen. Wie eingangs dieses Kapitels erklärt, lassen sich Vorteile von Milkruns gegenüber herkömmlichen Zuliefersystemen großteils auf die genaue Planung und Einhaltung von Liefermengen und Transportzeiten zurückführen. Aufgrund von dynamischen Einflüssen auf das System muss diese Planung jedoch nicht nur bei der Einführung eines Milkruns durchgeführt werden, sondern erfordert auch bestimmte Adaptionen im laufenden Betrieb. Die Häufigkeit dieser Umplanungen beeinflusst jedoch die Kosteneffizienz des Systems negativ:

Eine direkte negative Auswirkung lässt sich aus dem Umplanungsvorgang selbst ableiten. Die Planung eines Milkruns stellt aufgrund seiner Komplexität durch die Anzahl an Beteiligten

einen hohen Ressourcenaufwand dar, was für das ausführende Unternehmen Kosten verursacht.

Die zweite, um einiges schwieriger zu beziffernde, Auswirkung ist der negative Einfluss, den eine Umplanung auf die Prozessstabilität des Systems mit sich bringt. So muss ein Lieferant, der, um einen stabilen Milkrun gewährleisten zu können, die genauen Vorgaben von Liefermenge und Bereitstellungszeitpunkt einhalten muss, seine Produktionsprozesse so adaptieren, dass sie den durch die Umplanung neu festgelegten Zielvorgaben gerecht werden. Dass positive Effekte, wie eine hohe Liefertreue, die durch die Stabilität des Milkrun-Systems erzeugt werden, mit der Anzahl an solchen Umplanungen stark reduziert werden, muss an dieser Stelle nicht gesondert hervorgehoben werden. Alleine sei der kostenineffizienteste Fall erwähnt, bei dem jeder Milkrun-Durchlauf neu geplant würde, denn dann würde sich das System kaum noch von einem ungeplanten bedarfsgetriebenen Zuliefersystem unterscheiden. Eine Umplanung wirkt sich jedoch nicht nur negativ auf die Stabilität und auf die damit verbundene schwankende Liefertreue der Lieferanten mit all ihren Folgeeffekten für den Abnehmer aus, sondern beeinflusst auch die Auslastung des verwendeten Transportmittels.

An dieser Stelle kann festgehalten werden, dass die Anzahl von Liefermengen- und/oder Transportzeitumplanungen die Kosteneffizienz des Zuliefersystems negativ beeinflussen. Bleibt nun zu klären, welche Einflussfaktoren die Häufigkeit nötiger Umplanungen bestimmen.

Unter dem Begriff Transportzeitumplanung ist grundsätzlich die Änderung der Anlieferfrequenz eines Milkruns zu verstehen. So beeinflusst diese, gemeinsam mit der Liefermenge pro Durchlauf, die Gesamtliefermenge eines Milkrun-Systems in einer bestimmten Periode. Wenn man sich nun überlegt, dass, vereinfacht dargestellt, ein Transportvorgang nicht mehr als die Überwindung der geographischen Entfernung zwischen einem Lieferanten und einem Abnehmer darstellt, kann folgender Zusammenhang beschrieben werden: Im Idealfall sollte die Anliefermenge eines bestimmten Materials der Verbrauchsmenge entsprechen, um die Versorgungssicherheit des Abnehmers zu gewährleisten und zugleich die Bildung von Beständen verhindern. Dieser Idealfall ist in der Realität zwar nur selten realisierbar (beispielsweise bei synchronisierten Fertigungen oder Just-In-Sequence Anlieferungen), zeigt jedoch den direkten Zusammenhang zwischen Verbrauchs- und Anliefermenge eines Materials. Für den Ausgleich von nicht-synchronen Fertigungen kommen Lager zum Einsatz, die durch Vorhaltung von Beständen Unterschiede

zwischen Anliefermengen (Inputstrom) und Verbrauchs- bzw. Bedarfsmengen (Outputstrom) schaffen.⁷³

Unabhängig davon, ob nun eine Fertigung bedarfssynchron beliefert, oder durch einen Bestandspuffer vom Lieferanten entkoppelt wird, beeinflusst die Bedarfsmenge eines Materials die nötige Anliefermenge. Schwankt nun der Bedarf eines Materials, kann dies zwar für eine bestimmte Zeit durch einen Bestandspuffer ausgeglichen werden, spätestens kurz vor Voll- oder Leerlaufen des Lagers muss jedoch die Liefermenge angepasst werden. Diese Anpassung der Liefermenge bedeutet einen zusätzlichen Eingriff in den Milkrun, der sich wie zuvor dargelegt, negativ auf die Kosteneffizienz auswirkt. Nun kann man die Behauptung aufstellen, dass bei entsprechend hohen Beständen im Lager, die Häufigkeit der Anpassung von Liefermengen an Bedarfsmengen und damit nötige Umplanungen im Milkrun-System verringert werden kann. Da jedoch höhere Bestände höhere Kosten verursachen (siehe 3.3.2), würde man an dieser Stelle nur den durch eine häufige Umplanung verursachten negativen Einfluss auf die Effizienz des Zuliefersystems durch den ebenfalls negativen Einfluss hoher Bestände ersetzen. Dass es höchstwahrscheinlich zwischen diesen beiden Kosteneinflussgrößen Bestand und Anzahl an Umplanungen für jeden Milkrun und jeden Materialtyp (Wert, Fehlmengenkosten, Sperrigkeit...) ein unterschiedliches Kostenoptimum gibt, sei an dieser Stelle nur erwähnt, da die Komplexität, die diesem Zusammenhang innewohnt, eine ausführliche Auseinandersetzung im Zuge dieser Arbeit nicht zulässt. Was sich jedoch aus der eben gewonnenen Erkenntnis für die Bedarfscharakteristik eines Materials, das mit Milkrun transportiert werden sollte, ableiten lässt, ist Folgendes: Desto höher die Bedarfsvolatilität eines Materials, desto weniger geeignet ist dieses für den Transport mittels Milkrun. Denn je stärker ein Material in seinem Bedarf schwankt, desto wahrscheinlicher wird eine hohe Anzahl von nötigen Umplanungen der Transportzeiten und Liefermengen des Milkruns und damit steigt der benötigte Pufferbestand im Lager zwischen Lieferant und Abnehmer.

Wie stark ein Material maximal schwanken darf, um aufgrund der Verschlechterung der Kostenstruktur dennoch rentabler mittels Milkrun, als mittels herkömmlicher Zuliefersysteme angeliefert werden zu können, lässt sich aufgrund der hohen Anzahl an Einflussfaktoren nicht mehr verallgemeinert ausdrücken und muss für jeden Einzelfall untersucht werden. Berücksichtigt man noch zusätzlich, dass mittels Milkrun-Systematik nicht nur ein Material, sondern drei bis sechs Materialien gleichzeitig beschafft werden können, die sich in der Gesamtkostenbetrachtung wiederum gegenseitig mit ihren Anteilen am

⁷³ Vgl.: Inderfurth (2008), S. 154f.

Gesamttransportvolumen beeinflussen, wird die Komplexität dieser Fragestellung noch deutlicher. Abschließend muss festgehalten werden, dass aus diesem Grund keine pauschale Aussage über die Eignung von Materialien hinsichtlich ihrer Bedarfsschwankungen getroffen werden kann. Praxiserfahrungen wie von Jacobi und Hartel, die von einer Größenordnung von 15 Prozent maximal zulässiger Schwankung für Milkrun-Materialien sprechen, können sicherlich als Richtwert herangezogen werden. Um jedoch eine zuverlässige Aussage für ein konkretes Szenario zu erhalten, ist eine individuelle Untersuchung unumgänglich.

3.3.3 Änderung der Lieferkonditionen

Wie unter Punkt 3.1 dargelegt, handelt es sich bei Milkrun um eine aktiv gesteuerte Zuliefersystematik, die der Abnehmer in Selbstorganisation durchführen muss. Um diese aktive und selbstorganisierte Steuerung der Inbound-Logistik erreichen zu können, muss der Abnehmer die Lieferkonditionen mit seinen zukünftigen Milkrun-Lieferanten so vereinbaren, dass er die Möglichkeit hat, den Transport selbst zu planen und eigenverantwortlich oder mit Hilfe eines Spediteurs zu koordinieren und durchzuführen. Die Regelungen über Kosten-, Risiko- und Verantwortungsübernahme zwischen Lieferant und Abnehmer im Transportvorgang sind mit den International Commercial Terms (Incoterms) geregelt.⁷⁴ Die einzige Klausel, die dem Abnehmer die volle Kontrolle und somit auch Verantwortung für den Transportvorgang einräumt, ist EXW (ex work, zu Deutsch ab Werk). Diese Klausel verlangt vom Lieferanten lediglich, dass die Ware verpackt und gekennzeichnet zur Abholung bereitgestellt werden muss.⁷⁵ Für die Durchführung von Milkruns müssen alle beteiligten Lieferanten, sofern sie es nicht bereits sind, auf diese Lieferkondition umgestellt werden. Für Lieferanten, die bis dato nach der Liefervereinbarung „frei Haus“ den Transport ihrer Produkte in Eigenverantwortung durchgeführt haben, bedeutet diese Veränderung der Lieferkondition eine besonders gravierende Umstellung. „Frei Haus“ als Liefervereinbarung gehört zwar nicht zu den standardisierten Incoterms, stellt aber nahezu das Gegenteil zur EXW–Incotermklausel dar. „Frei Haus“ ist eine Spesen- und Gefahrenklausel, die besagt, dass der Lieferant sowohl Kosten als auch teilweise das Risiko des Transportvorgangs übernehmen muss.⁷⁶ Dementsprechend müssen Verträge, die mit „frei Haus“-Lieferanten abgeschlossen wurden, bei einer Umstellung auf die Lieferkondition „ab Werk“ neu verhandelt werden, da diese Transportkosten- und Risikozuschläge enthalten, die bei einer „ab Werk“-Lieferkondition nicht mehr gerechtfertigt sind. Zusätzlich bezeichnet Professor Hartel diese nötige Umstellung der Lieferkonditionen als schwieriges Unterfangen, da diese

⁷⁴ Vgl.: Piltz (2002), S. 38.

⁷⁵ Vgl.: Piltz (2002), S. 38.

⁷⁶ Vgl.: Handelsgesetzbuch (2004), S. 72.

vertraglichen Regelungen mit den Lieferanten und somit auch die Regelung der Lieferkondition zumeist im Verantwortungsbereich der Einkaufsorganisation liegen, wohingegen die Steuerung der Zulieferung selbst von der Logistik ausgeht und somit ein abteilungsübergreifendes Zusammenarbeiten, sowie gemeinsames Verständnis für die nötige Vertrags- und Strukturanpassung, geschaffen werden muss.⁷⁷

3.4 Vorgehen bei der Einführung von Milkruns und Potentialidentifikation für Simulationsunterstützung

Im abschließenden Abschnitt dieses Kapitels wird nun das Vorgehen bei der Einführung und Umsetzung von Milkruns näher ausgeführt. Darauf aufbauend wird das Potential und der Mögliche Einsatz von Simulationsstudien in diesem Prozess näher beschrieben.

3.4.1 Einführung und Umsetzung von Milkruns

Wie bereits die vorangegangenen Erkenntnisse über Funktionsweisen, Vorteile und Voraussetzungen gezeigt haben, handelt es sich bei einem Milkrun um ein vergleichsweise komplexes Zuliefersystem, das vielen Restriktionen und Einflussfaktoren unterliegt. Um eine effiziente und erfolgreiche Verwendung des Konzepts zu erreichen, ist ein strukturiertes Vorgehen bei Planung, Einführung und Kontrolle unumgänglich.

In der Literatur findet sich hierzu noch wenig Konkretes, mit Ausnahme eines Vorgehensschemas von Wildemann sowie von einer Münchener Unternehmensberatung, die nahezu deckungsgleich ausgeführt sind. Folgende Tabelle fasst beide Schemata sinngemäß zusammen.

1	Lieferantenanalyse & Selektion
2	Zusammenstellung von Milkruns & Potentialabschätzung
3	Ausplanung und Implementierung des Milkruns
4	Pilothafte Testphase und Entscheidung über Weiterführung
5	Milkrun-Controlling

Tabelle 4: Vorgehen bei der Einführung von Milkruns⁷⁸

Dieses Vorgehensgerüst stellt grob die einzelnen Phasen von der Konzeption bis zum laufenden Betrieb eines Milkruns dar und wird von den Autoren als praktikables,

⁷⁷ Vgl.: Hartel (2009)

⁷⁸ Vgl.: Wildemann, Faust (2004), S. 10.

praxiserprobtes Vorgehen dargestellt. Im Folgenden werden die einzelnen Phasen näher beschrieben und um die bisherigen Erkenntnisse über Milkruns erweitert und ausgeführt.

Lieferantenanalyse & Selektion

Die Lieferantenanalyse & Selektion stellt die erste Phase bei der Einführung von Milkruns dar. In dieser Phase geht es in erster Linie darum, aus allen Lieferanten eines Unternehmens jene zu identifizieren, die grundsätzlich für Milkruns geeignet sind. Stehen für ein konkretes Projekt bereits Lieferanten fest, für die ein Milkrun implementiert werden soll, so fällt dieser Schritt weg.

Die erste Eigenschaft, nach der Lieferanten selektiert werden sollten, ist das Beschaffungskonzept. All jene Lieferanten, die mit einem Beschaffungskonzept an den Abnehmer angebunden sind, für das eine Umstellung des Zuliefersystems nicht möglich oder nicht sinnvoll ist (siehe dazu Kapitel II), können für weitere Betrachtungen bereits ausgeschlossen werden. Beschaffungskonzepte, für die eine Umstellung des Zulieferkonzepts möglich ist, sind die Vorratsbeschaffung und unter bestimmten Umständen die produktions-synchrone Beschaffung. Wurde diese generelle Vorselektion durchgeführt, müssen Lieferanten, auf geographische Verteilungsfelder sowie Liefermengen (Volumina, Gewicht und Stetigkeit) und Materialbeschaffenheit der gelieferten Teile hin analysiert werden.⁷⁹ Jene Lieferanten in deren geographischem Umfeld nicht mindestens zwei weitere Lieferanten zu finden sind, die über eine Route von unter neun Stunden Fahrzeit mit dem Abnehmer oder einem Cross-Dock des Abnehmers verbunden werden können, sind ebenfalls für weitere Betrachtungen auszuschließen. Ebenfalls können jene Lieferanten für weitere Betrachtungen ausgeschlossen werden, die hinsichtlich der Liefermengen, sowie der Beschaffenheit der zu liefernden Teile die im vorigen Punkt dieses Kapitels erarbeiteten Restriktionen nicht erfüllen. Am Ende dieser ersten Phase für die Einführung von Milkruns sollten von der Gesamtheit aller Lieferanten nur mehr jene überbleiben, die sich für die Anbindung mittels Milkrun-Systematik grundlegend eignen.

Zusammenstellung von Milkruns & Potentialabschätzung

Der zweite Schritt in der Einführung von Milkruns schließt nahtlos an den ersten an. In diesem Schritt gilt es, die für Milkruns generell geeigneten Lieferanten zu möglichen Milkrun-Konfigurationen zusammenzustellen. Dies sollte unter Berücksichtigung der zur Dimensionierung von Milkruns bestehenden Restriktionen passieren. Dazu gehört im Wesentlichen die räumliche Konzentration bzw. Entfernung zwischen den einzelnen

⁷⁹ Vgl.: Wildemann, Faust (2004), S. 10.

Lieferanten und dem Abnehmer, die über die Rundtourzeit eines Milkruns entscheidet und die durch die maximal erlaubte Fahrzeit eines LKW-Fahrers begrenzt ist. Des Weiteren hat sich in der Praxis gezeigt, dass ca. vier bis sieben Lieferanten die effizienteste Anzahl für einen Milkrun darstellen.⁸⁰ Des Weiteren sollten die Liefermengen (Volumen, Gewicht und Stetigkeit) der Lieferanten soweit berücksichtigt werden, dass sie zueinander möglichst homogen sind und somit eine stabile Belieferungsfrequenz erreicht werden kann. Ebenfalls sollte die Materialbeschaffenheit der Teile, die innerhalb eines Milkruns beschafft werden, möglichst so sein, dass das notwendige Gebinde sowie verwendete Behältnisse eine möglichst hohe Auslastung des Transportmittels zulassen.

Wurden unter Berücksichtigung dieser Restriktionen mögliche Milkrun-Konfigurationen gefunden, müssen im nächsten Schritt die daraus resultierenden Einsparungspotentiale abgeschätzt werden. Wie bereits im zweiten Kapitel erörtert, ist ein Zulieferkonzept für eine bestimmte Beschaffungssituation dann besser geeignet als ein anderes, wenn es in der Lage ist, für die Summe der einzelnen Positionen der Beschaffungskosten ein besseres Gesamtergebnis zu erzielen. Zu den einzelnen Posten⁸¹ der Beschaffungskosten zählen folgende:

- **Steuerungs- und Systemkosten** für die Gestaltung, Planung und Kontrolle der Materialbereitstellung
- **Bestandskosten** für das Vorhalten von Beständen
- **Lagerhaltungskosten** für die vorzuhaltenden Lagerkapazitäten
- **Kosten für Ein- und Auslagervorgänge**
- **Transportkosten**
- **Handlingskosten** (Umschlagen, Umpacken usw.)

Diese Kosten gilt es im Zuge der Potentialabschätzung für den Milkrun abzuschätzen und mit den Kosten des bestehenden Zuliefersystems zu vergleichen. Diese Abschätzung stellt bei der Einführung von Milkruns zumeist den schwierigsten Schritt dar, da Milkruns komplexe Systeme sind, deren Verhalten aufgrund der hohen Anzahl an Beteiligten und Abhängigkeiten nur schwer vorhersagbar ist. Zudem ändern sich bei der Umstellung von herkömmlichen Zuliefersystemen auf Milkruns zumeist die vertraglichen Rahmenbedingungen, die zusätzlich die Kostenstruktur beeinflussen können. Eine ungefähre Abschätzung kann jedoch auf Basis von Vergangenheitsdaten durchgeführt werden. So

⁸⁰ Vgl.: Emporias Management Consulting (2007), S. 2.

⁸¹ Vgl.: Ihme (2006), S. 272.

sollten Transport- und Bestandskosten, die beiden wesentlichsten Kostenpositionen, die vom Zuliefersystem beeinflusst werden, für das bestehende Zuliefersystem bekannt sein. Eine Abschätzung der Veränderung dieser Kostenpositionen durch die Einführung eines Milkruns sollte auf Basis der in Abschnitt 3.2 erörterten Potentiale grob möglich werden.

Sind Milkruns gefunden, die es sich auf Basis der Potentialabschätzung offensichtlich umzusetzen lohnt, geht das Vorgehen für die Einführung von Milkruns in die nächste Phase über.

Ausplanung und Implementierung der Milkruns

Da die Potentialabschätzung nicht absolute Sicherheit über einen möglichen erfolgreichen und kosteneffizienten Einsatz eines Milkruns für ein konkretes Szenario gewährleisten kann, muss dies in einer pilothaften Testphase erprobt werden. Bevor jedoch das Zuliefersystem auf Milkrun-Systematik umgestellt werden kann, müssen einige Aspekte berücksichtigt und durchgeführt werden. Der erste wesentliche Schritt dabei ist die, je nach aktuellem Zuliefersystem mehr oder weniger schwierige, Änderung der vertraglichen Rahmenbedingungen zwischen Abnehmer, Lieferant und Logistikdienstleister. Ist diese Umstellung erledigt, sollten ebendiesen Partnern im Zuge von Workshops die Vorteile des neuen Zulieferkonzepts, sowie die neue Rollenverteilung und die neuen Prozessabläufe vermittelt werden.⁸² Dieser Schritt ist wesentlich, da die erfolgreiche Umsetzung von Milkruns auch eng an die Einhaltung der mengen- und zeitmäßigen Milkrun-Regeln aller Beteiligten, sowie der Etablierung eines konsistenten und schnellen Informationsflusses zwischen den Beteiligten, geknüpft ist.⁸³ In weiterer Folge müssen dann die erwähnten mengen- und zeitmäßigen Regeln für den Milkrun definiert werden. Dies sollte über sogenannte Milkrun-Schedules und Pick-Up-Sheets passieren. Milkrun-Schedules beinhalten dabei sämtliche Informationen über Lieferanten (Lieferadresse, Zeitfenster der Beladung, Ansprechpartner sowie in Einzelfällen genaue Beladeschemata). Im Pick-up-Sheet werden die abzuholende Menge sowie die Häufigkeit der Abholungen definiert.⁸⁴ Da die Bestimmung der genauen Liefermengen und vor allem die Ankunftszeiten bei den einzelnen Lieferanten im Vorhinein nur sehr schwierig abzuschätzen sind, ist zu erwarten, dass diese gerade zu Beginn des laufenden Betriebs ständig adaptiert werden müssen.

⁸² Vgl.: Wildemann, Faust (2004), S. 10.

⁸³ Vgl.: Wildemann, Faust (2004), S. 8.

⁸⁴ Vgl.: Emporias Management Consulting (2007), S. 2.

Pilothafte Testphase und Entscheidung über Weiterführung

In dieser Phase gilt es, das neue Zuliefersystem zu testen und zu bewerten. Dafür ist es nötig, die Vorgänge im System möglichst genau zu beobachten und festzuhalten. Ein wesentlicher Faktor ist dabei die Stabilität des Systems. Dabei sollte insbesondere etwaigen Sondertransporten auf den Grund gegangen werden. Des Weiteren sollte die Auslastung des eingesetzten Transportmittels, sowie die Bestandsentwicklung der Materialien beobachtet werden. Im Prinzip müssen all jene Faktoren geprüft werden, die die Kosten der gesamten Materialbereitstellung beeinflussen. Am Ende der Testphase muss es dem Initiator mit Sicherheit möglich sein zu beurteilen, ob das Milkrun-Zuliefersystem kosteneffizienter arbeitet als sein Vorgänger und sich somit die Potentialabschätzung bestätigt. Wurde die Feststellung getroffen, dass das Milkrun-System kosteneffizienter arbeitet, muss versucht werden, die Pick-up-Sheets und Milkrun-Schedules so anzupassen, dass sie im laufenden Betrieb so selten wie möglich adaptiert werden müssen. Grund dafür ist, dass jeder Eingriff in das laufende System, insbesondere hinsichtlich der Anlieferfrequenz, die potentielle Gefahr birgt, bereits eingelaufene Prozesse wieder fehleranfälliger werden zu lassen.

Milkrun-Controlling

Da es jederzeit möglich ist, dass sich Rahmenbedingungen, wie beispielsweise die Mengenstruktur der Materialien, ändern können, empfiehlt sich der Aufbau eines kontinuierlichen Milkrun-Controllings. Dabei sollen insbesondere Transportmittelauslastung, Bestandsentwicklung sowie Rundtourzeiten ständig ausgewertet werden. Ziel dabei ist es, auf etwaige negative Veränderungen möglichst zeitgerecht reagieren zu können und somit das System vorrausschauend an neue Bedingungen anpassen zu können. Zudem sollten auch Fehlleistungen im System genau dokumentiert und ausgewertet werden, um eine kontinuierliche Verbesserung des Zuliefersystems gewährleisten zu können.⁸⁵

3.4.2 Potential von Simulationsstudien bei der Einführung und Umsetzung von Milkruns

Bevor nun auf den Anwendungsbereich und die möglichen Potentiale von Simulationsstudien für die Einführung von Milkruns eingegangen werden kann, wird an dieser Stelle zuerst definiert, was man im Allgemeinen unter Simulationen und Simulationsstudien versteht.

„Simulation ist eine effiziente und effektive Problemlösungsmethode, die die Nachbildung eines realen oder geplanten Systems in einem ablauffähigen (Rechner-)Modell zum Ziel hat,

⁸⁵ Vgl.: Emporias Management Consulting (2007), S. 2.

um [...] zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragen werden können.“⁸⁶ Dabei liegt der Vorteil von Simulationsstudien gegenüber analytischen Methoden vor allem darin, dass dynamische Abhängigkeiten und Wechselwirkungen abgebildet und stochastische Aspekte des Real-Systemverhaltens berücksichtigt werden können.⁸⁷

Wenn man nun diese Möglichkeiten von Simulationsstudien mit den Anforderungen im Vorgehen zur Einführung von Milkruns vergleicht, stellt man fest, dass sich ein Einsatz dieser Problemlösungsmethode geradezu anbietet.

Ein Zuliefersystem ist im Allgemeinen ein System, in dem alle Beteiligten zueinander in Abhängigkeit stehen und in dem die meisten Prozesse stochastischen Einflüssen unterliegen. So ist beispielsweise die Fahrdauer eines LKWs vom Verkehrsaufkommen abhängig. Das Verkehrsaufkommen ist wiederum abhängig von der Uhrzeit. Die Beladedauer eines LKWs hängt davon ab, wie viel Material aufgeladen wird. Und die Menge an aufgeladenem Material hängt selbst wieder davon ab, welchen Materialbedarf der Abnehmer gerade hat. Diese Komplexität, die sich bei einem Milkrun-Zuliefersystem zusätzlich dadurch erhöht, dass sich die Anzahl an Beteiligten (mehrere Lieferanten) erhöht, führt dazu, dass eine genaue Vorhersage des Systemverhaltens auf Basis von analytischen Methoden nicht mehr möglich ist. Das ist der Grund, warum eine genaue Potentialanalyse von Milkruns kaum möglich ist und bis dato eine kostspielige Testphase im Realsystem durchgeführt werden muss, um das Systemverhalten zu testen und Annahmen über Einsparungspotentiale verifizieren zu können. Ebendiesem ressourcenintensiven Testen von Hypothesen am Realsystem kann durch den Einsatz von Simulationsstudien Abhilfe geschaffen werden. Eine Simulationsstudie könnte im Wesentlichen dazu beitragen, die Potentialabschätzung von Milkruns zu vereinfachen und somit die Notwendigkeit einer pilothaften Testphase im Realsystem vermeiden. Die jeweiligen Zuliefersysteme können als Simulationsmodelle abgebildet werden und im Zuge von Simulationsexperimenten können die Hypothesen über Einsparungspotentiale verifiziert oder falsifiziert werden. Dies hätte den Vorteil, dass nur mehr jene Milkruns umgesetzt werden, die tatsächlich Einsparungspotentiale gegenüber dem bestehenden System aufweisen.

Zusätzlich zur Potentialabschätzung von Milkruns würde sich eine Simulationsstudie auch dazu anbieten, den Prozess der Implementierung zu vereinfachen. Wie erwähnt, werden in der Phase der *Ausplanung und Implementierung* Pick-up-Sheets und Milkrun-Schedules erstellt, die im Zuge des pilothaften Testens des Milkruns laufend adaptiert werden müssen.

⁸⁶ Vgl.: Wenzel et al. (2008), S. 1.

⁸⁷ Vgl.: Wenzel et al. (2008), S. 1.

Diese Adaptionen führen meist dazu, dass das Zuliefersystem nicht mehr einwandfrei funktioniert und somit Fehlmengen auftreten können, die oft durch kostspielige Sondertransporte abgefangen werden. Wenn anhand von Simulationsstudien die nötigen Informationen für Pick-up-Sheets und Milkrun-Schedule ausgewertet werden könnten, wäre es möglich, den Milkrun von Beginn an dementsprechend zu dimensionieren und die negativen Auswirkungen und den Aufwand von häufigen Adaptionen zu verhindern.

4 Simulationsstudie

Aufbauend auf den Erkenntnissen über Funktionen und Wirkungszusammenhänge des Milkrun-Zuliefererkonzepts wird im Zuge des vierten Kapitels dieser Arbeit ein Simulationsmodell erarbeitet, das es ermöglichen soll, die gewünschten Erleichterungen und Vorteile bei der Potentialabschätzung und Umsetzung von Milkruns zu realisieren. Zusätzlich zu der Erstellung dieses Simulationsmodells soll für ein konkretes Pilotprojekt ein Simulationsexperiment durchgeführt werden. Das Vorgehen bei der Erarbeitung dieses Simulationsmodells sowie das zu verwendende Simulationstool werden sich dabei nach den Konzernstandards der Volkswagen AG richten. Für das Vorgehen bei der Erarbeitung des Simulationsmodells wird daher auf das von der ASIM (Arbeitsgemeinschaft für Simulation – eine Arbeitsgemeinschaft zur Förderung und Weiterentwicklung von Modellbildung und Simulation in Grundlagen und Anwendungen sowie zur Verbesserung der Kommunikation zwischen Theorie und Praxis⁸⁸) entwickelte Vorgehensmodell zurückgegriffen. Für die Umsetzung des Simulationsmodells wird das Softwaretool *Plant Simulation* in der Version 8.1 von Tecnomatix zum Einsatz kommen.

Folgende Abbildung stellt das zur Anwendung kommende Vorgehensmodell für Simulationsstudien dar:

⁸⁸ Vgl.: ASIM-Arbeitsgemeinschaft Simulation (2009)

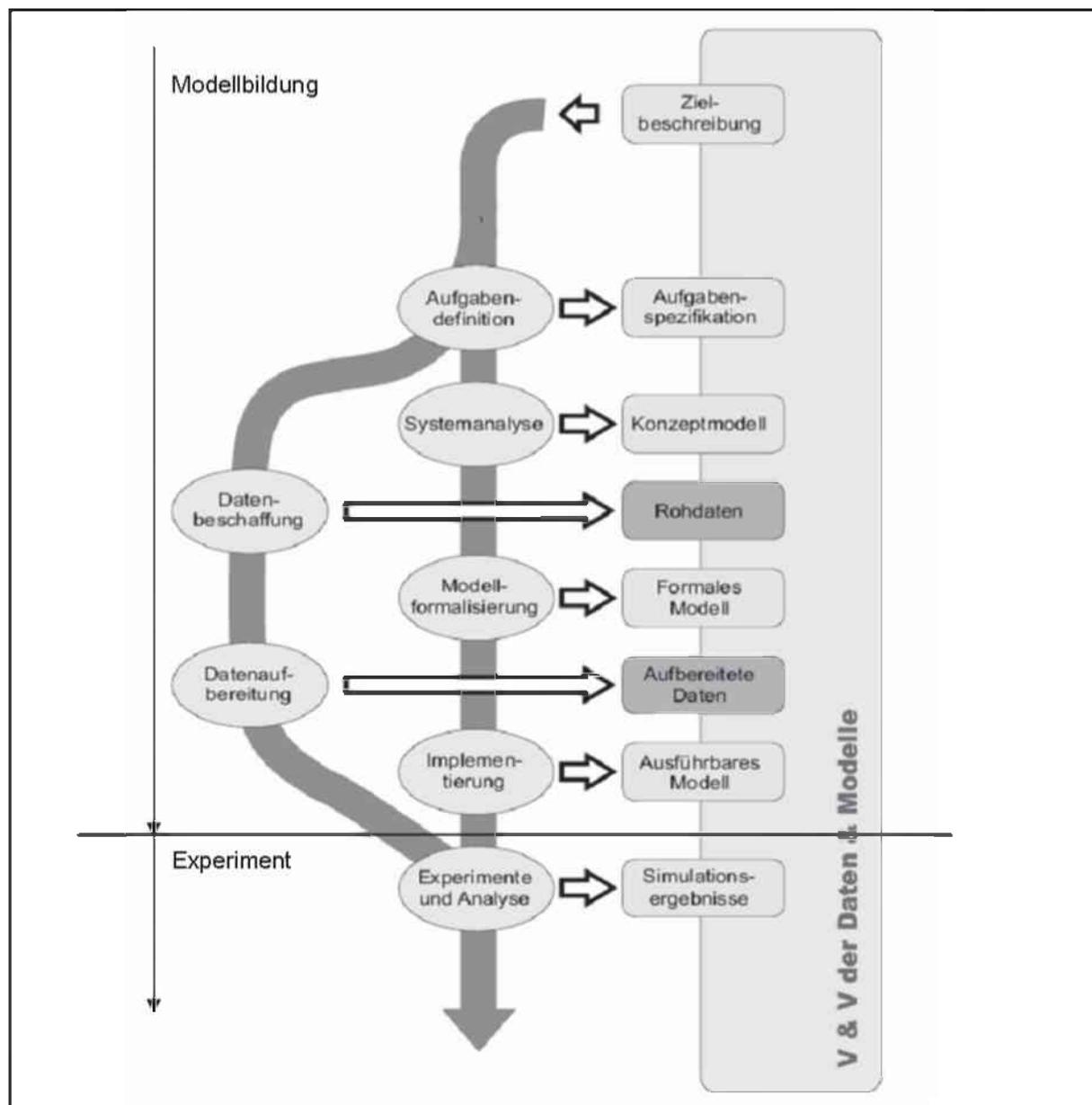


Abbildung 8: Vorgehensmodell für die Durchführung von Simulationsstudien nach ASIM⁸⁹

Das Vorgehensmodell nach ASIM kann grob in zwei Bereiche eingeteilt werden. Der erste überwiegende Teil des Modells wird durch die eigentliche Modellbildung eingenommen. Er reicht von der Zieldefinition bis zur Umsetzung des ausführbaren Modells. Der zweite Teil der Simulationsstudie umfasst schließlich die Experimente, die mit dem Simulationsmodell durchgeführt werden. Weitestgehend wird die folgende Simulationsstudie nach der Struktur des Vorgehensmodells durchgeführt. Im Sinne einer effizienten Aufwand-Nutzen-Relation kann es jedoch eine gewisse Abweichung geben. Bezüglich der Verifikation und Validierung der Simulationsstudie, die als begleitender Prozess (V&V der Daten & Modelle) im Vorgehensmodell abgebildet ist, sei gesagt, dass diese auch als begleitende Maßnahme

⁸⁹ Quelle: modifiziert nach Rabe et. al. (2008), S. 5.

durchgeführt wird, aber aus Gründen der Übersichtlichkeit erst am Ende der Modellierungsphase zusammenfassend erläutert wird. Es folgt nun die erste Phase der Simulationsstudie, die Modellierung.

4.1 Modellbildung

Der Anspruch in der ersten Phase der Simulationsstudie ist es, ein Simulationsmodell zu erarbeiten, das es ermöglicht, die gewünschten Experimente durchzuführen. Der Anspruch an das Simulationsmodell ist dabei, das Realsystem möglichst wirklichkeitsgetreu nachzubilden, um die Ergebnisse der Simulationsstudie auf das Realsystem umlegen zu können. Die Modellbildung gliedert sich in die Phasen *Zielbeschreibung*, *Aufgabendefinition*, Erarbeitung des *Konzeptmodells*, Erarbeitung des *formalen Modells* und schließlich die Umsetzung in das *ausführbare Modell*. Am Ende der Modellierungsphase soll ein in das Softwaretool *Plant Simulation* implementierte Simulationsmodell stehen, das es ermöglicht, im Zuge von Simulationsexperimenten die in der Zieldefinition festgelegten Ergebnisdaten bereitzustellen. Mit der Zielbeschreibung folgt nun die erste Phase der Modellbildung.

4.1.1 Zielbeschreibung

Ausgangsbasis jeder Simulationsstudie ist die Zielbeschreibung. Sie beinhaltet die Festlegung und Beschreibung aller Ziele, die es im Zuge der Simulationsstudie zu erreichen gilt.

Ausgangssituation und Zieldefinition

Die Fachabteilung Logistik der Volkswagen AG erwartet sich durch eine verstärkte Einführung des Milkrun-Konzepts signifikante Einsparungspotentiale bei den Beschaffungskosten. Aufgrund der ressourcenaufwendigen und komplexen Potentialabschätzung und Umsetzung von Milkruns ist dies jedoch flächendeckend nur unter der Vorraussetzung möglich, dass durch gezielte IT-Unterstützung diese Prozesse vereinfacht und damit kostengünstiger und schneller abgewickelt werden können. Simulationsstudien können hierfür, wie bereits näher dargelegt, in beiden Bereichen, sowohl in der Phase der Potentialabschätzung, als auch in der Umsetzungsphase, eine Entscheidungsunterstützung bieten und somit eine schnellere und kostengünstigere Abwicklung ermöglichen.

Potentialabschätzung

Wenn mittels Einsatz von analytischen Methoden Lieferanten gefunden wurden, die aufgrund ihrer geographischen Lage, sowie der Materialien, die sie liefern, eine grundlegende Eignung für Milkrun-Transporte aufweisen, bedeutet das noch nicht, dass an dieser Stelle ein Milkrun kosteneffizienter arbeitet als das bestehende Zuliefersystem. Analytische Methoden können

diese Frage nicht beantworten, da insbesondere die Kombination und somit das dynamische Zusammenspiel unterschiedlicher Beteiligter, sowie die damit verbundene hohe Anzahl an Störfaktoren, das System erheblich beeinflussen können. Anstelle von kostenintensiven realen Pilot-Versuchen möchte der Fachbereich Logistik, auf Basis von bekannten Vergangenheitsdaten, potentielle Milkrun-Systeme simulieren, um sie mit dem Verhalten der im Einsatz befindlichen Zuliefersysteme vergleichen zu können. Diese Informationsbasis soll dem Fachbereich eine Entscheidungsunterstützung für oder gegen eine reale Umsetzung bieten. Um eine Aussage über die Durchführbarkeit eines Milkruns und dessen Einsparungspotentiale treffen zu können, wurden gemeinsam mit dem Fachbereich Logistik, auf Basis der allgemeinen Kostenpositionen der Beschaffungslogistik, folgende Kostentreiber identifiziert:

- Anzahl der benötigten Fahrten im Betrachtungszeitraum
- Durchschnittliche Dauer einer Milkrun-Rundtour (Anzahl an Überschreitungen der gesetzlich maximalen Fahrzeit eines LKW-Lenkers)
- Durchschnittliche Auslastung des eingesetzten Transportmittels
- Bestandsdaten der betrachteten Materialien
- Anzahl an nötigen Umplanningvorgängen (mengenmäßige oder frequenzmäßige Anpassungen des Milkruns)

Durch die Kenntnis über die Höhe dieser Kostentreiber für ein bestimmtes Szenario, ist es dem Fachbereich Logistik möglich, die Gesamtbeschaffungskosten zu ermitteln und auf Basis der bekannten Daten des bestehenden Zuliefersystems, das Potential für das neue Zuliefersystem abzuschätzen. Wenn anhand dieser Daten für den Fachbereich eine Einführung sinnvoll erscheint, soll eine Simulationsstudie auch für die Umsetzungsphase eingesetzt werden.

Ausplanung / Umsetzung

Für die Umsetzung eines Milkruns müssen, wie in Kapitel drei dargelegt, sowohl die Route festgelegt, als auch mengen- und zeitbezogene Regeln definiert werden. Auch dahingehend erwartet sich der Fachbereich Unterstützung durch eine Simulationsstudie. Ziel dabei ist es, die stabilste Rundtour zwischen den Milkrun-Lieferanten zu bestimmen, sowie eine Aufstellung des genauen Fahrplans mit zu erwartenden Ankunftszeiten des LKWs bei den Lieferanten zu ermitteln.

Projektumfang

Das Simulationsmodell soll es ermöglichen, unterschiedliche Milkrun-Szenarien zu simulieren und dem Fachbereich benötigte Daten für die Potentialabschätzung und Umsetzung zur Verfügung zu stellen. Die Bedienung des Simulationsmodells und somit die Durchführung der Simulationsstudien soll dabei immer von der IT-Abteilung übernommen werden, nötige Daten werden vom Fachbereich Logistik geliefert. Zusätzlich zu der Erarbeitung dieses Simulationsmodells soll ein konkretes Szenario eines potentiellen Milkruns mit Realdaten simuliert werden. Bieten die Aussagen daraus die gewünschten Vorteile bei der Einführung des Milkruns, soll dieses Simulationsmodell zukünftig zur Unterstützung weiterer Milkrun-Einführungen verwendet werden.

4.1.2 Aufgabenspezifikation

Die Aufgabenspezifikation ist die Grundlage der folgenden Modellbildung und schließt direkt an die Zieldefinition an. Erklärtes Ziel in diesem Punkt ist es, das zu untersuchende System und seine Eigenschaften zu beschreiben, sowie die für die Simulationsstudie nötigen Daten zu benennen. Ebenfalls sollte bereits in diesem Schritt die nötige Granularität und der Detaillierungsgrad des Systems festgelegt werden.⁹⁰

4.1.2.1 Beschreibung des zu untersuchenden Systems

Bei dem zu untersuchenden System handelt es sich um ein Beschaffungssystem mit Zuliefersystematik nach dem Mikrun-Prinzip. Um dieses System besser abgrenzen und näher beschreiben zu können, folgt nun zuerst die Darstellung eines stark vereinfachten Beschaffungsprozesses.

⁹⁰ Vgl.: Rabe et al. (2008), S. 62f.

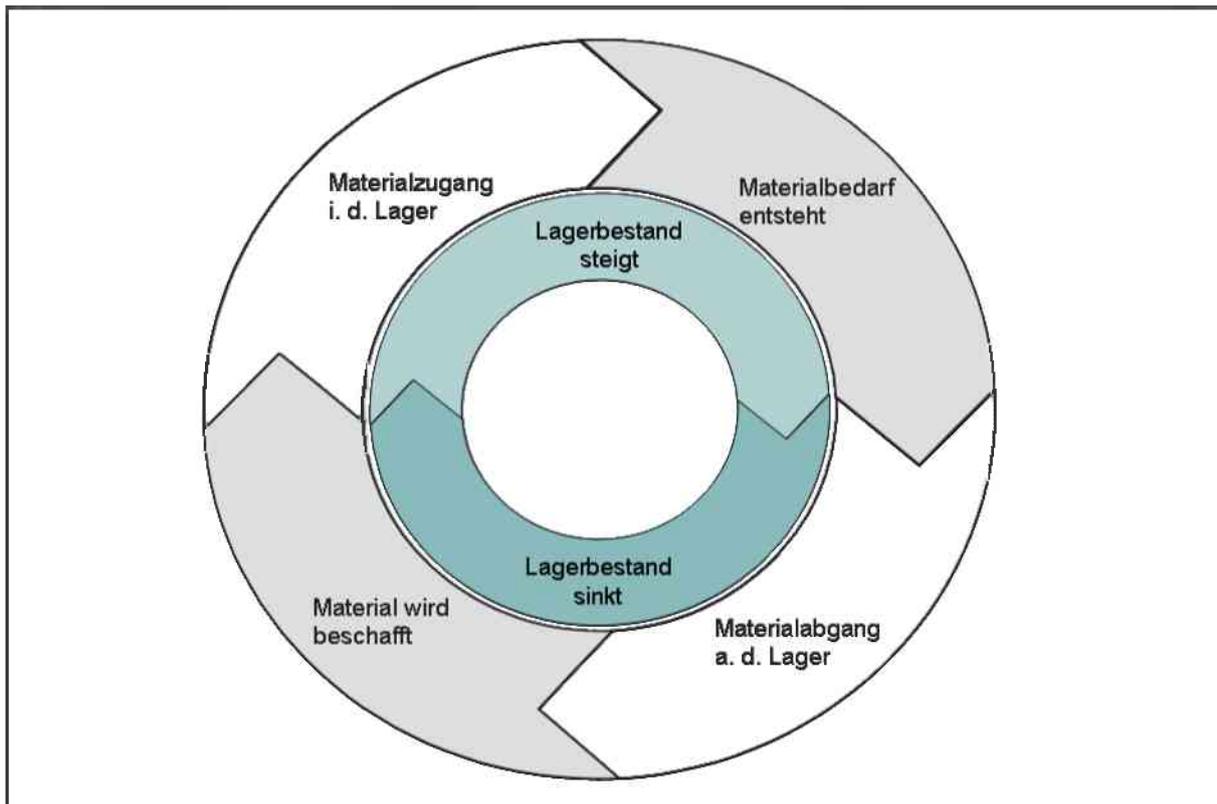


Abbildung 9: Vereinfachter Beschaffungsprozess in der Vorratsbeschaffung⁹¹

Entsteht ein Bedarf an einem bestimmten Material, so wird dieses, sofern Bestand vorhanden ist, aus einem Lager entnommen. Dieser Lagerabgang führt dazu, dass sich der Bestand im Lager verringert. Da im Idealfall immer mindestens soviel Material vorhanden sein soll, wie Bedarf an diesem Material entsteht, muss immer wieder neues Material beschafft werden. Wenn neues Material eintrifft, wird dies in ein Lager gebucht und der Lagerbestand steigt wieder.

Dieser vereinfachte Beschaffungszyklus für die Vorratsbeschaffung, wie er auch bei einem System mit Milkrun als Zuliefersystematik auftritt, ist zwar in der Praxis um einiges komplexer; zudem laufen, verglichen mit der Visualisierung in Abbildung 9, Prozesse nicht nur sequenziell, sondern auch parallel ab. Für die grundlegende Beschreibung eines Beschaffungssystems ist diese Vorstellung jedoch ausreichend und wird daher als Grundlage für das Simulationsmodell dienen.

Als nächstes werden aus den einzelnen Prozessschritten des Beschaffungsprozesses nötige Systemkomponenten abgeleitet. Aus dem ersten Schritt des Zykluses, der Materialbedarfsentstehung, lässt sich ableiten, dass es eine Systemkomponente geben muss, die Materialbedarfe erzeugt. In der Praxis übernimmt dies die Fertigung eines

⁹¹ Quelle: Eigene Darstellung

Unternehmens. Der Lagerabgang und der Lagerzugang als weitere Schritte in diesem Prozess erfordern die Existenz eines Materialpuffers, in dem Material aufbewahrt werden kann. Für den Schritt der Materialbeschaffung ist es nötig, Lieferanten zu haben, die diese Materialien herstellen, sowie ein Transportmittel, das es ermöglicht, diese Materialien von den Lieferanten zum Abnehmer zu transportieren. Damit dieses System überhaupt funktionieren kann, bedarf es zudem einer Steuerung, die alle Abläufe koordiniert. Dazu gehören vor allem die Materialbedarfsplanung und die zugehörige Koordination der Materialbeschaffung. In der Praxis wird dies zumeist von eigens dafür abgestellten Personen mit zusätzlicher Softwareunterstützung durchgeführt. Folgende Abbildung zeigt nun komprimiert die identifizierten Systemkomponenten eines Beschaffungssystems.

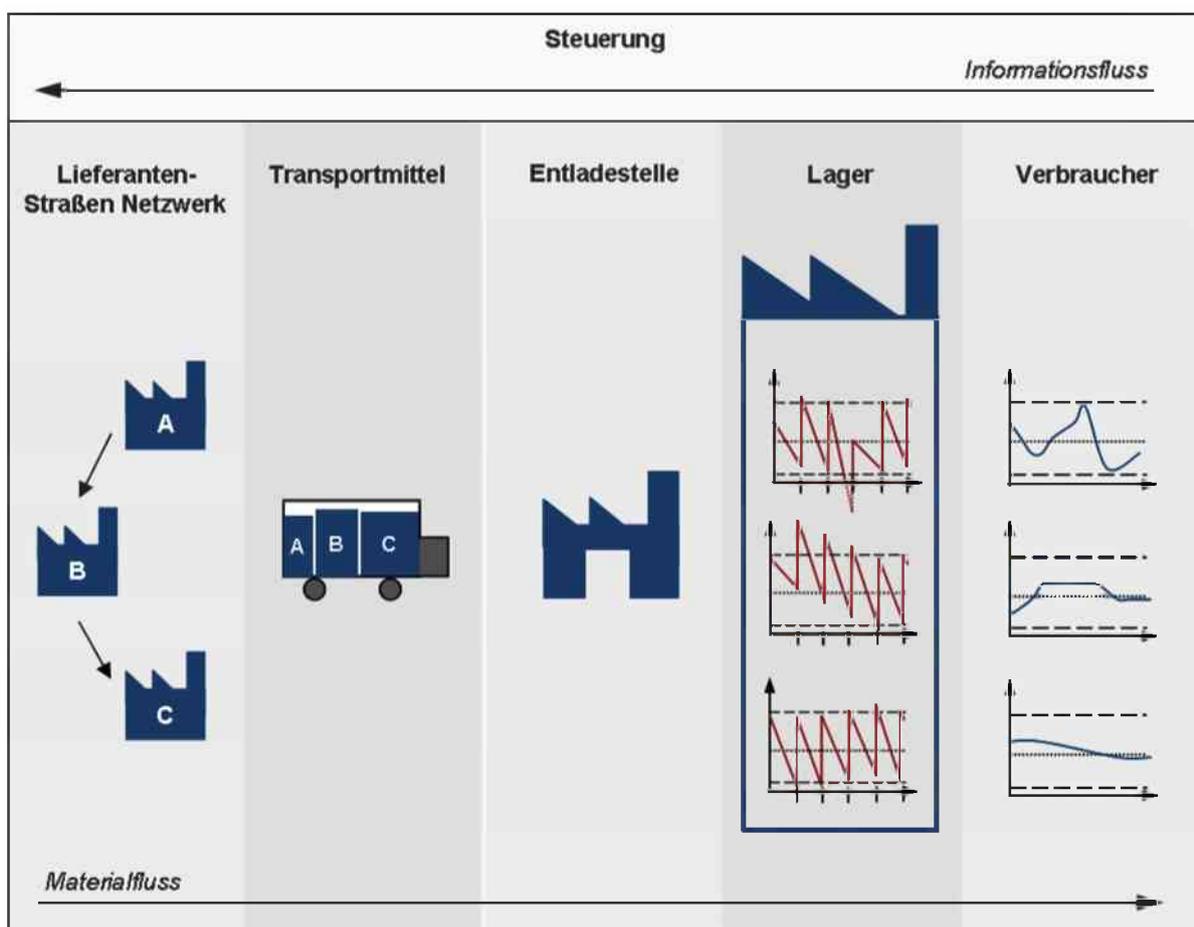


Abbildung 10: Systemkomponenten eines Beschaffungssystems⁹²

Anhand dieser identifizierten Systemkomponenten wird gemeinsam mit dem Fachbereich Logistik erarbeitet, wie detailliert das System aus der Realität in das Modell umgesetzt werden soll und welche notwendigen Prozesse und Einflussfaktoren abgebildet werden müssen, um die gewünschten Informationen aus der Simulationsstudie in einer akzeptablen Qualität zu erhalten.

⁹² Quelle: Eigene Darstellung

Verbraucher

Im Real-System entspricht der Verbraucher meist einer Produktions- oder Fertigungslinie. Diese Fertigungsprozesse sollen im Simulationsmodell nicht abgebildet werden, da sie keinen ersichtlichen Mehrwert für die gewünschten Aussagen über das Beschaffungsmodell bieten. Was jedoch abgebildet werden muss, ist das Bedarfsverhalten der einzelnen betrachteten Materialien, das sie aufgrund ihres Einsatzes in der Fertigung aufweisen. Da die Simulationsstudien zu Vergleichszwecken des Milkrun-Systems mit bestehenden Systemen dienen sollen, werden reale Verbrauchsdaten als Datenbasis herangezogen.

Lager

Das Lager stellt sowohl in der Realität als auch im vereinfachten Modell eine passive Systemkomponente dar. An diese Systemkomponente werden keine besonderen Prozessanforderungen gestellt, so sollen etwa typische Lagerhaltungsprozesse wie Ein- oder Auslagerung nicht speziell modelliert werden. Die Funktion des Lagers beschränkt sich auf die Pufferung von Materialien zwischen ihrer Beschaffung und ihrem Verbrauch. Eine besondere Anforderung wird an das Lager seitens der Statistik gestellt. So muss es möglich sein, den Bestandsverlauf sowie den Durchschnittsbestand der gelagerten Materialien zu messen.

Entladestelle

Unter Entladestelle wird in diesem Fall jene Einrichtung verstanden, der beim Abnehmer die Aufgabe zukommt, ein Transportmittel zu entladen und die Materialien einzulagern. Wesentliche Einflussfaktoren auf das Beschaffungssystem werden dabei ausgehend von der Zeitdauer, die diese Tätigkeit in Anspruch nimmt, identifiziert. Zusätzlich zu dieser Zeitdauer des Entladevorgangs sollten im Simulationsmodell mögliche Warte- und Öffnungszeiten berücksichtigt werden können. Fehler beim Materialhandling, die zu einer eventuellen Beschädigung oder zum Verlust eines Materials führen könnten, werden nicht berücksichtigt.

Transportmittel

Ein Transportmittel ist nötig, um einen Materialfluss vom Lieferanten zum Abnehmer trotz geographischer Entfernung gewährleisten zu können. Diese Aufgabe muss einer Systemkomponente auch im Simulationsmodell zukommen. Dabei muss ein Transportmittel die Möglichkeit bieten, mit unterschiedlichen Materialien be- und entladen zu werden und eine Milkrun-Rundtour in einem Lieferanten-Abnehmer-Netzwerk durchzuführen. Das Transportmittel soll möglichst realitätsgetreu im Simulationsmodell abgebildet werden. Basierend auf der Zielsetzung lassen sich folgende Anforderungen für das Transportmittel

ableiten: Da die durchschnittliche Auslastung des Transportmittels eine Bewertungsgröße für das Milkrun-System ist, ist es nötig, dass das Transportmittel über eine definierte Kapazität verfügt. Da es nicht auszuschließen ist, dass verschiedene Transportmittel eingesetzt werden, muss es möglich sein, die Kapazität von Transportmitteln zu ändern. Da unterschiedliche Transportmittel auch unterschiedliche Höchstgeschwindigkeiten aufweisen, was wiederum auf den Zeitverbrauch bei einer Milkrun-Rundtour Einfluss hat, muss auch diese berücksichtigt werden können. Eine weiterer Faktor, der in Betracht gezogen werden muss, ist die von Gesetz definierte Maximalfahrzeit eines Transportmittellenkers. Wird diese aus etwaigen Gründen überschritten, muss dies messbar sein und in der Statistik aufscheinen. Weitere Merkmale wie die Wahrscheinlichkeit von technischen Gebrechen müssen nicht berücksichtigt werden.

Lieferanten

Lieferanten sind jene Systemkomponenten, die die nötigen Materialien produzieren und auf Transportmittel verladen können. Wesentliche Faktoren, die dabei relevanten Einfluss auf das Beschaffungssystem haben, sind Material-Mengen und zeitbezogene Aspekte. Als zeitbezogene Aspekte werden dabei vor allem die Beladezeit der Transportmittel und die Wartezeit vor Beginn der Verladung identifiziert. Bezogen auf die Material-Mengen wurde weiters vom Fachbereich die Möglichkeit von Fehlmengen identifiziert, die, falls erhebbar, auch in das Simulationsmodell einfließen sollten. Des Weiteren sollen die Öffnungszeiten von Lieferanten berücksichtigt werden.

Straßen

Straßen stellen sowohl in der Realität, wie auch im Simulationsmodell, die Verbindungsstrecken zwischen den einzelnen Lieferanten und dem Abnehmer her. Auf diesen Straßen ist es den Transportmitteln möglich, sich fortzubewegen. Der Fokus bei den Straßen soll im Simulationsmodell vor allem auf dem Zeitbedarf liegen, der für die Überwindung von Wegstrecken benötigt wird. Da aufgrund von Verkehrsaufkommen und Staus zu verschiedenen Uhrzeiten unterschiedliche Fahrzeiten zu erwarten sind, müssen diese im Simulationsmodell unbedingt berücksichtigt werden. Hierzu wird der Fachbereich Logistik eine adäquate Datenbasis zur Verfügung stellen, um ein solches Verhalten möglichst wahrheitsgetreu nachbilden zu können.

Steuerung

Die Steuerung des Beschaffungsmodells stellt bezüglich des nötigen Detaillierungsgrades für die Umsetzung in das Simulationsmodell besondere Anforderungen. Zum einen gibt es

derzeit bei Volkswagen keine erprobte Steuerung für Milkruns, da diese kaum im Einsatz sind. Zum anderen werden für die Vorratsbeschaffung je nach Materialtyp unterschiedliche, mehr oder weniger komplexe, Steuerungen verwendet. Die Aufgabe der Steuerung soll es sein, zu entscheiden, wann wie viel Material von den Lieferanten beschafft werden muss, um den Bedarf des Abnehmers zu decken und einen möglichst konstanten Materialfluss aufrecht zu erhalten. Damit ein realistischer Vergleich zu den bestehenden Zuliefersystemen möglich wird, wurde folgende Übereinkunft mit dem Fachbereich getroffen: Es wird wie bei den im Einsatz befindlichen Zuliefersystemen mit Bedarfsprognosen gearbeitet, die auf wöchentlicher Basis für jeweils drei Wochen in die Zukunft durchgeführt werden. Da es jedoch nicht möglich ist, für jeden Materialtyp das adäquate Prognoseverfahren zu implementieren, wird nicht das reale Bedarfsprognoseverfahren in das Simulationsmodell übernommen, sondern nur die Prognoseungenauigkeit, die durch die Prognoseverfahren verursacht wird. Diese Vereinfachung wird nur dadurch möglich, da auf Basis von Vergangenheitsdaten simuliert werden soll, und daher auch die Prognoseungenauigkeiten der Prognoseverfahren bekannt sind, sowie die zukünftigen Bedarfe. Die detaillierte Funktionsweise der Steuerung wird mit dem Fachbereich noch abgestimmt und wird im Zuge der Modellbildung näher erläutert.

Material

Eine weitere wesentliche Komponente im Beschaffungssystem ist das Material selbst. Ein Material weist in der Realität sowohl Gewicht als auch Volumen auf. Zudem besitzt nicht jedes Material dieselbe Transportfähigkeit, was dazu führen kann, dass Transportmittel nicht voll ausgelastet werden können, oder unter Umständen Materialien in der Laderaumnutzung zueinander nicht kompatibel sind. Für die Simulation soll Folgendes gelten: Da meist eine der beiden Größen, Volumen oder Gewicht, den restriktiven Faktor in der Transportmittelauslastung darstellt, wird versucht, nur eine dieser beiden Größen zu verwenden. Sollte dennoch die Berücksichtigung beider Größen nötig werden, soll dies in das Modell implementiert werden können. Bezüglich der Transportfähigkeit von Materialien wird die Vereinfachung zugelassen, dass alle Materialien dieselben Transporteigenschaften haben, somit zueinander kompatibel sind und das Transportmittel nahezu vollständig auslasten können. Diese Vereinfachung kann getroffen werden, da ohnehin nur solche Materialien mittels Milkrun beschafft werden können, für die diese Einschränkung gilt. Weiters soll für das Modell gelten, dass Materialien nicht in Stück, sondern in Gewichtseinheiten zu jeweils 100 Kilogramm Blöcken geführt werden. Eine detailliertere Betrachtung wird seitens des Fachbereichs als wenig sinnvoll erachtet, da dies auch die Frage nach Bündelungen von

Transporteinheiten und Mindestmengen aufwerfen würde, was die Komplexität des Systems unnötig erhöhen würde, jedoch keinen ersichtlichen Mehrwert bieten würde.

4.1.2.2 Systemverhalten, Systemkonfiguration und mögliche Ausprägungen

Da nun die Funktionsweisen der einzelnen Systemkomponenten geklärt wurden, stellt sich noch die Frage, wie das Beschaffungssystem in seiner Gesamtkonfiguration aussehen kann und welche Ausprägungsformen es annehmen kann.

In der definierten Modellabbildung muss das Beschaffungssystem immer aus einer Steuerung, mindestens einem Lieferant und einer Straße, einer Entladestelle, einem Lager und einem Verbraucher sowie einem Materialtyp bestehen. In diesem Fall entspräche das System zwar keinem Milkrun, da nur ein Lieferant im System wäre, es würde dennoch ein ganzheitliches Beschaffungssystem abbilden. Im Falle eines Milkruns bestünde das Beschaffungssystem ebenfalls aus einer Steuerung, einem Netzwerk aus Lieferanten und Straßen, einer Entladestelle und einem Lager sowie aus Verbraucher und zugehörigen Materialien. Dabei kann sich die Anzahl an Lieferanten und damit auch die Anzahl an Straßen und Materialien ändern.

Diese Erkenntnis wird auch für den weiteren Verlauf der Modellierung wesentlich sein, da die Anforderung an das System lautet, dass verschiedene Milkruns simuliert werden sollen. Das bedeutet, dass zwar die Steuerung für alle Milkruns gleich bleiben wird, dass Lieferanten, Straßen, Entladestelle, Verbraucher sowie Materialien jedoch so modelliert werden müssen, dass sie leicht adaptierbar sind.

Systemverhalten

Um einen besseren Überblick über das Gesamtsystem zu ermöglichen, wird an dieser Stelle versucht, nochmals exemplarisch das Systemverhalten darzustellen: Der Steuerung kommt die Aufgabe zu, das Beschaffungssystem zu überwachen und bei Bedarf steuernd einzugreifen. In jedem Fall prognostiziert die Steuerung in bestimmten Abständen zukünftige Bedarfe, vergleicht sie mit aktuellen Beständen und generiert auf dieser Basis die Milkrun-Lieferliste. Das Transportmittel fährt nach dieser definierten Lieferliste die Milkrun-Rundtour und sammelt die Materialien bei den Lieferanten ein und bringt sie zur Entladestelle des Abnehmers. Der Verbraucher generiert Bedarfe auf Basis von realen Verbrauchsdaten und bucht diese Mengen an Materialien aus dem Lager ab. Die Steuerung versucht sich an das Bedarfsverhalten der Materialien anzupassen, um somit die Anzahl an nötigen Systemeingriffen zu minimieren und zudem eine möglichst hohe Transportmittelauslastung

sowie geringe Lagerbestände zu erzeugen. Das Beschaffungssystem kann sich somit selbst regulieren und es wird möglich, das Verhalten über eine definierte Periode zu beobachten und zu analysieren.

4.1.2.3 Informationen, Daten und Messgrößen

Auf Basis der Beschreibung der verschiedenen Systemkomponenten können nun nötige Informationen und Daten abgeleitet werden, die für die Durchführung einer Simulationsstudie benötigt werden. Zusätzlich ist es möglich, die geforderten Messgrößen aus der Zielbeschreibung den einzelnen Systemkomponenten zuzuordnen. Folgende Tabelle fasst diese Daten, Informationen und Messgrößen, gegliedert nach den Systemkomponenten, zusammen.

Systemkomponenten	Input-Daten & Informationen	Messgrößen
Verbraucher	Materialverbrauchsdaten	-
Lager	Anfangsbestand	Bestände d. Materialien Stockouts
Entladestelle	Wartezeiten Entladezeiten Öffnungszeiten	Ankunftszeit
Transportmittel	Kapazität Max. erlaubte Fahrzeit	Auslastung Fahrzeit einer Rundtour
Lieferant	Wartezeiten Beladezeiten Öffnungszeiten Fehlmengen	Ankunftszeiten
Straße	Fahrzeit Stau/Verkehrsaufkommen	
Steuerung	Prognoseungenauigkeit weitere Steuerungslogik	Anzahl an Fahrten Anzahl an Milkrun-Anpassungen

Tabelle 5: Daten, Informationen und Messgrößen des Simulationsmodells⁹³

⁹³ Quelle: Eigene Darstellung

Diese Daten der einzelnen Systemkomponenten gilt es seitens des Fachbereichs Logistik für die Durchführung der Simulationsstudie zur Verfügung zu stellen. In welcher Form diese Daten zur Verfügung gestellt werden und ob sie für die Verwendung im Simulationsmodell aufbereitet werden müssen, wird sich im weiteren Verlauf der Modellbildung zeigen.

4.1.3 Konzeptmodell

Als nächster Punkt im Vorgehensmodell nach ASIM folgt nun die Erstellung eines Konzeptmodells. Diese Phase beinhaltet als wesentlichsten Aspekt die Modellierung der Systemstruktur und die der zugehörigen Teilkomponenten. Dazu zählt auch die Beschreibung der Schnittstellen zwischen den einzelnen Teilmodellen, sowie die Formulierung der Systemgrenze und die Beschreibung von übergeordneten Prozessen des betrachteten Modells.⁹⁴ Praktisch bedeutet dies, dass das bereits formulierte vereinfachte Realsystem aus der Aufgabenspezifikation nun unter Berücksichtigung von simulationsrelevanten Aspekten in ein abstrahiertes Modell übergeführt wird. Ziel dabei ist es, die Grundlage für ein einheitliches Modellverständnis aller Beteiligten zu schaffen, um so ein möglichst anforderungsgerechtes und fehlerfreies Simulationsmodell erstellen zu können. Als erster Schritt in der Erstellung des Konzeptmodells wird nun das Gesamtmodell mit seinen Teilkomponenten grafisch dargestellt und anhand dieser Darstellung näher erläutert.

⁹⁴ Vgl.: Rabe et al. (2008), S. 69f.

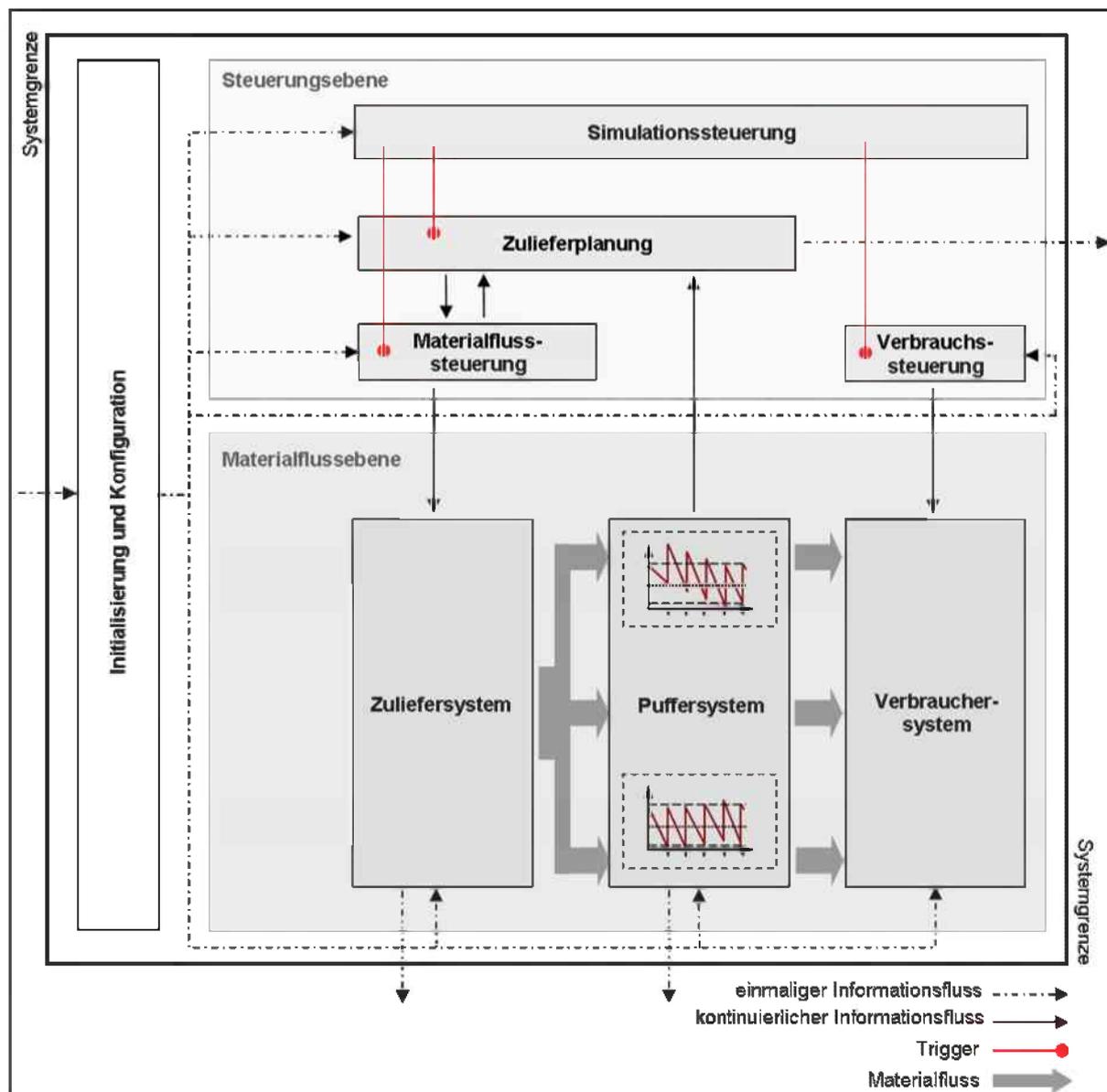


Abbildung 11: Gesamtmodellstruktur⁹⁵

Abgeleitet aus den identifizierten Systemkomponenten des Realsystems aus 4.2.2.1 wurde ein Modell erarbeitet, das das betrachtete Beschaffungssystem ganzheitlich abbildet und die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Teilkomponenten differenziert als Informationsflüsse, Materialflüsse und Steuerungseingriffe darstellt. Das Modell lässt sich grundlegend in die beiden Ebenen *Materialflussebene* und *Steuerungsebene* unterteilen. Diese beiden Ebenen trennt neben ihrer Funktion ein zusätzlicher Aspekt, der für die weitere Modellbildung wesentlich ist. Aufgrund der Anforderung, dass das Simulationsmodell die Flexibilität bieten muss, unterschiedliche Milkrun-Modelle (Systemkonfigurationen) simulieren zu können (Näheres dazu unter Punkt Zielbeschreibung), müssen die Modellkomponenten der Materialflussebene so gestaltet werden, dass sie eine einfache Adaption an

⁹⁵ Quelle: Eigene Darstellung

unterschiedliche Systemkonfigurationen ermöglichen. Da unterschiedliche Milkrun-Modelle auch eine unterschiedliche Anzahl an Lieferanten aufweisen können, was wiederum zu einer unterschiedlichen Anzahl an Straßen sowie Materialien, Puffer und Verbrauchern führen kann, müssen alle Modellkomponenten der Materialflussebene neutral und reproduzierbar modelliert werden, sodass es möglich wird, das gesamte Materialflusssystem erst während der Simulationslaufzeit zu konfigurieren und so das jeweils gewünschte Realsystem nachzubilden. Wäre dies nicht möglich, müsste für jedes Milkrun-System ein eigenes Modell gebaut werden, was den Einsatz des Simulationsmodells erheblich erschweren würde und den Vorgaben aus der Zieldefinition nicht entspräche.

Anders als die Komponenten der Materialflussebene, müssen die Komponenten der Steuerungsebene bei Simulationen unterschiedlicher Milkrun-Systeme ihre Konfiguration nicht verändern. Die Steuerungsebene muss nur die Möglichkeit bieten, mit unterschiedlichen Systemkonfigurationen der Materialflussebene umgehen zu können, und muss daher so gestaltet werden, dass sie von der Anzahl und Konfiguration der Materialflusskomponenten unabhängig ist.

Initialisierung und Konfiguration

Die Systemkomponente *Initialisierung und Konfiguration* ist eine simulationsrelevante Komponente, die keinen Teil des Realsystems repräsentiert, sondern die Initialisierung und Konfiguration des eigentlichen Simulationsmodells zur Aufgabe hat. Diese Aufgabe kann in zwei wesentliche Schritte unterteilt werden. Zum einen konfiguriert diese Komponente die Materialflussebene, wodurch die nötige Anzahl an Materialflusskomponenten erzeugt und so verknüpft werden, dass sie je nach Benutzerwunsch ein gesamtes Beschaffungssystem nachbilden. Die zweite Teilaufgabe ist zum anderen die Befüllung und Initialisierung aller Modellkomponenten mit simulationsrelevanten Daten. Die *Initialisierung und Konfiguration* steuert damit den gesamten Daten- und Informationsfluss von außen in das System und stellt dem Benutzer somit eine einheitliche Schnittstelle zum Modell dar. Das bietet den Vorteil, dass unterschiedliche Systemkonfigurationen ohne einen manuellen Eingriff in das Simulationsmodell generiert werden können und dadurch für die Benutzung des Modells keine speziellen Modellierungs- und/oder softwarespezifischen Kenntnisse erforderlich sind. Wenn die Tätigkeit der *Initialisierung und Konfiguration* abgeschlossen ist, ist das Simulationsmodell nach den Eingabedaten des Benutzers konfiguriert und die Simulation kann gestartet werden.

Steuerungsebene

Die Steuerungsebene umfasst alle Systemkomponenten, welche Abläufe und Prozesse des Modells kontrollieren und steuern, sodass die modellhafte Nachbildung des Realsystemverhaltens möglich wird.

Der Teilkomponente *Materialflusststeuerung* kommt dabei die Aufgabe der Steuerung des operativen Materialflusses innerhalb des Zuliefersystems hin zum Puffersystem zu. Dazu zählt vor allem das Steuern des Transportmittels im Straßen-Lieferanten-Netzwerk sowie das Be- und Entladen desselbigen mit Material und das Einlagern von Materialien in das Puffersystem. Diese Vorgänge, die im Realsystem dezentral von unterschiedlichen Personen oder Systemen gesteuert werden, werden im Modell zentral von einer Komponente überwacht und gesteuert. Dies erklärt auch den nötigen Informationsaustausch mit anderen Teilkomponenten des Systems. Der hauptsächliche Informationsaustausch findet mit der *Zulieferplanung* und dem *Zuliefersystem* statt. Die *Zuliefersteuerung* bildet eine Art logikfreie operative Steuerung des Zuliefersystems, die von der Zulieferplanung Informationen, wie beispielsweise Liefermengen oder Transportrouten, erhält, und diese in einen tatsächlichen Materialfluss umsetzt.

Die *Zulieferplanung*, wie eben kurz dargestellt, ist die Logik der *Zuliefersteuerung*. Diese Teilkomponente soll die planerischen Tätigkeiten der Beschaffung, die im Realsystem durch eine Person oder ein Computerprogramm durchgeführt werden, abbilden. Auf Basis von Informationen aus dem *Puffersystem* und dem *Zuliefersystem* werden Entscheidungen über Liefermengen, Lieferzyklen etc. getroffen. Diese Parameter werden dann an die *Zuliefersteuerung* weitergegeben und dort umgesetzt. Zudem muss die *Zulieferplanung* die Möglichkeit bieten, gewünschte Messgrößen zu dokumentieren. Diese Messgrößen müssen am Ende einer Simulationsstudie als Statistik ausgelesen werden können. Dies ist in Abbildung 11 als Informationsfluss ausgehend von der Zulieferplanung über die Systemgrenze hinaus bildhaft dargestellt.

Unabhängig von *Zulieferplanung* und *Zuliefersteuerung* arbeitet die *Verbrauchssteuerung*. Diese Steuerungseinheit dient dazu, den Verbrauch von Materialien in einem Beschaffungssystem zu simulieren. Basierend auf bestimmten Eingabedaten berechnet die Verbrauchssteuerung Verbrauchsdaten der betrachteten Materialien und generiert über das *Verbrauchersystem* die zugehörigen Materialabgänge aus dem *Puffersystem*.

Die *Simulationssteuerung* ist eine Steuerungskomponente, die wie die *Initialisierung und Konfiguration* ebenfalls keine Komponente des Realsystems repräsentiert, sondern die

Koordination zwischen den einzelnen Steuerungen durchführt. Die *Simulationssteuerung* muss die anderen Steuerungskomponenten triggern. Das bedeutet, dass die *Simulationssteuerung* alle anderen Steuerungskomponenten zu bestimmten Zeitpunkten auslöst. Der Grund, warum diese Steuerung benötigt wird, kann an folgendem Beispiel veranschaulicht werden: Im Realsystem wird ein Lagerabgang meist durch einen Produktionsauftrag erzeugt. Dieser kann wiederum durch einen Kundenauftrag entstehen, also durch ein Ereignis. Da diese Ereignisse jedoch im Modell nicht abgebildet werden, müssen diese Ereignisse aus dem Realsystem auf ihre Auswirkungen und Zeitpunkte, an denen sie eintreten, reduziert werden. Für die Steuerung dieser Zeitpunkte und den zeitgerechten Anstoß der einzelnen Prozesse, die wiederum die Auswirkung dieser Ereignisse simulieren, ist die *Simulationssteuerung* zuständig.

Materialflussebene

Auf der Materialflussebene wird der Fluss der Transportmittel und der Materialien nachgebildet. Auf dieser Ebene finden sich die drei Teilkomponenten *Zuliefersystem*, *Puffersystem* und *Verbrauchersystem*.

Dem *Zuliefersystem*, das nachstehend weiter in seine Teilkomponenten aufgeschlüsselt wird, kommt die Aufgabe zu, das reale Zuliefersystem nachzubilden und die Simulation des Materialflusses von den Lieferanten hin zum Abnehmer zu ermöglichen. Zudem werden wie in der *Zulieferplanung* Informationen gesammelt, die am Ende der Simulationsstudie als Statistik zur Verfügung stehen sollen.

Das *Puffersystem* trennt den eingangsseitigen Materialstrom aus dem *Zuliefersystem* vom ausgangsseitigen Materialstrom hin zum *Verbrauchersystem* und soll vereinfacht die Lagersituation des Beschaffungssystems darstellen. Das *Puffersystem* muss die Möglichkeit bieten, Material über einen unbestimmten Zeitraum zu lagern und der *Zulieferplanung* Daten über Bestände, Materialzugänge und/oder -abgänge bereitzustellen. Bezogen auf die Informationssammlung und Ausgabe gilt dasselbe wie für das Zuliefersystem.

Das *Verbrauchersystem* hat die Aufgabe, den Materialabgang aus dem *Puffersystem* darzustellen, um so die Simulation eines abgeschlossenen Beschaffungssystems zu ermöglichen. Das bedeutet, dass das *Verbrauchersystem* auf Basis der Informationen der *Verbrauchssteuerung*, das Material aus dem *Puffersystem* abbucht und vernichtet, um so einen realen Materialverbrauch nachzubilden.

Materialflussebene: Zuliefersystem

Die Aufgabe und Funktionen des *Zuliefersystems* als Systemkomponente wurden bereits dargelegt. Da es sich bei dem *Zuliefersystem* jedoch um eine abstrahierte Systemkomponente handelt, die selbst wieder aus Teilkomponenten besteht, die die Funktionalität des Modells beeinflussen, müssen auch diese näher beschrieben werden, um ein Grundverständnis für das Modell zu schaffen. Wie im Realsystem bilden die unter Punkt 4.2.2.1 identifizierten Komponenten Lieferanten, Straßen, Transportmittel und eine Entladestelle auch die Teilkomponenten des Modells. Folgende Abbildung stellt diese Komponenten in Beziehung und zeigt exemplarisch die mögliche modellhafte Konfiguration eines *Zuliefersystems*.

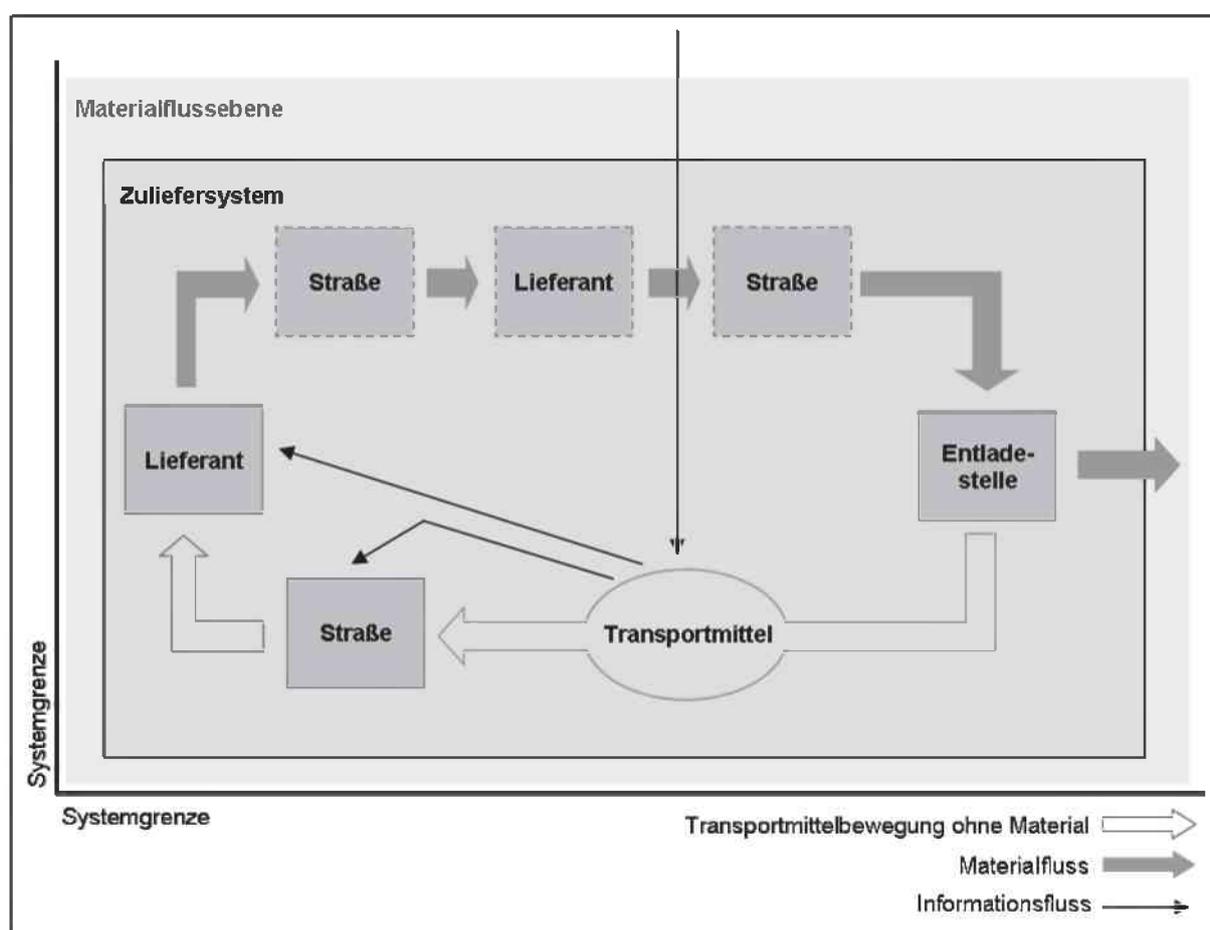


Abbildung 12: Modellkomponente: Zuliefersystem⁹⁶

Abbildung 12 stellt die Teilkomponenten des *Zuliefersystems* dar und zeigt, wie diese zueinander in Beziehung stehen und kommunizieren. Die Abbildung kann folgendermaßen erklärt werden: Das Modell eines Zuliefersystems besteht immer aus einer gewissen Anzahl an *Lieferanten*, die durch *Straßen* miteinander verbunden sind. Ausgehend von einer

⁹⁶ Quelle: Eigene Darstellung

Entladestelle, die den Abnehmer repräsentiert und die Schnittstelle zum *Puffersystem* darstellt, bewegt sich ein *Transportmittel* auf den *Straßen* von einem *Lieferanten* zum anderen, um dort mit Material beladen zu werden und dieses bei der Entladestelle wieder abzuladen. Dementsprechend ist in Abbildung 12 auch der Materialfluss eingezeichnet, wobei hier unterschieden wird zwischen dem „Fluss“ des *Transportmittels* ohne Material und mit Material. Wenn das Material an der *Entladestelle* aus dem *Transportmittel* entladen wird, verlässt es das *Zuliefersystem* und wird in das *Puffersystem* übergeben.

Wie im vorigen Punkt erwähnt, muss das Zuliefersystem eine möglichst hohe Flexibilität besitzen, um verschiedene Realsysteme ohne große Eingriffe in das Simulationsmodell abbilden zu können. Hauptanspruch dabei ist es, dass es möglich sein muss, die Anzahl an *Lieferanten* und damit auch die *Straßen* zwischen den *Lieferanten*, abzuändern. Um dies zu erreichen, werden *Lieferanten* und *Straßen* als „Dummy-Komponenten“ modelliert. „Dummy-Modellkomponente“ bedeutet, dass jede Komponente denselben Aufbau besitzt und erst in der Laufzeit der Simulation zum tatsächlichen Einsatzzeitpunkt mit den notwendigen Daten und Informationen versorgt wird. Das bedeutet, dass das *Zuliefersystem* bei der Konfiguration des Simulationsmodells durch die *Konfiguration und Initialisierung*, je nach Vorgaben des Benutzers, als ein quasi anonymes Netz aus einer bestimmten Anzahl an *Lieferanten* und *Strassen* erzeugt wird. Das *Transportmittel* ist jene Komponente, die während der Laufzeit von der *Materialflusssteuerung* mit Informationen versorgt wird und diese dann an die anderen Komponenten nach Bedarf weitergibt. Trifft nun das *Transportmittel* bei einer *Straße* oder einem *Lieferanten* ein, übermittelt das *Transportmittel* auf Basis von Routendaten der jeweiligen Modellkomponente ihre Identität. In diesem Moment verliert die Komponente ihren anonymen Status und wird mit den nötigen spezifischen Daten versorgt, sodass sie das Verhalten der entsprechenden Realkomponente nachbilden kann. Dies wurde auch in Abbildung 12 mit dem Informationsfluss vom *Transportmittel* hin zu *Lieferant* und *Straße* dargestellt. Die Komponenten mit der durchgängigen Umrandung sind dabei bereits spezifiziert, wohingegen die anderen Komponenten noch anonym sind.

Zuliefersystem: Lieferant, Straße und Entladestelle

Als letzter Schritt in der Erarbeitung des Konzeptmodells werden nun noch die Teilkomponenten *Lieferant*, *Straße* und *Entladestelle* modelliert. Folgende Grafik zeigt den Aufbau dieser drei Modellkomponenten. Alle drei Komponenten wurden wieder im Kontext des Materialflusses abgebildet.

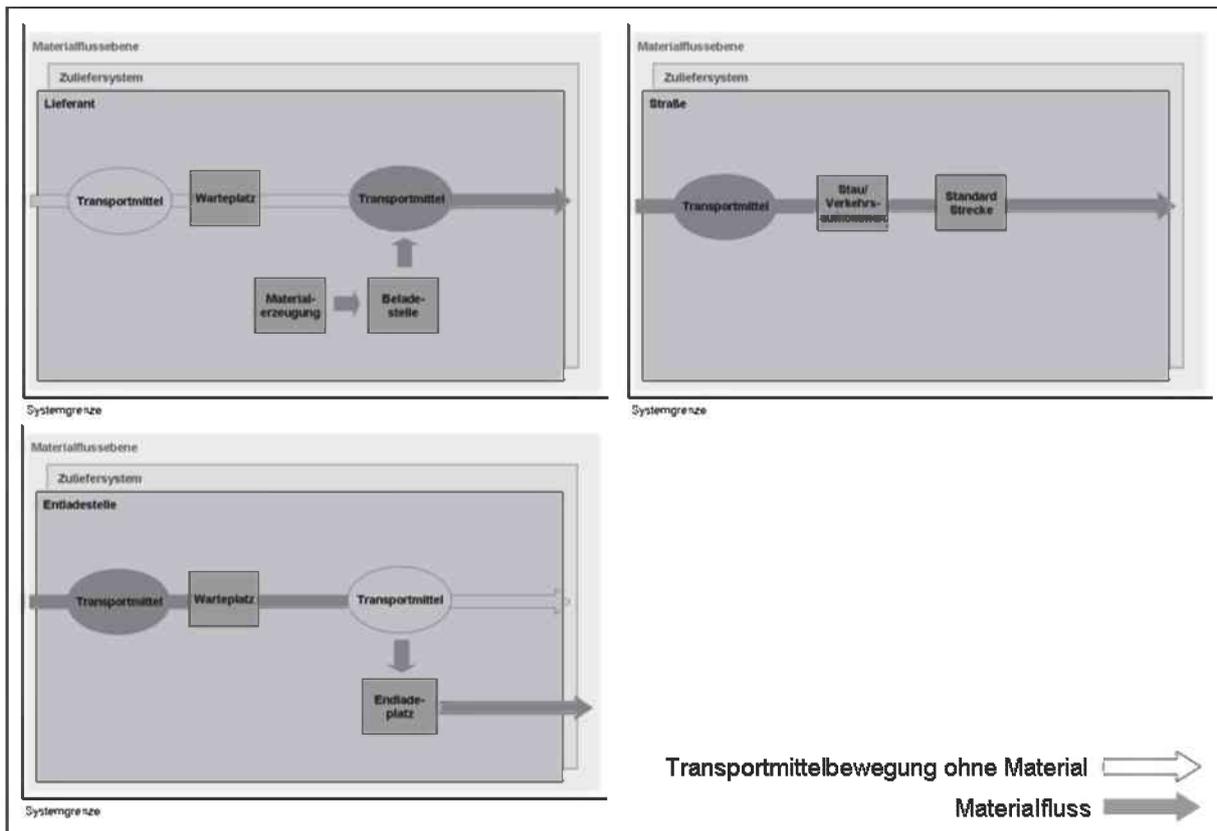


Abbildung 13: Modellkomponenten: Lieferant, Straße, Entladestelle⁹⁷

Zur modellhaften Nachbildung des Realsystemverhaltens wird der Lieferant in drei Unterkomponenten aufgeteilt. Dem *Warteplatz*, der *Beladestelle* und der *Materialerzeugung*. Die *Materialerzeugung* soll die Produktion des Lieferanten vereinfacht repräsentieren und dementsprechend das zur Verladung benötigte Material erzeugen. Dem *Warteplatz* kommt die Aufgabe zu, die oftmals nötige Wartezeit vor dem Beginn der Materialverladung nachzubilden. Die *Beladestelle* soll die Laderampe beim Lieferanten repräsentieren und die Aufgabe der Materialverladung auf das Transportmittel übernehmen.

Ähnliche Komponenten wie der Lieferant weist die *Entladestelle* auf. Sie besitzt dieselbe Komponente *Warteplatz*, welcher dieselbe Funktion wie beim Lieferanten zukommt. Der *Entladeplatz* funktioniert ähnlich der *Beladestelle* und repräsentiert die Laderampe beim Abnehmer. Ihre Aufgabe ist es, das *Transportmittel* zu entladen und das Material weiter in das *Puffersystem* zu leiten.

Die *Straße* ist die Verbindung zwischen den Lieferanten und der Entladestelle. Für die Nachbildung des Realsystemverhaltens der Straße werden die beiden Komponenten *Standard-Strecke* und *Stau/Verkehrsaufkommen* eingesetzt. Die Komponente *Standard-Strecke* soll die Mindestfahrdauer zwischen zwei Orten, auf Basis der geographischen

⁹⁷ Quelle: Eigene Darstellung

Entfernung und der Beschaffenheit des Transportmittels, repräsentieren. *Stau/Verkehrsaufkommen* hingegen soll modellhaft die Möglichkeit und Auswirkung von unterschiedlichem Verkehrsaufkommen oder Staus auf die Fahrzeit nachbilden können.

An dieser Stelle ist die Gestaltung des Konzeptmodells abgeschlossen. Die Vereinfachungen, die für die Abbildung des Realsystems in das Konzeptmodell durchgeführt werden mussten, wurden gemeinsam mit dem Auftraggeber Fachbereich Logistik, unter Berücksichtigung der gewünschten Ergebnisgenauigkeit, abgestimmt. Es folgt nun die Ausgestaltung des formalen Modells.

4.1.4 Formales Modell

Der nächste Schritt, der laut dem Vorgehensmodell nach ASIM bei der Durchführung von Simulationsstudien abgehandelt werden sollte, ist die Überführung des Konzeptmodells in das formale Modell. Unter dem formalen Modell wird dabei idealisiert eine Abbildung des Realsystems verstanden, die sich ohne weitere fachliche Klärung in eine Simulationssoftware implementieren lässt.⁹⁸ Das formale Modell soll dabei eine Weiterentwicklung und Konkretisierung des Konzeptmodells sein, das von der zu verwendenden Simulationssoftware möglichst unabhängig ist. Für die Abbildung des formalen Modells sollte nach Möglichkeit auf standardisierte Modellierungswerkzeuge zurückgegriffen werden, wie beispielsweise auf Diagramme nach dem Standard der Unified Modeling Language, um mögliche Verständnisschwierigkeiten zu verringern und eine gute technische Basis für die Implementierung des Modells in ein Simulationswerkzeug zu gewährleisten.⁹⁹ Des Weiteren müssen im Zuge des Formalmodells auch die für die Simulationsstudie relevanten Daten näher beschrieben und den einzelnen Modellkomponenten zugeordnet werden.

4.1.4.1 Formalisierung des Konzeptmodells

Für den vorliegenden Fall wurde mit dem Auftraggeber vereinbart, die Modellierung des formalen Modells mit dem Modellierungswerkzeug der ereignisgesteuerten Prozesskette, kurz EPK, durchzuführen. Ereignisgesteuerte Prozessketten bestehen vereinfacht dargestellt aus einer Sequenz aus abwechselnd Prozessen und Ereignissen. Diese Art der Darstellung wird zumeist dann für die Modellierung von Prozessabläufen verwendet, wenn nicht nur die Identifikation und Visualisierung der einzelnen Prozessschritte relevant ist, sondern auch die deren auslösenden Ereignisse. SAP verwendet beispielsweise diese Art der Modellierung für die Abbildung der Geschäftsprozesse in ihrer ERP-Software.¹⁰⁰ Mit dem Auftraggeber wurde

⁹⁸ Vgl.: Rabe et al. (2008), S. 48.

⁹⁹ Vgl.: Rabe et al. (2008), S. 49

¹⁰⁰ Vgl.: Scheer, Köppen (2001), S. 98.

diese Art der Modellierung vereinbart, da alle Projektbeteiligten, vor allem auch jene ohne spezielle IT-Kenntnisse, diese Darstellung als übersichtlich und leicht verständlich bezeichneten.

Es folgt nun die Modellierung des formalen Modells auf Basis der Struktur des Konzeptmodells. Als erstes wird die Modellkomponente *Konfiguration und Initialisierung* näher beschrieben, gefolgt von der Beschreibung der Teilkomponenten der Steuerungsebene und schließlich jener der Materialflussebene. Um das Verständnis der einzelnen Prozessabläufe zu vereinfachen und dem Leser einen besseren Überblick über das Gesamtsystem zu ermöglichen, wird bei jeder EPK-Abbildung nochmals das Konzeptmodell mit abgebildet und jener Bereich rot hervorgehoben, der durch die EPK-Darstellung näher beschrieben wird. Sollte eine der EPK-Darstellungen aus weiteren untergeordneten Prozessketten bestehen, werden diese hierarchisch top-down dargestellt. Das bedeutet, dass die übergeordnete EPK als Erstes dargestellt wird, gefolgt von den untergeordneten. Zum Zweck der Übersichtlichkeit werden in solchen Fällen zusätzlich zum Konzeptmodell auch die übergeordneten Prozessketten in den Abbildungen dargestellt. Folgende Objekte finden in EPK-Darstellungen Einsatz:

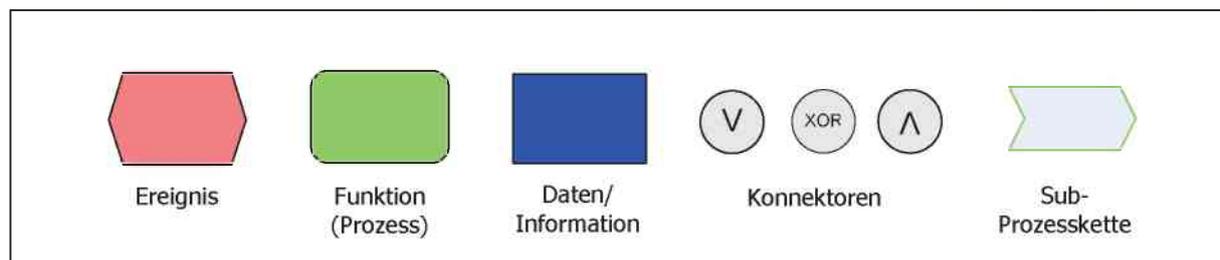


Abbildung 14: Elemente von EPK-Darstellungen¹⁰¹

Zusätzlich zu der Beschreibung der Prozessabläufe des Simulationsmodells folgt in diesem Abschnitt auch die detaillierte Beschreibung der benötigten Input- und Outputdaten der einzelnen Modellkomponenten. Dabei kommt es vor allem darauf an zu klären, in welcher Form die Daten vorliegen müssen, um die diesbezüglichen Voraussetzungen an die Simulationssoftware und das abgebildete Modell frühzeitig zu berücksichtigen.

4.1.4.2 Konfiguration und Initialisierung

Als erste Modellkomponente wird die *Konfiguration und Initialisierung* in das Formalmodell übergeführt. Da die Hauptaufgabe dieser Komponente darin besteht das Simulationsmodell zu konfigurieren und mit Daten zu versorgen, wird in diesem Schritt der Formalisierung der Fokus darauf gelegt, die notwendigen Daten zu identifizieren und diese den einzelnen

¹⁰¹ Quelle: Scheer, Köppen (2001), S. 99.

Modellkomponenten zuzuordnen. Folgende Abbildungen beschreiben die Prozessabläufe und zugehörigen Daten der *Konfiguration und Initialisierung*, wie sie in der Simulationssoftware schließlich implementiert werden müssen.

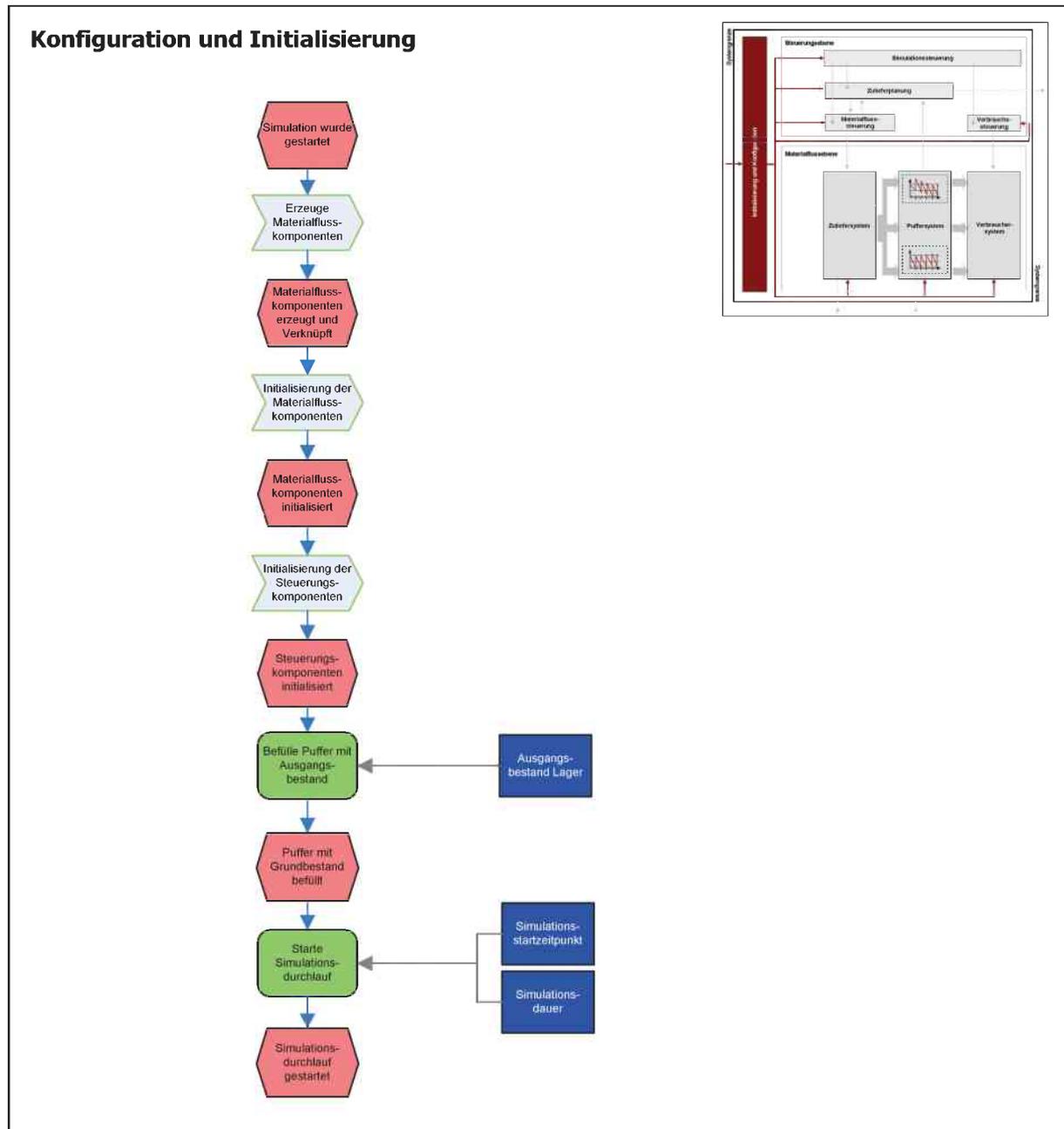


Abbildung 15: EPK - Konfiguration und Initialisierung¹⁰²

¹⁰² Quelle: Eigene Darstellung

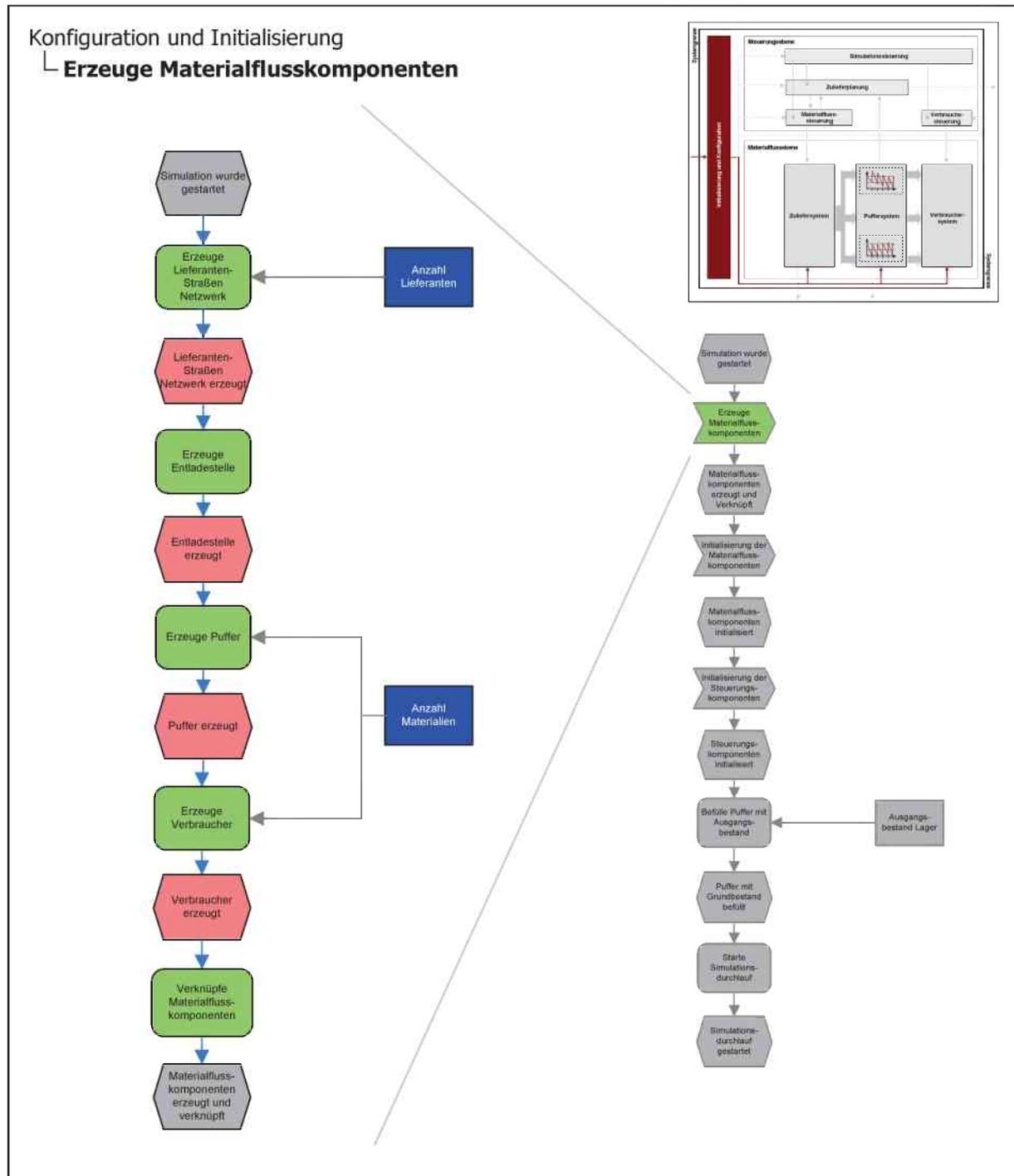


Abbildung 16: EPK - Erzeuge Materialflusskomponenten¹⁰³

¹⁰³ Quelle: Eigene Darstellung

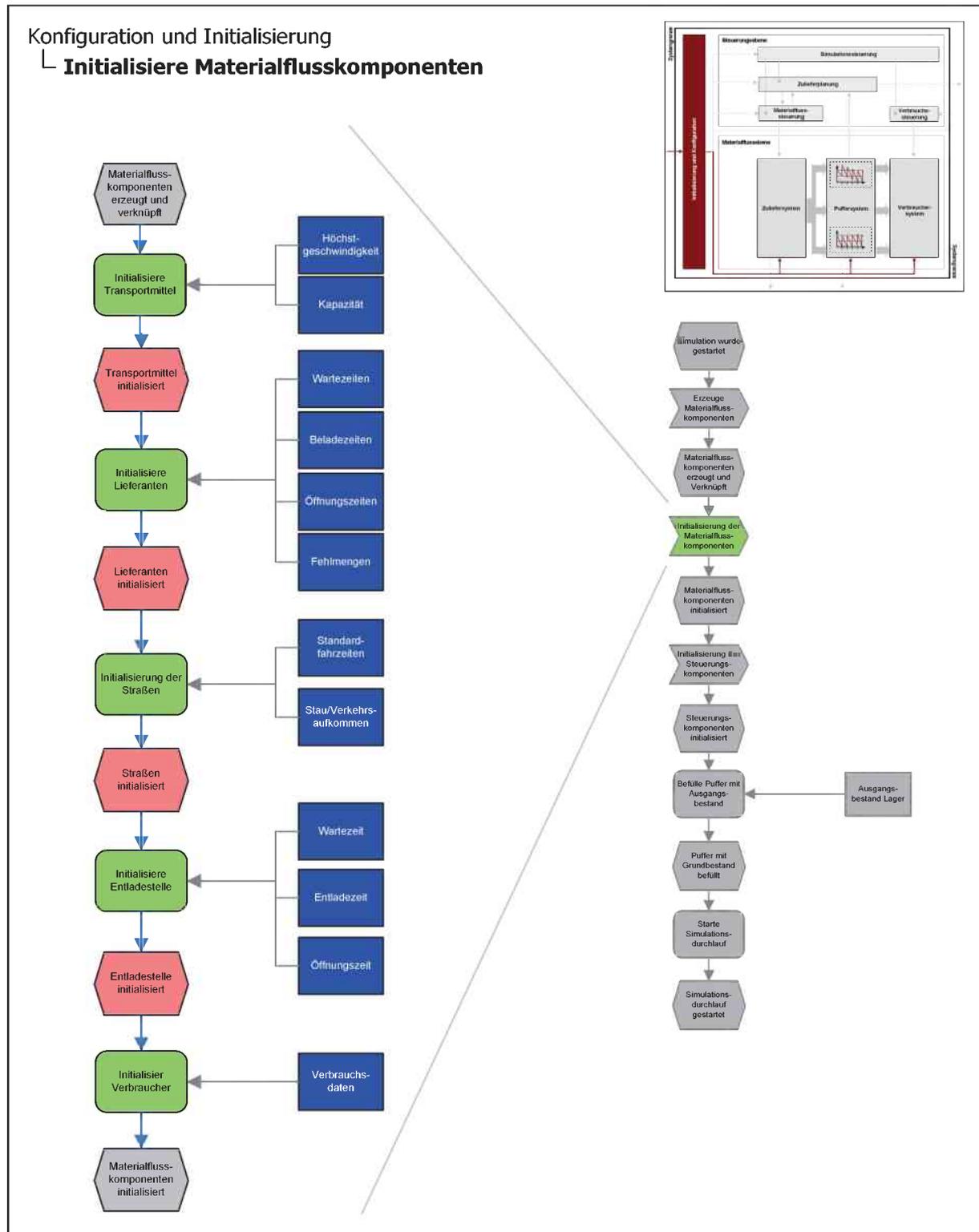


Abbildung 17: EPK - Initialisiere Materialflusskomponenten¹⁰⁴

¹⁰⁴ Quelle: Eigene Darstellung

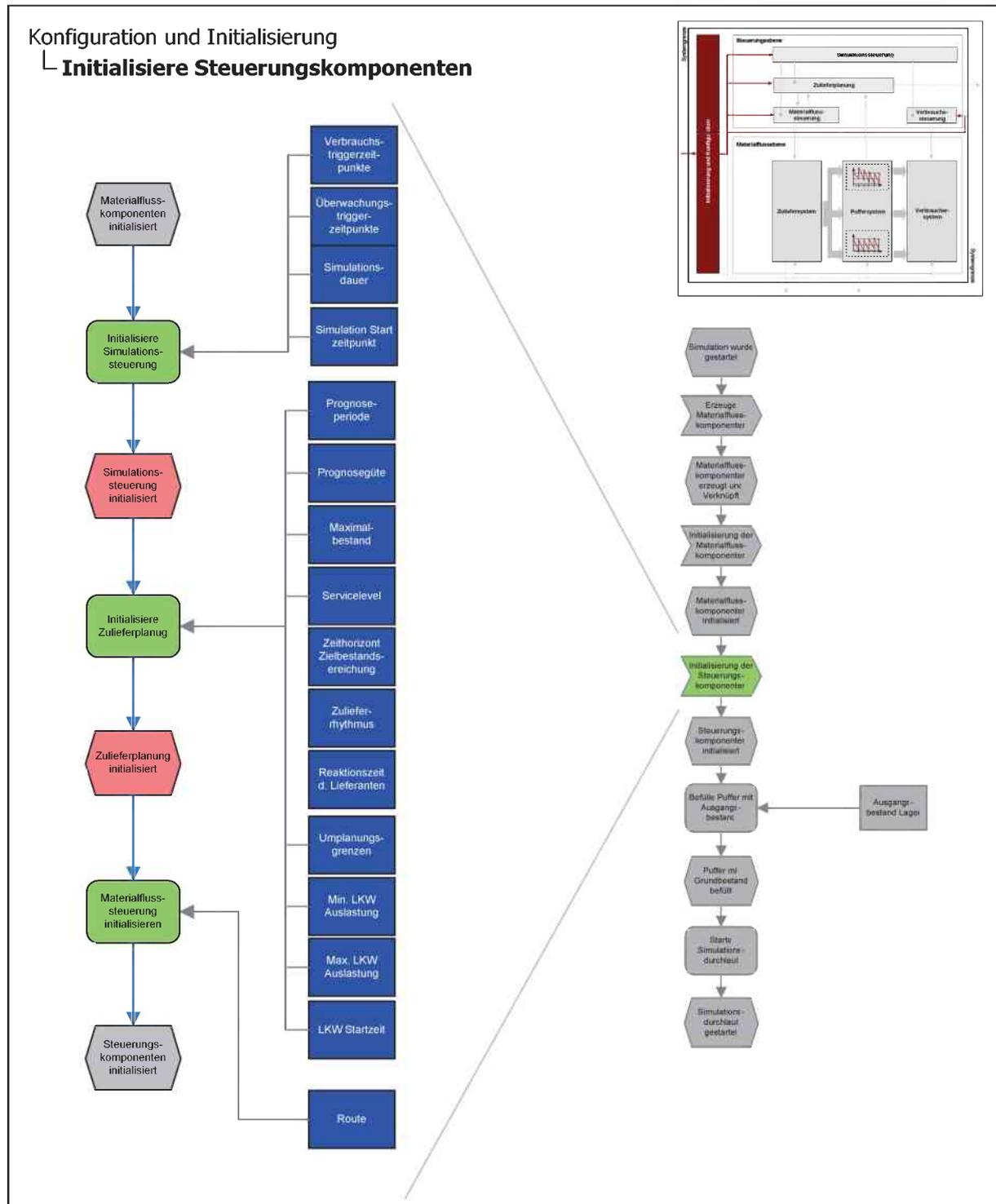


Abbildung 18: EPK - Initialisiere Steuerungskomponenten¹⁰⁵

4.1.4.3 Steuerungsebene

Die Steuerungsebene besteht aus den Komponenten *Simulationssteuerung*, *Zulieferplanung*, *Materialflusssteuerung* und *Verbrauchersteuerung*. Hierarchisch gesehen an oberster Stelle steht die *Simulationssteuerung*, sie steuert und kontrolliert alle weiteren

¹⁰⁵ Quelle: Eigene Darstellung

Steuerungskomponenten. Aus Verständnisgründen wird die *Verbrauchersteuerung* nicht im Zuge der Steuerungsebene weiter erläutert, sondern gemeinsam mit dem *Verbrauchersystem* im Abschnitt Materialflussebene.

Simulationssteuerung

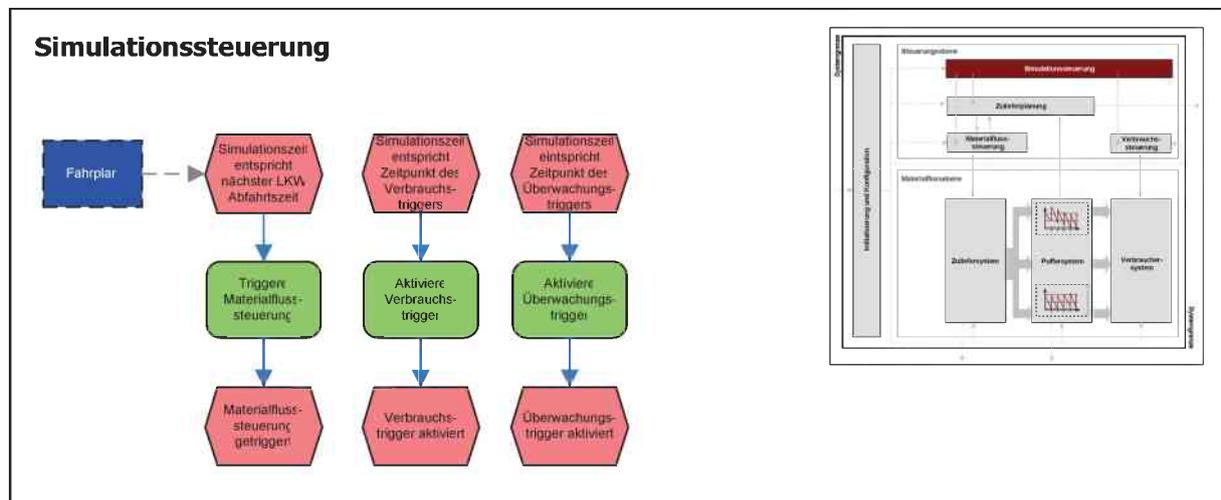


Abbildung 19: EPK - Simulationssteuerung¹⁰⁶

Die *Simulationssteuerung* besteht aus drei parallel geschalteten Prozessketten, die jeweils den Trigger für die untergeordneten Steuerungskomponenten darstellen. Die Besonderheit dieser Prozessketten ist, dass sie alle zeitgesteuert arbeiten. Wenn die jeweils aktuelle Simulationszeit der hinterlegten Zeit des jeweiligen Start-Ereignisses entspricht, soll der nächste Prozess, in diesem Fall ein weiterer Steuerungsprozess, angestoßen werden.

Zulieferplanung

Die Zulieferplanung stellt eine der komplexesten Komponenten des Simulationsmodells dar, weil sie die gesamte Planungslogik für das Beschaffungssystem enthält. Trotz der hohen Komplexität dieser Modellkomponente besteht der Output nur aus zwei Daten, nämlich dem *Fahrplan* und der *Lieferliste*. Diese Daten enthalten jene Informationen, die die Materialflussplanung benötigt, um einen Materialfluss von den Lieferanten hin zum Abnehmer zu erzeugen. Die *Lieferliste* enthält dabei Daten über die Menge der Materialien, die pro Lieferabruf von den einzelnen Lieferanten bereitzustellen sind. Der *Fahrplan* beinhaltet genaue Daten über Abholzeitpunkte und somit auch die Anlieferfrequenz des eingesetzten Transportmittels. Um die Verständlichkeit dieser Systemkomponente zu erleichtern, wird zusätzlich zu der EPK-Abbildung eine weitere grafische Darstellung (Abbildung 20) verwendet.

¹⁰⁶ Quelle: Eigene Darstellung

Die hohe Komplexität der *Zulieferplanung* erklärt sich dadurch, dass Prozesse realer Planungsvorgänge nachgebildet werden müssen, die unter dem Aspekt gegenläufiger Ziele und unvollständiger Informationen versuchen, ein möglichst gutes Gesamtergebnis zu finden. Dies geschieht im konkreten Fall in zwei grundlegenden Schritten: Zum einen muss, wie im vorigen Abschnitt beschrieben, nach dem Ziel gearbeitet werden, die Anzahl der nötigen Umplanungen im Zuliefersystem so gering wie möglich zu halten. Zum anderen muss, wenn eine Umplanung erfolgt, diese den eingangsseitigen Materialfluss möglichst so gestalten, dass eine hohe Transportmittelauslastung gewährleistet ist, und die angestrebten Materialbestände im Lager des Abnehmers erreicht werden. Diese Vorgänge werden in dieser Gliederung auch im Modell nachgebildet, zusätzlich muss jedoch auch der Aspekt der unvollständigen Informationen, insbesondere Prognoseungenauigkeiten, nachgebildet werden. Folgende Abbildung stellt die Hauptfunktionen der Zulieferplanung grafisch dar.

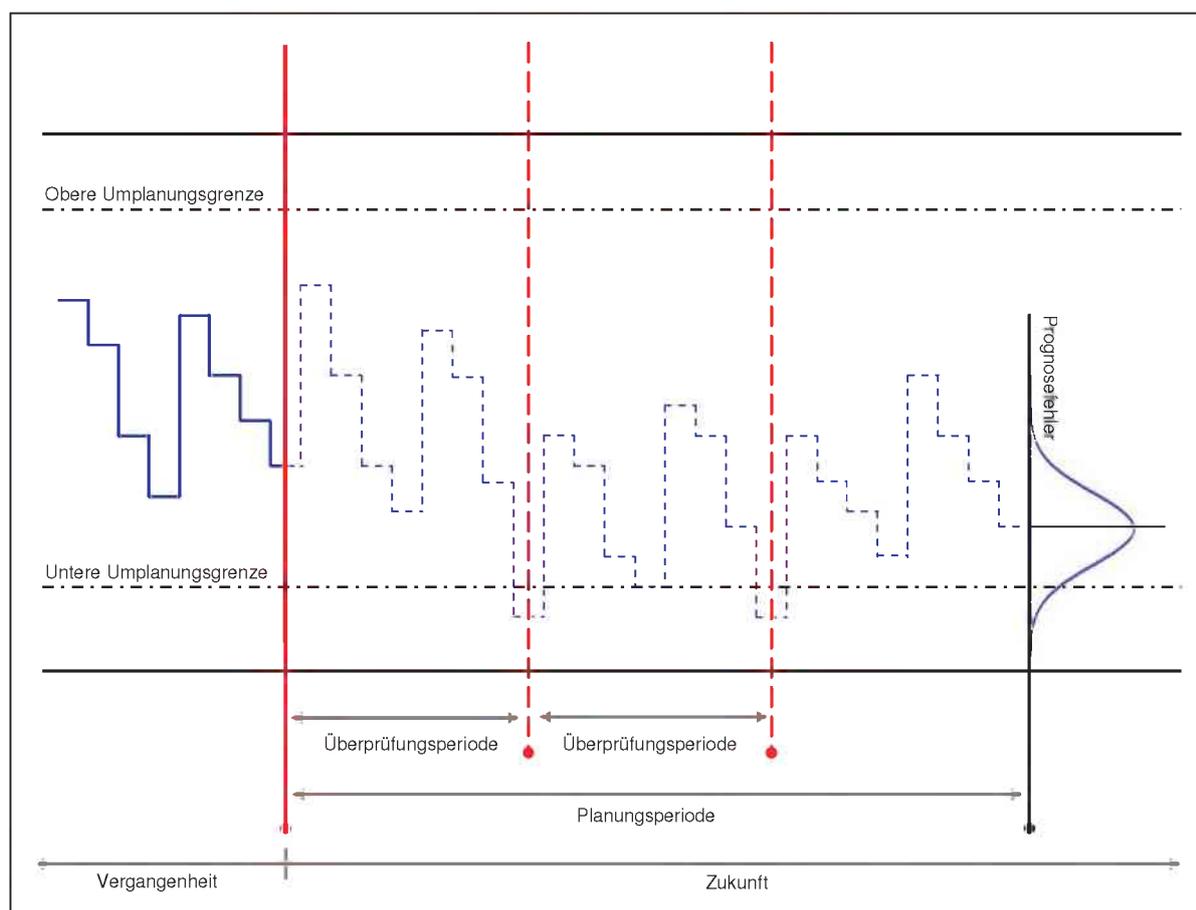


Abbildung 20: Systematik der Zulieferplanung¹⁰⁷

Um die anschließende EPK-Darstellung der Prozessabläufe besser verständlich zu machen, wird anhand dieser Grafik die Steuerung exemplarisch beschrieben:

¹⁰⁷ Quelle: Eigene Darstellung

Ausgehend von den Benutzereingaben wird die *Zulieferplanung* von der *Simulationssteuerung* in einer bestimmten Periodizität (in der Abbildung als Überprüfungsperiode dargestellt) aktiviert. Wenn die *Zulieferplanung* aktiv ist, überprüft diese als Erstes, ob ein Planungseingriff notwendig ist. Dafür berechnet die *Zulieferplanung* im ersten Schritt die zukünftigen Materialzugänge auf Basis der aktuellen Lieferliste und dem aktuellen Fahrplan bezogen auf die nächste Planungsperiode. Als Zweites werden die zukünftigen Verbräuche der Planungsperiode berechnet und, wie in der Grafik dargestellt, mit einem Prognosefehler versehen, der den realen Fehler von Prognoseverfahren abbilden soll. Auf Basis der berechneten Zugänge, der prognostizierten Abgänge der nächsten Planungsperiode und dem aktuellen Lagerbestand lässt sich der Lagerbestand am Ende der Planungsperiode berechnen. Liegt dieser Wert unter oder über einer definierten Schranke, greift die Zuliefersteuerung in das System ein, ansonsten bleiben die bestehenden Zulieferparameter (*Lieferliste, Fahrplan*) unverändert. Wenn auf Basis dieser Logik für einen Planungseingriff entschieden wird, berechnet die *Zuliefersteuerung* anhand des prognostizierten Lagerbestands und eines vom Benutzer definierten Zielbestands die zukünftigen Materialbedarfe. Diese werden in einem weiteren Schritt auf Wochenbasis normiert und so auf die einzelnen Tage verteilt, dass die Kapazität des eingesetzten Transportmittels bestmöglich ausgelastet wird. Basierend auf diesen Daten werden der Fahrplan und die Lieferliste erzeugt, die die Materialflussteuerung benötigt, um das Transportmittel und die Lieferanten zu steuern. Folgende EPK-Abbildungen stellen diese Prozessabläufe nochmals formalisiert und strukturiert dar.

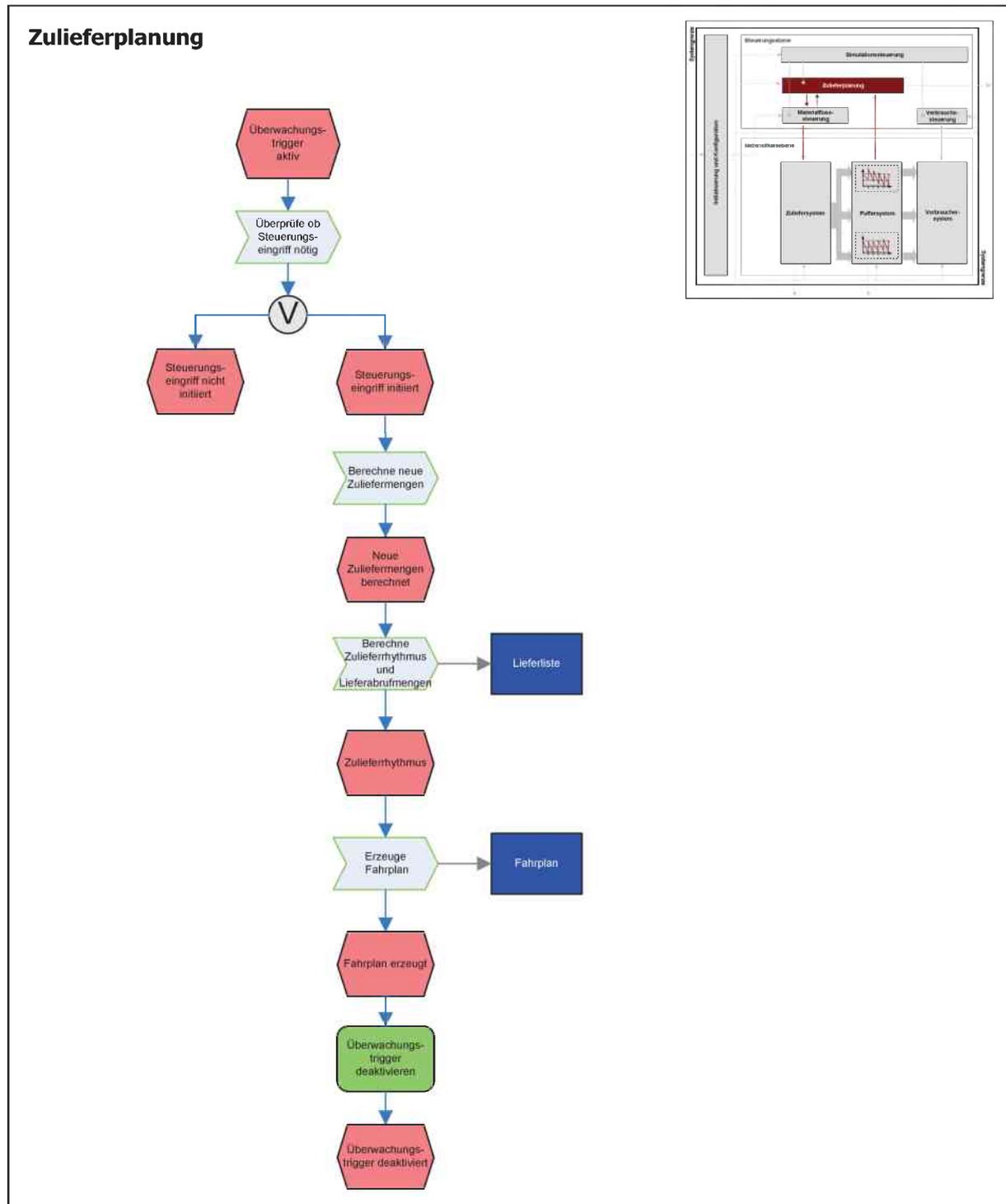


Abbildung 21: EPK - Zulieferplanung¹⁰⁸

¹⁰⁸ Quelle: Eigene Darstellung

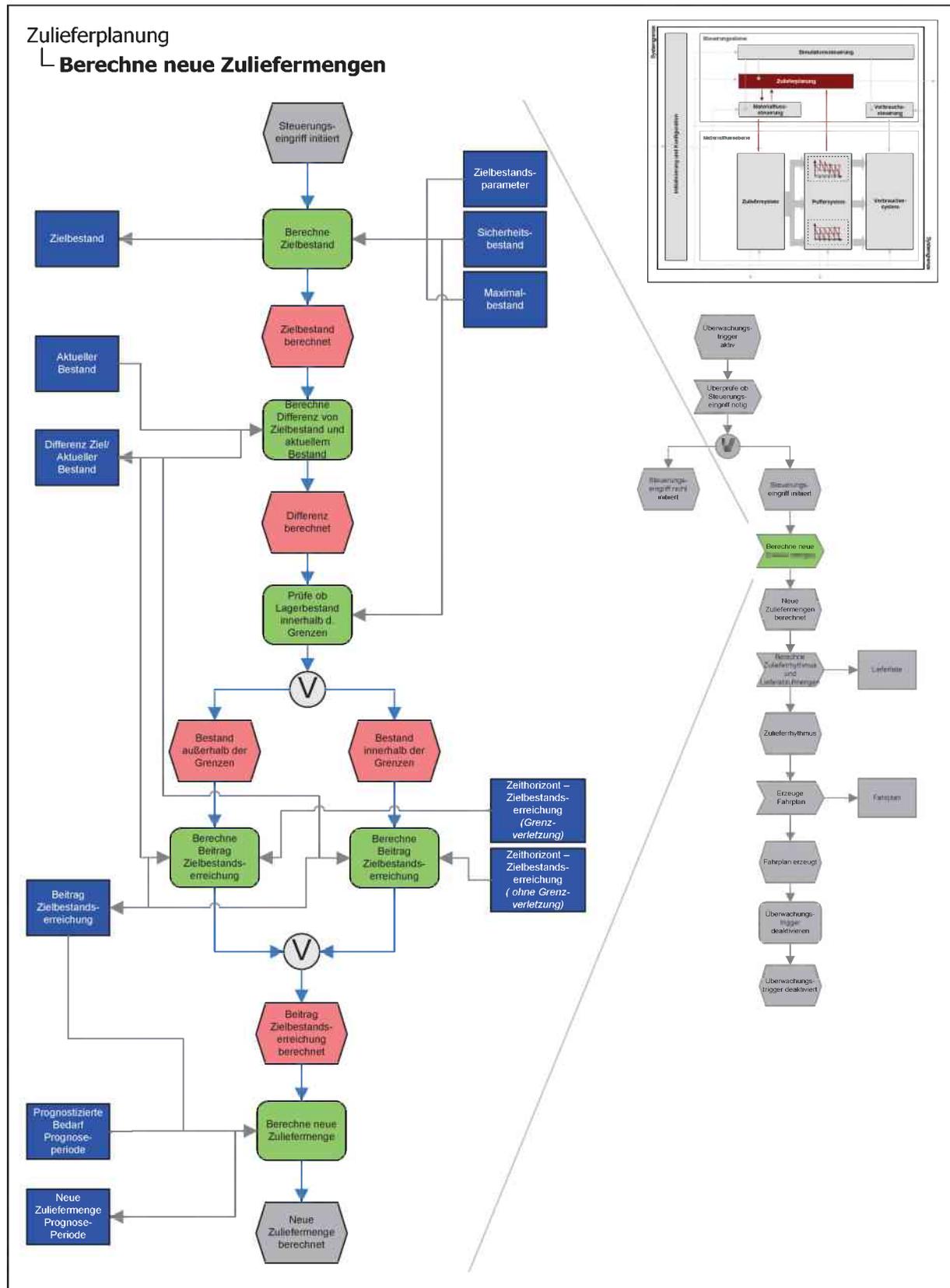


Abbildung 23: EPK - Berechne neue Zuliefermengen¹¹⁰

¹¹⁰ Quelle: Eigene Darstellung

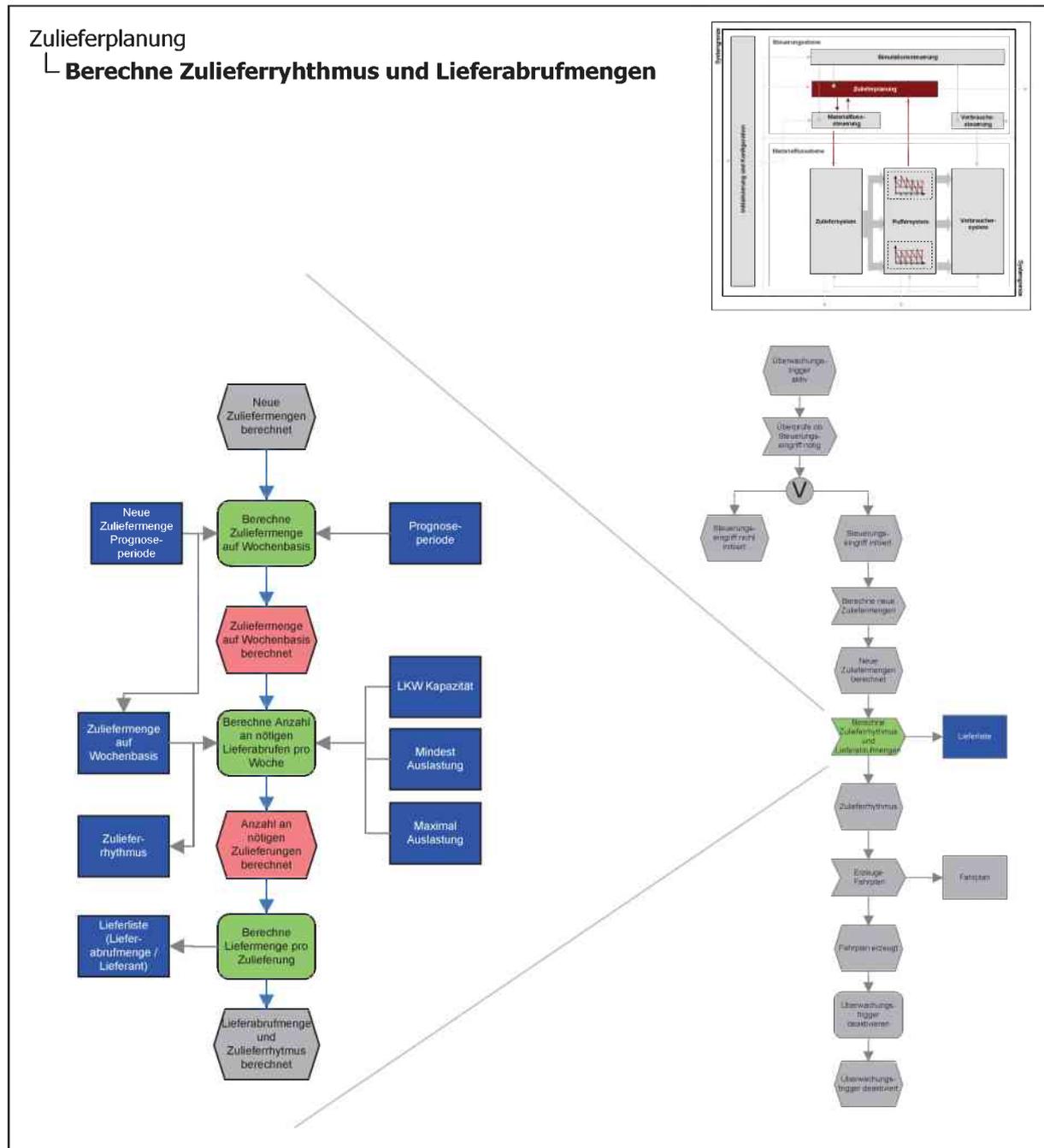


Abbildung 24: EPK - Berechne Zulieferrhythmus und Lieferabrufmengen¹¹¹

¹¹¹ Quelle: Eigene Darstellung

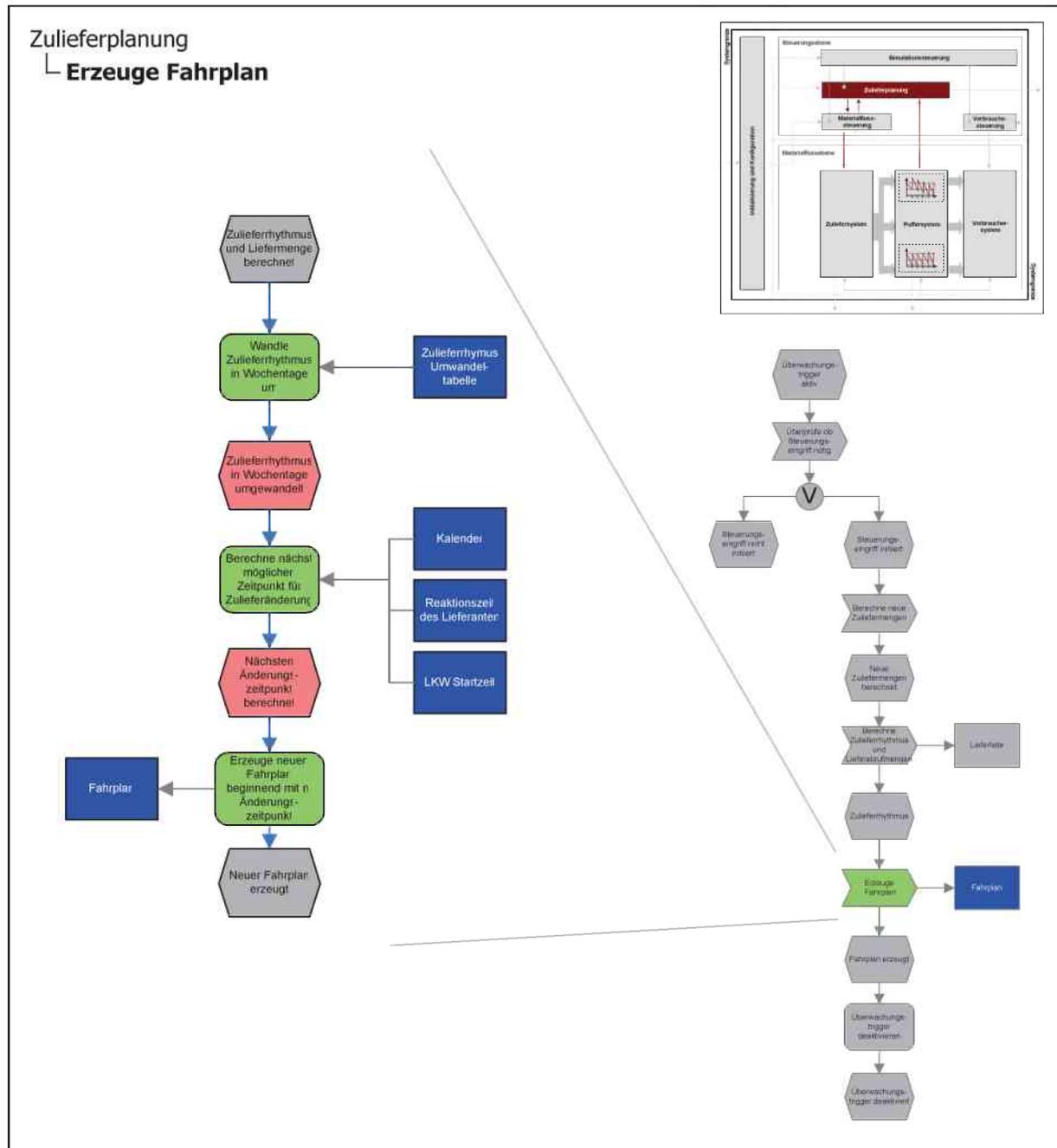


Abbildung 25: EPK - Erzeuge neuen Fahrplan¹¹²

Materialflusssteuerung

Die Materialflusssteuerung erzeugt und steuert den Materialfluss im *Zuliefersystem* von den Lieferanten hin zum *Puffersystem*. Daten über Liefermengen und Lieferrhythmus erhält die *Materialflusssteuerung* von der *Zulieferplanung* über den *Fahrplan* und die *Lieferliste*.

¹¹² Quelle: Eigene Darstellung

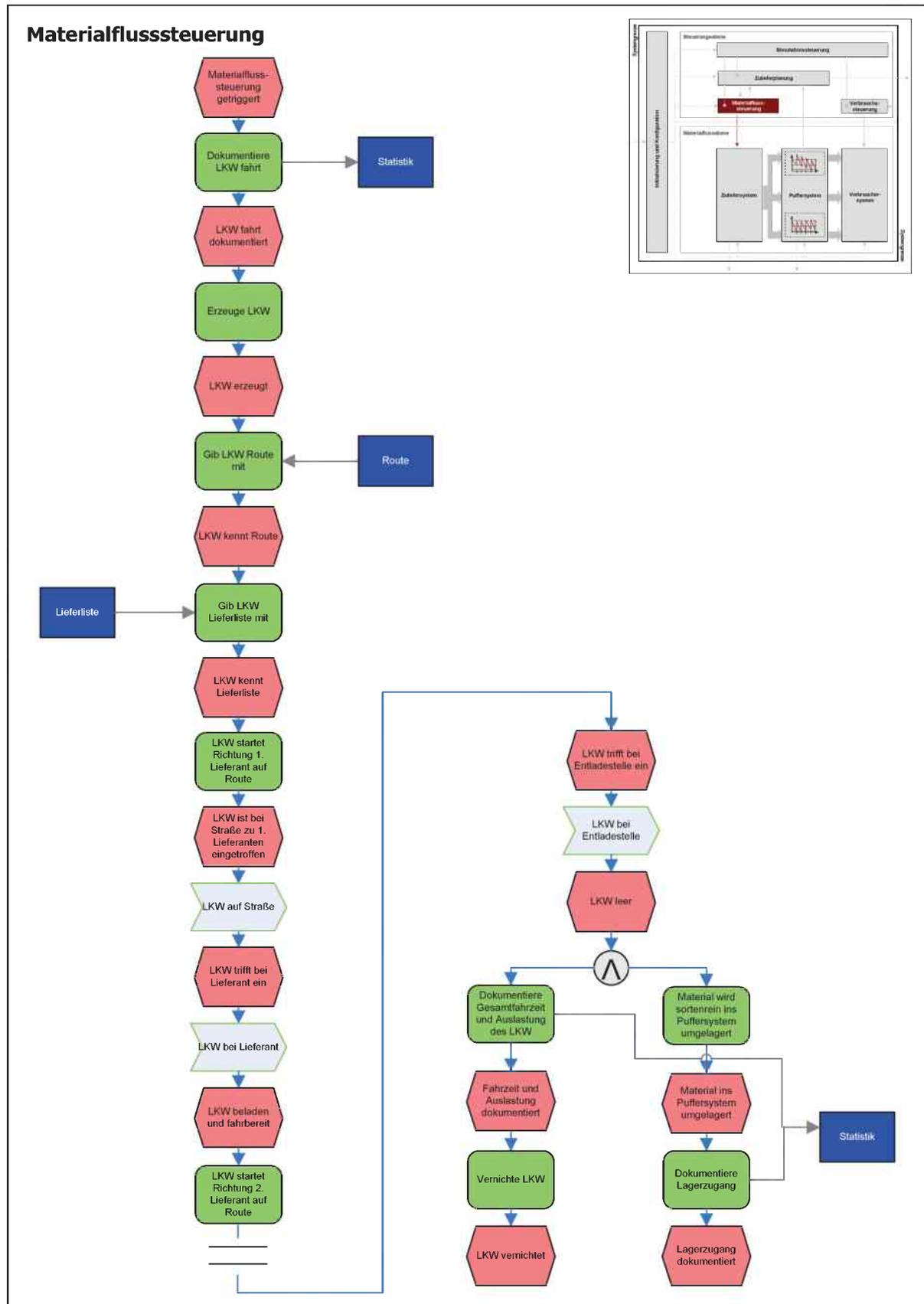


Abbildung 26: EPK - Materialflusssteuerung¹¹³

¹¹³ Quelle: Eigene Darstellung

4.1.4.4 Materialflussebene

Die Materialflussebene beinhaltet die zum Zuliefersystem gehörenden Komponenten *Lieferanten*, *Straßen*, *Entladestelle* und *Transportmittel* sowie das *Puffersystem* und die *Verbraucher*. Das *Puffersystem* wird nicht formalisiert, da es sich um eine passive Systemkomponente handelt, die keine definierten Prozessabläufe aufweist. Ebenso verhält es sich mit dem *Transportmittel*.

Straße

Wesentlich im Prozessablauf der *Straße* ist, dass, wie im Konzeptmodell näher dargelegt, diese Modellkomponente erst durch die Information bei der Ankunft des Transportmittels aus dem anonymen „Dummy-Zustand“ gehoben wird und mit den spezifischen Realdaten versorgt wird. Die *Straße* greift dabei auf den Routenplan des Transportmittels zu und liest die benötigten Informationen aus. Alle weiteren Prozessschritte basieren dann auf den spezifischen Informationen der Realdaten.

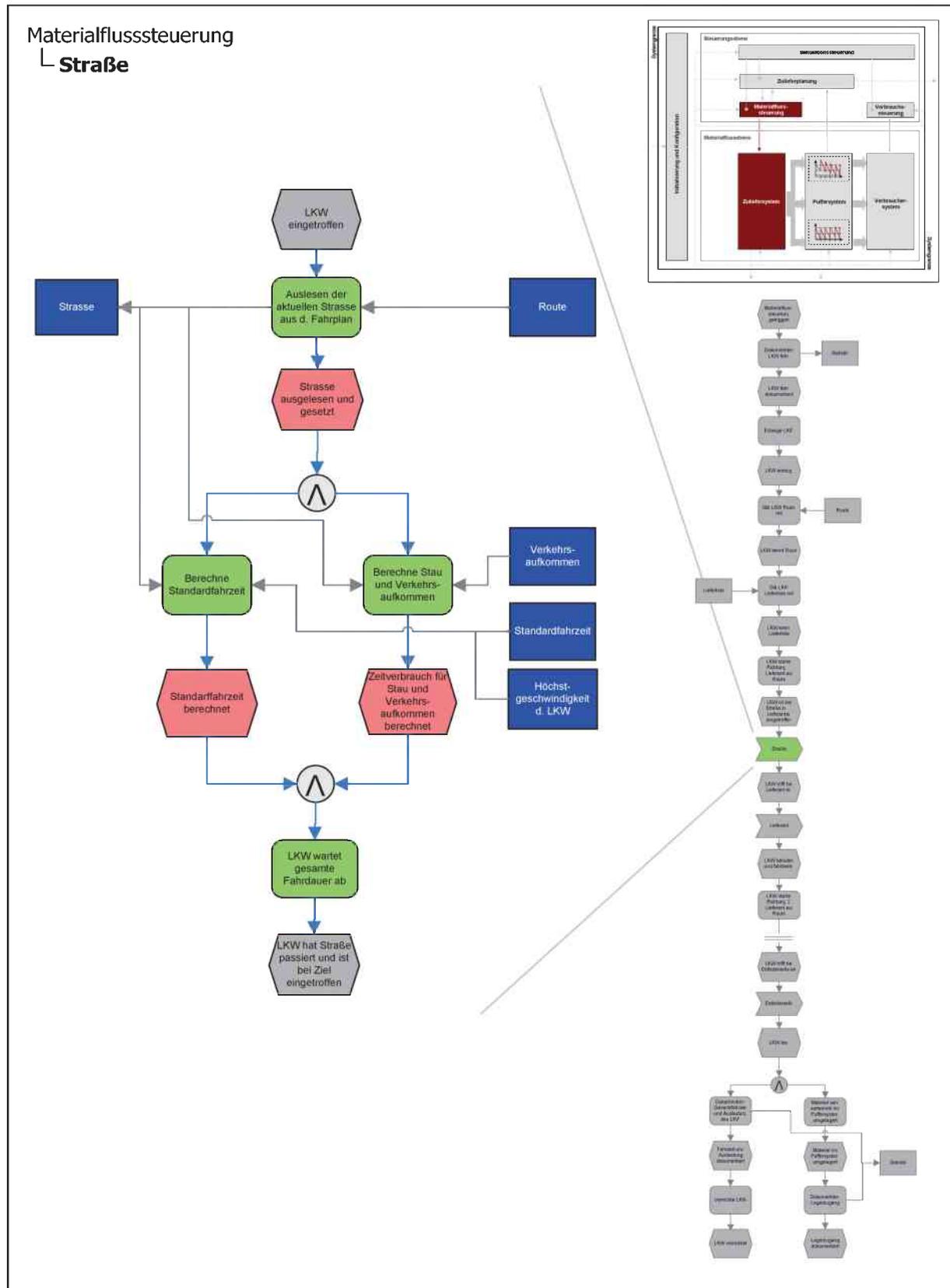


Abbildung 27: EPK - Straße¹¹⁴

¹¹⁴ Quelle: Eigene Darstellung

Lieferant

Die Modellkomponente *Lieferant* funktioniert nach demselben Grundprinzip wie die *Straße*. Sie stellt ebenfalls bis zum Zeitpunkt des Eintreffens des Lieferanten eine anonyme „Dummy-Komponente“ dar.

Entladestelle

Anders als die Komponenten *Lieferant* und *Straße* kommt die *Entladestelle* in einem Zuliefersystem nur einmal vor. Aus diesem Grund ist die *Entladestelle* nicht als „Dummy-Komponente“ modelliert, sondern wird von Beginn an mit den entsprechenden Realdaten versorgt. Die *Entladestelle* funktioniert im Prinzip wie ein *Lieferant*, mit dem Unterschied, dass das Transportmittel nicht be-, sondern entladen wird.

Verbraucher und Verbrauchersteuerung

Die letzten Systemkomponenten, die formalisiert werden, sind die *Verbrauchersteuerung* und die *Verbraucher*. Aus Gründen des besseren Verständnisses und der einfachen Prozessabläufe der *Verbrauchersteuerung* werden die *Verbrauchersteuerung* und die *Verbraucher* innerhalb einer EPK modelliert. Die *Verbrauchersteuerung* wird auch, wie die *Zulieferplanung* und die *Materialflussteuerung*, von der *Simulationssteuerung* getriggert. Dies stellt vor allem die nötige Unabhängigkeit zwischen dem eingangsseitigen und dem ausgangsseitigen Materialfluss, wie er auch im Realsystem vorherrscht, sicher. Folgende Abbildung stellt die Abläufe dieser beiden Komponenten dar.

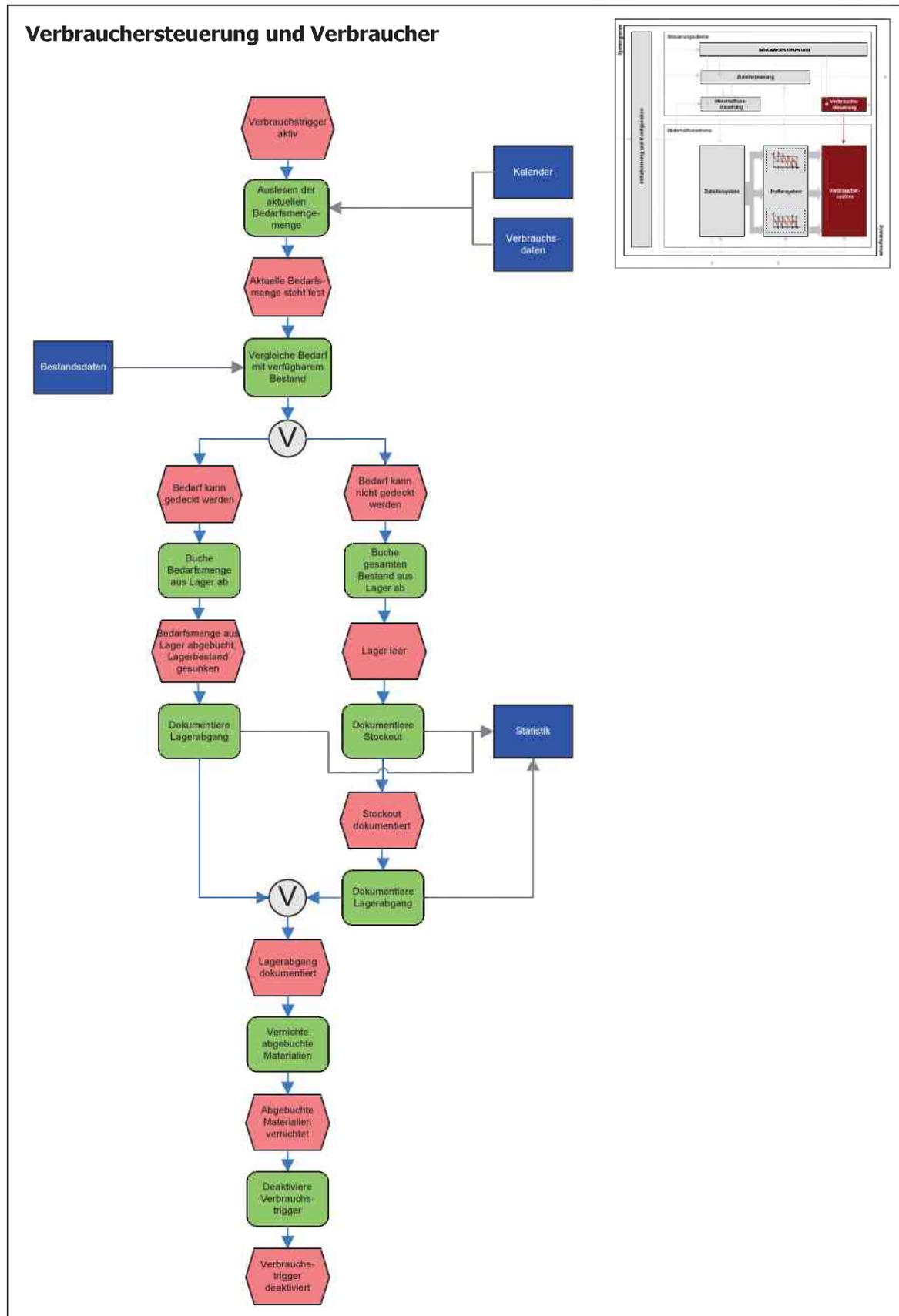


Abbildung 30: EPK - Verbrauchersteuerung und Verbraucher¹¹⁷

¹¹⁷ Quelle: Eigene Darstellung

4.1.4.5 Definition der erforderlichen Datenbasis

In diesem Abschnitt werden nun die identifizierten Informationen und Daten der Systemkomponenten aus der Aufgabenspezifikation näher beschrieben, sowie den einzelnen Modellkomponenten zugeordnet. Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die Festlegung der Datenstrukturen, um die Implementierung des Simulationsmodells in eine Simulationssoftware durchführen zu können. Die Festlegung der Datenstrukturen wird wiederum gemeinsam mit dem Auftraggeber durchgeführt, da dieser auch die Aufgabe hat, die notwendigen Daten einzuholen und somit Kenntnis über deren vorliegende Struktur besitzt.

Modell-komponenten	Daten	Datenstruktur
Konfiguration und Initialisierung	Grundbestand (Bestand, der zu Beginn der Simulation bereits im Lager des Abnehmers liegt)	Anzahl an Materialeinheiten (sortenrein)
	Anzahl an Lieferanten	Zahl zwischen 1 und X
	Anzahl an Materialien (Anzahl an unterschiedlichen Materialien, die in der Simulation vorkommen sollen)	Zahl zwischen 1 und X
Simulationssteuerung	Simulationsstart	Datum, Uhrzeit
	Simulationsende	Datum, Uhrzeit
	Verbrauchstriggerzeitpunkte (Zeitpunkte der Aktivierung der Verbrauchersteuerung)	Startzeitpunkt (Datum, Uhrzeit) und Periodenlänge (Zeitdauer [D:H:M:S])
	Überwachungstriggerzeitpunkte (Zeitpunkte der Aktivierung der Zulieferplanung)	Startzeitpunkt (Datum, Uhrzeit) und Periodenlänge (Zeitdauer [D:H:M:S])
Zulieferplanung	Prognoseperiode	Zeitdauer [D:H:M:S]
	Prognosefehler (Normierte Materialeinheiten berechnet nach normalverteilten Zufallszahlen; Mittelwert: Berechnung aus Verbrauchsdaten; Std. Abw.: Prozentueller Anteil am Mittelwert)	Standardabweichung als prozentueller Anteil des Mittelwerts
	Maximalbestand (Vielfaches des Sicherheitsbestands)	Zahl zwischen 1.0 und X.X
	Servicegrad (für Sicherheitsbestandsberechnung des Abnehmerlagers)	Prozentwert zwischen 50%-99,5%
	Zielbestand (angestrebter Bestand im Abnehmerlager; Verhältnis zwischen Sicherheitsbestand und Maximalbestand)	Zahl zwischen 0 und 1 (0 entspricht Sicherheitsbestand, 1 entspricht Maximalbestand)

	Zeithorizont der Zielbestandserreichung (Zeitdauer bis der angestrebte Zielbestand erreicht werden soll, ausgehend vom Zeitpunkt eines Planungseingriffs)	Zeitdauer [D:H:M:S]
	Umplanungsgrenzen (Materialbestandsgrenzen für Planungseingriff)	Untere Grenze: Prozentueller Aufschlag zu Sicherheitsbestand (0%-X%) Obere Grenze: Prozentueller Abschlag von Maximalbestand (0%-X%)
	Minimale LKW-Auslastung	Prozentwert zwischen 0%-100%
	Maximale LKW-Auslastung	Prozentwert zwischen 0%-100%
	LKW Startzeit (Startzeitpunkt für Zulieferdurchlauf)	Uhrzeit
Materialflusssteuerung	Route (Anfahrtsreihenfolge der Lieferanten)	Tabellarische Angabe der Lieferantennamen (sortiert nach Anfahrtsreihenfolge)
Lieferant	Wartezeiten (Zeitdauer differenziert nach Uhrzeit (Stundenbasis), berechnet nach Beta verteilten Zufallszahlen)	Parameter α und β der Beta-Verteilung, differenziert nach Uhrzeit
	Beladezeiten	Zeitdauer [D:H:M:S] pro 100kg Einheit Material
	Öffnungszeiten	Wochentage und Uhrzeiten
	Fehlmengen (Materialeinheiten, berechnet nach prozentualem Anteil an Verbrauchsdaten)	Prozentwert zwischen 0%-100%
Entladestelle	Wartezeiten	Siehe Wartezeit Lieferant
	Entladezeiten	Siehe Beladezeit Lieferant
	Öffnungszeiten	Siehe Öffnungszeiten Lieferant
Straße	Standardfahrzeit	Zeitdauer [D:H:M:S]
	Verkehrsaufkommen/Stau (Zeitdauer differenziert nach Uhrzeit (Stundenbasis), berechnet nach Beta verteilten Zufallszahlen)	Parameter α und β der Beta-Verteilung, differenziert nach Uhrzeit
Verbraucher	Verbrauchsdaten (Materialverbrauch normiert auf Tagesbasis und 100kg Einheiten, für jeden Tag der Simulationslaufzeit)	Anzahl an Materialeinheiten pro Simulationstag (sortenrein)

Transportmittel	Kapazität	Anzahl an Materialeinheiten
	Max. Fahrzeit	Stunden

Tabelle 6: Inputdatenstruktur¹¹⁸

Die eben beschriebene Datenbasis bildet die Grundlage für eine wirklichkeitsgetreue Abbildung der realen Prozessabläufe und ihrer Auswirkungen im Simulationsmodell. Die Aufgabe, diese Daten zu Beginn der Simulation in das Modell einzulesen und an die einzelnen Modellkomponenten zu verteilen, kommt der bereits im Detail beschriebenen *Konfiguration und Initialisierung* zu.

Mit dem Abschluss dieses Abschnitts der Modellbildung kann nun die Umsetzung des erarbeiteten Modells in eine Simulationssoftware fortgeführt werden. Dies geschieht im nächsten Punkt.

4.1.5 Ausführbares Modell

Das ausführbare Simulationsmodell ist die Weiterentwicklung und Umsetzung des Konzeptmodells und des formalen Modells unter Verwendung einer Simulationssoftware.¹¹⁹ Im vorliegenden Fall wird als Simulationssoftware das in der Volkswagen AG als Konzernstandard eingesetzte Tool *Plant Simulation*, in der Version 8.1 von der Firma Tecnomatix, eingesetzt. Anders als bei der tatsächlichen Implementierung und Programmierung des Simulationsmodells in *Plant Simulation*, die nach dem Bottom-Up-Prinzip erfolgte, wird aufgrund der Übersichtlichkeit für die Darstellung des ausführbaren Modells das Top-Down-Prinzip gewählt. In der Programmierung wurden zuerst die Teilkomponenten der Materialflussebene, *Lieferanten, Straßen, Verbraucher* und *Puffer*, implementiert und in weiterer Folge zu einem Beschaffungssystem zusammengesetzt und mit zentralen Steuerungskomponenten versehen. Als letzter Schritt in der Modellimplementierung wurde die *Konfiguration und Initialisierung* umgesetzt.

In den folgenden Auszügen (Screenshots) aus der Simulationssoftware, wird zuerst das Gesamtsystem dargestellt und schließlich in seine Einzelkomponenten aufgelöst. Um ein besseres und einheitliches Verständnis der folgenden Modellauszüge gewährleisten zu können, folgt eine kurze Erläuterung der Besonderheiten bei der Systemmodellierung mit *Plant Simulation*, eine Kurzbeschreibung der verwendeten Bausteine, sowie eine grundlegende Einführung in die Nomenklatur.

¹¹⁸ Quelle: Eigene Darstellung

¹¹⁹ Vgl.: Rabe et al. (2008), S. 78.

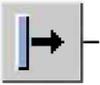
4.1.5.1 Modellierung mit Plant Simulation

Plant Simulation ist ein Softwaretool, das vorwiegend in der Materialflusssimulation verwendet wird. Ein wesentliches Grundprinzip in der Modellierung mit *Plant Simulation*, das vor allem für das Verständnis der folgenden Darstellungen relevant ist, ist folgendes: *Plant Simulation* bietet wie die meisten Simulationstools vordefinierte Modellbausteine, die der Benutzer für die Modellierung seines Modells verwenden und nach seinen Bedürfnissen anpassen kann. Zusätzlich bietet *Plant Simulation* aber auch die Möglichkeit eigene, auch komplexere Modellbausteine, sogenannte *Netzwerke*, aus den Bausteinen zu modellieren, um somit die Komplexität eines Simulationsmodells besser zu beherrschen. Das grundlegende Prinzip, nach dem *Plant Simulation* bei der Modellierung dieser *Netzwerke*, aber auch bei den Standardobjekten arbeitet, ist das aus der objektorientierten Programmierung bekannte Klassen-Objekt-Prinzip. Dabei wird der gewünschte Modellbaustein einmal als Klasse modelliert und kann schließlich beliebig oft als Objekt dieser Klasse erzeugt und in das Simulationsmodell integriert werden. Hierbei gilt auch das Prinzip der Vererbung, wonach vereinfacht dargestellt, alle Strukturen, Funktionen und Informationen, die die Klasse enthält, auch den Objekten dieser Klasse zur Verfügung stehen. Dennoch ist jedes Objekt für sich eigenständig und kann verändert werden. Diese Art der Modellierung von eigenen Modellbausteinen eignet sich vor allem dann, wenn man diese öfters im Simulationsmodell verwenden möchte. Zusätzlich erlaubt *Plant Simulation* eigene Steuerungselemente, sogenannte *Methoden*, in einer eigens entwickelten, Basic-nahen Programmiersprache, zu programmieren und einzusetzen.

Um ein besseres Verständnis nachfolgender Darstellungen zu gewährleisten, folgt nun eine kurze Beschreibung der verwendeten Standardbausteine. Dabei unterscheidet man grundsätzlich in *Materialflussobjekte*, *Ressourcenobjekte*, *Bewegliche Objekte (BEs)*, *Informationsflussobjekte* und *Anzeigeobjekte*. *Materialflussobjekte* sind jene Bausteine, mit denen ein Teilefluss durch eine Anlage abgebildet und simuliert werden kann. *Ressourcenobjekte* repräsentieren Stationen oder Menschen, die die Verbindung zwischen den *Materialflussobjekten* herstellen. *Bewegliche Objekte* sind solche Objekte, die keinen stationären Platz haben, sondern sich während eines Simulationslaufes auf und zwischen den *Materialflussobjekten* bewegen und somit diskrete Materialflüsse repräsentieren. *Informationsflussobjekte* versorgen die Simulation und andere Objekte mit Informationen und Daten. *Anzeigeobjekte* ermöglichen es, bestimmte Abläufe und Statistiken während der Simulationslaufzeit zu visualisieren.¹²⁰ Folgender Tabelle können die einzelnen verwendeten

¹²⁰ Vgl.: Tecnomatix Siemens Lifecycle Management Software II (DE) GmbH (2008)

Bausteine, ihre grafische Darstellung und eine Kurzbeschreibung ihrer Aufgaben und Funktionen entnommen werden.

Bausteine	Beschreibung
<p>Ereignisverwalter (Materialflussobjekt)</p> 	<p>Der Ereignisverwalter koordiniert und synchronisiert die Ereignisse, die während der Simulation stattfinden und übernimmt somit die Aufgaben der im formalen Modell beschriebenen Simulationssteuerung. Während der Simulation treffen kontinuierlich Meldungen über Ereignisse ein, die in einer Liste gespeichert und sequenziell abgearbeitet werden. Mit dem Ereignisverwalter wird die Simulation gestartet, zurückgesetzt und beendet.</p>
<p>Quelle (Materialflussobjekt)</p> 	<p>Die Quelle erzeugt je nach Definition bestimmte bewegliche Objekte. Es können Fahrzeuge, Förderhilfsmittel, aber auch Materialien erzeugt werden. Die Zeitpunkte und Mengen der zu erzeugenden Objekte können dabei nahezu beliebig gewählt werden.</p>
<p>Senke (Materialflussobjekt)</p> 	<p>Die Senke stellt das Gegenteil zur Quelle dar. Sie vernichtet bewegliche Objekte, bzw. schleust diese aus dem System aus und löscht sie.</p>
<p>Einzelstation (Materialflussobjekt)</p> 	<p>Die Einzelstation ist das Basis-Materialflussobjekt in <i>Plant Simulation</i>, auf dem einige weitere Bausteine aufbauen. Die Einzelstation repräsentiert eine Maschine und besitzt einen Arbeitsplatz, um bewegliche Objekte zu bearbeiten. Sie nimmt BEs von ihrem Vorgänger entgegen, und reicht diese nach Ablauf von Bearbeitungs- und Rüstzeit an ihren Nachfolger weiter.</p>
<p>Umladestation</p> 	<p>Die Umladestation stellt eine besondere Art von Bausteinen dar, die sich laut <i>Plant Simulation</i> nicht in die Gruppe der genannten Objekte einreicht. Die Umladestation erlaubt es, BEs von Materialflussobjekten auf andere bewegliche Objekte umzuladen oder umgekehrt.</p>

<p>Kante (Ressourcenobjekt)</p> 	<p>Die Kante stellt standardmäßig Materialflussverbindungen zwischen zwei Objekten im gleichen Netzwerk her und ermöglicht so einen Materialfluss zwischen zwei Modellbausteinen.</p>
<p>Methode (Informationsflussobjekt)</p> 	<p>Im Objekt Methode können in der <i>Plant Simulation</i> eigenen Programmiersprache <i>SimTalk</i> benutzerdefinierte Steuerungen programmiert werden, die andere Objekte steuern und/oder verändern können. Die rot markierten Methoden, im Abbildungsbeispiel ist eine Init-Mehode dargestellt, werden zu definierten Zeitpunkten des Simulationsdurchlaufs aktiviert. Die Init-Methode beispielsweise ist die erste Methode, die nach Start der Simulation aktiviert wird.</p>
<p>Trigger (Informationsflussobjekt)</p> 	<p>Trigger bilden einen zeitlichen Werteverlauf ab. Sie können nach einem bestimmten Zeitmuster, nach Wunsch auch periodisch, Attribute und Variablen von Objekten ändern oder Methoden aktivieren.</p>
<p>Tabelle (Informationsflussobjekt)</p> 	<p>Tabellen sind Informationsflussobjekte, die Daten tabellarisch speichern, die während der Simulation ausgelesen oder eingetragen werden können.</p>
<p>Schichtkalender (Ressourcenobjekt)</p> 	<p>Der Schichtkalender kann verschiedene Schichten für verschiedene Materialflussobjekte definieren. Das bedeutet, dass Materialflussobjekte im Simulationsmodell zu bestimmten Zeiten durch den Schichtkalender deaktiviert und aktiviert werden können.</p>
<p>Netzwerk (Materialflussobjekt)</p> 	<p>Ein Netzwerk ist ein Materialflussobjekt, das andere Objekte enthalten kann und so eine hierarchische Strukturierung des Simulationsmodells erlaubt. Es können damit Objekte zu einem Objekt mit komplexerer Funktionalität kombiniert werden und somit eine bessere Übersichtlichkeit im Modell geschaffen werden. Ebenfalls können komplexe Objekte damit einfacher reproduziert werden.</p>

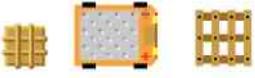
<p>Fördergut, Fahrzeug, Förderhilfsmittel (Bewegliche Objekte)</p> 	<p>Bei Fördergut, Fahrzeug und Förderhilfsmittel handelt es sich um bewegliche Objekte, die sich während der Simulation zwischen den stationären Modellbausteinen bewegen können und so den diskreten Materialfluss repräsentieren. All diese Objekte können von der Quelle erzeugt und von der Senke gelöscht werden. Das Fördergut dient dazu, Teile zu modellieren, die während der Simulation produziert, weiterbearbeitet und transportiert werden. Das Fahrzeug und das Förderhilfsmittel repräsentieren Komponenten, die das Fördergut aufnehmen und von einem Baustein zum nächsten transportieren können.</p>
---	--

Tabelle 7: Modellbausteine - Plant Simulation¹²¹

Nach der Beschreibung der einzelnen Bausteine folgt nun die Darstellung des implementierten Simulationsmodells.

4.1.5.2 Umsetzung des ausführbaren Modells in Plant Simulation

Auf Basis des Konzeptmodells und des formalen Modells wurden die einzelnen Systemkomponenten in *Plant Simulation* implementiert und zu einem gesamten Beschaffungssystem aggregiert. Folgende Abbildung zeigt die oberste Hierarchiestufe des Simulationsmodells.

¹²¹ Vgl.: Tecnomatix Siemens Lifecycle Management Software II (DE) GmbH (2009)

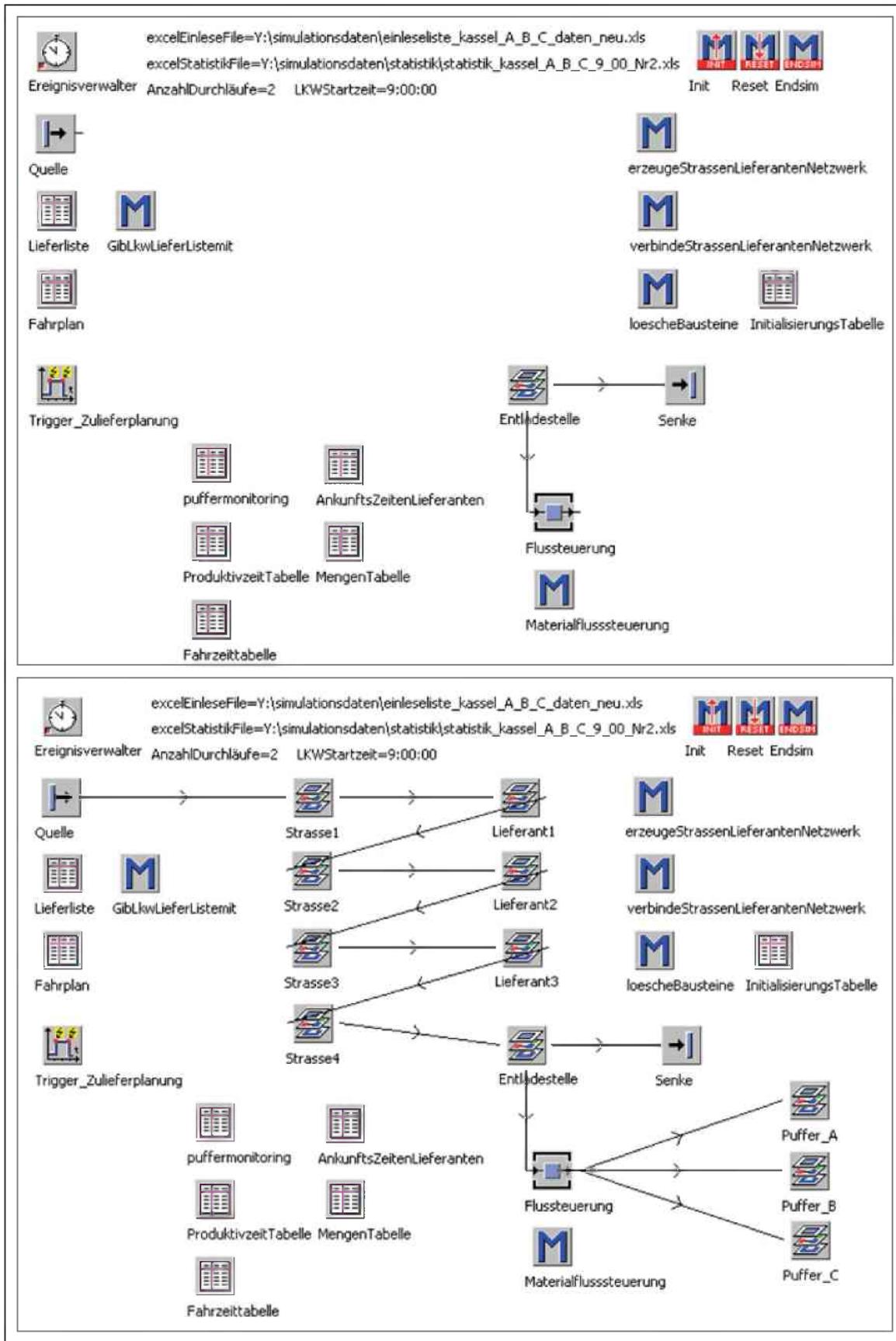


Abbildung 31: Ausführbares Modell - Oberste Modellebene¹²²

¹²² Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 31 zeigt nun das implementierte ausführbare Modell in *Plant Simulation* auf der höchsten Hierarchieebene. In dieser Abbildung finden sich zwei Screenshots, die jeweils dasselbe Modell, jedoch zu einem unterschiedlichen Zeitpunkt, darstellen. Der obere Teil der Abbildung zeigt das Modell, bevor es konfiguriert und initialisiert wurde. Der untere Teil zeigt die simulationsbereite vollständige Modellkonfiguration. An diesen beiden Darstellungen lassen sich nun sehr gut die geforderte Flexibilität des Simulationsmodells und seine Grenzen erkennen. Die obere Darstellung bildet all jene Komponenten ab, die, egal welche Realsystemkonfiguration simuliert werden sollte, zwingend vorhanden sein müssen. Der Benutzer hat aber die Möglichkeit über Vorgaben, die in einem vordefinierten Excel-Dokument eingegeben werden können, das Zuliefer- und Puffersystem ohne manuellen Eingriff in das Simulationsmodell so zu konfigurieren, dass die Anzahl der Modellkomponenten und deren Spezifikation dem Realsystem entsprechen. Vor Simulationsbeginn übernimmt dann die *Init-Methode* die Funktionen und Aufgaben der im formalen Modell ausdefinierten *Konfiguration und Initialisierung* und liest alle Vorgaben aus dem Excel-Dokument ein und passt entsprechend das Simulationsmodell automatisch an. Ebenfalls werden dabei die nötigen Daten für die einzelnen Modellkomponenten eingelesen und zugeordnet.

Wenn das Modell adäquat konfiguriert wurde, beginnt die Simulation des Materialflusses, die, ohne nochmals im Detail auf die Steuerungskomponenten einzugehen, folgendermaßen beschrieben werden kann:

Die Quelle erzeugt zu den im Fahrplan festgelegten Zeitpunkten einen Milkrun-LKW, der als einfaches Förderhilfsmittel modelliert wurde. Dieser trifft nach seiner Erzeugung bei der ersten *Straße* ein, wo er eine bestimmte Zeit verbringt, die der realen Zeitspanne der Wegüberbrückung vom Ausgangspunkt (bei einem Milkrun entspricht der Ausgangspunkt auch dem Entpunkt) zum ersten *Lieferanten* entspricht. Nach dieser Zeit trifft das *Förderhilfsmittel* beim ersten *Lieferanten* ein, wo es mit den laut *Lieferliste* definierten Materialmengen plus/minus Fehlmengen beladen wird. Das *Förderhilfsmittel* verbringt beim *Lieferanten* wiederum soviel Zeit, wie die Wartezeit und Beladezeit bei dem entsprechenden Lieferanten im Realsystem benötigen würde. Nach Beendigung der Vorgänge im *Lieferanten* trifft der Milkrun-LKW wieder bei der nächsten *Straße* ein. Diese funktioniert adäquat zu der ersten, nur dass die Zeit, die das *Förderhilfsmittel* hier verbringt, dem Zeitbedarf der realen Fahrtstrecke vom ersten zum zweiten Lieferanten entspricht. Der Milkrun-LKW fährt so lange von einem zum nächsten *Lieferanten*, bis er vollbeladen beim letzten *Lieferanten* in seiner Route abgefertigt wurde und bei der letzten *Straße* eintrifft. Diese *Straße* „führt“ das

Förderhilfsmittel zu keinem weiteren Lieferanten mehr, sondern zur *Entladestelle*, die der Laderampe beim Abnehmer entspricht. Dort wird das *Förderhilfsmittel* entladen und schließlich in der Senke aus dem Modell ausgeschleust und gelöscht. Die Materialien, die aus dem Transportmittel entladen wurden, werden dann nach Sorten getrennt in einen jeweils eigenen Puffer gespeichert. Dieser eben beschriebene Zulieferprozess von der Erzeugung bis zur Vernichtung des Transportmittels und dem Transport der Materialien von den *Lieferanten* zum Puffersystem, wiederholt sich mit jedem neuen Transportauftrag aus dem Fahrplan.

Die operative Steuerung des *Förderhilfsmittels*, und damit des Materialflusses, entspricht der im formalen Modell beschriebenen *Materialflussteuerung* und wird teilweise durch das Softwaretool selbst ausgeführt. Die *Zulieferplanung* der die Planung der Zuliefermengen und des Zulieferrhythmus zukommt, ist nicht auf dieser Modellebene angesiedelt, sondern wurde der Übersichtlichkeit halber in eine eigene Klasse ausgelagert. Da diese Klasse nur aus einer Vielzahl an Methoden besteht und die Prozessabläufe jener im formalen Modell beschriebenen entsprechen, wird diese Klasse nicht gesondert als Screenshot abgebildet. Was der Abbildung 31 jedoch entnommen werden kann, ist der *Trigger*, der die Prozesse der *Zulieferplanung* zu bestimmten Zeitpunkten aktiviert.

Zudem kann Abbildung 31 entnommen werden, dass die Modellkomponenten *Lieferant*, *Straße*, *Entladestelle* und *Puffer* für sich Netzwerke sind, die eine komplexe Modellkomponente repräsentieren, die wieder aus einer Vielzahl von Standard-Komponenten aufgebaut ist. Folgende Abbildung zeigt den Aufbau dieser Komponenten während eines Simulationsdurchlaufs.

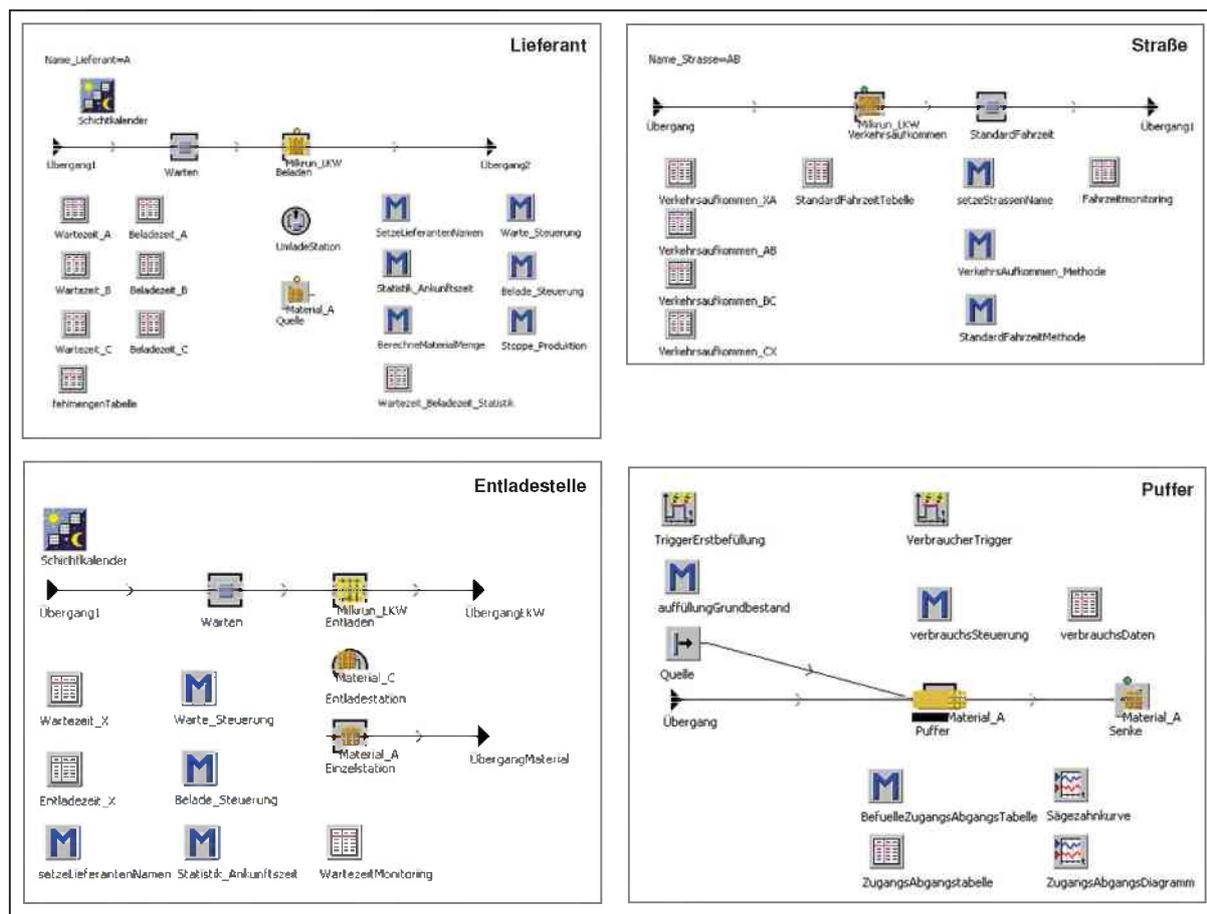


Abbildung 32: Ausführbares Modell - Lieferant, Straße, Entladestelle, Puffer¹²³

Allen Modellkomponenten aus Abbildung 32 kann man entnehmen, dass sie dem Konzeptmodell bezogen auf Aufbau und Struktur sehr ähneln. Die Abläufe, die im formalen Modell definiert wurden, verbergen sich hinter den einzelnen Methoden. Im Folgenden wird nicht mehr im Detail auf die einzelnen Prozessabläufe eingegangen, sondern ein genereller Überblick über die einzelnen Modellkomponenten gegeben.

Wichtig für das Verständnis des Simulationsmodells ist, dass es sich bei den abgebildeten Modellkomponenten um Objekte und nicht um Klassen handelt. Objekte sind Teile des Modells, die während der Laufzeit bestimmte Aktivitäten vollziehen können. Klassen hingegen stellen eine Art Vorlage für alle Objekte dieser Klasse dar, um sicherzustellen, dass alle Objekte denselben Aufbau, sowie dieselben Funktionen besitzen. Wenn also hier konkret der *Lieferant A* abgebildet ist, bedeutet das, dass auch alle weiteren *Lieferanten* des Gesamtmodells exakt denselben Aufbau besitzen. Die Objekte unterscheiden sich nur dadurch, dass sie auf unterschiedliche Daten zugreifen und somit definierte Prozesse in unterschiedlicher Ausprägung ablaufen. Dies dient dazu, dass unterschiedliche

¹²³ Quelle: Eigene Darstellung

Prozessausprägungen der verschiedenen Realsystemkomponenten abgebildet werden können.

Aufgrund dieses Klassen-Objekt-Prinzips von *Plant Simulation* stehen allen Objekten auch die Daten aller anderen Objekte zur Verfügung. Dies erklärt, warum beispielsweise in der Modellkomponente *Straße* die *Verkehrsaufkommen*-Tabelle nicht nur für die abgebildete *Straße* mit dem Namen AB, sondern auch für alle weiteren *Straßen* (XA, BC, CX) dieses Modells abgebildet ist. Selbiges ist auch für die *Wartezeit*-Tabelle und die *Beladezeit*-Tabelle des *Lieferanten* ersichtlich.

Wenn ein *Förderhilfsmittel* in der Komponente *Straße* oder *Lieferant* eintrifft, wird auf die Routendaten des *Förderhilfsmittels* zugegriffen und der Name dieser Modellkomponente bestimmt und gesetzt. Die Modellkomponente enthält über ihre Namensvariable eine eindeutige Identität, wobei im Falle der *Straße* der erste Buchstabe den Namen des Abfahrtsorts, und der zweite Buchstabe den Namen des Ankunftsorts repräsentiert. Alle weiteren Methoden der Modellkomponenten wissen somit, auf welche Datentabellen bzw. auf welche Tabelleneinträge sie gezielt zugreifen müssen. Nach demselben Prinzip funktioniert auch der *Puffer*, wobei hier nicht auf die Routendaten des *Transporthilfsmittels* zugegriffen wird, sondern direkt auf das Material selbst. Die Entladestelle braucht diese Funktion nicht, da es von ihr nur ein Objekt im gesamten Simulationsmodell gibt.

Der Vorteil, den dieser Aufbau mit sich bringt, ist jener, dass bei der Konfiguration und Initialisierung des Simulationsmodells nur die Klassen und nicht die Objekte mit Daten versorgt werden müssen, da alle Daten, die die Klassen besitzen, auch ihren Objekten zur Verfügung stehen. Dies erleichtert den für die Flexibilität des Simulationsmodells benötigten „Dummy-Aufbau“ der Modellkomponenten *Straße*, *Lieferant* und *Puffer* erheblich.

Straße

Trifft ein *Transportmittel* bei der *Straße* ein, muss es zuerst in der Einzelstation *Verkehrsaufkommen* die errechnete Fahrzeit für das zur Standardfahrzeit zusätzliche Verkehrsaufkommen, das die Gesamtfahrzeit zwischen zwei Orten verlängern kann, abwarten. Angekommen bei der *Standardfahrzeit* muss das *Transportmittel* auch diese abwarten, bis es schließlich am Zielort ankommt.

Lieferant

Wenn der *Lieferant* laut *Schichtkalender* geöffnet hat, kann das *Transportmittel* sofort die für die jeweilige Uhrzeit errechnete Wartezeit vor Beginn des Beladevorgangs in der Einzelstation *Warten* abwarten. Hat der *Lieferant* geschlossen, muss das *Transportmittel*

solange auf der *Straße* warten, bis der *Lieferant* wieder geöffnet hat. Wenn das *Transportmittel* bei der Station *Beladen* eingetroffen ist, wird die nötige Anzahl an Materialien (laut Lieferliste des *Transportmittels* +/- etwaige Fehlmengen) von der Quelle erzeugt und aufgeladen. Das *Transportmittel* muss dann noch die benötigte Beladedauer laut Realdaten abwarten, bis es zur nächsten *Straße* weiterfahren kann.

Entladestelle

Trifft das *Transportmittel* bei der Entladestelle ein, laufen bis auf die Entladung dieselben Prozeduren wie beim *Lieferanten* ab. Bei der Station *Entladen* werden die Materialien vom *Transportmittel* entladen und weiter ins *Puffersystem* gereicht. Wenn das *Transportmittel* die Dauer des Entladens abgewartet hat, fährt es weiter in die *Senke*, wo es gelöscht wird.

Puffer

Der *Puffer* bildet nicht nur das Lager für Materialien ab, sondern auch den *Verbraucher* und die zugehörige *Verbrauchersteuerung*. Da jeder *Puffer* nur eine Sorte von Materialien lagert, vereinfacht dies die Steuerung des *Verbrauchers*. Diese Art der Modellierung bietet sich jedoch nur aufgrund der Klassen-Objekt-Struktur von *Plant Simulation* an und wäre ansonsten ineffizient. Zusätzlich besitzen die *Puffer* noch eine eigene Quelle. Diese wird zu Beginn der Simulation benötigt, da jeder *Puffer* mit einer bestimmten Menge an Anfangsbeständen versorgt werden muss, um ein reales Beschaffungssystem adäquat nachzubilden.

An dieser Stelle ist die grundlegende Modellbildung abgeschlossen. Bevor nun die Durchführung von Experimenten folgt, werden im nächsten Schritt die durchgeführten Maßnahmen zur Verifikation und Validierung beschrieben.

4.1.6 Verifikation und Validierung

Die Verifikation und Validierung soll dazu dienen, Fehler im Simulationsmodell zu vermeiden, sowie eine hinreichende Übereinstimmung des Modells mit der Wirklichkeit zu gewährleisten. Keine Verifikations- und Validierungsmaßnahme ist geeignet, eine Fehlerfreiheit von Simulationsstudien zu gewährleisten. Bei kontinuierlicher und sorgfältiger Anwendung können jedoch ungültige Simulationsergebnisse mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.¹²⁴ Unter Verifikation versteht man dabei die Überprüfung ob ein Modell korrekt, also fehlerfrei ist, wohingegen die Validierung zur Überprüfung dienen soll, ob ein Modell das

¹²⁴ Vgl.: Rabe et al. (2008), S. 93.

abgebildete Realsystem hinreichend genau wiedergibt.¹²⁵ Zur Überprüfung der Validität und Richtigkeit eines Modells eignen sich viele unterschiedliche Techniken. Daher müssen Simulationsfachleute in der Lage sein, für spezifische Simulationsstudien die richtigen V&V-Techniken auszuwählen. Dies sollte vor allem vom Aspekt von Aufwand und Nutzen, sowie vom Zweck der Simulationsstudie abhängig gemacht werden.¹²⁶ Die Verifikation und Validierung sollte in allen Phasen der Modellbildung durchgeführt werden. Dementsprechend wurde auch im vorliegenden Fall vorgegangen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden jedoch erst an dieser Stelle nach Abschluss der Modellierungsphase alle durchgeführten V&V-Maßnahmen erläutert. Da die Auswahl der bestgeeigneten V&V-Techniken eine wissenschaftliche Arbeit für sich darstellen würde und im praktischen Fall der Erfahrung von vielen durchgeführten Simulationsstudien bedarf, wurde die Auswahl der eingesetzten Techniken von den IT-Fachleuten der Volkswagen AG maßgeblich unterstützt.

Zur Verifikation und Validierung kamen im Zuge der Modellbildung die Techniken *Begutachtung*, *Testen von Teilmodellen*, *Strukturiertes Durchgehen*, *Festwerttest* und *Monitoring* zum Einsatz.

Begutachtung

Hauptziel der *Begutachtung* ist es zu klären, ob die Simulationsstudie in Übereinstimmung mit den Zielen und Rahmenbedingungen, die zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer vereinbart wurden, durchgeführt wird.¹²⁷ Der Fokus bei der *Begutachtung* liegt dabei nicht in der Überprüfung technischer Details, sondern vielmehr in der Überwachung des einheitlichen Modell- und Prozessverständnisses für die vorliegende Problemstellung und deren adäquate Umsetzung. Die V&V-Technik *Begutachtung* wurde in allen Modellierungsphasen eingesetzt, besonders intensiv zu Beginn, um systematische Folgefehler bestmöglich zu vermeiden. Die *Begutachtung* wurde immer so durchgeführt, dass mindestens zwei Personen aus dem Auftraggeber-Team die Ergebnisse der jeweiligen Modellierungsphase präsentiert bekamen und bei Bedarf eine anschließende Diskussion folgte, die zu etwaigen Adaptierungen des Modells führte. Nach Beendigung dieser Gespräche galt die Modellierungsphase als abgenommen. Auf diese Art der Validierung wird auch in den noch folgenden Phasen der Simulationsstudie, der Durchführung von Experimenten und der anschließenden Ergebnisauswertung, weiterhin zurückgegriffen.

¹²⁵ Vgl.: Rabe et al. (2008), S. 14f.

¹²⁶ Vgl.: Rabe et al. (2008), S. 93.

¹²⁷ Vgl.: Rabe et al. (2008), S. 97.

Test von Teilmodellen

Bei der V&V-Methode *Test von Teilkomponenten* wird generell geprüft, ob die korrespondierenden Komponenten von realem System und Modell ausreichend übereinstimmen. Der *Test von Teilkomponenten* ist nur dann anwendbar, wenn das Modell hierarchisch in Teilmodelle strukturiert ist, und die Dekomposition des Modells mit der realen Systemstruktur vergleichbar ist.¹²⁸ Dies liegt im vorliegenden Modell für die Komponenten *Lieferant*, *Straße* und *Entladestelle* in ausreichender Form vor. Der Test von Teilkomponenten wurde im Zuge der *Begutachtung* als zusätzliche Struktur im Vorgehen und nicht als zusätzliche unabhängige V&V-Methode eingesetzt.

Strukturiertes Durchgehen

Das *strukturierte Durchgehen* ist ursprünglich eine Technik aus der Software-Entwicklung, bei der sich Projektbeteiligte treffen und jede Anweisung des Programms gemeinsam durchgehen, bis alle Beteiligten von der Richtigkeit überzeugt sind.¹²⁹ Anders als beim *Begutachten* steht beim *strukturierten Durchgehen* nicht die Frage nach der hinreichenden Abbildungstreue des Realsystems (Validierung) im Vordergrund, sondern die Richtigkeit der durchgeführten Arbeit (Verifikation). Dementsprechend wurden für diese Maßnahme nicht die Auftraggeber zugezogen, sondern Simulationsfachleute aus dem IT-Bereich. Diese Technik der Fehlervermeidung wurde in den Phasen der Gestaltung des *formalen Modells* und des *ausführbaren Modells* angewandt. Das *strukturierte Durchgehen* erfolgte planungsgemäß jeweils am Ende der erwähnten Modellierungsphasen, sowie bei Bedarf während der Modellierung.

Festwerttest

Die Durchführung des *Festwerttests* basiert auf der Idee, dass im Simulationsmodell nur konstante Werte verwendet werden und so aus dem ursprünglich stochastischen Modell ein deterministisches Modell erzeugt wird. Dies erleichtert die Vorhersagbarkeit des Systemverhaltens und ermöglicht in bestimmten Fällen sogar eine exakte Bestimmung von Ergebnissen. Für die Anwendung dieser V&V-Technik werden Hypothesen formuliert, die das Verhalten des deterministischen Modells vorhersagen. Treffen diese Hypothesen zu, ist die Glaubwürdigkeit des Modells gestärkt und die Wahrscheinlichkeit von Modellierungs- und Annahmefehlern verringert worden.¹³⁰

¹²⁸ Vgl.: Rabe et. al. (2008), S. 106.

¹²⁹ Vgl.: Rabe et. al. (2008), S. 104.

¹³⁰ Vgl.: Rabe et. al. (2008), S. 99.

Für das vorliegende Simulationsmodell wurde die Hypothese formuliert, dass, bei einer Ausschaltung aller stochastischen Einflüsse, die *Zulieferplanung* nur einmal zu Beginn der Simulation in das System eingreifen muss, dabei Zulieferrhythmus und Liefermengen einmalig definiert und sich Materialzugänge und Materialabgänge aus dem Puffersystem ab diesem Zeitpunkt kontinuierlich parallel entwickeln – wohingegen bei einem System mit stochastischen Werten die Materialabgänge schwanken würden und die Materialzugänge kontinuierlich durch Eingriffe der *Zulieferplanung* angepasst werden müssten. Folgende Abbildung stellt die Auswertung der Materialzugänge und -abgänge sowie den Bestandsverlauf eines Puffers im Simulationsmodell ohne stochastische Einflüsse, für einen Simulationszeitraum von drei Monaten, dar.

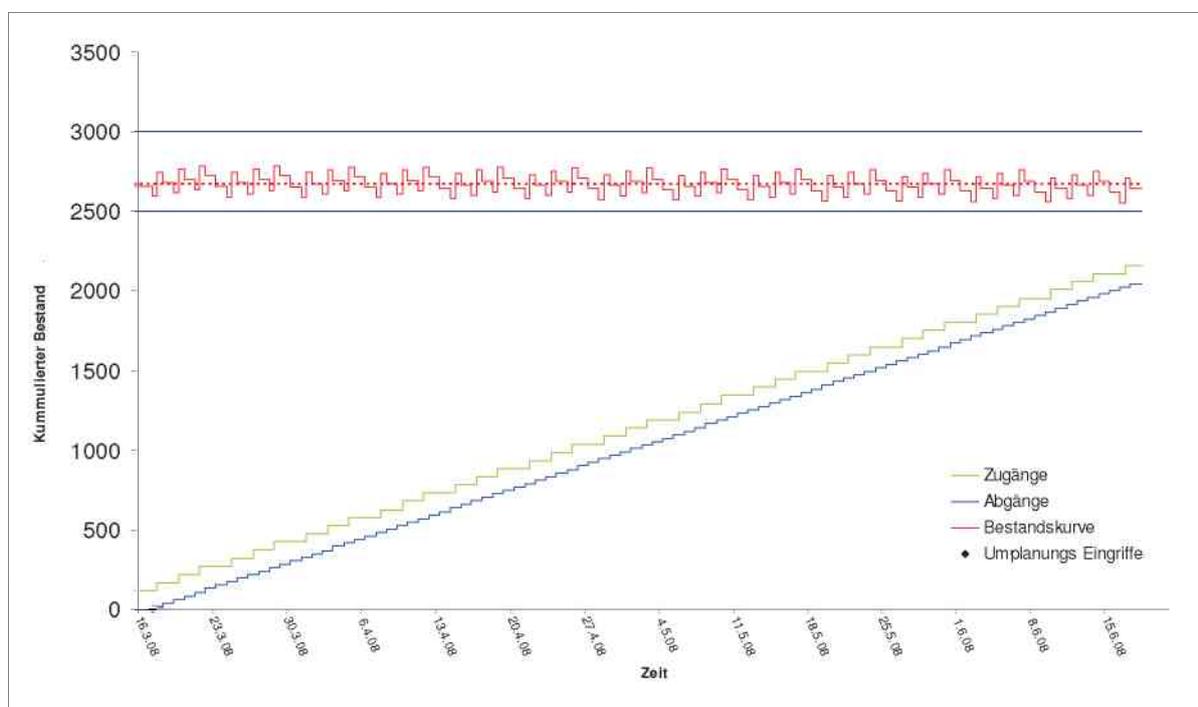


Abbildung 33: Pufferauswertung ohne stochastische Einflüsse¹³¹

Wie man der Abbildung entnehmen kann, entwickeln sich Materialzugänge und -abgänge über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg parallel, ohne dass der Puffer leer- oder voll läuft. Die *Zuliefersteuerung* greift wie vorhergesagt nur einmal zu Beginn der Simulation in das System ein. Von diesem Zeitpunkt an verläuft die Bestandsentwicklung konstant nach einem bestimmten Muster. Diese Tatsache bescheinigt dem Simulationsmodell, dass es der aufgestellten Hypothese entspricht und keine groben Modellierungsfehler vorliegen sollten.

¹³¹ Quelle: Eigene Darstellung

Monitoring

Unter *Monitoring* versteht man das Visualisieren von Zustandsgrößen und Variablen während des Simulationslaufes. Überprüft wird dabei zum Beispiel, ob die angezeigten Werte und die aktuelle Situation im Simulationsmodell konsistent sind. Für diese Darstellung kommen zwei Verfahren in Betracht. Einerseits können Werte zu einem bestimmten Zeitpunkt betrachtet werden, andererseits können Werte in einem zeitlichen Verlauf über einen gewissen Zeitraum visualisiert werden.¹³² Für das vorliegende Modell wurde die Visualisierung eines zeitlichen Verlaufs derselben Größen wie im *Festwerttest*, nämlich *Materialabgänge*, *Materialzugänge* und *Bestand* eines Puffers, gewählt, sowie die Anzahl der notwendigen Eingriffe durch die Zulieferplanung. Eine Visualisierung dieser Werte über einen längeren Betrachtungszeitraum sollte Aufschluss darüber geben, ob das gesamte Beschaffungssystem stabil läuft, oder ob Puffer dazu tendieren, voll oder leer zu laufen. Sollte das System dazu tendieren, voll oder leer zu laufen, obwohl durch den *Festwerttest* bestätigt wurde, dass die Modellstruktur weitestgehend fehlerfrei ist, würde das darauf hinweisen, dass die Steuerung nicht fehlerfrei arbeitet. Folgende Abbildung zeigt die Visualisierung der genannten Größen über einen Betrachtungszeitraum von rund fünf Monaten.

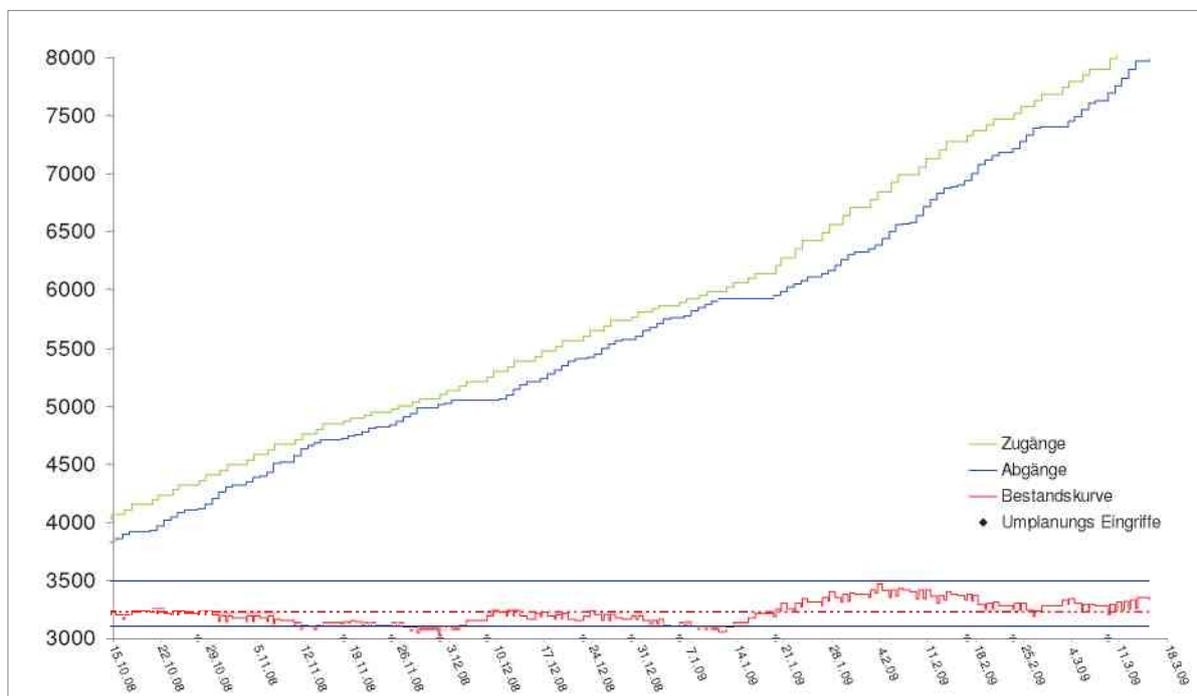


Abbildung 34: Verifikation & Validierung – Monitoring¹³³

Wie in Abbildung 34 im Vergleich zu der Darstellung des *Festwerttests* zu erkennen ist, schwanken die Materialabgänge (blau dargestellt) deutlich. Dementsprechend werden auch

¹³² Vgl.: Rabe et. al. (2008), S. 101.

¹³³ Quelle: Eigene Darstellung

deutlich mehr Umplanungseingriffe durch die *Zulieferplanung* benötigt, um die Materialzugänge den Abgängen anzupassen. Die Bestandsentwicklung des Puffers schwankt deutlich, dennoch ist keine Tendenz hin zu einem Voll- oder Leerlaufen ersichtlich. Somit erfüllt die Systemsteuerung ihre definierte Aufgabe und es kann davon ausgegangen werden, dass diese ebenfalls grundlegend fehlerfrei ist.

Zusätzlich zu der Validierung und Verifikation des Simulationsmodells sollte auch eine Überprüfung der für die Simulationsstudie verwendeten Daten durchgeführt werden, insbesondere wenn Realdaten durch statistische Verteilungen angenähert werden. Im vorliegenden Fall wird die gesamte Datenbeschaffung durch den Auftraggeber durchgeführt, der auch die Validierung dieser Daten übernimmt. Obwohl damit die Verantwortung für die Richtigkeit der Daten auf den Auftraggeber übergeht, werden die Daten dennoch zumindest einem Plausibilitätscheck unterzogen. Dieser Prozess wird im Zuge dieser Arbeit nicht näher beschrieben, der Vollständigkeit halber sei jedoch erwähnt, dass dieser durchgeführt wird.

Mit der Beschreibung der durchgeführten Verifikations- und Validierungsmaßnahmen schließt die Phase der Modellbildung ab. Es folgt gemäß der Zieldefinition, auf Basis des erarbeiteten Simulationsmodells, die Durchführung der notwendigen Experimente.

4.2 Experimente

Das erste Ziel innerhalb der Simulationsstudie, die Modellierung eines Simulationsmodells für das Testen und Ausplanen von Milkrun-Zuliefersystemen, ist an dieser Stelle erreicht. Es folgt nun die Anwendung dieses Simulationsmodells auf ein konkretes Szenario. Die Fachabteilung Logistik der Volkswagen AG plant für drei Lieferanten, die den Standort Hannover beliefern die prototypische Einführung eines Milkruns. Laut statischen Berechnungen und gegebenen vertraglichen Rahmenbedingungen hält der Fachbereich den Milkrun für durchführbar. Mittels des erstellten Simulationsmodells und der vom Fachbereich zur Verfügung gestellten Datenbasis soll nun die Machbarkeit und das Potential dieses Szenarios auf Simulationsbasis ermittelt und bei positiven Ergebnissen dessen Ausplanung unterstützt werden.

Das zu simulierende Szenario stellt sich folgendermaßen dar: Drei Lieferanten aus dem Großraum Hannover beliefern das Volkswagen Nutzfahrzeuge Werk mit jeweils einer Materialkomponente in Direktrelation. Mit Hilfe des Simulationsmodells soll ermittelt werden, ob eine Umstellung auf ein Milkrun-System für diese Lieferanten möglich wäre und welche Potentiale sich dadurch eröffnen. Um diese Fragen beantworten zu können, möchte der Fachbereich Logistik auf Basis von Vergangenheitsdaten einen Milkrun für diese Lieferanten simulieren, um die Ergebnisse mit den Daten des bestehenden Zuliefersystems vergleichen zu können. Folgende Abbildung zeigt den potentiellen Milkrun.

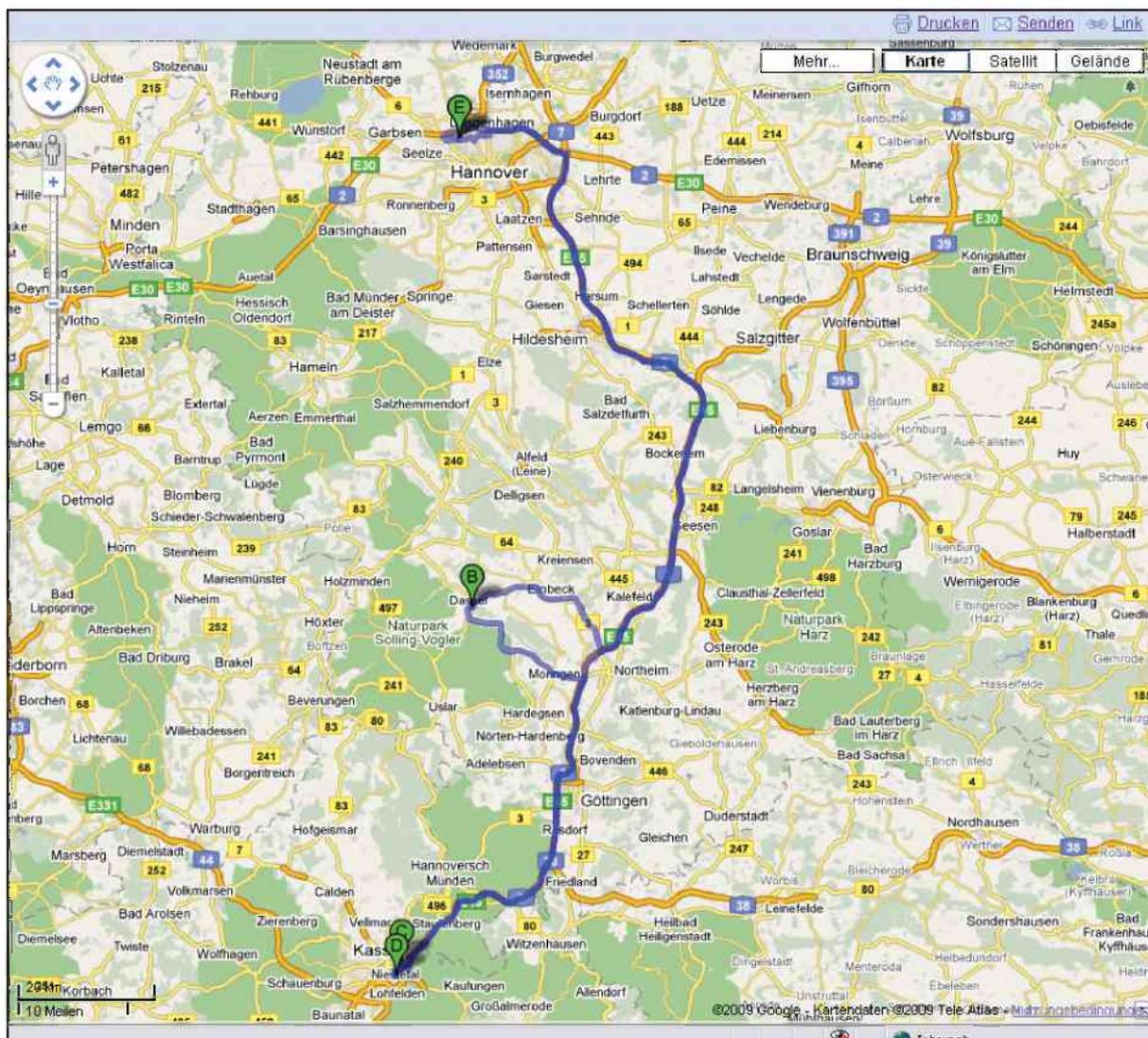


Abbildung 35: Milkrun-Route¹³⁴

In obenstehender Abbildung ist die Milkrun-Route blau hervorgehoben, der mit *E* bezeichnete Routenpunkt zeigt den Standort des Volkswagen Nutzfahrzeuge Werks (Abnehmer). *B*, *C* und *D* zeigen die Standorte der Lieferanten.

Das Simulationsmodell soll nun für diesen Milkrun konfiguriert werden und über einen Simulationszeitraum von einem Jahr (03/2008-03/2009) folgende Daten ermitteln:

- Durchschnittliche Auslastung des Transportmittels
- Anzahl an benötigten Transporten im Betrachtungszeitraum
- Durchschnittliche Fahrdauer und Anzahl an Fahrzeitüberschreitungen
- Durchschnittliche Lagerbestände der Materialien im Betrachtungszeitraum sowie Anzahl möglicher Stockouts

¹³⁴ Quelle: Google Inc. (2009)

- Anzahl der nötigen Umplanungseingriffe (frequenz- oder mengenmäßige Anpassungen des Milkruns)

Diese Daten sollen dem Fachbereich Logistik eine Potentialabschätzung des neuen Zulieferkonzepts für diese Lieferanten ermöglichen. Fällt diese Potentialabschätzung positiv aus, soll die Simulationsstudie noch weitere für die Einführung relevante Fragen beantworten. Dazu gehören sowohl die Bestimmung der schnellsten Rundtour, als auch die Abschätzung der Ankunftszeiten des Transportmittels bei den Lieferanten.

4.2.1 Experimentpläne und Ergebnisse

Um den Anforderungen an die gewünschten Simulationsergebnisse gerecht zu werden, sind mehrere Simulationsexperimente notwendig, die sich in zwei Phasen gliedern werden. Obwohl laut Aufgabenstellung das Auffinden der schnellsten Route erst nach positiver Potentialabschätzung erfolgen sollte, muss diese Reihenfolge für die Durchführung der Simulationsexperimente aus zwei Gründen umgekehrt werden. Der erste Grund für dieses Vorgehen erklärt sich folgendermaßen: Wenn die Simulationsergebnisse für eine vergleichende Potentialabschätzung mit einem bestehenden System herangezogen werden, und die Ergebnisse aber nicht auf der bestmöglichen Ausgangssituation basieren, kann dies zu falschen Rückschlüssen und im schlechtesten Fall zu einer ungerechtfertigten Ablehnung des neuen Systems führen. Der zweite Grund erklärt sich durch eine bessere Effizienz in der Simulationsstudie. Jedes Simulationsexperiment gewinnt durch die Anzahl an Simulationsdurchläufen an statistischer Genauigkeit. Je mehr Durchläufe pro Experiment durchgeführt werden, desto niedriger ist die Wahrscheinlichkeit statistischer Fehler. Da für die Bestimmung der schnellsten Rundtour mehrere Simulationsexperimente durchgeführt werden müssen, ist es sinnvoll, diese mit einer geringen Anzahl an Durchläufen durchzuführen, um die Simulationsdauer einigermaßen niedrig zu halten. Ist die beste Rundtour gefunden, kann diese nochmals mit einer höheren Anzahl an Durchläufen simuliert werden, um eine hohe statistische Genauigkeit zu gewährleisten.

Datenbasis

Unabhängig davon welche Experimente durchgeführt werden, wird für die Durchführung der Simulationsstudie die Datenbasis für das konkrete Szenario benötigt. Folgende Tabelle stellt komprimiert die vom Fachbereich zur Verfügung gestellten Daten für die Simulationsstudie dar. Die in der Tabelle aufscheinenden Kürzel *B*, *C*, und *D* repräsentieren jeweils die Lieferanten, wie sie in Abbildung 35 dargestellt sind. Wenn diese Kürzel in Zusammenhang

mit Materialien verwendet werden, so sind darunter jene Materialien zu verstehen, die von dem jeweiligen Lieferanten produziert werden. Der Buchstabe *E* steht für den Abnehmer.

Modell-komponenten	Daten	Datenstruktur
Konfiguration und Initialisierung	Grundbestand	B: 620 [100kg Materialeinheiten] C: 200 [100kg Materialeinheiten] D: 210 [100kg Materialeinheiten]
	Anzahl an Lieferanten	3
	Anzahl an Materialien	1 pro Lieferant
Simulationssteuerung	Simulationsstart	10.03.2008, 19:00
	Simulationsende	15.03.2009, 19:00
	Verbrauchstriggerzeitpunkte	ab 17.03.2008, 09:00; täglich
	Überwachungstriggerzeitpunkte	ab 13.03.2008 (Donnerstag), 24:00; wöchentlich
Zulieferplanung	Prognoseperiode	3 Wochen
	Prognosefehler	+/- 10%
	Maximalbestand	5 x Sicherheitsbestand
	Servicegrad	98%
	Zielbestand	0,5 (Mittelwert zwischen Maximalbestand und Sicherheitsbestand)
	Zeithorizont der Zielbestandserreichung	6 Wochen
	Umplanungsgrenzen	Untere Grenze: Sicherheitsbestand Obere Grenze: Maximalbestand
	Minimale LKW Auslastung	55%
	Maximale LKW Auslastung	95%
	LKW Startzeit	Variabel laut Experiment (frühestens 5:00)
Materialflusssteuerung	Route	Variabel laut Experiment
Lieferant	Wartezeiten	Siehe Abb.

	Beladezeiten	2 min / Tonne
	Öffnungszeiten	Werden nicht berücksichtigt
	Fehlmengen	Werden nicht berücksichtigt
Entladestelle	Wartezeiten	Siehe Abb.
	Entladezeiten	2 min / Tonne
	Öffnungszeiten	Ankunft d. LKW bis spätestens 18:00 erwünscht
Straße	Standardfahrzeit	E-B (B-E): 2h 01min B-C (C-B): 1h 21min C-D (D-C): 6min D-E (E-D): 2h 26min
	Verkehrsaufkommen/Stau	Siehe Abb.
Verbraucher	Verbrauchsdaten	Siehe Abb.
Transportmittel	Kapazität	25 Tonnen
	Max. Fahrzeit	9h

Tabelle 8: Input-Daten für die Simulationsstudie¹³⁵

Wie man der Datentabelle entnehmen kann, werden die Daten *Fehlmengen* und *Öffnungszeiten der Lieferanten* nicht berücksichtigt. Der Hintergrund, dass keine Fehlmengendaten für Lieferanten hinterlegt werden, ist jener, dass der Fachbereich dazu keine verlässlichen Daten erheben konnte und daher das Aussparen dieses Einflussfaktors als einzige mögliche Alternative angesehen wurde. Die Öffnungszeiten der Lieferanten wurden bewusst weggelassen, obwohl die Erhebung diesbezüglich keine Schwierigkeiten bereitet hätte. Grund dafür ist, dass das Fenster der Öffnungszeiten so groß ist, dass die Nichtberücksichtigung keinerlei Einfluss hat. Die *Verbrauchsdaten* sind als eine Tabelle aus historischen Materialverbräuchen für einen Zeitraum von mehr als einem Jahr dargestellt und dementsprechend zu groß, um in die Arbeit aufgenommen zu werden. Abbildung 36 zeigt einen Auszug aus der Datentabelle.

¹³⁵ Quelle: Internes Dokument (Volkswagen)

	date 0	integer 1	integer 2	integer 3
string	Zeitpunkt	B	C	D
545	20.04.2008	10	0	0
546	21.04.2008	58	25	29
547	22.04.2008	86	25	14
548	23.04.2008	67	29	43
549	24.04.2008	67	25	29
550	25.04.2008	96	25	29
551	26.04.2008	19	22	14
552	27.04.2008	0	0	0
553	28.04.2008	58	29	14
554	29.04.2008	86	36	29

Abbildung 36: Auszug - Verbrauchsdaten¹³⁶

Die Verbrauchsdatentabelle enthält für jedes Material den angefallenen Tagesverbrauch auf Basis von auf 100kg normierten Materialeinheiten.

Als Abbildung, und nicht als Zahlentabelle, werden die Daten *Verkehrsaufkommen/Stau* und die *Wartezeiten* bei Lieferanten und der Entladestelle abgebildet. Folgende Grafik zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen der Beta-verteilten Zufallswerte jeweils über einen Zeitraum von 24 Stunden in einem normierten Intervall von null bis eins.

¹³⁶ Quelle: Eigene Darstellung

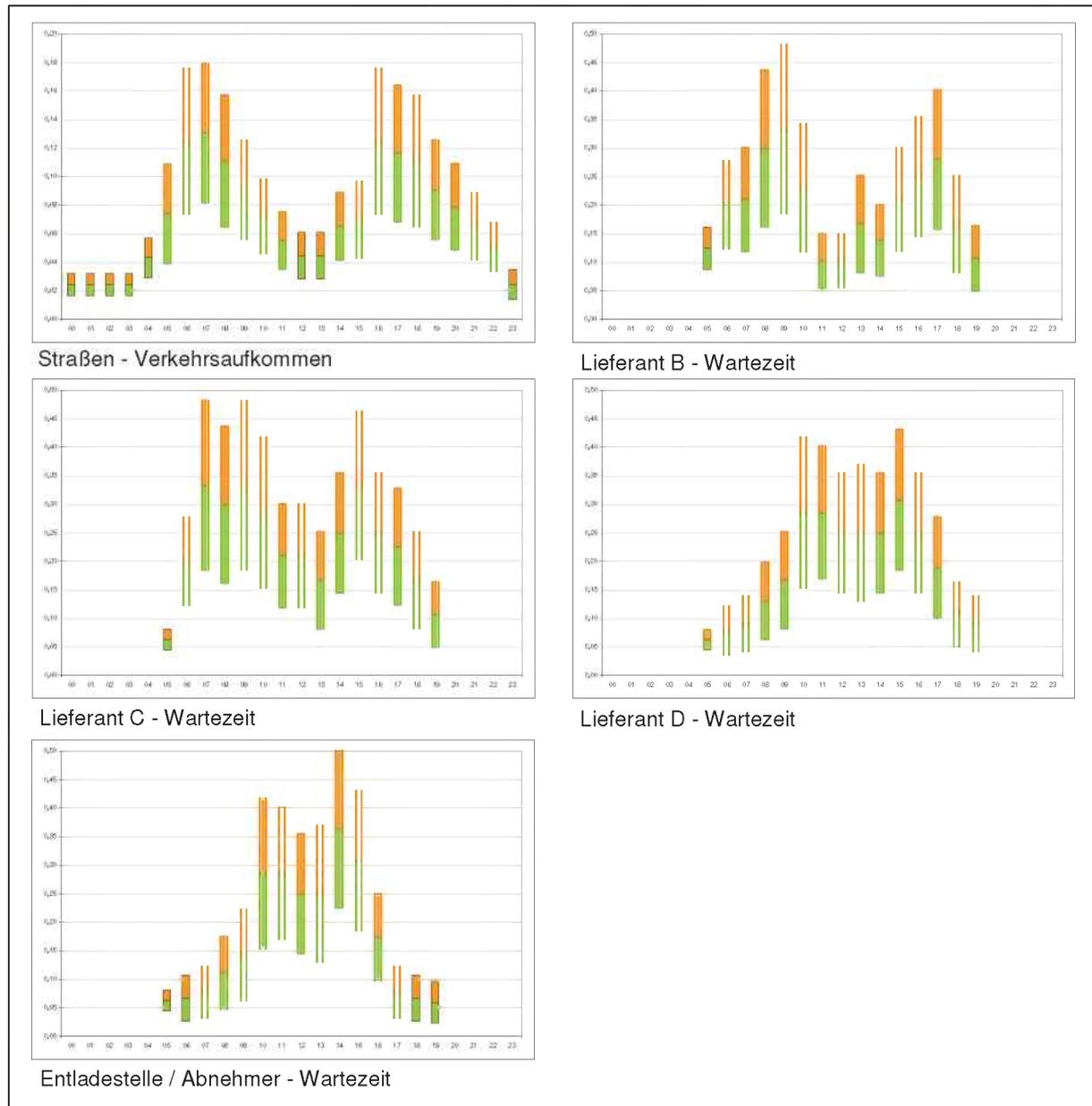


Abbildung 37: Verkehrsauftkommen und Wartezeiten verteilt nach Tageszeiten¹³⁷

Die in Abbildung 37 dargestellten Tageszeit-Verteilungen sind eine Visualisierung der vom Fachbereich zur Verfügung gestellten statistischen Verteilungen. Alle Werte basieren auf einer Beta-Verteilung mit nach Uhrzeit differenzierten Parametern. Die Verteilungen der Wartezeiten sind spezifisch für den jeweiligen Lieferanten oder Abnehmer. Die Verteilungen für das Verkehrsauftkommen der Straßen sind laut Fachbereich soweit aufbereitet, dass sie für jede Straßenverbindung als Annäherung eingesetzt werden können.

¹³⁷ Quelle: Eigene Darstellung

4.2.1.1 Experiment I

Das erste Experiment, das nun durchgeführt wird, dient der Bestimmung der schnellsten Milkrun-Rundtour. Zu diesem Zweck müssen verschiedene Szenarien simuliert und die Ergebnisse miteinander verglichen werden. Da die Wahrscheinlichkeit von Staus, sowie die Länge der Wartezeit bei Lieferanten von der Uhrzeit abhängig sind, beeinflusst nicht nur die Anfahrtsreihenfolge der Lieferanten die Dauer einer Rundtour, sondern auch der Startzeitpunkt des LKWs. Daraus ergeben sich zwei veränderliche Werte, die die Anzahl der nötigen Szenarien für die Bestimmung der schnellsten Rundtour festlegen.

Die Anfahrtsreihenfolge der Lieferanten kann bei einer Anzahl von drei Lieferanten auf eine Höchstzahl von sechs kombinatorischen Möglichkeiten anwachsen. Wenn man jedoch die geographische Lage der Lieferanten in Abbildung 35 genau betrachtet, stellt man fest, dass Lieferant *C* und *D* in unmittelbarer Nähe zueinander liegen. Diese Tatsache lässt nur zwei wesentlich unterschiedliche und sinnvolle Routenoptionen zu, nämlich E-B-C-D-E oder E-D-C-B-E.

Für die Variation der Abfahrtszeitpunkte des LKWs ergeben sich aus der Restriktion, dass der LKW frühestens um 5:00 losfahren darf und spätestens um 18:00 ankommen soll, sechs unterschiedliche Zeitpunkte, wenn man eine Stunde als kleinste sinnvolle Zeitspanne zwischen zwei Abfahrtsszenarien annimmt. Durch die *Standardfahrzeit* von knapp sechs Stunden und einer *Beladedauer* von 50 Minuten für eine gesamte LKW-Ladung ergibt sich, ohne die Berücksichtigung von Staus und Wartezeiten bei Lieferanten, eine Fahrdauer von knapp sieben Stunden. Damit liegt die späteste mögliche Abfahrtszeit des LKWs bei 10:00 vormittags.

Somit ergeben sich für die Ermittlung der schnellsten Rundtour eine nötige Anzahl von zwölf verschiedenen Szenarien. Folgende Tabelle stellt diese nochmals komprimiert dar.

Szenario	Route	LKW-Startzeit
Szenario 1	E-B-C-D-E	5:00
Szenario 2	E-B-C-D-E	6:00
Szenario 3	E-B-C-D-E	7:00
Szenario 4	E-B-C-D-E	8:00
Szenario 5	E-B-C-D-E	9:00

Szenario 6	E-B-C-D-E	10:00
Szenario 7	E-D-C-B-E	5:00
Szenario 8	E-D-C-B-E	6:00
Szenario 9	E-D-C-B-E	7:00
Szenario 10	E-D-C-B-E	8:00
Szenario 11	E-D-C-B-E	9:00
Szenario 12	E-D-C-B-E	10:00

Tabelle 9: Simulationsszenarien¹³⁸

Diese Szenarien gilt es nun zu simulieren und hinsichtlich der durchschnittlichen Rundtourdauer auszuwerten. Wenn das beste Szenario gefunden wurde, kann das nächste Experiment durchgeführt werden.

Ergebnisse Experiment I

Im Zuge des Experiments I wurden für jedes Szenario 15 Beobachtungen (Simulationsdurchläufe) durchgeführt und die durchschnittliche Fahrdauer der Milkrun-Rundtour über alle Milkrun-Durchläufe des gesamten Simulationszeitraums berechnet. Zudem wurde die durchschnittliche Anzahl an Fahrzeitüberschreitungen, sowie die durchschnittlichen Ankunftszeiten des LKWs beim Abnehmer ausgewertet. Folgende Abbildung zeigt die Auswertung der durchschnittlichen Fahrzeiten differenziert nach den einzelnen Szenarien. Die mit *Exp* bezeichneten Szenarien in folgender Abbildung entsprechen den beschriebenen Szenarien aus Tabelle 9. Die Fahrzeit ist aus technischen Gründen in Sekunden angegeben.

¹³⁸ Quelle: Eigene Darstellung

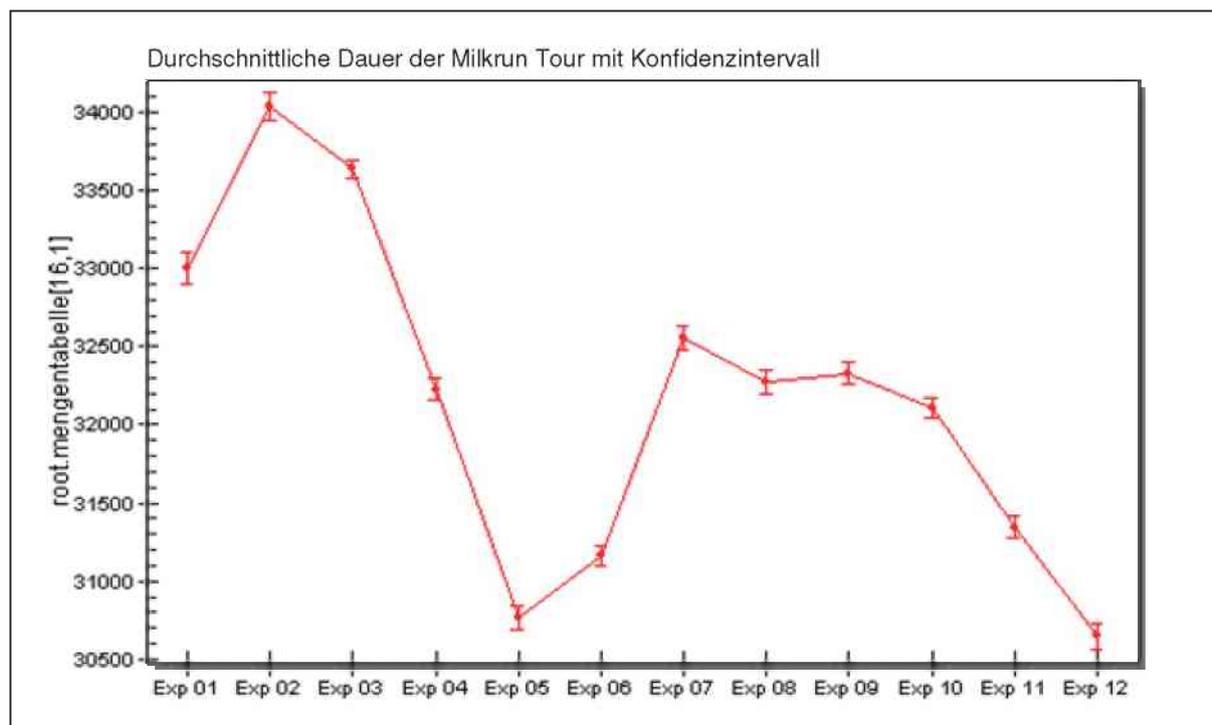


Abbildung 38: Auswertung - Durchschnittliche Rundtourdauer¹³⁹

Wie Abbildung 38 entnommen werden kann, schwankt die Fahrdauer einer Milkrun-Tour zwischen den einzelnen Szenarien deutlich. Zwischen dem besten Wert aus Szenario 12 und dem schlechtesten aus Szenario 2 liegt eine knappe Stunde Unterschied. Für die beiden besten Szenarien werden die genauen Auswertungen in nachstehender Tabelle angeführt.

	Szenario 5	Szenario 12
Rundtourzeiten	Mittelwert: 8h 32min Std.Abweichung: 18min L. Intervall (95%): 8h 30min R. Intervall (95%): 8h 34min	Mittelwert: 8h 30min Std.Abweichung: 19min L. Intervall (95%): 8h 28min R. Intervall (95%): 8h 32min
Anzahl an durchgeführten Transporten	Mittelwert: 189,1 Std.Abweichung: 4,9 L. Intervall (95%): 186,7 R. Intervall (95%): 191,4	
Anzahl an Fahrzeitüberschreitung (Mittelwert)	Mittelwert: 9,8 Std. Abweichung: 4,0	Mittelwert: 16,9 Std. Abweichung: 3,4

¹³⁹ Quelle: Eigene Darstellung

	L. Intervall (95%): 7,5 R. Intervall (95%): 12	L. Intervall (95%): 15,1 R. Intervall (95%): 18,8
Ankunftszeit beim Abnehmer (Mittelwert)	Mittelwert: 16:43 L. Intervall (95%): 16:40 R. Intervall (95%): 16:46	Mittelwert: 17:48 L. Intervall (95%): 17:45 R. Intervall (95%): 17:51

Tabelle 10: Auswertung Experiment I¹⁴⁰

Tabelle 10 enthält für alle angeführten Ausgabewerte sowohl die Mittelwerte, die Standardabweichungen, als auch die Konfidenzintervalle für ein Signifikanzniveau von 95 Prozent. Die Frage die sich nun stellt, ist, welches dieser beiden Szenarien zu bevorzugen ist. Rein auf Basis der Rundtourzeiten kann diese Entscheidung nicht getroffen werden, da beide nahezu ident sind. Wenn man sich die durchschnittlichen Ankunftszeiten des Milkrun-LKW beim Abnehmer ansieht, und berücksichtigt, dass es die Vorgabe gibt, dass der LKW spätestens um 18:00 beim Abnehmer eingelangt sein sollte, muss Szenario 5 der Vorzug gegeben werden, da dort der Zeitpuffer zwischen durchschnittlicher Ankunftszeit und spätest möglicher Ankunftszeit deutlich größer ist. Wenn man nun noch den wesentlichen Faktor der Fahrzeitüberschreitung miteinbezieht, fällt die Entscheidung klar auf Szenario 5. Im Vergleich zu Szenario 5 weist Szenario 12 eine knapp doppelt so häufige Fahrzeitüberschreitung auf. Konkret bedeutet das, dass bei Szenario 12 jede zehnte Milkrun-Fahrt länger als 9 Stunden dauert und somit die vorgegebene Maximalfahrzeit überschritten wird. Unter den gegebenen Voraussetzungen wird Szenario 5 der Vorzug gegeben und als beste Rundtour-Konfiguration der zwölf Szenarien identifiziert. Für weitere Experimente sollen somit die Input-Daten *Route E-B-C-D-E* und die *LKW-Startzeit 9:00* Uhr gewählt werden.

4.2.1.2 Experiment II

Ziel dieses zweiten Experiments ist es, die für die Potentialabschätzung und Einführung des Milkruns notwendigen Daten zu ermitteln. Folgende Daten sollen im Zuge dieses Experiments erhoben werden:

Transportrelevante Daten:

- Anzahl an benötigten Transporten
- Rundtourdauer und Anzahl an Fahrzeitüberschreitungen
- Auslastung des Transportmittels
- Ankunftszeiten des Transportmittel bei den Lieferanten und dem Abnehmer

¹⁴⁰ Quelle: Eigene Darstellung

Bestandsrelevante Daten:

- Durchschnittsbestände im Betrachtungszeitraum
- Anzahl an Stockouts

Steuerungsrelevante Daten:

- Anzahl an Milkrun-Umplanungen

Als Datenbasis dient dieselbe Datentabelle wie für Experiment I. Im Unterschied zu Experiment I wird jedoch nur ein Szenario simuliert, nämlich jenes, das als Ergebnis von Experiment I identifiziert wurde. Ein weiterer Unterschied zum vorigen Experiment ist, dass die Anzahl der Beobachtungen (Simulationsdurchläufe) pro Szenario von 15 auf 150 angehoben wird. Diese Maßnahme zur Erhöhung der statistischen Sicherheit wird nur möglich, weil anders als bei Experiment I, die Input-Daten nicht variieren und somit nur ein Szenario simuliert werden muss und damit die benötigte Zeit für die Simulationsstudie gleich bleibt.

Ergebnisse Experiment II

Folgende Daten wurden über einen Simulationszeitraum von einem Jahr für den Milkrun ermittelt:

Szenario 5	
Anzahl an benötigten Transporten	Mittelwert: 188,9 Std. Abweichung: 4,3 L. Intervall (95%): 188,4 R. Intervall (95%): 189,4
Durchschnittliche Rundtourzeit	Mittelwert: 8h 33min Std. Abweichung: 18min L. Intervall (95%): 8h 31min R. Intervall (95%): 8h 35min
Anzahl an Fahrzeitüberschreitungen	Mittelwert: 10,6 Std. Abweichung: 3,6 L. Intervall (95%): 10,2 R. Intervall (95%): 11
Durchschnittliche Auslastung des Transportmittels	Mittelwert: 78,1% Std. Abweichung: 1,8%

	L. Intervall (95%): 77,9% R. Intervall (95%): 78,3%
Ankunftszeit Lieferant B	Mittelwert: 11:12 Std. Abweichung: 4min L. Intervall (95%): 11:11 R. Intervall (95%): 11:13
Ankunftszeit Lieferant C	Mittelwert: 13:09 Durch. Standardabweichung: 7 min L. Intervall (95%): 13:08 R. Intervall (95%): 13:10
Ankunftszeit Lieferant D	Mittelwert: 13:37 Durch. Standardabweichung: 10 min L. Intervall (95%): 13:36 R. Intervall (95%): 13:39
Ankunftszeit Abnehmer	Mittelwert: 16:43 Std. Abweichung: 17min L. Intervall (95%): 16:41 R. Intervall (95%): 16:45
Durchschnittlicher Lagerbestand Material B	Mittelwert: 689 ME Std. Abweichung: 99 ME L. Intervall (95%): 677 R. Intervall (95%): 700
Durchschnittlicher Lagerbestand Material C	Mittelwert: 214 ME Std. Abweichung: 30 ME L. Intervall (95%): 211 ME R. Intervall (95%): 218 ME
Durchschnittlicher Lagerbestand Material D	Mittelwert: 249 ME Std. Abweichung: 28 ME L. Intervall (95%): 245 ME R. Intervall (95%): 252 ME
Stockouts	Keine beobachtet
Anzahl an Umplanungseingriffen	Mittelwert: 25,9 Std. Abweichung: 2,6 L. Intervall (95%): 25,6

	R. Intervall (95%): 26,17
Davon Anpassung d. Zuliefermengen	Mittelwert: 17,5 Std. Abweichung: 2,9 L. Intervall (95%): 17,2 R. Intervall (95%): 17,9

Tabelle 11: Auswertung Experiment II¹⁴¹

Diese Ergebnisse der Simulationsstudie werden dem Fachbereich Logistik als Entscheidungsgrundlage zur Verfügung gestellt. Auf Basis dieser Daten ist es dem Fachbereich möglich, die Gesamtbeschaffungskosten für dieses Szenario zu berechnen und in Kombination mit den Vergleichsdaten des bestehenden Zuliefersystems das Potential für die Einführung eines Milkruns für dieses Szenario abzuschätzen. Im vorliegenden Fall konkurriert der potentielle Milkrun mit einem Zuliefersystem aus drei Komplettladungsverkehren.

Ohne die genauen Vergleichsdaten und Kostenfunktionen zu kennen, können aus den Simulationsergebnissen dennoch gewisse Schlussfolgerungen für den simulierten Milkrun gezogen werden:

Wenn man die Transportmengen über den gesamten Simulationszeitraum addiert, erhält man eine Gesamttransportmenge von ungefähr 3700 Tonnen. Da Volkswagen die Komplettladungsverkehre so plant, dass immer eine kalkulatorische Vollauslastung (95 Prozent Auslastung) der Transportmittel gegeben sein muss, ergibt sich unter der Annahme, dass auch bei den bestehenden Komplettladungsverkehren ein LKW mit einer Kapazität von 25 Tonnen eingesetzt wird, eine Anzahl von 160 notwendigen Zulieferungen. Als Ergebnis der Simulationsstudie hat sich für den Milkrun-LKW eine durchschnittliche Auslastung von rund 78 Prozent ergeben, die im Mittel zu einer Anzahl von 189 benötigten Transporten im Betrachtungszeitraum geführt hat. Da sich im Zuge der Milkrun-Rundtour im Vergleich zu den Direktrelationen eine höhere Kilometerleistung ergibt, bedeutet dies für die Gesamtkilometerleistung im Betrachtungszeitraum Folgendes:

¹⁴¹ Quelle: Eigene Darstellung

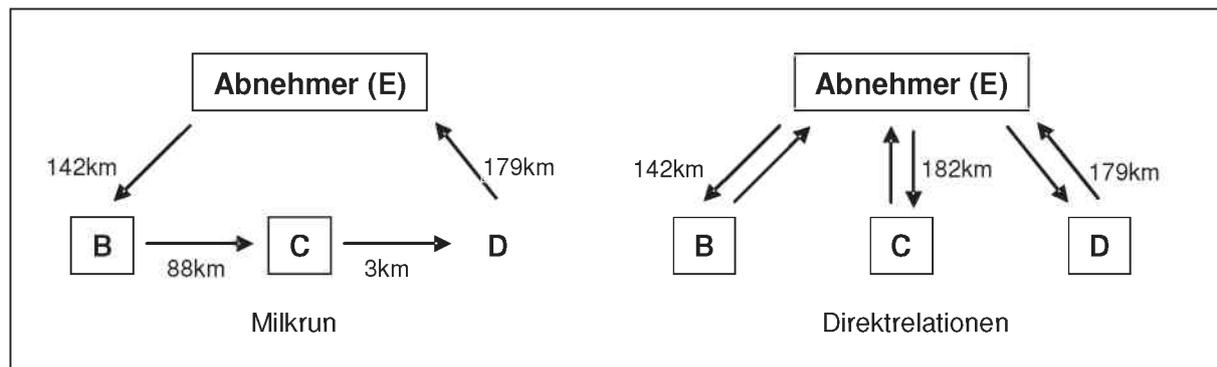


Abbildung 39: Streckenlängen im Milkrun-Netzwerk vs. Direktrelationen¹⁴²

Wenn man die Strecken der Milkrun-Rundtour aufaddiert, ergibt sich eine Gesamtlänge von 412 Kilometern. Summiert man diese wiederum über alle 189 Fahrten auf, ergibt sich daraus eine Gesamtlänge von mehr als 77.000 Kilometern. Bei den Komplettladungsverkehren hingegen, unter der vereinfachenden Annahme, dass alle Lieferanten dieselbe Anzahl an Transporten benötigen, ergibt sich eine Durchschnittsstrecke von 335 Kilometern. Bei 160 Fahrten führt dies zu einer Gesamtkilometerleistung von knapp 54.000 Kilometern. Somit erhöht sich die gefahrene Kilometerleistung von der Direktrelationen-Zulieferung auf das Milkrun-System um mehr als 40 Prozent. Damit das Milkrun-Zuliefersystem für dieses Szenario als kosteneffizienter betrachtet werden kann, müssen folglich die möglichen Einsparungen durch die Bestandssenkungen größer sein als die potentiell steigenden Transportkosten. Da es sich beim vorliegenden Szenario um einen Milkrun mit drei eingebundenen Lieferanten handelt, was im Vergleich zum Komplettladungsverkehr zu einer Reduktion der Zulieferlosgröße jedes Materials um 77 Prozent führt und somit eine Verdreifachung der Anlieferfrequenz bedeutet, kann theoretisch eine Reduktion der Materialbestände um zwei Drittel erwartet werden (der Zusammenhang zwischen Anlieferfrequenz und Beständen wurde in Kapitel 3 hergeleitet). Welche Bestandsreduktionen durch das Milkrun-Prinzip tatsächlich erreicht werden können, muss anhand des Vergleichs der Simulationsergebnisse mit den bestehenden Realdaten seitens des Fachbereichs Logistik ermittelt werden.

Ein weiterer relevanter Aspekt, der die Kosteneffizienz des Milkruns negativ beeinflussen kann, ist die Anzahl an Fahrzeitüberschreitungen. Eine Anzahl von knapp elf Fahrzeitüberschreitungen bei einer Fahrtanzahl von 188 bedeutet, dass bei jeder sechsten Fahrt die maximale Fahrzeit überschritten wird. Wenn diese Fahrzeitüberschreitungen nicht durch andere Maßnahmen in den Griff zu bekommen sind und ein zusätzlicher Fahrer für die Rundtour benötigt wird, kann dies zu erheblichen Zusatzkosten führen. Ein weiterer

¹⁴² Quelle: Eigene Darstellung

Unsicherheitsfaktor ist die hohe Anzahl an nötigen Umplanungseingriffen. Bei einer Simulationsdauer von einem Jahr bedeuten 26 Umplanungseingriffe einen Eingriff pro zwei Wochen. Da es sich bei rund 60 Prozent der Eingriffe jedoch nur um Mengen-, und nicht um Frequenzanpassungen handelt, sollte dieser Faktor kostenmäßig vernachlässigbar sein. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass auf Basis der zur Verfügung stehenden Informationen ein Einsparungspotential der Milkrun-Systematik gegenüber den Direktrelationen für das konkrete Szenario dann zu erwarten ist, wenn es sich um Materialien mit hohen Kapitalbindungs- oder Lagerhaltungskosten handelt. In einem solchen Fall würde die mögliche Kostenreduktion durch die zu erwartenden Bestandssenkungen den Anstieg an Transportkosten übersteigen.

Um das genaue Potential des Milkruns überprüfen zu können, müssten den einzelnen Kostentreibern Kostenfunktionen hinterlegt und mit den verursachten Kosten des bestehenden Systems im Betrachtungszeitraum verglichen werden. Diese Aufgabe liegt jedoch außerhalb dieser Arbeit, im Verantwortungsbereich der Fachabteilung Logistik.

4.3 Zusammenfassung

Abschließend kann zu Kapitel 4 – *Simulationsstudie* Folgendes festgehalten werden: Die Ansprüche an das Simulationsmodell hinsichtlich Adaptionsfähigkeit und Flexibilität stellten die größte Herausforderung dar. Das Softwaretool *Plant Simulation* hat die Umsetzung dieser Anforderungen jedoch sehr gut unterstützt. Durch die standardisierte Schnittstelle zu Microsoft Excel konnte das Modell so gestaltet werden, dass sich alle wesentlichen Parameter über ein Excel Dokument einlesen lassen und es somit möglich wird, den Einsatz des Simulationsmodells weitestgehend auch von Personen ohne spezielle Simulations- und Modellierungskennntnis durchführen zu lassen. Durch diese Art der Modellierung haben sich auch die unterschiedlichen Szenarien aus Experiment I besonders schnell durchführen lassen. Ein wesentlicher Aspekt, der im Zuge der Simulationsstudie beobachtet werden konnte, ist die Tatsache, dass die beweglichen Elemente in *Plant Simulation* einen stark restriktiven Faktor darstellen. Bereits bei einer Anzahl von mehr als 5000 beweglichen Elementen (Material, Förderhilfsmittel, Fahrzeug) wurde das Modell deutlich langsamer. Möchte man bei der Materialdarstellung, aktuell als 100kg normierte Materialeinheiten modelliert, einen höheren Detaillierungsgrad wählen, müsste man das Simulationsmodell umbauen und auf bewegliche Elemente gänzlich verzichten. Eine weitere Erkenntnis, die im Zuge der Simulationsstudie gewonnen wurde ist dass die Anhebung der Anzahl an Beobachtungen (Simulationsdurchläufe) pro Experiment nicht wesentlich zur Steigerung der statistischen Genauigkeit geführt hat. Obwohl von Experiment I auf Experiment II die Anzahl

der Beobachtungen verzehnfacht wurde, haben sich die Konfidenzintervalle der beobachteten Ausgabewerte (Vergleich Tabelle 11 und Tabelle 10) nur unwesentlich verkleinert. Da dieses Phänomen im Allgemeinen so nicht zu beobachten ist und das Modell hohen stochastischen Einflüssen unterliegt, liegt die Vermutung nahe, dass der lange Simulationszeitraum von mehr als einem Jahr diese Auswirkungen mit sich bringt.

Zum Simulationsmodell selbst sei an dieser Stelle noch festgehalten, dass es aufgrund seines adaptiven Aufbaus für weitere, als die in den durchgeführten Experimenten gezeigten Aufgaben, geeignet ist. So ist es ohne größere manuelle Modelleingriffe möglich, unterschiedliche Typen von Zuliefersteuerungen für Milkruns zu testen. Zudem kann das Modell automatisiert von einem Milkrun-Zuliefersystem auf die Darstellung einer Direktrelation reduziert werden. Das Simulationsmodell könnte auch dazu verwendet werden, nicht nur auf Vergangenheitsdaten basierende Potentialabschätzungen durchzuführen, sondern auch den laufenden Betrieb von Milkrun-Systemen zu unterstützen.

5 Conclusio

Ziel dieser Arbeit war es, ein Simulationsmodell zu entwickeln, welches dazu geeignet ist, die Einführung und Umsetzung von Milkrun-Zulieferkonzepten effizienter zu gestalten. Ausgangspunkt dafür war die Problemstellung, dass die Einführung von Milkrun-Zulieferkonzepten aufgrund des hohen Ressourceneinsatzes für die dafür notwendige Potentialabschätzung und Implementierung noch nicht flächendeckend möglich ist. Volkswagen erhofft sich jedoch vom verstärkten Einsatz dieses Konzepts, einem Anstieg der Beschaffungskosten teilweise entgegenwirken zu können. Entsprechend erklärt sich die Notwendigkeit der Erarbeitung von rechnergestützten Anwendungen, die die Einführung von Milkrun-Zulieferkonzepten effizienter und ressourcenschonender ermöglichen sollen. Einen wesentlichen Beitrag sollen dabei Simulationsstudien leisten.

Dieser Anspruch wurde insofern erfüllt, als dass sich im Zuge der Analyse des Milkrun-Zulieferkonzepts gezeigt hat, dass aufgrund der Komplexität des Konzepts der Einsatz von analytischen Methoden zur Potentialabschätzung und Implementierung kaum möglich ist. Diese Komplexität erklärt sich vor allem durch die hohe Anzahl an Beteiligten im System und deren Abhängigkeiten zueinander, sowie durch die gegebenen stochastischen Einflüsse, die auf das System wirken. Dieser Umstand führt dazu, dass das Systemverhalten eines Milkruns für ein konkretes Szenario kaum vorhergesagt werden kann und somit eine genaue Einschätzung über mögliche Einsparungspotentiale gegenüber dem jeweils bestehenden Zulieferkonzept nur mittels realer Testläufe möglich ist. Wie sich gezeigt hat, besteht das größte Potential von Simulationsstudien darin, diese realen Testläufe zu ersetzen und somit den Einführungsprozess von Milkrun-Konzepten effizienter zu gestalten.

Um diese Studien durchführen zu können, musste ein Simulationsmodell entwickelt werden, das sich insofern von den meisten Simulationsmodellen unterscheidet, als es in besonderer Weise den Anspruch der Adaptionsfähigkeit erfüllen musste. Diese notwendige Adaptionsfähigkeit beruht auf der Anforderung, dass dieses Modell nicht nur die Einführung eines einzelnen Milkruns unterstützen soll, sondern zukünftig für alle weiteren Einführungen einsetzbar sein soll. Da jedes Szenario unterschiedliche Rahmenbedingungen und Komponenten aufweist, muss das Modell die Möglichkeit bieten, ohne besondere IT-Kenntnisse und mit geringem Aufwand an die jeweils vorliegende Situation angepasst werden zu können. Im vorliegenden Fall wurde dafür eine spezielle Steuerung entwickelt, die über eine Schnittstelle zu MS-Excel eine automatisierte Adaption des Simulationsmodells an unterschiedliche Vorgaben aus dem Realsystem ermöglicht. Eine zusätzliche Herausforderung in der Modellbildung bestand darin, die einzelnen, an sich komplexen

Modellkomponenten (wie etwa Lieferanten, Straßen, Transportmittel und Verbraucher) so zu modellieren, dass ihr Verhalten wirklichkeitsgetreu wiedergegeben wird. Beispielhaft sei an dieser Stelle die Berücksichtigung der Möglichkeit von unterschiedlichem Verkehrsaufkommen auf den Straßen erwähnt, was nicht nur an die Modellbildung, sondern auch an die Datenerhebung besondere Ansprüche gestellt hat.

Bezogen auf das konkret durchgeführte Simulationsexperiment soll abschließend festgehalten werden, dass die Ergebnisse die gewünschte Grundlage für die Potentialabschätzung geliefert haben, sich der Fachbereich Logistik zum Zeitpunkt des Abschlusses dieser Arbeit allerdings noch nicht für oder gegen eine Umsetzung des Milkrun-Konzepts für das konkrete Szenario entschieden hat. Um Sicherheit über das wirklichkeitsgetreue Funktionieren des Simulationsmodells gewinnen zu können, wäre es, neben den bereits durchgeführten Verifikations- und Validierungsmaßnahmen, notwendig, das reale Systemverhalten mit dem im Rahmen der Simulation vorhergesagten Verhalten vergleichen zu können. Entsprechend kann zum jetzigen Zeitpunkt noch keine endgültige Aussage über die Anwendbarkeit des Modells getroffen werden.

Unabhängig von den Ergebnissen der Simulationsstudie hat das Vorgehen in der Modellbildung durch die systematische Aufbereitung der Prozesse und Abläufe einen zusätzlichen Erkenntnisgewinn für die Anwendung des Milkrun-Zulieferkonzepts geschaffen.

Ausblick

Wie sich bei der Analyse des Milkrun-Zulieferkonzepts gezeigt hat, lassen sich Einsparungspotentiale gegenüber anderen Zulieferkonzepten vor allem dort schaffen, wo eine hohe Stabilität im gesamten Beschaffungsprozess vorherrscht und eine gute Planbarkeit gegeben ist. Im Wesentlichen bedeutet das, dass Milkruns, bezogen auf die erhofften Kostenvorteile, insbesondere dann erfolgsversprechend sind, wenn eine hohe Prognosegenauigkeit bei den zu beschaffenden Materialien und eine hohe Stabilität in den Produktionsprozessen der Lieferanten gegeben ist. Da die erwähnten Faktoren jedoch bereits an eine Idealsituation in der Beschaffung grenzen, wird es kaum Situationen geben, wo das Milkrun-Zulieferkonzept sein volles Potential ausschöpfen kann. Dieser Aspekt muss insbesondere vor dem Hintergrund der aktuellen Entwicklung in der Automobilbranche betrachtet werden, wo eine steigende Variantenvielfalt dazu führt, dass immer geringere Mengen bei dadurch verursachter höherer Volatilität beschafft werden müssen, was wiederum zu einer immer schlechteren Planbarkeit und instabileren Beschaffungsprozessen führt. Da die oben skizzierte Idealsituation daher zusehends schwerer erreichbar sein dürfte, scheint auch das potentielle Einsatzgebiet von Milkruns zu schrumpfen.

Dieser Sichtweise ist jedoch entgegenzuhalten, dass sich mit dem generellen Trend der steigenden Variantenvielfalt die Ausgangssituation für alle Zulieferkonzepte erschweren wird. Somit ist zu erwarten, dass das Milkrun-Konzept seine Stärken gegenüber anderen Zulieferkonzepten auch bei schlechterer Ausgangssituation im relativen Vergleich dennoch behaupten kann. Gerade aufgrund dieser herausfordernden Zukunftsperspektiven ist es zudem umso wichtiger, auf ein Simulationsmodell zurückgreifen zu können, das eine schnelle und effiziente Potentialabschätzung des Milkrun-Zulieferkonzepts, insbesondere zu Vergleichszwecken, ermöglicht.

6 Literaturverzeichnis

Alders, Klaus: Wahnsinn mit Methode. In: Automobil-Produktion. 6. Artikel, Januar 2005. Seite 32 bis 48. Online im Internet: <http://www.alders-vmc.de/alders/alders_images/downloads/6.artikel_automobil_produktion-januar_05-p_38-42.pdf> Stand 2005; Abfrage 11.04.2009, MEZ 09:43.

Appelfeller, Wieland; Buchholz, Wolfgang: Supplier relationship management. Strategie, Organisation und IT des modernen Beschaffungsmanagements, Gabler-Verlag, Wiesbaden, 2006. ISBN 3409126872.

ASIM-Arbeitsgemeinschaft Simulation: Kurzbeschreibung. Online im Internet: <<http://www.asim.org/>> Stand 2009; Abfrage 24.09.2009, MEZ 09:07.

Baudin, Michel: Lean logistics. The nuts and bolts of delivering materials and goods, Productivity Press, New York, 2004. ISBN 1563272962.

Beckmann, Holger; Schmitz, Michael: Beschaffung. In: Handbuch Logistik. 3. Auflage, hrsg. von Arnold, Dieter [u.a.], Berlin, Springer-Verlag, 2008. ISBN 978-3-540-72929-7, Seite 255 bis 284.

Emporias Management Consulting GmbH: Milkruns: Mit Konzept zum Erfolg!. Online im Internet: <<http://www.emporias.de/index.php?id=42&file=42&PHPSESSID=tvd4u2te6ej8jef33alhdhj73>> Stand 2007; Abfrage 22.04.2009, MEZ 14:47.

Emporias Management Consulting GmbH: Milkruns und Roundtrips: Durch Bündelung Versorgungssicherheit erhöhen. Online im Internet: <<http://www.emporias.de/index.php?id=42&file=31&PHPSESSID=korevmhuo1efp3el83fklie8e4>> Stand 2006; Abfrage 17.04.2009, MEZ 13:24.

Exakt Transport + Logistik GmbH & Co. KG: Der Fuhrpark. Online im Internet: <<http://www.exakt-trans.de/fuhrpark.html>> Stand 2007; Abfrage 19.04.2009, MEZ 10:12.

Fleischmann, Bernhard: Begriffliche Grundlagen. In: Handbuch Logistik. 3. Auflage, hrsg. von Arnold, Dieter [u.a.], Berlin, Springer-Verlag, 2008. ISBN 978-3-540-72929-7, Seite 3 bis 18.

Fleischmann, Bernhard: Transport- und Tourenplanung. In: Handbuch Logistik. 3. Auflage, hrsg. von Arnold, Dieter [u.a.], Berlin, Springer-Verlag, 2008. ISBN 978-3-540-72929-7, Seite 137 bis 153.

Flender, Heiko [u.a.]: Technical Report. Transportnetzplanung unter Betrachtung der Kosten-/Nutzenallokation am Beispiel der Versorgungslogistik eines Automobilherstellers, Universität Dortmund, Dortmund, 2008. ISSN 1612-1376

Ford, Henry; Crowther, Samuel: My life and work. Cosimo, New York, 2005. ISBN 978-1-596-05298-1

Gleißner, Harald; Femerling, Christian: Logistik. Grundlagen - Übungen - Fallbeispiele, Gabler-Verlag, Wiesbaden, 2008. ISBN 9783834902962.

Google Inc.: Google Maps. Online im Internet: <<http://maps.google.at>> Stand 2009; Abfrage 27.09.2009, MEZ 14:17.

Handelsgesetzbuch. Bd. 4, 4. Neubearb. Aufl., de Gruyter Recht, Berlin, 2004. ISBN 978-3-899-49174-6.

Hartel, Dirk: Telefoninterview. Hochschule Badenwürttemberg, Studiengangsleiter BWL-Dienstleistungsmanagement, Paulinerstraße 45, D-70178 Stuttgart, 05.05.2009.

Hompel, Michael; Schmidt, Thorsten: Warehouse Management. Organisation und Steuerung von Lager- und Kommissioniersystemen, 3. korrigierte Auflage, Springer-Verlag, Berlin [u.a.], 2008. ISBN 9783540748755.

Ihme, Joachim: Logistik im Automobilbau. Logistikkomponenten und Logistiksysteme im Fahrzeugbau, Hanser-Verlag, München, 2006. ISBN 978-3-446-40221-8.

Inderfurth, Karl: Lagerbestandsmanagement. In: Handbuch Logistik. 3. Auflage, hrsg. von Arnold, Dieter [u.a.], Berlin, Springer-Verlag, 2008. ISBN 978-3-540-72929-7, Seite 153 bis 167.

Jacobi, Carsten; Hartel, Dirk; Spendl, Kathrin: Logistics Excellence in der Automobilindustrie. Emporias Management Consulting, Unterföhring, 2005. ISBN 3-936728-04-6.

Jaeger, Gudrun; Laudel, Heinz: Transportmanagement. Die Fachkunde des Güterverkehrs für Spedition, Handel und Industrie, 5. überarb. Aufl., Feldhaus-Verlag, Hamburg, 2003. ISBN 3-88264-357-9.

Martin, Heinrich: Transport- und Lagerlogistik. Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik, 7. erw. und aktualisierte Aufl., Vieweg + Teubner, Wiesbaden, 2009. ISBN 978-3-8348-0451-8.

Piltz, Burghard: Vertragsrecht und Vertragsgestaltung bei Internationalen Kaufverträgen. In: Handbuch für Kaufrecht, Rechtsdurchsetzung und Zahlungssicherung im Außenhandel.

Internationale Kaufverträge, internationale Produkthaftung, Eigentumsvorbehalt, Schiedsgerichtsbarkeit, gerichtliche Durchsetzung und Vollstreckung, internationale Zahlungs- und Sicherungsinstrumente, Incoterms, hrsg. von Häberle, Siegfried Georg; Lißner, Sabine. Oldenbourg, München, 2002. ISBN 3-486-25825-7, Seite 1 bis 173.

Rabe, Markus; Spiekermann, Sven; Wenzel, Sigrid: Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik. Vorgehensmodelle und Techniken, Springer-Verlag, Berlin [u.a.], 2008. ISBN 978-3-540-35281-5.

Scheer, August-Wilhelm; Köppen, Alexander: Consulting. Wissen für die Strategie-, Prozess- und IT-Beratung, 2. verb. und erw. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, 2001. ISBN 3540421181.

Schieck, Arno: Internationale Logistik. Objekte, Prozesse und Infrastrukturen grenzüberschreitender Güterströme, Oldenbourg-Verlag, München, 2008. ISBN 978-3-486-58325-0.

Schmid, Tonja: Variantenmanagement - Lösungsansätze in den einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus zur Beherrschung von Variantenvielfalt. Diplomica Verlag, Hamburg, 2009. ISBN 3836673878.

Supply-Chain Council: Supply-Chain Operations Reference-Model. SCOR Overview 8.0, Supply-Chain Council, Brüssel, 2006.

Tecnomatix Siemens Lifecycle Management Software II (DE) GmbH: Tecnomatix Plant Simulation 9. Hilfe, Version 9.0.1, 2008.

Vahrenkamp, Richard: Logistik. Management und Strategien, 5. vollst. überarb. und erw. Aufl., Oldenbourg-Verlag, München, 2005. ISBN 978-3-486-577099.

Vastag, Alex: Beschreibung und Abgrenzung der Distribution. In: Handbuch Logistik. 3. Auflage, hrsg. von Arnold, Dieter [u.a.], Berlin, Springer-Verlag, 2008. ISBN 978-3-540-72929-7, Seite 405 bis 412.

Wannenwetsch, Helmut: Integrierte Materialwirtschaft und Logistik. Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion, 3. aktualisierte Aufl., Springer-Verlag, Berlin, 2007. ISBN 978-3-540-89772-9.

Wenzel, Sigrid [u.a.]: Qualitätskriterien für die Simulation in Produktion und Logistik. Planung und Durchführung von Simulationsstudien, Springer-Verlag, Berlin [u.a.], 2008. ISBN 978-3-540-35272-3.

Wildemann, Horst; Faust, Peter: TCW Standpunkt. Partnerschaftliche Prozessoptimierung in der Automobilindustrie, Online im Internet: <http://www.tcw.de/uploads/html/publikationen/standpunkte/files/Artikel_23_Partnerschaftliche_Prozessoptimierung.pdf> Stand 2004; Abfrage 17.04.2009, MEZ 13:32.

Wildemann, Horst; Niemeyer, Axel: Das Milkrun-Konzept: Logistikkostensenkung durch auslastungsorientierte Konsolidierungsplanung. Online im Internet: <http://www.tcw.de/uploads/html/publikationen/aufsatz/files/Logistikkostensenkung_Milkrun_Niemeyer.pdf> o.J.; Abfrage 14.04.2009, MEZ 10:27.

7 Anhang

Telefoninterview mit dem Fachexperten Prof. Dr. Dirk Hartel

Dieses Interview wurde vom Verfasser dieser Arbeit am 5. Mai 2009 geführt, Gesprächspartner war Prof. Dr. Dirk Hartel, Professor an der Hochschule Baden-Württemberg mit dem Lehrgebiet Supply Chain Management, Logistik, Einkauf und Materialwirtschaft. Das Interview wurde mit dem Ziel durchgeführt, weitere Fachinformationen zum Arbeitsthema zu gewinnen und richtete sich in den Fragestellungen nach im Rahmen der eigenen Recherche identifizierten Schlüsselthemen.

Herr Prof. Hartel, welche Voraussetzungen müssen Ihres Erachtens nach gegeben sein, um einen Milkrun erfolgreich einführen zu können?

Hartel: Eine der wichtigsten Voraussetzungen ist die erfolgreiche Umstellung der Incoterms von Frei Haus zu Ab Werk. Diese Umstellung ist nötig, da Milkrun in Selbstorganisation durchgeführt wird. Hierbei gibt es sehr oft ein Problem, da zumeist ein abteilungsübergreifendes Zusammenarbeiten zwischen Einkauf und Logistik gefragt ist. Für die Umstellung der Incoterms ist meist der Einkauf zuständig. Zum Zweiten müssen die Lieferanten eine gewisse Stabilität in ihren Produktionsprozessen besitzen, um ihre Lieferungen rechtzeitig an der Rampe zu haben. Beachtet werden muss auch die Fahrzeitrestriction für LKW-Fahrer, die laut EU-Gesetz bei 9 Stunden liegt, was ein gewisses Problem darstellt. Mit dieser maximalen Fahrzeit verbunden ist die entsprechende geographische Nähe eine weitere Voraussetzung. Und schließlich müssen die Teilebedarfe stabil sein, und die Volumen der betrachteten Teile müssen sich im Teilladungsbereich bewegen.

Außerdem sollte die Auslastung eines LKWs bei einem Milkrun planmäßig nicht mehr als 80 bis 85 Prozent ausmachen, da Lieferanten auch sehr oft überbeladen – und dann würde man einen zweiten LKW benötigen. Sind all diese Voraussetzungen gegeben, muss der Milkrun selbst eine gewisse Stabilität vorweisen. Vor allem wegen des Planungsaufwands sollte ein Milkrun, wenn er einmal konfiguriert wurde, zumindest drei Monate entsprechend durchlaufen.

Bezüglich der Materialien gibt es das Problem der Bedarfsschwankung. Gibt es hierzu eine Regel, die besagt, wie stark ein Material im Bedarf schwanken darf, um für Milkrun geeignet zu sein?

Hartel: Für Teile, die mit Milkrun beschafft werden, sollte laut Literatur eine maximale Schwankungsbreite von 10 Prozent nicht überschritten werden. Ich würde sagen, die

absolute Schmerzgrenze liegt bei einer Schwankungsbreite von 15 Prozent. Wichtig zu bedenken ist dabei aber immer, dass es dabei nicht um das einzelne Material geht, sondern um die gesamte Transportmenge (z. B. Anzahl der Gitterboxen, nicht Anzahl jeder einzelnen Schraube).

Welche akuten Probleme würden Sie bei der Einführung von Milkruns identifizieren?

Hartel: Ein Knackpunkt ist jedenfalls die Umstellung der Incoterms, weil dabei der Einkauf und die Logistik zusammenarbeiten müssen, da ja zumeist der Einkauf für die Incoterms verantwortlich ist. Ein weiteres Problem ist es, das Teilladungsminimum zusammenzubekommen. Oft hat man genug Lieferanten in einem Bereich zusammen, die aber dennoch ein zu kleines Teilevolumen haben.

Die Öffnungszeit des Wareneingangs beim Kunden kann auch ein Problem sein. Wenn ein Milkrun um 8:00 beginnt und erst um 17:00 retour kommt, kann es passieren, dass der Wareneingang beim Kunden bereits geschlossen hat.

Ein grundlegendes Problem bei diesen Projekten ist zudem häufig, sinnvolle Touren zu finden, da sehr oft Lieferanten, die zwar geographisch in der Nähe wären, zu wenig Volumen haben oder umgekehrt.

Wie lange ist Ihrer Einschätzung nach die durchschnittliche Amortisationsdauer des Aufwands zur Einführung von Milkrun?

Hartel: Bei diesen Projekten handelt es sich generell um keine Langzeitprojekte. Natürlich darf man nicht außer Acht lassen, dass bei der Planung von mehreren Milkruns zugleich ein gewisser Skaleneffekt auftritt, was bedeutet, dass eine Amortisation dort früher eintritt. Im Durchschnitt kann man aber sagen, dass sich solche Projekte ungefähr nach einem halben Jahr rechnen.

Da jedoch die Logistikabteilungen generell die Transportpreise bereits sehr stark gedrückt haben und es hier kaum noch Potential für eine Verbesserung gibt, ist eine solche Restrukturierung des Transports, wie es beim Milkrun der Fall ist, eine der wenigen Möglichkeiten, Einsparungen bei den Transportkosten zu lukrieren. Zumeist sind auch die Spediteure einem Milkrun gegenüber sehr aufgeschlossen, aufgrund seiner Stetigkeit und Planbarkeit.

Gibt es Kennzahlensysteme für Milkruns?

Hartel: Hier kann ich auf Projekte verweisen, die ich begleitet habe. Spezielle Kennzahlen wurden dabei kaum verwendet. Im Vorfeld hat man sich verschiedene Bereiche angesehen, wie etwa das Volumen, das die Teile aufweisen, um zu wissen, welche sich eignen.

Eine andere Kennzahl, die man sich angesehen hat, waren die durchschnittlichen Bestände bzw. die Bestandsveränderung der Materialien, da sich Milkruns auch sehr stark auf die Bestände auswirken.

Eine weitere Kennzahl sind die Sonderfahrtkosten, sowie die Liefertreue der Lieferanten.

Gibt es bei der Anwendung des Milkrun-Konzepts das Potential für Lerneffekte?

Hartel: Lerneffekte in dem Sinn hätten wir keine identifiziert. Ein Lerneffekt, falls man das so nennen will, war allerdings, dass man dieses System, wenn man es bereits beim Kundenwerk A angewandt hat, sehr leicht auch beim Kundenwerk B anwenden konnte. Eine Beruhigung der Produktionsplanung war ein weiterer Effekt, die Bedarfe sind stabiler geworden.

Aber dass beispielsweise die Lieferanten schneller geworden wären, und somit ein weiterer Lieferant in das System aufgenommen werden hätte können, war nicht der Fall. Beziffern kann man etwaige Lerneffekte somit nicht.

Wo sehen sie das größte Potential von Simulationsstudien bzw. bei der Möglichkeit einer Maschinenunterstützung?

Hartel: Das größte Potential sehe ich hierbei bei der konkreten Tourenplanung und bei der Ausplanung des Milkruns. Wir haben potentielle Milkrunlieferanten großteils mit der Hand identifiziert. Wenn man mittels Simulation zum Beispiel herausbekommt, wie stabil ein solcher Milkrun ist bzw. die Beladefenster bei den Lieferanten identifiziert, oder wie oft es einen Sondertransport gibt, dann bietet dies definitiv einen Mehrwert. Es macht auf jeden Fall Sinn, sich mit dem Potential von Simulation bei der Einführung von Milkruns zu beschäftigen.