

Masterarbeit

Vorgehen zur Prüfung der Simulations- würdigkeit im Bereich der Liefertreue von Automobilzulieferern

Im Studiengang Logistik (M.Sc.) an der Technischen Universität Dort-
mund

Verfasst von:
Daniel Draffehn
Matrikelnummer: 161265

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Markus Rabe
Joachim Hunker, M.Sc.
Technische Universität Dortmund

Ausgegeben am: 10. Oktober 2018
Eingereicht am: 27. März 2019

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
2 Bestandteile der Liefertreue	3
2.1 Aufgaben und Zusammensetzung.....	3
2.2 Kundenanforderungen und Zielsetzungen.....	4
2.3 Instrumente des Lieferservice	5
2.4 Lieferbedingungen.....	8
2.5 Kennzahlen zur Liefertreue	10
2.6 Ansätze zur Verbesserung der Liefertreue	11
3 Lieferantenbewertung.....	14
3.1 Anforderungen an Lieferanten.....	14
3.2 Kriterien zur Lieferantenbewertung	16
3.3 Vorgehen der Lieferantenklassifizierung	18
3.4 Ansätze zur Verbesserung der Lieferantenbeziehungen.....	19
4 Simulation und Modellierung	22
4.1 Einführung in die Simulation.....	22
4.2 Allgemeine Anforderungen an das Simulationsmodell	23
4.3 Kriterien zur Prüfung der Simulationswürdigkeit.....	25
4.4 Gegenüberstellung verschiedener Simulationsverfahren	26
4.5 Vorgehensmodelle der Simulation.....	31
4.6 Phasen der Modellbildung	36
4.7 Kriterien der Verifikation & Validierung.....	37
5 Schritte zur Erstellung eines Simulationsmodells	41
5.1 Prüfung der Simulationswürdigkeit.....	41
5.2 Auswahl eines geeigneten Simulationsverfahrens und Vorgehensmodells.....	42
5.3 Einsatz des Vorgehensmodells	44
5.4 Erstellung des Konzeptmodells auf Basis der Systemanalyse	49
5.5 Erstellung des formalen Modells auf Basis der Modellformalisierung.....	52
5.6 Erstellung des ausführbares Modells auf Basis der Implementierung.....	53
5.7 Verifikation & Validierung	55

6 Anwendung der Simulation am Fallbeispiel der Westfalia-Automotive GmbH.....	59
6.1 Ausgangssituation	59
6.2 Prüfung der Simulationswürdigkeit	60
6.3 Ursachen für die Nichterfüllung der Liefertreue	62
6.4 Lieferantenbewertung und -klassifizierung	65
6.5 Gesamtliefertreue zu den Kunden	72
6.5.1 Messung der Termin- und Mengentreue	73
6.5.2 Einbeziehung der Lieferqualität.....	79
6.5.3 Servicebewertung	80
6.5.4 Messung der Gesamtliefertreue	82
6.6 Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren zur Messung der Liefertreue	83
6.7 Kritische Würdigung der Simulationsergebnisse	84
6.8 Erfolgsfaktoren zur Verbesserung der Lieferfähigkeit.....	86
6.9 Fazit	89
7 Zusammenfassung und Ausblick.....	91
Literaturverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis.....	XI
Tabellenverzeichnis.....	XII
Formelverzeichnis	XIII
Eidesstattliche Versicherung	XIV

1 Einleitung

Die zunehmende Globalisierung führt zu einer gravierenden Steigerung im grenzüberschreitenden Verkehr und zu größeren Transportdistanzen, bei denen eine genaue Terminplanung notwendig ist. Unternehmen müssen ein hohes Augenmerk auf die Lieferzuverlässigkeit, Termintreue und die Flexibilität haben. Im Handel können mit *Just-in-Time-Lieferungen* eine Verringerung der Bestellmengen bei gleichzeitiger Steigerung der Bestellhäufigkeit und verkürzten Lieferzeiten erreicht werden. (vgl. Lasch 2016, S. 260-261) Da die Kunden in heutiger Zeit kürzere Lieferfristen auf dem Absatzmarkt fordern, müssen die Beschaffungs- und Fertigungsabläufe frühzeitig angestoßen werden. Lieferantentreues Verhalten ist zwingend notwendig, wenn die kundenspezifischen Produkte und Dienstleistungen termingerecht bereitgestellt werden müssen. Aus diesem Grund sind detaillierte Kenntnisse über die Kunden und deren Anforderungen erforderlich. (vgl. Melzer-Ridinger 2008, S. 8-11) In der Automobilindustrie werden die Zulieferteile von den Automobilzulieferern zunehmend in großer Anzahl von Ausstattungs-, Länder- sowie Verpackungsvarianten angeboten. Die große Variantenvielfalt der Enderzeugnisse hat zur Folge, dass für die Vielzahl von Beschaffungsobjekten geeignete Lieferanten gesucht, Bedarfsplanungen umgesetzt, Verhandlungen durchgeführt, optimale Bestände errechnet und geeignete Lagerplätze gefunden werden müssen. Des Weiteren wird auch die Qualität von Absatzprodukten immer mehr durch die Lieferbereitschaft und die Leistungsfähigkeit der Lieferanten beeinflusst, die die Zukaufteile anliefern. Ziel ist, den Kundenanforderungen an die Produktqualität und an die Einhaltung von vereinbarten Lieferterminen sowie -mengen langfristig gerecht zu werden. Um die Wettbewerbsfähigkeit der Automobilzulieferer nachhaltig zu sichern, sind kontinuierliche Verbesserungen in den Beschaffungsprozessen sowie der Lieferzuverlässigkeit und -treue zu den Kunden notwendig. (vgl. Melzer-Ridinger 2008, S. 9-12) Um Schwachstellen in der Lieferkette besser zu erkennen, können Automobilzulieferer geeignete Simulationsverfahren und -modelle im Bereich der Liefertreue einsetzen.

Ziel ist, auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse zunächst die Simulationswürdigkeit zu prüfen, ein geeignetes Simulationsverfahren auszuwählen und im weiteren Schritt ein passendes Simulationsmodell über die einzelnen Phasen der Modellbildung eigenständig zu erstellen. Im weiteren Verlauf werden die Simulationsergebnisse auf Grundlage der Modelbildung am Fallbeispiel der *Westfalia-Automotive GmbH* ermittelt, dargestellt, analysiert und daraufhin notwendige Handlungsmaßnahmen aus der Praxis ausgearbeitet.

Im Grundlagenteil der Masterarbeit erfolgt eine Einführung in das Themengebiet der Liefertreue und der Lieferantenbewertung. Hier werden die grundlegenden logistischen Zusammenhänge, Bewertungskriterien und -verfahren sowie die Maßnahmen behandelt, die für die Lieferantenbewertung, die Messung der Liefertreue zu den Kunden und für die Erstellung eines Simulationsmodells im Anwendungsteil relevant sind.

Das folgende Kapitel behandelt die Simulation und Modellierung, bei der zu Beginn die Grundlagen der Simulation, Kriterien zur Prüfung der Simulationswürdigkeit und die verschiedenen Simulationsverfahren vorgestellt werden. Im weiteren Verlauf werden aus der Literatur zwei verschiedene Vorgehensmodelle zur Simulation abgebildet und erläutert sowie deren Phasen und die Schritte zur Modellbildung beschrieben. Da die zwei Vorgehensmodelle in ihrer Vorgehensweise Unterschiede aufzeigen, gilt es im weiteren Kapitel sich für eines zu entscheiden und dies zu begründen. Dies ist notwendig, da das Vorgehensmodell im Anwendungsteil die Grundlage für die Phasen der Modellbildung und für das weitere Vorgehen ist.

Der Anwendungsteil dieser Arbeit behandelt zunächst die Prüfung der Simulationswürdigkeit im Bereich der Liefertreue. Im weiteren Schritt werden die aus dem Grundlagenteil genannten Themengebiete praktisch angewendet und das geeignetste Simulationsverfahren, das sich ideal zur Lieferantenbewertung und zur Messung der Liefertreue zu den Kunden eignet, eingesetzt. Das ausgewählte Vorgehensmodell baut auf das geeignetste Simulationsverfahren auf und ist hier die Grundlage für die Erstellung des Simulationsmodells, welches im folgenden Fallbeispiel zum Einsatz kommt.

Im Fallbeispiel der *Westfalia-Automotive GmbH* erfolgt ebenfalls die Prüfung der Simulationswürdigkeit. Hier werden die im vorigen Kapitel erstellten Modelle im Bereich der Liefertreue validiert. Dieses Fallbeispiel zeigt zudem die auf die Praxis bezogenen Vorgehensweisen zur Lieferantenbewertung und Messung der Gesamtliefertreue zu den Kunden, bei denen verschiedene Bewertungskriterien in unterschiedlichen prozentualen Anteilen einbezogen werden können. Im weiteren Schritt werden die ermittelten Simulationsergebnisse über Excel-Tabellen und Diagramme über einen Zeitverlauf übersichtlich dargestellt und analysiert. Darüber hinaus werden mögliche Ursachen einer Nichterfüllung der Liefertreue und Verbesserungsmaßnahmen am Fallbeispiel beleuchtet. Dieses Kapitel endet abschließend mit einem Fazit.

In der Schlussbetrachtung erfolgen zunächst eine kurze Zusammenfassung, rückblickende Beurteilung der Simulationswürdigkeit im Bereich der Liefertreue und eine kritische Beleuchtung über den Nutzen der Masterarbeit. Der Ausblick betrachtet abschließend die zukünftige Entwicklung der Simulation sowohl aus wissenschaftlicher Sicht als auch aus Unternehmenssicht.

2 Bestandteile der Liefertreue

2.1 Aufgaben und Zusammensetzung

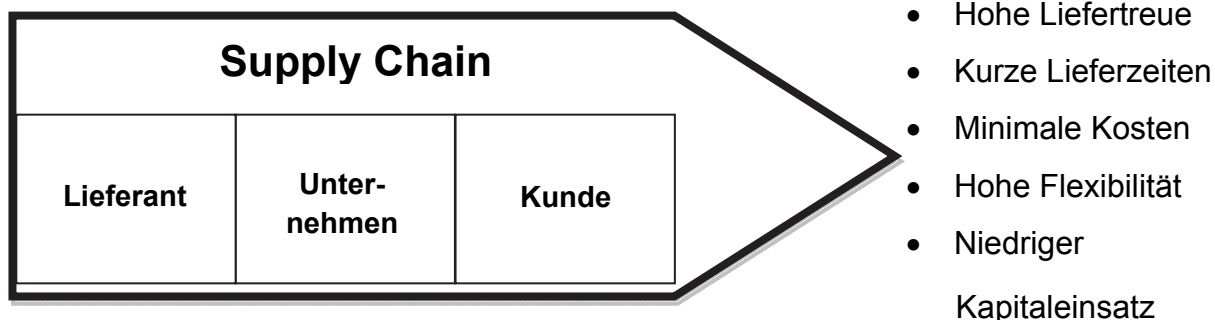
Die Hauptaufgabe der operativen Logistik ist die von den Unternehmen, Konsumenten oder Haushalten bestellten Waren, Einsatzstoffe, Rohmaterialien und Fertigteile in der geforderten Menge, zur richtigen Zeit, in der richtigen Zusammensetzung, zur gewünschten Qualität und am richtigen Ort bereitzustellen. Die Grundfunktionen betreffen dabei den Transport zur Raumüberbrückung, die Lagerhaltung zur Zeitüberbrückung, den Umschlag zur Mengenanpassung und die Kommissionierung zur Auftragszusammenstellung. Die Prozesse entlang der Wertschöpfungskette müssen zunächst mit den notwendigen Einsatzstoffen und Komponenten versorgt werden. Die Beschaffungslogistik beschäftigt sich mit der Anlieferung der Komponenten und Roherzeugnissen von den Lieferanten zu den Produktionsstandorten. Die Distributionslogistik betrachtet die Verteilung und Auslieferung der Enderzeugnisse zu den Kunden. Die Entsorgungslogistik hat die abschließende Aufgabe, die Konsumabfälle, Leergüter, Verpackungsmaterialien und Reststoffe abzutransportieren, aufzubereiten, zu lagern, einer erneuten Verwendung zuzuführen oder endgültig zu entsorgen. Entlang der Wertschöpfungskette müssen außerdem relevante Informationen in benötigter Form, am richtigen Ort, zur richtigen Zeit verarbeitet und in den jeweiligen Standorten bereitgestellt werden. Die Hauptziele aus Sicht der Unternehmenslogistik betreffen hier die Leistungserfüllung, Qualitätssicherung und die Kostensenkung. (vgl. Gudehus 2010, S. 3-8) Die Messung der Liefertreue in Bezug auf die Lieferantenbeurteilung ist somit auch ein wichtiger Bestandteil im Hinblick auf die Lieferqualität. Lieferanten, die festgelegte Liefertermine bei den Industrieunternehmen kontinuierlich einhalten können, werden als zuverlässige Lieferanten bezeichnet. (vgl. Fischer 2017) Neben der Einhaltung der vereinbarten Lieferzeiten sowie der Termine sind weitere Faktoren zu berücksichtigen. Dies betrifft die optimale Liefermenge, die Qualität und die Lieferkonditionen. Bei geringer Lagerhaltung und bei enger Terminsetzung ist die vereinbarte Liefertreue ein sehr wichtiges Kriterium, das auch regelmäßig mit in die Lieferantenbewertungen einfließt. (vgl. Stiller 2018)

Die Liefertreue spielt besonders in der Automobilindustrie eine immer wichtigere Rolle und setzt die Auslieferung eines gefertigten Produkts nach Kundenauftrag voraus. Die Lieferzeit ist der Zeitbedarf eines Fahrzeugs, der sich vom Zeitpunkt der Kundenbestellung bis hin zur Auslieferung der Fahrzeuge über den Händler an die Kunden erstreckt. Dabei ist zu erkennen, dass die Nichteinhaltung eines zugesagten Termins eine größere negative Auswirkung auf die Kundenzufriedenheit hat als eine lange Lieferzeit. In der Automobilindustrie ist die Erfüllung der Liefertreue heutzutage das Unternehmensziel Nr. 1 geworden. Die Lieferzeiten und die Liefertreue haben letztendlich einen entscheidenden Einfluss auf die Gesamtzufriedenheit der Kunden. Aus diesem Grund ist es erforderlich, schnell und flexibel auf die Kundenwünsche

reagieren und zugesagte Termine zuverlässig einhalten zu können. (vgl. Herold 2005, S. 13-18)

2.2 Kundenanforderungen und Zielsetzungen

Abbildung 1: Anforderungen an die Wertschöpfungskette



Quelle: In Anlehnung an Becker 2005, S. 34.

Eine bedeutende Basisgröße für den langfristigen Erfolg in der Vertriebstätigkeit stellt die Kundenzufriedenheit dar. Um ein passendes Angebot zu entwickeln und zusammenzustellen, ist es wichtig, die Kunden mit in die Ausgestaltung der Produktentwicklung aktiv einzubeziehen. Darüber hinaus sollen diese auch in die unternehmerische Wertschöpfung integriert werden. Somit ändert sich deren Rolle vom passiven Wertschöpfungsempfänger hin zum aktiven Wertschöpfungspartner. Das aktive Einbringen der Kunden in den Leistungserstellungsprozess sowie bei der Ideenfindung muss für jedes Unternehmen eine hohe Priorität haben, um die gewünschte Leistung besser entwickeln zu können. Mit einer aktiven Integration soll neben dem Kundennutzen auch eine stärkere Bindung an das Unternehmen realisiert werden. Dies führt zu einer besseren Identifikation der Schnittstellen zwischen den Kunden und Anbietern, zu Prozessverbesserungen durch Aufdecken von Fehlerursachen und zu einer Erhöhung der Kundennähe. (vgl. Hofbauer und Hellwig 2012, S. 316-318) Die Kundenerwartungen bilden einen wichtigen Beitrag von Informationen, die benötigt werden, um ein gutes Leistungsangebot zu erstellen. Dabei können die Erwartungen sehr unterschiedlich hoch sein und sich ständig ändern. Typische Erwartungen an das Unternehmen zeigen sich an der technischen, inhaltlichen, fachlichen und zeitlichen Qualität der gelieferten Leistung. (vgl. Hofbauer und Hellwig 2012, S. 542) Die Kundenerwartungen können an verschiedenen Kategorien gemessen werden. Dazu gehören die Produktqualität, Liefertreue, Flexibilität, Qualität der Serviceleistungen, Auftragsabwicklung, Qualität des Informationsaustausches und der Umfang von Serviceleistungen. Diese Kriterien haben einen erheblichen Einfluss auf die Kundenzufriedenheit. (vgl. Winkelmann 2005, S. 134)

Lieferbereitschaft bedeutet, dass die Materialien und Güter mengen- sowie termingerecht bei den Bedarfsträgern bereitgestellt werden müssen. Um die interne Lieferbe-

reitschaft erreichen zu können, müssen beim Materialmanagement eine genügende Materialbevorratung und eine präzise Transportplanung umgesetzt werden. Die Leistungsfähigkeit des Unternehmens wird in zunehmendem Maße an der Produktqualität, am Informationsfluss und an den Dienstleistungen gemessen. Ziel ist, den unternehmerischen Erfolg dauerhaft zu sichern. Die Produktqualität ist abhängig von der Qualität der eingesetzten Rohstoffe, den gekauften Bauteilen und von der Zuverlässigkeit der Zulieferer. Somit leistet die materialwirtschaftliche Qualitätssicherung als Zielsetzung einen wichtigen Beitrag zur betrieblichen Qualitätspolitik. Im Laufe der Jahre haben sich die Anforderungen an die Qualitätspolitik stark gewandelt. Das umfassende Konzept des *Total Quality Managements (TQM)* ist im Laufe der Zeit immer mehr ins Blickfeld gerückt. Das oberste Ziel ist eine kontinuierliche Verbesserung des bestehenden Zustandes. Das Unternehmen soll aus Kundensicht durch das beste Qualitätsangebot, die Markt- und Kundennähe sowie einen bestmöglichen Lieferservice zum Gewinner des internationalen Wettbewerbs werden. Das *Total Quality Management* ist somit ein prozess- und produktbezogenes, umfassendes sowie permanentes Planungs-, Steuerungs- und Kontrollsystem. Hier fallen Fehlerverhütungs- und Prüfkosten an, um eine laufende Qualitätsprüfung und eine vorbeugende Qualitätssicherung zu erreichen. (vgl. Schulte 2001, S. 24-26) In der Fertigung fallen ca. 10-15% der gesamten Durchlaufzeit auf wertschöpfende Produktionszeiten an. 85-90% der Durchlaufzeit entstehen wiederum aufgrund anfallender Transport- und Liegezeiten. Ziel des Materialmanagements ist eine Verkürzung der Durchlaufzeiten bei gleichzeitiger Reduzierung der Bestände. Ein wichtiger Beitrag zur Erreichung dieser Ziele ist die Schaffung besserer Kommunikationswege zur Verbesserung der Bestände und Materialströme. Wenn die Durchlaufzeiten der Erzeugnisse im Unternehmen kleiner sind als die vom Kunden geforderte Lieferzeit, dann ist die Flexibilität auf dem Markt umso größer, um auf interne und externe Einflüsse schneller reagieren zu können. Kurze Durchlauf- und Wiederbeschaffungszeiten reduzieren den Prognosezeitraum, steigern die Lieferfähigkeit und ermöglichen darüber hinaus eine hohe Flexibilität, um auf Marktveränderungen rechtzeitig reagieren zu können. (vgl. Schulte 2001, S. 33)

2.3 Instrumente des Lieferservice

Die Lieferservicepolitik hat die Aufgabe, die Erwartungen der Kunden in Bezug auf den *Lieferservice* sowie das Lieferserviceangebot konkurrierender Anbieter zu untersuchen und dabei zu entscheiden, inwieweit die Erwartungen tatsächlich erfüllt werden können.

Im Falle einer hohen *Lieferbereitschaft* des Anbieters nimmt der Kunde die Logistikqualität als ständige Verfügbarkeit wahr. Hier wird die *Lieferbereitschaft* an der Bedarfsmenge gemessen, die innerhalb einer Periode ab dem Lager jederzeit bedient werden soll. Zur Realisierung einer hohen *Lieferbereitschaft* gehören zu den wichtigsten Instrumenten eine lagerhaltige Bereitstellung von Erzeugnissen, verläss-

liche Absatzprognosen, die Einhaltung notwendiger Sicherheitsbestände sowie beherrschbare Nachschubprozesse.

Die *Lieferzeit* umfasst aus Kundensicht die Zeitspanne zwischen der Auftragserteilung und dem Eintreffen der Erzeugnisse bei den Kunden oder beim Verkaufspunkt. Kurze *Lieferzeiten* lassen sich bestenfalls durch eine lagerhaltige Bereitstellung, hohe Lieferbereitschaft im Auslieferungslager und durch schnelle Kommissionier- sowie Transportprozesse erreichen. Aufgrund einer auftragsorientierten Bereitstellung oder einer vorhandenen Fehlmenge bestimmt die Wiederbeschaffungszeit des Artikels auch die Dauer der Lieferzeit gegenüber den Kunden.

Terminreue ist die Fähigkeit eines Anbieters, den vereinbarten Liefertermin genau zur richtigen Zeit einzuhalten. Dies dient als Maßstab für die Zuverlässigkeit eines Anbieters. Dabei erfordert eine hohe *Terminreue* zunächst eine individuelle und zuverlässige Planung des Liefertermins sowie einen verlässlichen Auftragsabwicklungsprozess.

Lieferqualität ist die Fähigkeit, besonders bei Lieferungen frei Haus, die Kunden mit den richtigen Artikeln, der vollständigen Menge und mit unbeschädigten Waren zu beliefern. Zu den Erfolgsfaktoren der *Lieferqualität* gehören unter anderem ein gutes Bestandsmanagement, eine sichere Verpackung sowie ein reibungsloser Kommissionier- und Transportprozess.

Die *Lieferflexibilität* ist die Bereitschaft, auf die individuellen Kundenwünsche bezüglich der Abnahmemengen sowie -zeitpunkte, Versandbedingungen oder Verpackung jederzeit schnell und flexibel eingehen zu können.

Bei Störungssituationen fordern die Kunden heutzutage zunehmend Informationen über den aktuellen Status der Auftragsabwicklung. Diese erwarten bei individuellen Lieferterminvereinbarungen verlässliche Angaben über den genauen Anlieferungstermin. Im Falle von Qualitätsproblemen fordern sie darüber hinaus eine Rückverfolgbarkeit der Lieferungen bis hin zu den Lieferanten. Aus diesem Grund bezeichnet die *Informationsbereitschaft* die Fähigkeit des Anbieters, die notwendigen Informationen kompetent und jederzeit transparent weitergeben zu können.

Die *Lieferservicepolitik* hat insgesamt eine hohe strategische Bedeutung, da diese eine wichtige Rahmenbedingung bei der Gestaltung der physischen und dispositiven Prozesse sowie des Lager- und Transportsystems bildet. Ein wesentlicher Einflussfaktor bei den operativen und strategischen Entscheidungen im Bestandsmanagement sind konkrete Vorgaben der Ziellieferbereitschaft, -lieferzeit und der -lieferreue. (vgl. Melzer-Ridinger 2007, S. 21-22)

Ein guter *Lieferservice* umfasst eine angemessene Lieferfähigkeit von lagerhaltigen Waren, eine rechtzeitige Verfügbarkeit kundenspezifisch produzierter Güter, wettbewerbsfähige Lieferzeiten und die Erfüllung spezifisch vereinbarter Kundenliefertermine. Zu den größten Fehlern eines Unternehmens gehört es, wenn die Ware, für die aufwendig geworben wurde, dennoch nicht lieferbar ist. Auf Grundlage berücksichtigter Kundenwünsche, Marktgegebenheiten und der verschiedenartigen Wettbewerbssituation legt der Vertrieb zunächst die Standards für den Lieferservice und die Logistikqualität fest. Die Logistikabteilung kann darüber hinaus dem Vertrieb weitere Serviceverbesserungen vorschlagen und die Mehrkosten für zusätzliche Serviceleis-

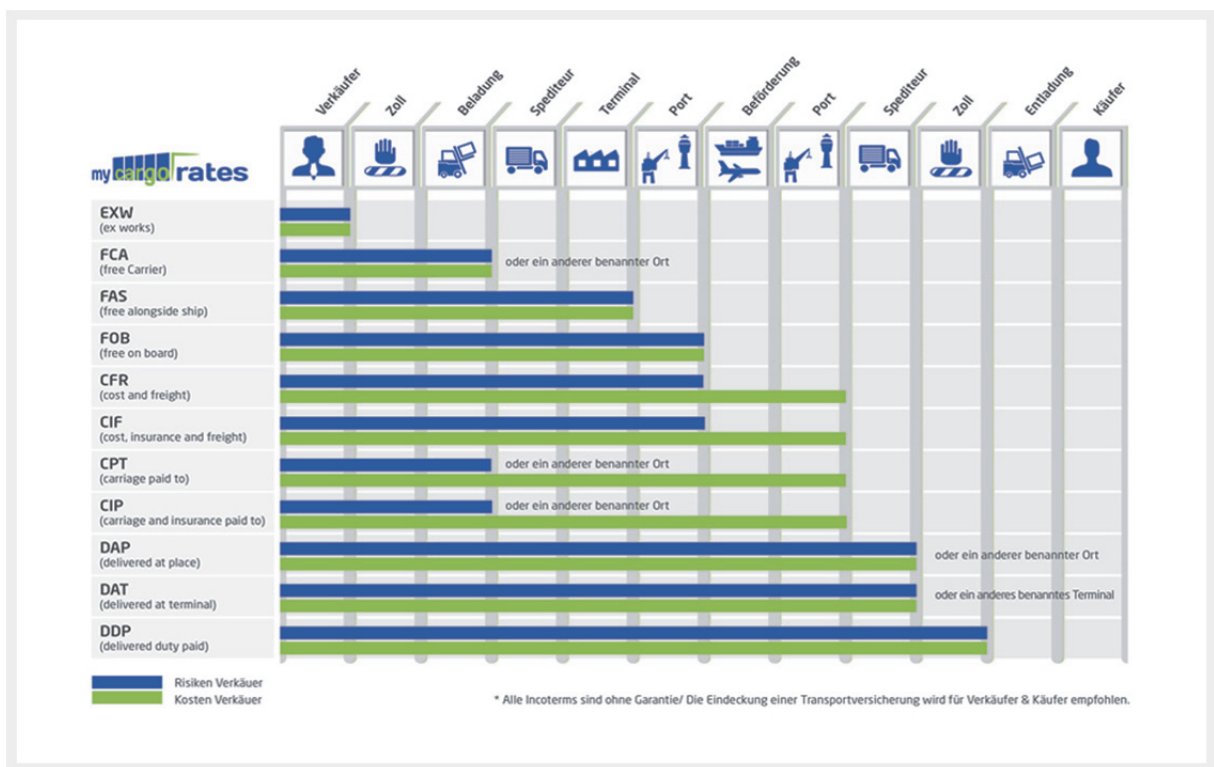
tungen angeben. Der Vertrieb legt fest, welches Liefer- und Leistungsprogramm des Unternehmens über welche Verkaufsvermittler an welche Kundengruppen verkauft wird. Bei der Unterstützung des Vertriebs ist die Logistik für alle Servicebereiche verantwortlich, die logistische Dienstleistungen erbringen und die mit der Distribution von Gütern zu tun haben. In den Bereichen der Unternehmenslogistik werden außerdem logistische Fachberatungen eingesetzt. Hierzu gehören Beratungen des Vertriebs und der Kunden in vielen Fragen bezüglich der Lieferfrequenzen, Lieferzeiten, Zustelltermine, Disposition von Beständen sowie des Nachschubs. Darüber hinaus kommen logistische Beratungen im Vertrieb bei Kundenverhandlungen über die Logistikkonditionen und -rabatte zum Einsatz. Des Weiteren müssen auch die Lieferanten beim Aufbau, bei der Verbesserung von Belieferungsketten und bei der Einführung neuer Produkte, insbesondere bei Gründung neuer Lieferbeziehungen beraten werden. (vgl. Gudehus 2010, S. 540-545) Logistische Dienstleister haben in heutiger Zeit hohe Anforderungen an leistungsfähige Informations- und Kommunikationssysteme bei der Koordination zwischen den beteiligten Partnern und Unternehmen entlang der logistischen Lieferkette (vgl. Heiserich et al. 2011, S. 356). Besonders bei der Auftragsabwicklung von wertvollen und zeitkritischen Gütern sind die Nachverfolgung und die Dokumentation von Materialströmen zwischen allen Gliedern in der logistischen Kette von großer Wichtigkeit. Zu den bedeutungsvollen Aufgaben der logistischen Dienstleister gehört es während des Transportes, dem Verlager und besonders den Kunden eine detaillierte Auskunft über den aktuellen Sendungsstatus einer ordnungsmäßigen Auslieferung mit einer Sendungsverfolgung zu bieten. Mit diesem Verfahren weiß der Kunde genau Bescheid, wann dieser seine Sendung erwarten kann und ermöglicht diesem außerdem eine bessere Vorausplanung. Die logistischen Informationssysteme dienen somit als gute Grundlage für die Planung, Steuerung und Überwachung der Warenströme sowie der Fahrzeugüberwachung. Ziel ist, besonders im Bereich des LKW-Transportes eine Tourenoptimierung und eine bessere Transportauslastung zu realisieren. (vgl. Heiserich et al. 2011, S. 361) Mit einer professionellen Steuerung der Fahrzeugflotten kann bei der disponierten Routen-, Touren- und Reihenfolgeplanung eine flexible Anpassung an das aktuelle Verkehrsgeschehen erreicht werden. Dies führt gleichzeitig auch zu einer höheren Flexibilität und Schnelligkeit bei der Erfüllung des Auftragsaufkommens sowie bei der Befriedigung der Kundenwünsche. Zur Förderung des Informationsflusses von Statusinformationen entlang der Lieferkette dienen sogenannte *Tracking and Tracing-Systeme* als gutes Hilfsmittel. Diese Technik ermöglicht über GPS eine orts- und zeitgenaue geografische Ortung von Fahrzeugen, Ladungen/Ladungsträgern und verschiedener Produkte. Hier ist eine halbautomatische/automatische Identifikation von Fahrzeugen und Gütern möglich. Mit der Übermittlung vorausseilender Informationen können bei der Planung und Steuerung operativer Abläufe die beteiligten Verkehrsträger sowie die gesamte Auftragsabwicklung mit einer präziseren Verfügbarkeit überwacht werden. Mit dieser Methode wird der Informations- und Warenfluss transparenter gemacht und sie deckt gleichzeitig auch mögliche Rationalisierungspotentiale auf. *Tracking and Tracing* erlaubt es, die Lieferkette kommunikations- und informationstechnisch sowie halbautomatisch und automatisch bis auf Packstück-

ebene zu durchdringen. Dieses Verfahren verfolgt dabei genau die Spuren jeder einzelnen Sendung und dient als Betriebssteuerungssystem in der Auftragsabwicklung. Die Kunden haben somit größere Dispositionsspielräume durch vorausseilende Informationen. Des Weiteren können Laufwege und -zeiten permanent überwacht, Verkehrsströme aufgezeichnet, organisatorische Schwachstellen aufgedeckt und die daraus resultierenden Forderungen zu einer Verbesserung von logistischen Systemen gezogen werden. Die notwendigen Statusinformationen bei der Sendungsverfolgung dienen für den Kunden als besondere Serviceleistung. (vgl. Heiserich et al. 2011, S. 377)

2.4 Lieferbedingungen

Im nationalen und internationalen Handel werden sogenannte *Incoterms* zur Regelung der Lieferbedingungen von verschiedenen Verkehrsträgern eingesetzt. Diese Klauseln regeln den Transportkosten- sowie den Gefahrenübergang zwischen dem Versender und dem Empfänger während der gesamten Beförderungsstrecke. (vgl. Melzer-Ridinger 2008, S. 248)

Abbildung 2: Lieferbedingungen



Quelle: Sodefa GmbH & Co. KG 2018.

In den verschiedenen Klauseln sind geregelt, an welcher Stelle der Transportkette die Kosten und das Risiko vom Versender auf den Kunden übergehen. Besonders im Außenhandelsgeschäft hat die Aufteilung der Transportkosten und des Risikos eine

wichtige Bedeutung. Aufgrund großer Transportdistanzen können die Lieferkosten ein erhebliches Ausmaß einnehmen. Eine Lieferung in ein Bestimmungsland mit politisch unsicheren Verhältnissen führt für den Hersteller zu unberechenbaren Risiken. Aus diesem Grund wurden die *International Commercial Terms (Incoterms)* für die Festlegung der spezifischen Kosten- und Gefahrenübergänge entwickelt. (vgl. Hofbauer und Hellwig 2012, S. 232)

Die Bedeutung liegt in der erforderlichen Klarheit zwischen den gegenseitigen Verpflichtungen zweier Vertragsparteien. Aus diesem Grund können Missverständnissen und kostenintensiven Streitigkeiten besser vorgebeugt und das Risiko rechtlicher Komplikationen beider Vertragsparteien erheblich reduziert werden. Maßgeblich sind hier die kaufvertraglichen Bestimmungen sowie das zugrundeliegende Recht für den Vertrag. Die Incoterms 2010 bestehen derzeit aus 11 verschiedenen Klauseln. (vgl. ICC Deutschland e.V. 2010) Die Einteilung erfolgt insgesamt in vier Gruppen:

Bei der *E-Klausel*, wie beispielsweise *Ex Works (EXW)*, geht der Kosten- und Gefahrenübergang ab der Bereitstellung der Ware am Ort des Verkäufers an den Käufer über. Der Verkäufer muss lediglich die Güter zur Abholung bereitstellen und trägt somit keine Transportkosten. Jedoch müssen diese von dem Verkäufer vorher richtig verpackt und gekennzeichnet werden.

In den *F-Klauseln* trägt der Käufer die Kosten für den Haupttransport. Der Gefahrenübergang geht mit der Übergabe der Güter beim Frachtführer an den Käufer über. Der Verkäufer muss lediglich die Ware an einen bestimmten vereinbarten Ort bringen. Bei der Vereinbarung *Free Carrier (FCA)* gehört es beispielsweise zu seinen Pflichten, die Kosten für die Verpackung, Warenprüfung sowie für die Freimachung der Ware bei der Ausfuhr zu tragen. Darüber hinaus ist der Verkäufer auch für die Verladung verantwortlich.

Die *C-Klauseln* trennen den Kosten- und Gefahrenübergang. Als gemeinsames Kennzeichen trägt der Verkäufer die Kosten für den Haupttransport. Jedoch geht der Gefahrenübergang bereits bei der Übergabe der Sendung an den Frachtführer auf den Käufer über. Bei der Klausel *Carriage, Insurance Paid To (CIP)* liefert beispielsweise der Verkäufer die Ware an den benannten Frachtführer. Dieser übernimmt auch die Frachtkosten der Sendung bis zum benannten Bestimmungsort. Des Weiteren trägt der Versender vollständig die Kosten für den Transportversicherungsvertrag (Mindestdeckung) und verpflichtet sich auch für die Verpackung und Freimachung der Güter bei der Ausfuhr.

Bei den *D-Klauseln* übernimmt der Versender alle anfallenden Transportkosten sowie alle Risiken, die bis zum Eintreffen der Sendung an den benannten Bestimmungsort anfallen. Der Versender muss die Ware dem Käufer entladebereit auf dem ankommenden Beförderungsmittel zur Verfügung stellen und macht auch die Güter zur Ausfuhr frei. Die *D-Klauseln* sind für alle Transportarten anwendbar. Diese eignen sich, wenn innerhalb eines Warentransports mehrere Verkehrsträger zum Einsatz kommen und die Ware häufig umgeschlagen werden muss. (vgl. ICC Deutschland e.V. 2010)

2.5 Kennzahlen zur Liefertreue

Bei der Messung der Liefertreue sind zunächst die erforderlichen Ziele und gültigen Kennzahlen unternehmensweit festzulegen. Eine termingerechte Anlieferung gilt hinsichtlich des bestätigten Liefertermins bei den Kunden als vollständig erreichte Liefertreue. In der Praxis handelt es sich um den Prozentsatz aller Aufträge, die vor dem oder zum internen Fälligkeitstermin erledigt worden sind. Die Auftragserfüllungszeit ist die durchschnittliche und in Kalendertagen die regelmäßig eingehaltene Lieferzeit ab der Auftragserteilung bis zum Wareneingang bei den Kunden. (vgl. Cohen und Roussel 2006, S. 64-65) Die Kunden erwarten in der Regel spätestens eine Anlieferung am nächsten Tag oder bestenfalls zum angekündigten Liefertermin. Grund für eine nicht termingerechte Belieferung ist, dass das Produkt zum Zeitpunkt der Kundenbestellung nicht im Lager verfügbar ist. Produkte können auch als sofort lieferbar angesehen werden, wenn diese in einem naheliegenden Verteilzentrum versandbereit vorhanden sind oder für den nächsten Tag als eintreffend gekennzeichnet werden. Hier werden verschiedene Kennzahlen eingesetzt:

Formel 1: Liefertreue je Auftrag

$$\text{Liefertreue in \%} = \left(1 - \frac{\text{Termingerecht eingetroffene Lieferaufträge}}{\text{Anzahl aller Lieferaufträge}} \right) * 100\%$$

Bei dieser Kennzahl handelt es sich um die Messung der prozentual erreichten Liefertreue aller Lieferaufträge. Bei der Berechnung wird hier die Anzahl aller termingerecht eingetroffenen Lieferaufträge im Verhältnis zu allen Lieferaufträgen prozentual dargestellt. (vgl. Cohen und Roussel 2006, S. 228) In Unternehmen sind aussagekräftige Kennzahlen festzulegen. Dabei muss für den Kundenservice bekannt sein, mit welcher Genauigkeit, mit welchen Bezugsterminen und Ist-Werten gerechnet werden soll. Außerdem muss abgestimmt werden, ob die Ist- und Solltermine stunden-, tages- oder wochengenau und ob die gesamten Aufträge, Auftragspositionen oder nur die gelieferten Stückzahlen zu berücksichtigen sind. Des Weiteren ist zu regeln, gegen welchen Solltermin die Liefertreue als Referenz gemessen werden soll. In der Regel ist der Wunschtermin der wichtigste Bezugstermin und wird auch als Kundenwunschliefertreue bezeichnet. Des Weiteren muss abgeklärt werden, wie das kurzfristige Verschieben oder Vorziehen relevanter Kundenaufträge betrachtet, bewertet und in der zeitlichen Ermittlung berücksichtigt wird. Viele Unternehmen messen in der Regel mindestens tagesgenau den tatsächlichen Eintrefftermin bei den Kunden. Zu frühe oder zu späte Lieferungen werden in den meisten Fällen als Lieferuntreue bewertet. (vgl. Becker 2005, S. 173-174)

Die Lieferbereitschaft (Servicegrad) wird mit folgender Kennzahl ermittelt:

Formel 2: Lieferbereitschaft

$$\text{Lieferbereitschaft in \%} = \left(\frac{\text{Summe der sofortbedienten Menge}}{\text{Summe der insgesamt angeforderten Menge}} \right) * 100\%$$

Diese Formel dient zur systematischen Planung und Kontrolle der Lagerbestände für das Management. Hier lassen sich mögliche Schwachstellen in der Lagerhaltung sowie Fehler innerhalb der Transportkette besser erkennen. Die Lieferbereitschaft gibt Auskunft, in welchem Maße der geplante Bedarf termingerecht befriedigt werden kann. Sie stellt außerdem das Verhältnis der Materialwirtschaft zu den Materialanforderungen dar. Mögliche Abweichungsursachen sind eine mangelhafte Disposition und eine unzureichende Bestellpolitik. (vgl. Schulte 2001, S. 467)

Die Reklamationsquote zeigt gleichzeitig die Termin-, Mengen- und die Qualitätstreue an. Mit dieser Kennzahl wird die Anzahl der reklamierten Lieferungen im Verhältnis zur Gesamtzahl aller Lieferungen gesetzt.

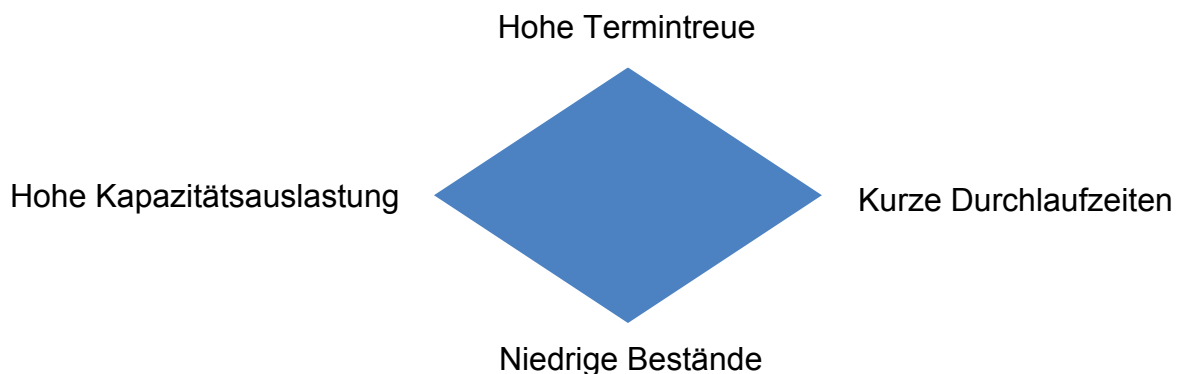
Formel 3: Reklamationsquote

$$\text{Reklamationsquote} = \left(\frac{\text{Anzahl beanstandeter Lieferungen}}{\text{Gesamtzahl der Lieferungen}} \right) * 100\%$$

Mögliche Abweichungsursachen sind eine unzureichende Lieferantenbewertung und -pflege, Mängel in den Transportmitteln sowie eine lückenhafte Qualitätsvereinbarung. (vgl. Schulte 2001, S. 477)

2.6 Ansätze zur Verbesserung der Liefertreue

Abbildung 3: Verbesserungsziele



Quelle: In Anlehnung an Heiserich et al. 2011, S. 23.

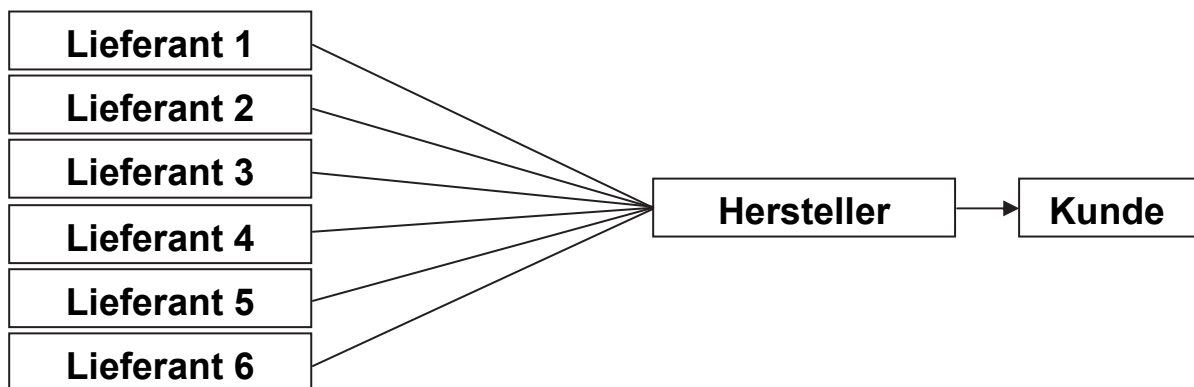
Um die Versorgungssicherheit eines Industrieunternehmens im Bereich der Beschaffungslogistik zu erreichen, stehen zahlreiche Instrumente zur Verfügung. Um die Lieferfähigkeit gewährleisten zu können, müssen zunächst notwendige Sicherheitsbestände und -zeiten eingehalten werden. Hier sind eine frühzeitige und präzise Bedarfsplanung sowie relevante Informationen über die Lieferanten zwingend erforderlich. In regelmäßigen Abständen muss daher die Zuverlässigkeit mit einer Lieferantenbewertung kontinuierlich überprüft werden. Die Leistungsfähigkeit bei der Beschaffung wird an der Bereitschaft und Fähigkeit gemessen, kurzfristige Änderungen bei geplanten Bestellaufträgen flexibel zu bewältigen. Mit Einsatz eines Engpassmanagements sollen interne Prozesse, Bestellübermittlungen und Beschaffungstransporte beschleunigt und die kurzfristige Nutzung lieferfähiger Anbieter ermöglicht werden. Aus diesem Grund sind Lieferanten, die kurze und flexible Lieferzeiten aufweisen, immer zu bevorzugen. (vgl. Melzer-Ridinger 2008, S. 29) Wenn Unternehmen ihre Lieferfähigkeit weiter steigern wollen, dann müssen auch alle anderen Elemente entlang der Lieferkette gemeinsam gestaltet werden. Wesentliche Ziele bei der Verbesserung sind eine Vereinheitlichung der Prozesse, Harmonisierung der Prozessgeschwindigkeiten von allen Beteiligten und eine Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit. (vgl. Becker 2005, S. 37) Für viele Unternehmen ist eine kontinuierlich hohe Liefertreue ein oft unterschätzter und sehr wichtiger Erfolgsfaktor. Dies ist abhängig von gut geplanten und stabilen Unternehmensabläufen. Um kontinuierlich wettbewerbsfähig zu bleiben, müssen gegenüber der Konkurrenz bestehende Vorsprünge vorgehalten sowie weiter ausgebaut werden. Zu den wesentlichen Erfolgseinflussfaktoren gehören hier der Lieferservice, Preis und die Qualität. Im Hinblick auf die Liefertermintreue steht im Mittelpunkt, dass einmal zugesagte Liefertermine auch tatsächlich pünktlich eingehalten werden müssen. Aus Kundensicht ist diese Zuverlässigkeit in der *Just-in-Time-Fertigung* sogar unerlässlich. Die Liefertreue kann besser kontrolliert werden, indem zunächst die tatsächlich vorhandenen Kapazitäten in der Produktion ständig erfasst und die benötigten Zeiten der einzelnen Prozessschritte vom Auslieferungstermin rückwärts terminiert werden. In Summe lassen sich die Bearbeitungszeiten und das Minimum der möglichen Auslieferungszeit ab dem Auftragseingang berechnen. Aufgrund der zeitlichen Anpassung der einzelnen Prozessschritte an die Bearbeitungszeit eines Auftrags können feste Terminraster erstellt werden. Diesem Raster wird dann bei einer Überlastung ein zusätzlicher Zeitanteil aufgeschlagen. Diese Variabilität garantiert trotz längerer Lieferfristen eine genauere Einhaltung der vereinbarten fixen Liefertermine und gleichzeitig eine bessere Erreichung der Liefertreue. In Abhängigkeit der bestmöglichen Auslastung muss der Vertrieb in der Lage sein, den Kunden immer definitive Aussagen über die Einhaltung des Liefertermins machen zu können. Mit der Einführung von Planungsrunden zur Abstimmung zwischen den verschiedenen Abteilungen kann die innerbetriebliche Kommunikation auf ein besseres Niveau angehoben werden. (vgl. Rödl 2017) Die Lieferzeiten und Termintreue sind dabei stark abhängig von den Schwankungen der Durchlaufzeiten und der zeitlichen Auftragsdisposition. Durchlaufzeiten werden besonders durch schwankende Wartezeiten, in Form von Stauwirkungen, verlängert. (vgl. Gudehus 2010, S. 223) Zu den wichtigsten Strategien zur Reduzierung der Liefer-

und Durchlaufzeiten gehören zunächst das Vereinfachen und Eliminieren vermeidbarer Stufen in der Auftragskette, Reduzieren von Warte- und Liegezeiten sowie das Streichen von Vorgängen, die keinen Beitrag zur Wertschöpfung leisten. Das Beseitigen von Störstellen, wie beispielsweise Ausfall-, Fehler- und Verzögerungsstellen entlang der Hauptleistungskette, ist eine kurzfristig durchführbare, kostensparsame und in den meisten Fällen eine äußerst wirksame Maßnahme zur Reduzierung der Durchlaufzeiten für alle Aufträge. Mit dem Einsatz der Reihenfolgestrategie können mit einer besseren Reihenfolge und zeitlichen Disposition der Aufträge neben einer Durchlaufzeitreduzierung auch die Auslastungen erhöht, Leistungen gesteigert und auch die Kosten gesenkt werden. Durch das Vorhalten einsetzbarer Ressourcen, in Form einer flexiblen Personaldisposition mit Springereinsatz sowie bedarfsabhängiger Betriebszeiten, können die Wartezeiten in Spitzenbelastungszeiten weiter reduziert werden. Dies führt zu einer Beschleunigung der Auftragsdurchlaufzeit. (vgl. Gudehus 2010, S. 233-237)

3 Lieferantenbewertung

3.1 Anforderungen an Lieferanten

Abbildung 4: Traditionelle Beschaffung



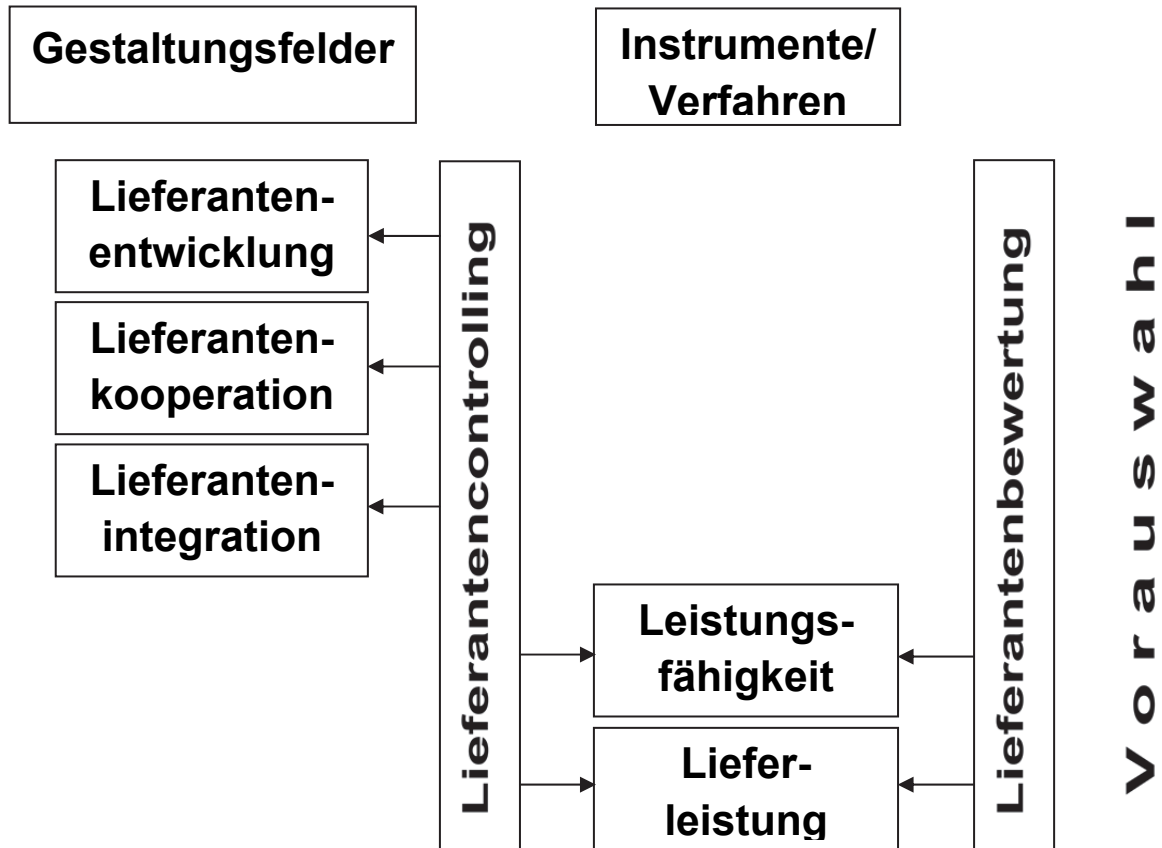
Quelle: In Anlehnung an Heiserich et al. 2011, S. 169.

Jedes Unternehmen muss seinen Kunden ein gutes Verhältnis von Kosten, Nutzen und Verfügbarkeit bieten können, um seine Marktchancen langfristig zu sichern. Dabei müssen seinerseits sowohl neue unternehmensübergreifende als auch unternehmensinterne Konzeptionen entwickelt werden, die den Erwartungen der Kunden entsprechen. Neben den traditionellen Preis- und Konditionsverhandlungen gilt es besonders im Einkauf sich verstärkt neuen wettbewerbsrelevanten Rahmenbedingungen mit konstant steigenden Anforderungen zu stellen. Zu den wichtigsten Erfolgsfaktoren im Einkauf gehören vor allem die Reduzierung der Gesamtkosten, die Konzentration auf Kernkompetenzen mit gleichzeitiger Entlastung von Sekundäraktivitäten, der Aufbau und die Pflege von internen sowie externen Kunden- und Lieferantenbeziehungen und die Nutzung von Lieferanten-Know-how durch frühzeitige Prozessbindung und Lieferantenintegration. (vgl. Hartmann 2004, S. 14-17) Die Mitarbeiter im Einkauf dürfen keine passiven Erfüllungsgehilfen der Bedarfsträger mehr sein, sondern müssen sich aktiv im Beschaffungsmarkt beteiligen und Initiativen zur Verbesserung der Kunden-Lieferanten-Beziehungen ergreifen (vgl. Hartmann 2004, S. 20). Unternehmen kaufen unterschiedliche Güter und Dienstleistungen mit dem Ziel ein, die Kosten zu senken, den Kundenanforderungen gerecht zu werden und anschließend Gewinne zu erzielen. Bei der Auswahl geeigneter Lieferanten müssen zunächst unterschiedliche Anforderungen erfüllt werden. Die Anforderung an die Beschaffung besteht darin, ein Vorprodukt einzukaufen, das möglichst hohe Qualitätsstandards für die Eigenfertigung gewährleisten kann. In jedem Fall müssen die Kosten dieser kostendeckend mit in die Endprodukte einfließen. Aus diesem Grund gilt es Vorprodukte zu beschaffen, die auf dem Absatzmarkt in ihrer Qualität akzeptiert,

zu marktfähigen Preisen und zu akzeptablen Anlieferungsterminen verfügbar sind. Dabei soll eine gezielte Einflussnahme auf die Beschaffungsmärkte und auf den Beschaffungsprozess aufgrund einer langfristigen Verbesserung der Beschaffungsfunktionen gewährleistet werden. Ziel ist, eine dauerhafte Sicherung und Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit des Industrieunternehmens zu erreichen. (vgl. Hofbauer et al. 2009, S. 10-12) Die potentielle Leistungsfähigkeit eines Lieferanten spiegelt die Fähigkeit wider, den Bedürfnissen des Unternehmens nach Gütern und Dienstleistungen in technischer, wirtschaftlicher und auch in ökologischer Hinsicht gerecht zu werden. Die Lieferleistung der Lieferanten reflektiert die Termin- und Mengenzuverlässigkeit sowie die Qualitätssicherung der Vorprodukte. Somit sind die Lieferanten gefordert, die richtigen Produkte, in der gewünschten Menge, zum richtigen Liefertermin (Termin-treue) und in der richtigen Qualität an das produzierende Unternehmen anzuliefern. Aus diesem Grund ist es für diese wichtig, sich optimal und flexibel auf die Bedürfnisse der Industrieunternehmen einzustellen und frühzeitig reagieren zu können. (vgl. Scharnweber 2005, S. 5-9) Bei komplexen Beschaffungsgütern ist auch die Anforderung der Service- und Beratungsleistung der Lieferanten im Einkauf von großer Bedeutung. Dies beinhaltet die Beratung über die technische Entwicklung, Kulanz, Kooperationsbereitschaft, Reaktionsgeschwindigkeiten, Zuverlässigkeit, Freundlichkeit, Flexibilität, Notfallorganisation und die Erreichbarkeit der Lieferanten. Diese müssen sich somit auf ständig ändernde Anforderungen der produzierenden Unternehmen einstellen können. (vgl. Scharnweber 2005, S. 12-13) Die Erfüllung der Kundenanforderungen und -zufriedenheit ist das größte Anliegen von Unternehmen. Die Lieferanten werden mit in den Produktrealisierungsprozessen stark eingebunden und müssen sich einer ständigen Weiterentwicklung der eigenen Produkt- und Prozessverbesserung stellen. Aus diesem Grund sind diese aufgefordert, festgelegte Qualitätsstandards einzuhalten, wettbewerbsfähige Preise im Vergleich zum Weltmarkt anzubieten, angemessene und moderne Fertigungsverfahren anzuwenden, Methoden zur Prozessüberwachung einzusetzen, moderne Daten- und Kommunikationstechniken einzuführen und auch Verantwortung für notwendige Umweltbelange zu übernehmen. (vgl. CONEC Elektronische Bauelemente GmbH 2017) Wenn die Anforderungen an die Lieferanten in vollem Maße erfüllt werden können, leistet dies auf Seiten der Kunden einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Zufriedenheit. Ziel ist, die Kunden langfristig an das Unternehmen zu binden. Dies setzt ein ganzheitliches Qualitätsverständnis bei der Erfüllung der Qualitätsanforderungen voraus. (vgl. Rothlauf 2010, S. 141)

3.2 Kriterien zur Lieferantenbewertung

Abbildung 5: Lieferantenmanagement



Quelle: In Anlehnung an Hartmann 2004, S. 21.

Am Anfang der Wertschöpfungskette steht der Lieferant. Eine Fehlentscheidung bei der Lieferantenauswahl kann ein Unternehmen in wirtschaftliche Schwierigkeiten bringen. Bei einer höheren Fertigungstiefe ist die Bedeutung des Lieferantenmanagements umso größer, da eine hohe Abhängigkeit zu diesen besteht. Als Instrument der Vertragsgestaltung ist eine gute Versorgung im Bereich der Qualität, Zeit, Menge, Zuverlässigkeit und des Preises zu gewährleisten. In der folgenden Tabelle werden die Hauptziele und Bewertungskriterien bei der Lieferantenauswahl für ein typisches Unternehmen dargestellt: (vgl. Wannewetsch 2010, S. 129-130)

Tabelle 1: Kriterien bei der Lieferantenauswahl

Ziele	Bewertungskriterien	
Versorgungssicherheit	* Inländische/ausländische Lieferanten * Transportzeit des Lieferanten (Wege, Zuverlässigkeit)	* Just-in-Time, Just-in-Sequence * Produktionskapazität
Kostensenkung	* Einstandspreise * Liefer-/Zahlungsbedingungen	* Konditionen * Losgrößen
Vermeidung von Anhängigkeit	* Monopolstellung/Oligopol der Lieferanten	* Lieferantenmacht * Substitutionsgüter
Kooperation	* Teamfähigkeit * andere bereits bestehende Kooperationen	* Offenheit * Firmenkultur, Image

Quelle: In Anlehnung an Wannenwetsch 2009, S. 130.

Eine fundierte Informationsbeschaffung ist eine sehr gute Grundlage für jede Lieferantenbewertung. Die systematische Leistungsbewertung kann nach unterschiedlichen Leistungskriterien erfolgen. Dazu gehören unter anderem die Bewertung nach der Verfügbarkeit, Qualität, Erfüllung der geforderten Leistung, Liefertreue und nach den Gesamtbetriebskosten. Die klassische Kernaufgabe bei der Bewertung besteht darin festzustellen, inwieweit die Lieferanten die vorgeschriebenen Anforderungen an das Produkt und an die gewünschte Leistung bisher erfüllt haben und gleichzeitig weiterhin erfüllen können. Mit diesem Ansatz werden bei einer Überprüfung zunächst die Lieferleistung und die -fähigkeit der Lieferanten transparent gemacht, um somit mögliche Schwachstellen entlang der Lieferkette frühzeitig aufzudecken und zu eliminieren. Treten beispielsweise bei gelieferten Produktionsmaterialien Mängel auf, dann wird der Lieferant vom Abnehmer sofort informiert. Der Abnehmer kann daraufhin eine Ersatzlieferung oder eine Nachbesserung der gelieferten Produkte anfordern. Wenn derartige Mängel häufiger auftreten, kann entweder der Lieferant gewechselt oder es muss eine dauerhafte Besserung der Produktqualität des Lieferanten angestrebt werden. Des Weiteren hat der Umgang mit generellen Beschwerden (z.B. Service, Qualität und Rechnungsstellung), Störungsmeldungen und Reklamationen einen entscheidenden Einfluss auf die Lieferantenbewertung und zugleich auf Entscheidungen über Folgeaufträge. (vgl. Hofbauer und Hellwig 2012, S. 447-449)

Die Lieferantenbewertung ist für den Einkauf die Vorstufe bei der Lieferantenauswahl sowie der Vergabeentscheidung und ist ein relevantes Instrument, um die Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens entscheidend beeinflussen zu können. Dabei muss im Hinblick auf das Leistungsprofil der Lieferanten zunächst eine hohe Transparenz geschaffen werden. Diese Transparenz ist wichtige Voraussetzung in Bezug auf die Fokussierung auf die besten Lieferanten. Eine Lieferantenbewertung bildet die Grundlage für eine Stärke-Schwäche-Analyse und für die Entwicklung konkreter Verbesserungsmaßnahmen zwischen Abnehmer und Lieferanten. Des Weiteren ist diese Bewertung eine gute Argumentationshilfe bei Verhandlungen. Somit hilft eine detaillierte Analyse der Bewertungsergebnisse, um Strukturprobleme der Lieferanten frühzeitig zu erkennen und gemeinsam lösen zu können. Wenn ein

Lieferant nicht über das notwendige Know-how verfügt, Verbesserungsvorschläge selbstständig zu entwickeln, dann können standardisierte Unterstützungsmaßnahmen eingesetzt werden, die eine notwendige Lieferantenqualifizierung und -entwicklung vorantreiben. Wenn das hergeleitete Lieferantenprofil aus den Bewertungsergebnissen dem Anforderungsprofil der Abnehmer entspricht oder die festgelegten Qualifizierungsmaßnahmen erfolgreich waren, dann können anschließend langfristige Kooperationsverträge abgeschlossen werden. Hier werden die Rahmenbedingungen für die partnerschaftliche Zusammenarbeit während des Produktlebenszyklus festgelegt. Eine Kooperation zwischen Abnehmer und Lieferant führt bereits in der Konzeptionsphase von neuen Produkten zur vollständigen Integration der Lieferanten in den Entwicklungs- und Produktentstehungsprozess. Aus diesem Grund ist ein professionelles Lieferantenmanagement unentbehrlich, da diese für einen großen Teil der Wertschöpfung verantwortlich sind. Hier gilt es die wichtigsten Lieferanten noch aktiver in die Einkaufsstrategien zu integrieren. Mit diesem Ansatz soll die Leistungsfähigkeit des Unternehmens durch die Bereitstellung einer leistungsfähigen Lieferantenbasis weiter gestärkt werden. (vgl. Hartmann 2004, S. 22-24)

3.3 Vorgehen der Lieferantenklassifizierung

Das Hauptziel des Lieferantenmanagements ist eine dauerhafte Verbesserung der Liefertreue. Auf Grundlage der Ergebnisse aus der Lieferantenbewertung erfolgt im weiteren Vorgehen eine Lieferantenklassifizierung. (vgl. Hofbauer et al. 2009, S. 37) Nach der Auswertung der prozentualen Kennzahlen können die Lieferanten den verschiedenen Klassen genau zugeordnet werden. Diese geben einen Hinweis auf die weitere Pflege sowie die zukünftige Entwicklung der Lieferantenbeziehungen. Die Bewertung der aktuellen Leistungsfähigkeit spiegelt die strategische Bedeutung wider, um langfristige Lieferantenstrategien vorausschauend umsetzen zu können. Die Klassifizierung kann zusammenfassend als Funktion der aktuellen Leistung sowie für die zukünftige strategische Bedeutung relevant sein. Um das gewünschte Lieferantenportfolio zu erhalten, müssen in den verschiedenen Klassen notwendige Handlungsmaßnahmen für eine weitere Zusammenarbeit klar definiert werden. Dies bietet die Grundlage für ein Industrieunternehmen, strategisch bedeutsame und leistungsfähige Lieferanten besser einsetzen zu können. (vgl. Hofbauer et al. 2009, S. 77-78). In der folgenden Abbildung werden die verschiedenen Klassen der Lieferanten dargestellt:

Abbildung 6: Lieferantenklassifizierung

Quelle: In Anlehnung an Scharnweber 2005, S. 17.

A-Lieferanten sind ausgezeichnete und wichtige Lieferanten mit einem außergewöhnlich starken Leistungsniveau in allen Lieferantenbewertungskriterien. Diese werden beim Abschluss von neuen Verträgen, bei Just-in-Time-Lieferungen und bei Entwicklungsaufträgen bevorzugt. Ziel ist, die Beziehungen zu diesen weiter zu intensivieren und langfristig zu sichern.

Der *B-Lieferant* gilt als ein bevorzugter Lieferant. Dieser weist über einem großen Zeitraum ein sehr starkes Leistungsniveau auf. Andererseits sind in manchen Kriterien jedoch Schwachstellen in der Belieferung erkennbar, die durch gezielte Maßnahmen mittelfristig zu beseitigen sind. Jedoch kann der *B-Lieferant* für den Abschluss von langfristigen Verträgen weiter qualifiziert werden.

Ein Lieferant, der die Bewertungskriterien zufriedenstellend erfüllen kann, wird als *C-Lieferant* klassifiziert. Diese können weitestgehend die gewünschten Anforderungen erfüllen. Jedoch besteht hier ein Potential zur Höherqualifizierung. Vorerst wird das Einkaufsvolumen nicht weiter vergrößert, da zuerst notwendige Maßnahmen eingeleitet werden müssen, um gravierende Schwachstellen zu beseitigen.

D-Lieferanten sind keine annehmbaren Lieferanten. Die Lieferleistung und -fähigkeit ist hier nicht zufriedenstellend. Bei diesen Lieferanten müssen Sofortmaßnahmen zwingend umgesetzt werden, um die Schwachstellen frühestmöglich abzustellen. Hier müssen mittelfristig der Anteil am Einkaufsvolumen weiter reduziert und alternative Bezugsquellen aufgebaut werden. (vgl. Scharnweber 2005, S. 17-18)

3.4 Ansätze zur Verbesserung der Lieferantenbeziehungen

Im Rahmen des Lieferantenmanagements baut eine gute Lieferantenentwicklung auf eine professionelle Lieferantenbewertung auf. Dabei sollten die Konsequenzen der einzelnen Bewertungsergebnisse verständlich sein. Zunächst muss geregelt sein, ab welchem Prozentsatz bei der Gesamtbewertung eine Lieferantensperre zu erfolgen hat und welche notwendigen Sofortmaßnahmen einzuleiten sind. Oberstes Ziel ist die Verbesserung der Lieferfähigkeit innerhalb der Wertschöpfungskette, um die Kunden pünktlich und zuverlässig zu beliefern. Dabei gilt es mögliche Schwachpunkte genauer zu erkennen, zu beseitigen und mögliche Stärken der Lieferanten aufzudecken, die gleichzeitig genutzt werden sollen. Lieferanten, die eine besondere Leistungsfähigkeit aufweisen, müssen zukünftig auch entwicklungsfähig bleiben. Liefe-

rantenentwicklungen beziehen sich auf die Lieferleistung, die Qualität und auf das interne Leistungsvermögen. Grundvoraussetzung des Entwicklungsprozesses ist eine vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Partnern. Darüber hinaus müssen Lieferanten die Bereitschaft aufweisen, den Qualifizierungs- und Entwicklungsprozess aus eigener Initiative mitzutragen, die innerbetrieblichen Strukturen und Prozesse transparent zu machen und sich gegenüber den Kunden weiter zu öffnen. Dabei gilt es die Anforderungen an die Lieferanten klar zu formulieren und diese bei der Erreichung der Vorgaben zu unterstützen. Außerdem müssen konkrete Maßnahmen in einem festgelegten Plan terminiert, personifiziert, quantifiziert sowie alle erforderlichen Schritte zur Realisierung festgelegt werden. (vgl. Hartmann 2004, S. 58-63)

Die dauerhafte Versorgungssicherheit eines produzierenden Unternehmens ist überlebensnotwendig. Dies wird erreicht durch überschaubare Versorgungsprozesse, wenige Handlungsstufen zwischen den Lieferanten und der Produktion, schnelle Reaktionsgeschwindigkeiten bei Änderungen oder Störungen und durch eine direkte Kommunikation. Eine werksnahe Lieferantenansiedlung reduziert zudem die Anzahl der Handlungsstufen. Mit diesem Ansatz können schnellere Versorgungsprozesse ermöglicht werden. Die Ansiedlung in Industrieparks führt beispielsweise zu kürzeren Kommunikations-, Informations- und Transportwegen. Bei der Auslieferung entsteht dabei mehr Flexibilität, da aufgrund einer kürzeren Abrufzeit der Lieferanten die Lieferumfänge schon sehr früh in der Montage verbaut werden können. Hier können die Reaktionszeiten bei eventuellen Störungen weiter beschleunigt werden, was eine Steigerung der Versorgungs- und Prozesssicherheit sowie eine Verbesserung der Anlieferungstreue zur Folge hat. Ein weiteres Nutzungspotential aus Sicht der Automobilhersteller ist die Reduzierung der Logistikkosten. Aufgrund von kürzeren Transportwegen ergeben sich über mehrere Fertigungsstufen optimale Möglichkeiten zu einer kundenorientierten und schlanken Produktion. In Industrieparks können bei einer lagerlosen Direktanlieferung überflüssige Lager- sowie Sicherheitsbestände minimiert werden. Mit diesem Ansatz lassen sich auch die Bestands- und Durchlaufzeiten weiter verringern. (vgl. Klug 2010, S. 315-316) Weitere Einsparungspotentiale ergeben sich durch die gemeinsame Nutzung spezifischer Logistikstrukturen. Hierzu zählt beispielsweise die Konsolidierung von Güterverkehren. Eine Bündelung der Aktivitäten führt zu einer Fixkostendegression und ermöglicht Kosteneinsparungspotentiale durch Skaleneffekte. Aufgrund einer räumlichen Konzentration von strategisch wichtigen Lieferanten in Industrieparks ist es möglich, den Planungs-, Steuerungs- und den Kontrollaufwand für das Produkt Fahrzeug erheblich zu reduzieren. Eine enge IT-technische Vernetzung der Lieferanten in Verbindung mit einer direkten Nutzung der Warenwirtschaftssysteme führt zu einem Informationsvorsprung der Industrieparklieferanten im Gegensatz zu nicht angesiedelten Lieferanten. Somit können Probleme im Seriengeschäft unmittelbar vor Ort gelöst werden. Persönliche Kontakte und eine schnelle Erreichbarkeit am Montageband im OEM-Bereich wirken sich positiv auf die Informations- und Kommunikationsflüsse aus. Eine weitere Verbesserungsmaßnahme ist die Reduzierung des Verkehrsaufkommens. Dies wird erreicht, indem das Anliefervolumen von dezentralen Versorgungszentren innerhalb des In-

dustrieparks gebündelt wird. Somit können die Verkehre zwischen den externen JIS-Versorgungszentren und dem OEM-Bereich eliminiert werden. Transportsysteme, die mit kurzen Entfernungen verbunden sind, führen zu erhöhten Verkehrsentlastungen und verringern zudem die Fracht-, Warenvereinnahmungs- und Steuerungskosten. Die räumliche Nähe von JIS-Lieferanten bietet aufgrund der reduzierten Transportzeiten die Möglichkeit, auf Kundenabrufe im OEM-Bereich flexibler reagieren zu können. Anfallende Nacharbeiten können von den Lieferanten in der Produktionslinie nachträglich durchgeführt werden. Dies ermöglicht eine schnellere Reaktionszeit bei kurzfristig auftretenden Problemen. Aufgrund kürzerer Wege reduzieren sich somit die Reaktions-, Durchlauf- und gleichzeitig auch die Lieferzeiten der Lieferanten. (vgl. Klug 2010, S. 317-319) Mit einer guten Vernetzung der Informationstechnologien zwischen den Lieferanten, Herstellern und den Logistikdienstleistern kann folglich eine höhere Transparenz geschaffen werden, um alle Industrieparkprozesse effizient zu planen, zu steuern und zu kontrollieren (vgl. Klug 2010, S. 327).

4 Simulation und Modellierung

4.1 Einführung in die Simulation

Die Simulation ist die Nachbildung eines Systems mithilfe eines Modells, das zur Lösung vieler verschiedener Probleme in Unternehmen trägt. Dabei geht es beispielsweise um Personalmaßnahmen, Maschinenkäufe und um die Abwicklung relevanter Lieferaufträge. Die Simulationstechnik dient der fundierten Entscheidungsunterstützung bei der Absicherung von Planungsergebnissen. Des Weiteren hilft diese unternehmerische Fehlentscheidungen frühzeitig vorzubeugen und auftretende Risiken zu minimieren. Jedoch kann die Simulation keine Urteile über mögliche richtige oder falsche Entscheidungen treffen, sondern dient lediglich der Darstellung von Konsequenzen möglicher Handlungsweisen. Zu den Anwendungsaufgaben der Simulationstechnik gehören die Untersuchung von komplexen Systemen, die Veranschaulichung komplexer Prozesse. Dies dient als Entscheidungshilfe bei der Systemausführung und zur Erstellung des Systemdesigns. Die ablaufenden Prozesse können hier zeitgerafft und realitätsnah innerhalb weniger Minuten simuliert werden. Die Flexibilität der Simulationstechnik trägt außerdem zur Verbreitung einer systemverständnissteigernden Technologie mit bei. Hier führt ein gutes Systemverständnis zur besseren Erkennung von Rationalisierungs- und Einsparungspotentialen und hilft gleichzeitig Planungsfehler rechtzeitig zu vermeiden sowie zu beheben. (vgl. Baron et al. 2001, S. 118-119) Das Simulationsmodell kann erst definiert werden, wenn feststeht, welche Szenarien grundsätzlich bedacht werden sollen, welche Kenngrößen zur Beurteilung dieser geeignet sind und welche Randbedingungen dabei zu berücksichtigen sind. Da die Simulation ein System relativ detailliert abbilden kann, muss zunächst der günstigste Detaillierungsgrad sorgfältig bestimmt werden. Ist die Detaillierung zu gering, dann führt dies zu groben und nicht voll verwendbaren Ergebnissen. Bei einer zu hohen Detaillierung steigen wiederum der Zeitbedarf bei der Erstellung des Modells sowie der Rechenzeitaufwand der einzelnen Experimente. (vgl. Rabe 1998, S. 3) In der Produktion und Logistik hat die Anwendung der Simulationstechnik den Effekt, das unternehmerische Risiko zu vermindern. Dies ermöglicht beispielsweise die effektive Überprüfung der Funktionalität einer Anlage, bei der Fehlerquellen entdeckt und zeitnah ausgebessert werden können. Aufgabe der Simulation ist es in erster Linie, die Phase der Inbetriebnahme weiter zu verkürzen und somit schneller den höchsten Durchsatz zu erreichen. Des Weiteren sollen erhebliche Kosten eingespart werden. (vgl. Rabe 1998, S. 7-8) Simulationsmodelle können auch eine verkleinerte oder vereinfachte Nachbildung von Zusammenhängen zum Ausdruck bringen. Durch ein Symbolmodell werden beispielsweise Informationen über ein zu beschreibendes System anhand empirischer Symbole repräsentiert. (vgl. Zwicker 1981, S. 19) In der Modellierung ist zunächst die Auswahl des Modellierungsformalismus und der Modellbeschreibungssprache von großer Bedeutung. Hier wird zur Auswahl des Modellierungsansatzes oft indirekt festgelegt, ob *ereignisorientiert* oder eher *prozessorientiert* modelliert werden soll. Bei einer prozessorientierten Mo-

dellierung wird das Systemverhalten mithilfe von Arbeitsprozessen abgebildet, die wiederum aus den einzelnen Aktivitäten, wie beispielsweise den Arbeitsgängen, bestehen. (vgl. Rose und März 2011, S. 16-17) Bei der Gestaltung eines Simulationskonzeptes sind zunächst die verschiedenen Rahmendaten zu klären sowie grundlegende Anforderungen zu bestimmen. Dabei muss festgelegt werden, welche Aspekte untersucht werden sollen. Grundvoraussetzung ist eine genaue Kenntnis über das zu modellierende reale System. Ein nicht exaktes System führt zu irrelevanten Aussagen. In der Modellbildung werden die definierten Subsysteme miteinander verbunden. Im Rahmen der Simulation werden diese wiederum nicht als unabhängige Einzelteile, sondern als Teil des Gesamtsystems betrachtet. Für den einzelnen Modellgestalter ergibt sich als zusätzliches Ergebnis eine genauere Einsicht in das eigene Unternehmen. Aspekte, die nicht im Modell abgebildet sind, können auch zu keiner Untersuchung herangezogen werden. In der Modellbildung ist die Kommunikation der Schlüssel zum Erfolg. Wichtig ist, über die Abteilungsgrenzen und über das eigene Unternehmen hinaus zu denken und zu agieren. Dies lässt sich durch die Einbindung von relevanten Kunden, Lieferanten und anderen Wertschöpfungspartnern besser erreichen. Die Ergebnisse aus der Simulation müssen an die betroffenen Stellen innerhalb der Wertschöpfungskette mitgeteilt und im weiteren Schritt gemeinsame Verbesserungsmaßnahmen umgesetzt werden. (vgl. Graf und Klingler 2008, S. 22-23)

4.2 Allgemeine Anforderungen an das Simulationsmodell

Innerhalb der Modellierung wird das abzubildende Subsystem von einer realen Welt in der Hierarchie eingegrenzt und auf die zu betrachtenden Aspekte für die Aufgabenstellung beschränkt. Die einzelnen Aspekte werden für das Ergebnis klassifiziert. Außerdem muss der Anwender aufgrund der sach- und handlungsbezogenen Absichten notwendige Entscheidungen über die Art und den Umfang der Modelle vornehmen, wie beispielsweise die Erstellung eines Erklärungs- oder Entscheidungsmodells. Die Merkmale der Modellierung finden im weiteren Verlauf einer Simulationsstudie kontinuierlich Anwendung. Sie führen möglicherweise von einer groben *Zielbeschreibung* zu einem *ausführbaren Simulationsmodell* und anschließend zu einer Auswertung der Simulationsergebnisse. Das Simulationsmodell wird dabei als virtuelle Realität empfunden. Aus diesem Sachverhalten ergeben sich verschiedene Forderungen an das Modell:

Das Modell muss immer *korrekt* sein. Dies bedeutet, dass hier keine Fehler bezüglich fehlerhafter Parameter oder falsch implementierter Steuerregeln enthalten sein dürfen. Daher sollte der Modellbildungsprozess so gestaltet werden, dass mögliche Fehler rechtzeitig vermieden und aufgedeckt werden können.

Das Modell soll *geeignet* sein und den Zweck erfüllen, dass im Rahmen der Modellierung die vorgenommenen Vereinfachungen und Beschränkungen zu einem Modell führen, welches für die jeweilige Aufgabenstellung geeignet ist. Hier muss sich der

Modellbildungsprozess ständig an den relevanten Auswirkungen der Modellierungsmerkmale orientieren.

Darüber hinaus muss das Modell *effizient* sein. Bei der Lösung von Problemen gilt es die günstigste Methode zu verwenden. Aspekte, die für die Aufgabenstellung nicht so relevant sind, sollen nicht abgebildet werden.

Hier werden hohe Anforderungen an die Qualität eines Modells oder Prozesses gestellt. Die Aspekte der Qualitätssicherung haben in der Modellierung an Bedeutung gewonnen. Bevor das *ausführbare Modell* tatsächlich erstellt wird, gilt es den frühen Phasen des Modellbildungsprozesses besondere Aufmerksamkeit zu widmen. (vgl. Rabe 2006, S. 332-333)

Demzufolge sind auch die Anforderungen an die *Modellgenauigkeit* mit einzubeziehen. Hier gilt es die gewünschte Ergebnisgenauigkeit und die notwendige Modelldetaillierung sinnvoll aufeinander abzustimmen. Der quantitativen, exakten und qualitativen Problem- und Zieldefinition kommt somit eine besondere Bedeutung zu. Der breite Korridor in einer Grafik steht hier für eine lose Korrelation zwischen den dargestellten Größen. Der Aufwand und die Nutzenrelation lassen sich durch die Gestaltung des Modells nachhaltig beeinflussen. Die Logistik ist von einer hohen Komplexität geprägt. Dies bezieht sich im Wesentlichen auf den Umfang der Aufgaben. Beispielsweise sind innerhalb eines Beschaffungslagers in der Regel mehrere Tausend Beschaffungsartikel und in der Produktion häufig Hunderte von Aufträgen gleichzeitig zu verwalten. Andererseits existiert eine Vielzahl von weiteren internen und externen Einflussgrößen. Hierzu gehört auch eine hohe Anzahl an Lieferanten, Verbrauchern, komplexen Produkten, globalen Produktionsnetzwerken und starken Einflussmöglichkeiten durch Menschen. Aus diesem Grund benötigt die Logistik einfache, leicht nachvollziehbare sowie problemlos anwendbare Ansätze und Modelle, bei denen die Ursache-Wirkzusammenhänge aufgezeigt und zur Entscheidungsunterstützung dienen können. (vgl. Nyhuis 2008, S. 15-16) Je komplexer das Modell, desto größer ist der Untersuchungsgegenstand und je weiter der zeitliche Abstand an das vorausgegangene Projekt, desto aufwändiger wird die Entscheidungsfindung. Aus diesem Grund ist eine sequentielle Überprüfung der Verfügbarkeit und der Eignung sinnvoll. Die Prüfung der Verfügbarkeit für Modell, Bearbeiter, Werkzeug und Dokumente ist oft weniger aufwändig als die Einschätzung der Eignung. Die Bewertung der Modelleignung erfolgt vorwiegend über die Dokumente. Kommen mehrere Modelle für die Nachnutzung in Frage, dann sind für alle Alternativen zunächst die Eignung und die Verfügbarkeit der Modelle zu betrachten. Anschließend müssen für die am besten geeigneten Modelle die Werkzeuge und Bearbeiter geprüft werden. Bei jedem Prüfungsschritt ist der zu erwartende Aufwand genau abzuschätzen. Hierzu gehört der Aufwand zur Sicherstellung der Verfügbarkeit, wie beispielsweise die Lizenzkosten für die Software. Zum Erreichen der Eignung gehören die Übersetzung von Dokumenten, V&V-Maßnahmen zur Überprüfung der Gültigkeit von nutzenden Modellen, Schulung der Mitarbeiter, Erweiterung der Modelle und die Umprogrammierung der Steuerung. (vgl. Wenzel et al. 2008, S. 156-157) Die Anforderungen an das Simulationsmodell beziehen sich auf die spezifischen Eigenschaften, die im Modell erfüllt werden sollen. Hierzu gehören die Laufzeit- oder das Speicherplatzverhalten

sowie die Wiederverwendbarkeit von Modellteilen. Bei konkreten Modellfunktionen betrifft dies etwa die Bereitstellung spezieller Statistiken oder die Vorgabe von eingeschränkten Parameterbereichen. Die Modellierungsvorgaben schreiben den Modellbildungsprozess vor. Darüber hinaus geben diese an, ob die Erstellung und Dokumentation von Modellelementen nach speziellen Richtlinien zu erfolgen hat. Die Erstellung von Modellteilen kann bezüglich der Wiederverwendung, Hierarchisierung und der Submodellbildung auch als Anforderung bei der Modellbildung formuliert werden. Die Anforderungen an die Ein- und Ausgabeschnittstellen eines Modells beziehen sich auf die Angaben der möglichen Ein- und Ausgabegrößen und auf die zu verwendenden Datenaustauschformate eines Modells. Hierzu gehören auch die technischen Angaben bei den Telegramm- oder Datenbankschnittstellen. In Bezug auf die Anforderungen an die Experimentdurchführung und Ergebnisdarstellung wird ein erster Experimentplan festgelegt und die konkreten Anforderungen an die Ergebnisdarstellung vorgegeben. Dies bezieht sich beispielsweise auf Diagramme zur Darstellung der Transporte pro Tag, 3D-Animationen für bestimmte kritische Situationen und auf die Visualisierung der Auslastung von einzelnen Modellelementen innerhalb der Laufzeit. Hierzu zählt die Benennung der notwendigen Ausgabegrößen, wie beispielsweise die Auslastung oder der Durchsatz je Zeiteinheit sowie die Warteschlangenlänge und dient gleichzeitig als gute Basis für die Aufbereitung und Darstellung der Ergebnisse. (vgl. Rabe et al. 2008, S. 65-66) Die zunehmenden Fortschritte der Simulationstechnik führen dazu, dass immer komplexere Problemstellungen im Bereich der Planung von Logistik- und Produktionssystemen analysiert und gelöst werden können. Die Einbeziehung der Simulation in die Geschäftsabläufe und Entscheidungsprozesse erfordern daher einen systematischen Ansatz. (vgl. Hanschke et al. 2016)

4.3 Kriterien zur Prüfung der Simulationswürdigkeit

Die Simulation ist kein Selbstzweck. Mit ihr wird vielmehr ein bestimmtes Untersuchungsziel innerhalb eines vorgegebenen Systems verfolgt. Die Erfahrungen der Simulationsexperten, das Ziel der Untersuchung, der Untersuchungsgegenstand sowie die daraus resultierenden Untersuchungsaspekte und Fragestellungen legen hier die Notwendigkeit der Simulation bzw. die Simulationswürdigkeit fest. (vgl. Kuhn und Wenzel 2008, S. 74) Um die Simulation möglichst anzuwenden, werden folgende Grundregeln angegeben:

- Die Simulation wird dann eingesetzt, wenn das zeitliche Ablaufverhalten in einem System untersucht werden soll. Werden für ein System keine zeitlichen Schwankungen innerhalb des Verhaltens gekennzeichnet, dann gibt die Simulation keine weiteren Aussagen.
- Sind die Grenzen analytischer Methoden erreicht, dann liefert das Durchspielen eines Systems noch Aussagen.

- Die Simulation ist notwendig, wenn das Experimentieren am realen System unmöglich oder zu kostenintensiv ist. Existiert das System bereits und kann die zu prüfende Variante innerhalb des Systems beispielsweise am Wochenende getestet werden, dann erübrigt sich die Notwendigkeit des Simulationsmodells.
- Der wesentliche Teilaspekt eines untersuchenden Systems ist neu. Dabei soll nicht das Verhalten des Systems aus den bereits vorhandenen Erfahrungen geschlossen werden.
- Die komplexen Wirkungszusammenhänge machen das direkte Verständnis des Modells unmöglich. Dies verhindert, dass die Systemdynamik sich in einfache Gleichungen fassen lässt. (vgl. Rabe 1998, S. 7)

Eine Aufgabenstellung ist simulationswürdig, wenn die Simulation zur Lösung einer Aufgabe erfolgreich angewendet werden kann und für den Anwender als gute Entscheidungshilfe dient. Die Simulationswürdigkeit ist gegeben, wenn das Untersuchungsziel einerseits mit mathematischen Verfahren möglich wäre und andererseits der Einsatz eines Simulationsmodells die Aufgabe wesentlich erleichtern würde. Sind besondere Anforderungen in Bezug auf die Visualisierung der Ergebnisse gegeben, dann ist die Erstellung eines Simulationsmodells auch zu vertreten, wenn das vorhandene Problem mit anderen Mitteln einfacher und schneller gelöst werden kann. Der Anwender muss außerdem prüfen, ob der erforderliche Aufwand und die Kosten zur Simulation gerechtfertigt sind oder ob das zu ermittelnde Ergebnis mit anderen Planungs-, Berechnungs- und Entscheidungswerkzeugen eventuell schneller und mit geringerem Aufwand erreicht werden kann. Hier ist es notwendig, die zu untersuchenden Systeme und Prozesse bezüglich der auftretenden Eingangs-, Ausgangs- sowie Störgrößen und der Randbedingungen genau zu analysieren. Treten beispielsweise stochastische Einflüsse auf oder werden die untersuchten Prozesse mit ändernden Parametern animiert, so ist der Einsatz der Simulation zur Problemlösung notwendig. (vgl. Wenzel et al. 2008, S. 15-16)

4.4 Gegenüberstellung verschiedener Simulationsverfahren

Das *analytische Verfahren* wird häufig in Fallstudien angewendet. Während der Fallstudie verändert sich der Zustand des Untersuchungsobjektes nicht. Ein Untersuchungsobjekt kann einfach in ein formales Modell transformiert werden, welches für ein *analytisches Verfahren* geeignet ist. Somit lassen sich auch sehr zeitintensive Analysen durchführen, bei denen keine Entscheidungen unter Zeitdruck getroffen werden müssen. (vgl. Ullrich 2005, S. 149) Die Modellierung von logistischen Zielgrößen wird in *analytischen Verfahren* eingesetzt. Die Darstellung der Abhängigkeiten dieser Größen ermöglicht im weiteren Verlauf eine bessere Analyse von möglichen Zielabweichungen. Dies bezieht sich auch auf die Messgrößen der Lieferzeit, Lieferterminabweichung oder Liefertreue und des erreichten Servicegrades. (vgl. Lödding 2005, S. 40-46) Dabei gilt es aussagekräftige Kennzahlen im Bereich der Liefertreue einzusetzen. (vgl. Lödding 2005, S. 59) Ein geeignetes Hilfsmittel zur übersichtlichen Darstellung der Simulationsergebnisse ist der Einsatz des Excel-

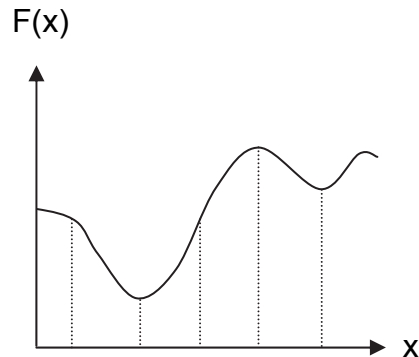
Programms. Es bietet die Möglichkeit, verschiedene Funktionen und Formeln zu berechnen. Hier stehen statistische und kaufmännische Funktionen zur Verfügung. Eine der großen Stärken von Excel ist die grafische Darstellung der Berechnungen und die aussagekräftige Erstellung von Diagrammen, bei denen die ermittelten Ergebnisse in einem Zeitraum anschaulich visualisiert und analysiert werden können. (vgl. Staufenberg 2018) Der Einsatz von Excel erlaubt es die Daten, wie beispielsweise den Mittelwert oder den Median, über die Variablen zu erhalten, deren Verteilung bekannt ist (vgl. STATCON GmbH 2017). Bei der Erstellung eines Durchlaufdiagramms kann im weiteren Schritt ein zeitlicher Verlauf der logistischen Zielgrößen innerhalb eines Bewertungszeitraums visualisiert werden. (vgl. Lödding 2005, S. 50)

Deterministische Verfahren können auch als Bergsteiger-Strategien bezeichnet werden. Ihre Vorgehensweise entspricht weitgehend der Suche des Optimums durch einen blinden Bergsteiger, der sich vom Tal aus zum Gipfel empor tastet. Hier wird zunächst ein Startpunkt bestimmt, von dem die Reihenfolge der Fertigungsaufträge abhängt. Für jede Reihenfolge werden die gewichteten und festgelegten Zielkriterien bestimmt. Anschließend werden die errechneten Werte bewertet und der Punkt mit dem höchsten Zielfunktionswert anschließend als neuer Startpunkt ausgewählt. Im weiteren Schritt werden die Zielfunktionswerte aller umliegenden Punkte berechnet. Mit diesem Verfahren kann man sich dem Optimum zielstrebig annähern. Der Vorteil von *diskreten deterministischen Strategien* liegt in der Schnelligkeit des Auf- und Abstiegs. Die Wahrscheinlichkeit ist jedoch sehr gering, dass die beste Lösung global gefunden wird. Wird der Startpunkt nahe dem lokalen Optimum gesetzt, dann bewegt sich die Strategie dorthin, ohne dass erkannt wird, dass eigentlich ein höheres globales Optimum existiert. (vgl. Krug und Rose 2011, S. 22) Ein Lagerhaltungsmodell mit einer festen Bedarfsrate und bekannten Lieferzeit findet beispielweise in der *deterministischen Simulation* häufig Anwendung. Vom Prinzip her besteht das Vorgehen darin, dass die Zustandsvariablen von Periode zu Periode nach bestimmten Regeln *deterministisch* fortgeschrieben werden. Hier werden die Verhaltensmuster im System imitiert. Typische Anwendungsfälle sind der Einsatz von Matrizen und Flussdiagrammen realer Tatbestände. (vgl. Liebl 1995, S. 13-14) Die Ermittlung der Preis-Absatz-Funktion, der Bilanzsumme sowie der Gewinnfunktion zählen unter anderem auch zur *deterministischen Simulation*. Dies funktioniert mittels einer aufgestellten Gleichung, bei der die einzelnen Variablen ermittelt werden sollen. (vgl. Liebl 1995, S. 17-19)

Stochastische Verfahren bezeichnet man in der Regel als Zufallsverfahren, da diese zufällige Startpunkte im gesamten diskreten Suchraum erzeugen. Hier wird im Gegensatz zum *deterministischen Verfahren* kein Gradient der Zielfunktion benötigt. Die Ableitung der Zielfunktion ist in der Regel analytisch nicht bestimmbar. Nach der Generierung erfolgt eine Bewertung der einzelnen erzeugten Punkte. So werden beispielsweise bei Maximierungsproblemen im weiteren Verfahren die Punkte bevorzugt, die höhere Zielfunktionswerte repräsentieren. Diese Werte werden anschließend als neue Startpunkte übernommen, die wiederum Kinderpunkte erzeugen. Die-

ses Verfahren läuft solange bis keine weiteren Verbesserungen mehr feststellbar sind. (vgl. Krug und Rose 2011, S. 22-23)

Abbildung 7: Ermittlung des globalen Optimums



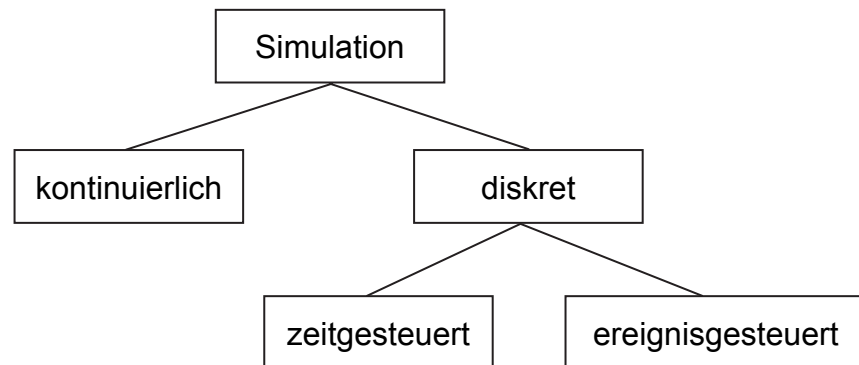
Quelle: In Anlehnung an Krug und Rose 2011, S. 23.

Der Vorteil liegt hier in der zufälligen Ermittlung der einzelnen Startpunkte innerhalb des gesamten Suchraums. Somit kann zufällig ein Punkt in der Nähe eines globalen Optimums gefunden und in Kombination mit einer diskreten Gradientenmethode recht schnell ein optimaler Produktionsplan bestimmt werden. Auf der anderen Seite ist es jedoch schwierig, in die Nähe des besten Punktes zu kommen. Dies erfordert eine hohe Anzahl zufälliger Parametersätze und viele Berechnungen der Zielfunktionswerte. (vgl. Krug und Rose 2011, S. 23-24) *Stochastische Verteilungen* dienen auch zur Festlegung der Anzahl der zu generierenden Aufträge. Hier werden die Verteilungen theoretisch angenommen und aus dem Auftragsverhalten abgeleitet. Darüber hinaus werden diese auf Grundlage des gesamten Volumens mit Dichteschätzungsmethoden berechnet und durch empirische Verteilungen approximiert. Hier können Zufallsverteilungen bei der Generierung von unterschiedlichen Arten von Objekten sowie Zufallsverteilungen bei der Generierung von Zwischenankunftszeiten zwischen den Objekten festgelegt werden. (vgl. Wenzel und Bernhard 2008, S. 491) In der Simulation von Produktionssystemen werden in der Praxis meist ereignisdiskrete Modelle mit stochastischen Einflüssen eingesetzt. Bei den stochastischen Modelldaten werden häufig Prozesse und Größen modelliert, die nicht vollständig vorherbestimmbar, sondern eher zufälliger Natur sind. Beispiele hierfür sind die Modellierung von schwankenden Bearbeitungszeiten, unsicheren Ausfallwahrscheinlichkeiten eingesetzter Modellelemente und die Berücksichtigung von Prüfergebnissen im weiteren Simulationsablauf. Die Simulation des Modells mit stochastischen Eigenschaften wird somit zu einem Zufallsexperiment. Dies lässt sich mit der Ziehung einer Stichprobe vergleichen. Um aus den Ergebnissen sinnvolle Aussagen und Entscheidungen zu treffen, wird eine hohe Anzahl von unabhängigen Stichproben benötigt. Bei einer geringeren Stichprobenanzahl wird die Entscheidungsgrundlage somit unsicherer. Um solche Zufallsexperimente richtig auswerten zu können, sind hier Methoden der mathematischen Statistik erforderlich. Dabei können aus Zufallsexperimenten keine Aussagen mit 100-prozentiger Sicherheit getroffen werden. Die Me-

thoden in der Statistik beinhalten nicht nur Schätzwerte der Ergebnisse von Zufallsexperimenten, sondern beschreiben auch die Größe möglicher Fehler sowie die Glaubwürdigkeit einer Aussage. (vgl. Barfels et al. 1993, S. 373)

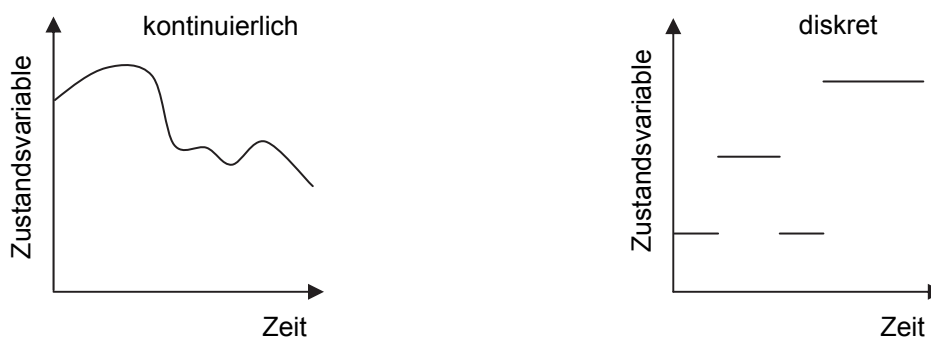
Die *Monte-Carlo-Simulation* ist ein Verfahren aus dem Bereich der Stochastik. Als Basis hierfür werden häufig Zufallsexperimente dargestellt. Aufgrund der Ergebnisse wird mithilfe der Wahrscheinlichkeitstheorie versucht, analytisch unlösbare Probleme mathematisch numerisch zu lösen. Die Zufallsexperimente können auch real durchgeführt werden. Hierzu gehören beispielsweise das Würfeln einer Zahl oder die Erzeugung von Zufallszahlen. In heutiger Zeit werden vermehrt computergenerierte Zufallsvorgänge in beliebig großem Umfang simuliert. Die Anwendung der *Monte-Carlo-Simulation* bezieht sich auf analytisch unlösbare Probleme mit rein mathematischer Herkunft. Zu den verschiedenen Bereichen gehören die Verteilungseigenschaften von Zufallsvariablen und die Schätzung von Verteilungsparametern. Hier können die Eigenschaften der Schätzfunktionen auch bei Vorliegen von Datenausreißern ermittelt werden. Unter anderem ist es möglich, komplexe Prozesse nachzubilden, die sich nicht geradlinig analysieren lassen. Somit lassen sich Produktionsprozesse in einem Fertigungsunternehmen, die Engpässe aufweisen, besser aufdecken. (vgl. LUMITOS AG 2018) *Beim Monte-Carlo-Verfahren* soll ein deterministisches Problem stochastisch mit Zufallszahlen mittels Simulation gelöst werden. Je höher der Stichprobenumfang ist, desto höher ist die relative Häufigkeit der Treffer. (vgl. Liebl 1995, S. 55-57) Die Modellexperimente sind deutlich von Stichprobenbeziehungen dominiert. Im Rahmen der Risikoanalyse können konkrete Ausprägungen der einzelnen Eingangsverteilungen mit einer Zufallszahlenziehung erzeugt sowie gemäß den unterstellten Relationen miteinander verknüpft werden. Wird die Folge von Schritten permanent wiederholt, dann erhält man eine Vielzahl unterschiedlicher Ergebnisse, die sich schließlich in einer empirischen Häufigkeitsverteilung zusammenfassen lassen. Des Weiteren werden die Elemente der zeitlichen Ordnung berücksichtigt. Somit kann beispielsweise die tägliche Absatzmenge einer Eisdielen ermittelt werden. Es steht offenkundig die Größe der Absatzmenge in Beziehung zu der Anzahl der Kunden eines Tages sowie der Größe der Portionen, welche von den einzelnen Kunden konsumiert werden. Zu weiteren Eingabegrößen und Relationen gehören die Verteilung der Temperatur oder die Verteilung der Bevölkerung an einem zufälligen Tageswert. (vgl. Liebl 1995, S. 63-65)

Die *ereignisdiskrete Simulation (discrete event simulation)* ist vom Prinzip her eine diskrete Simulation. Dieses Verfahren hängt von dem zeitlichen Verhalten der verschiedenen Größen ab. Hier wird das betrachtete Realsystem beschrieben.

Abbildung 8: Klassifikation von Simulationsmethoden

Quelle: In Anlehnung an Gutenschwager et al. 2017, S. 53.

Werden die Zustandsvariablen über eine bestimmte Zeit kontinuierlich verändert, dann handelt es sich um ein kontinuierliches System. Diskrete Systeme weisen diskontinuierliche Zustandsübergänge (z.B. Zustandssprünge) auf. Im Bereich der Simulation der Lagerhaltung verändert sich beispielsweise die eingelagerte Menge sprunghaft nach oben, wenn der Lagerbestand durch eine Lieferung aufgefüllt wird. Die Zustandsänderungen finden in diskreten Zeitpunkten statt. In der Terminologie der Simulation wird dies als *Ereignis* bzw. *event* bezeichnet. (vgl. Liebl 1995, S. 9)

Abbildung 9: Verläufe von kontinuierlichen und diskreten Zustandsvariablen

Quelle: In Anlehnung an Liebl 1995, S. 9.

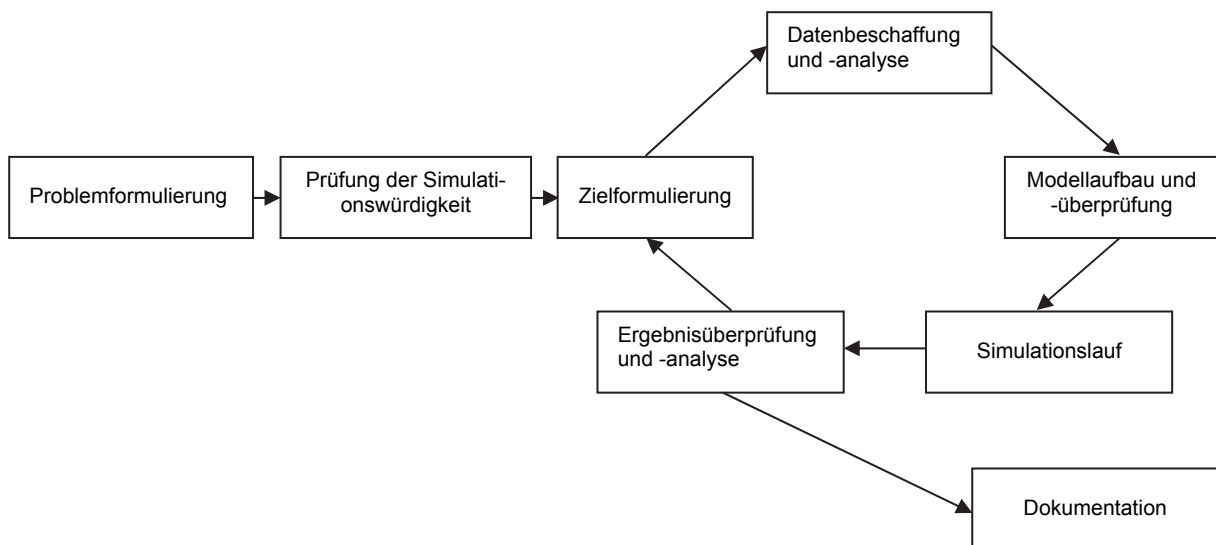
Bei einer *ereignisdiskreten Simulation* handelt es sich um eine Folge von verschiedenen Ereignissen mit Zeitstempeln, die chronologisch abgearbeitet werden. Die aktuelle Simulationszeit t wird über die Simulationsuhr dargestellt, die auf den Zeitpunkt des nächsten Ereignisses gesetzt wird. Zur Umsetzung dieses Konzeptes wird eine Liste benötigt, die alle künftigen Ereignisse verwaltet. Die Ablaufsteuerung sorgt dafür, dass das erste Element aus der Ereignisliste entfernt wird. Die Simulationsuhr wird auf den Zeitpunkt gesetzt zu dem das Ereignis eintreten soll. Die Zustandsänderungen werden über sogenannte Ereignisroutinen durchgeführt. Die Ausführung der zugeordneten Ereignisroutinen bezeichnet man auch als Abarbeitung von Ereignissen. Dabei können innerhalb dieser Ereignisroutinen neue Ereignisse gebildet wer-

den, die in die Ereignisliste einzutragen sind. Dabei werden neue Ereignisse, die innerhalb der Ereignisroutine entstehen, als Folgeereignis eines auslösenden Ereignisses bezeichnet. Folgeereignisse können zum gleichen oder späteren Zeitpunkt entstehen. Bei der Ablaufsteuerung einer *ereignisdiskreten Simulation* muss zu Beginn die Ereignisliste mit bekannten Ereignissen initialisiert werden. Die Anfangswerte werden dabei auf die Zustandsgrößen gesetzt. Im Wesentlichen besteht der Algorithmus aus einer Schleife, bei der die Ereignisse innerhalb einer zeitlichen Folge abgearbeitet werden können. Auf der anderen Seite gibt es auch mehrere Ereignisse, die einen gleichen Zeitstempel besitzen. Diese Ereignisse stehen folglich nacheinander in der Ereignisliste. In diesem Fall kann die Reihenfolge der Ereignisse bei gleichem Zeitstempel eine wichtige Rolle spielen. Trifft beispielsweise das Ereignis *Ankommen eines Transportauftrages* mit einem anderen Ereignis *Fertigstellung des Transportauftrages* durch einen Stapler zeitlich zusammen, dann können bei einer festgelegten Reihenfolge der Bearbeitung von Ereignissen sich unterschiedliche Abläufe innerhalb eines Modells sowie unterschiedliche Simulationsergebnisse ergeben. Bei der Ablaufsteuerung kann somit ein Ereignis für einen beliebigen Zeitpunkt eingetragen werden. Hier besteht auch die Möglichkeit, dass ein Ereignis vor oder hinter einem zuvor eingetragenen Ereignis eingetragen werden kann. Hier muss der Modellierer bei besonderem Bedarf individuell spezifische Programmierungen vornehmen. (vgl. Gutenschwager et al. 2017, S. 55-57) Auch in Bezug auf die Phasen einer Simulationsstudie wird bei der Entwicklung von Simulationsmodellen in der Regel die *ereignisdiskrete Simulation* angewendet (vgl. Bernhard et al. 2017). Die Phasen der Simulationsstudie werden im folgenden Abschnitt näher beschrieben.

4.5 Vorgehensmodelle der Simulation

Im Folgenden werden anhand von zwei verschiedenen Vorgehensmodellen die Phasen, Ereignisse und der Ablauf grafisch dargestellt. Die Modelle unterscheiden sich zu Beginn in der Ausgangssituation und in der Detaillierung der einzelnen Phasen.

Das erste Vorgehensmodell behandelt im Rahmen der Simulationsstudie einen sich permanent wiederholenden Prozess aus den Analyse-, Entwicklungs- und Interpretationsschritten. (vgl. Baron et al. 2001, S. 122) Die Gliederung erfolgt in folgender Reihenfolge:

Abbildung 10: Schritte der Simulationsstudie

Quelle: In Anlehnung an VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik 2014, S. 42-48.

Als erster Schritt ist die *Problemformulierung* einer der Kernschritte im gesamten Projekt. Aus diesem Grund ist eine kritische Betrachtung der Aufgaben- und Zielstellung jederzeit notwendig. Grafische Modelldarstellungen sind als Kommunikationsbasis sehr hilfreich, da hier ein nötiger Einblick in die Situation und in die betrieblichen Abläufe des Unternehmens gewährleistet wird. Das Ergebnis des ersten Schrittes muss daher eine präzise formulierte Problemstellung der Unternehmenssituation bei allen Beteiligten sein.

Bei der *Prüfung der Simulationswürdigkeit* muss klar entschieden werden, ob die Simulation ein gut geeigneter Ansatz bei der Lösungsfindung ist. Um dies zu überprüfen, wird die Problemstellung durch die Projektbeteiligten analysiert und eine Untersuchung durchgeführt, ob noch andere Lösungstechniken angewendet werden können. Dabei können nach der ersten Analyse schon Lösungsvorschläge entstehen, die die Simulationsstudie abstecken oder sogar eine Groblösung darstellen. Ist anschließend eine Entscheidung für eine Simulationstechnik gefallen, dann muss eine genauere Kosteneinschätzung durch den Simulationsdienstleister erstellt werden. Die Prüfung der Anwendbarkeit von weiteren Lösungstechniken soll sicherstellen, dass der monetäre und zeitliche Aufwand der Simulationsstudie gerechtfertigt ist. Die wichtigen Gesichtspunkte bei der *Prüfung der Simulationswürdigkeit* sind zum einen die Sammlung alternativer Lösungsansätze. Diese können zu einer starken Reduzierung des Aufwandes führen. Zum anderen sollen alternative Lösungstechniken geprüft werden. Führen diese Techniken zum gewünschten Erfolg bei gleichzeitig geringerem Aufwand, dann ist zu beurteilen, ob der große Aufwand der Simulationsstudie gerechtfertigt ist.

In der Studie werden die Schlüsselfragen zwischen den Simulationsanbietern und Simulationskunden mit der *Zielformulierung* geklärt und der jeweilige Nutzen quantifi-

ziert. Anschließend werden die Simulationsziele definiert. Hier müssen alle Beteiligten für das Modell zunächst Szenarien, Abgrenzungen und Messgrößen festlegen. Aus diesem Grund ist es in den Gesprächen sehr wichtig, die verschiedenen Meinungen der Beteiligten, die Potentiale und auch die Grenzen der Simulation zu berücksichtigen. Somit soll zum einen überzogenen Erwartungen an die Ergebnisse der Simulationsstudie vorgebeugt und zum anderen wichtige Teilziele nicht übersehen werden.

Im weiteren Schritt ist das Unternehmen verantwortlich, die benötigten Daten zum Modellaufbau und Simulationslauf zu beschaffen und bereitzustellen. Zu dem Aufgabenbereich des Simulationsdienstleisters gehören hingegen die Analyse und Bewertung der Daten. Die erhaltenen Daten müssen permanent geprüft und kritisch hinterfragt werden. Aus diesem Grund sollte für die *Datenbeschaffung und -analyse* hinreichend Zeit eingeplant werden.

Der fünfte Schritt behandelt den *Modellaufbau und die Modellüberprüfung*. Bei der Erstellung eines konzeptionellen Modells werden die Ziele, die bei der Simulationsstudie formuliert wurden, zur Hilfe genommen. Somit soll Klarheit über die abzubildenden Strukturen im Modell geschaffen werden. Dieses Modell legt die Elemente und die grundlegende Struktur fest. Mit diesem Ansatz soll die geplante Verbindung zu den Unternehmensdaten beschrieben werden. Bei einem programmierten Modell handelt es sich um die Umsetzung eines konzeptionellen Modells im Simulationssystem. Dies erfolgt mittels einer Programmiersprache oder eines geeigneten Baukastensystems. Bei der Überprüfung des Modells werden im ersten *Simulationslauf* die Vergangenheitsdaten und die Extremwerte einbezogen. Gleichzeitig wird die grundsätzliche Richtigkeit des Modells geprüft und validiert. Mit der Einbindung von beschriebenen Szenarien entsteht ein experimentierbares Modell.

Anhand des *experimentierbaren Modells* werden die verschiedenen *Simulationsläufe* durchgeführt. Mit einem Test kann somit die Modellsensitivität bezüglich der Abgrenzungen des Modells gegenüber der Realität ermittelt werden, inwieweit und welche Einflussparameter die *Simulationsläufe* beeinflussen. Der *Simulationslauf* liefert die Messdaten zur *Ergebnisüberprüfung und -analyse*.

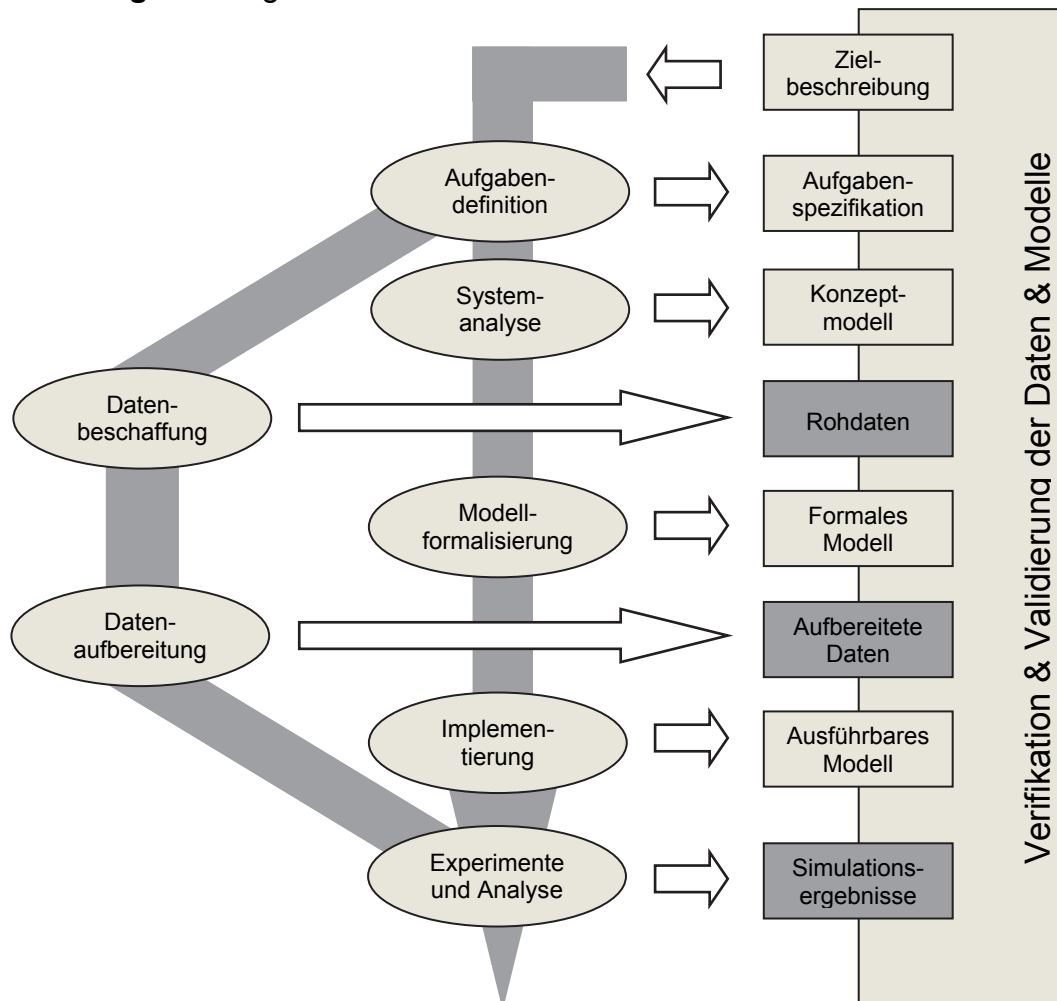
Die Messdaten der *Simulationsläufe* werden innerhalb der Phase der *Ergebnisüberprüfung und -analyse* auf Richtigkeit und Plausibilität geprüft. Hier sollte zunächst die Frage gestellt werden, ob es das richtige Modell ist oder ob das vorliegende Modell überhaupt zum gewünschten Ziel führt. Aufgabe ist, die Messdaten mit dem Modell zu vergleichen und anschließend die Zielstellung mit der Simulation gegenüberzustellen. Hier werden die Messdaten auf Plausibilität unter Berücksichtigung der Modellgrenzen sowie der vereinbarten Annahmen direkt überprüft. Dabei muss zu diesem Zeitpunkt entschieden werden, ob weitere *Simulationsläufe* mit veränderter Zielstellung oder Annahmen erforderlich sind. In so einem Fall werden die vorhergehenden Schritte bis zur *Datenbeschaffung und -analyse* neu durchlaufen.

Die *Dokumentation* sollte neben den Simulationsergebnissen und den Lösungen der Zielstellung auch einen Bericht über den Verlauf des gesamten Projektes beinhalten. Dies bezieht die ausgeführten Arbeiten und wichtige Entscheidungen mit ein. Personen, die nicht an der Simulationsstudie beteiligt sind, können anschließend die wich-

tigsten Schritte und Entscheidungen nachvollziehen. Dabei sollten die bedeutendsten Ergebnisse im Rahmen einer Präsentation dem Auftraggeber vorgestellt werden. Mit diesem Ansatz sollen die Kommunikation zwischen den Simulationsanbietern und Auftraggebern verbessert und Missverständnissen vorgebeugt werden, die den Projektablauf gefährden können. (vgl. Baron et al. 2001, S. 125-128)

Im Folgenden wird das zweite Vorgehensmodell in den einzelnen Phasen beschrieben:

Abbildung 11: Vorgehensmodell zur Simulation



Quelle: In Anlehnung an Rabe et al. 2008, S. 5.

Die Ausgangsbasis dieses Vorgehensmodells ist die *Zielbeschreibung*, in der das zu lösende Problem mithilfe der Simulation strukturiert beschrieben wird. Hier ist der Einsatz von Simulation als geeignete Problemlösungsmethode zu begründen.

In der ersten Phase dient die *Aufgabendefinition* zunächst der Vervollständigung und Präzisierung der *Zielbeschreibung*. Das Ergebnis in dieser Phase ist die *Aufgabenspezifikation*. Diese sind dadurch gekennzeichnet, dass eine gemeinsam verstandene und getragene detaillierte Beschreibung der Aufgabe von allen Projektbeteiligten vorliegt. In der *Aufgabendefinition* werden die vorhandenen Inhalte aus der *Zielbe-*

schreibung konkretisiert und ergänzt. Somit wird ein gemeinsames Grundverständnis in Bezug auf die gestellten Aufgaben und Lösungswege erzeugt.

In der Phase der *Systemanalyse* geht es im Wesentlichen um die Modellierungsentscheidungen bezüglich der Festlegung der Systemgrenzen und des Detaillierungsgrades. Darüber hinaus muss festgelegt werden, welche Elemente des geplanten oder realen Systems in welcher Genauigkeit modelliert werden und wie die Elemente zueinander in Beziehung gesetzt werden sollen. Das *Konzeptmodell* fasst die Ergebnisse anhand von Ablaufdiagrammen, textuellen Beschreibungen oder anderen Grafiken zusammen.

Bei der *Modellformalisierung* wird das *Konzeptmodell* in ein *formales Modell* überführt. Das *formale Modell* setzt die textuelle Beschreibung der Steuerung in einen passenden Programmablaufplan um. Dieses sollte sich idealerweise ohne weitere Erläuterungen in ein reales System implementieren lassen.

Im Rahmen der *Implementierung* entsteht ein *ausführbares Modell*. Dieses wird sowohl als Simulationsmodell als auch als Computermodell bezeichnet. Dabei hängt die Art der *Implementierung* vorwiegend von dem Modellierungskonzept des verwendeten Simulationswerkzeuges ab. Somit können die vordefinierten Bausteine eingesetzt sowie das Verhalten des Modellelementes mit der Programmiersprache beschrieben werden. Parallel zu den Phasen der *Systemanalyse*, *Modellformalisierung* und der *Implementierung* (Modellbildung) müssen die erforderlichen Daten beschafft sowie aufbereitet werden.

Im Rahmen der *Datenbeschaffung* werden die erforderlichen Informationen zunächst aus den Rohdaten zusammengestellt. Die *Rohdaten* kommen aus den vorhandenen Datenbeständen des Unternehmens und es handelt sich hier zum Beispiel um laufende Aufzeichnungen von Produktionsdaten. Bei notwendigem Bedarf müssen nicht vorhandene Daten neu erhoben werden. Dabei ergeben sich die Art und der Umfang der erforderlichen Informationen aus der *Aufgabenspezifikation* und dem *Konzeptmodell*.

Die *Rohdaten* werden bei der *Datenaufbereitung* so aufbereitet, dass diese für das eingesetzte Modell nutzbar sind. Zu den typischen Aufbereitungsaufgaben gehören die Filterung von relevanten Daten, die notwendige Umstrukturierung dieser Daten für die Verwendung im *ausführbaren Modell* sowie die Bestimmung von statistischen Verteilungen aus den *Rohdaten*. Die *aufbereiteten Daten* stehen anschließend als Ergebnis für das Simulationsmodell sowie für die *Experimentdurchführung* bereit.

In der Phase der *Experimente und Analyse* werden das Simulationsmodell und die *aufbereiteten Daten* zusammengeführt. Es werden die *Experimente* auf Grundlage von Experimentplänen durchgeführt. Dabei werden quantitative *Ergebnisse* aufgezeichnet, die anschließend analysiert werden müssen. Aus der *Analyse* lassen sich wiederum notwendige Schlussfolgerungen zum realen System ableiten. Die *Simulationsergebnisse* umfassen somit die Schlussfolgerungen, die aufgezeichneten Daten sowie die *Analyse*.

Das Vorgehensmodell reduziert im Vorhinein das Fehlerrisiko und erhöht gleichzeitig auch die zu erwartende Qualität der Phasenergebnisse. Damit sich Unzulänglichkeiten und Fehler nicht durch die weiteren Phasen ziehen, müssen diese frühzeitig auf-

gedeckt und korrigiert werden. Aus diesem Grund ist die *Verifikation und Validierung (V&V)* der Daten und Modelle von Beginn an parallel zur Simulationsstudie durchzuführen. Jedoch lassen sich die *V&V-Aktivitäten* nicht einer einzigen Phase zuordnen, sondern werden phasenübergreifend eingesetzt. (vgl. Gutenschwager et al. 2017, S. 144-145)

4.6 Phasen der Modellbildung

Systemanalyse:

Die Modellbildung innerhalb des zweiten Vorgehensmodells durchläuft insgesamt drei Phasen. Die erste Phase betrifft die *Systemanalyse*. Hier werden zunächst der Umfang und die Detaillierung des Modells festgelegt. Das Ergebnis dieser Phase ist die Erstellung eines *Konzeptmodells*. Dieses Modell fasst die wesentlichen Entscheidungen in Bezug auf die Systemgrenzen, Elemente des Systems, Genauigkeit der Modellierung sowie die Beziehungen zwischen den einzelnen Elementen zusammen. Der Modellierer muss dabei festlegen, welche Elemente in welchem Detaillierungsgrad abzubilden sind. Somit sollen logische Zusammenhänge besser erkannt werden. Hier gilt es die Auswirkungen auf das Systemverhalten abzuschätzen und zu erkennen, ob und welche Konsequenzen sich daraus für den Zweck der Simulationsstudie ergeben. Aus diesem Grund sind erhebliche Erfahrungen erforderlich, die mit entsprechender Übung sowie durch sorgfältiges Ausprobieren gewonnen werden können. Dabei muss im Rahmen der Detaillierung festgelegt werden, in welcher zeitlichen Auflösung welche Größen gemessen werden sollen. In der *Systemanalyse* gilt es beispielsweise die Anzahl der Gabelstapler zu ermitteln, um den Transportbedarf vom Startort bis zum Zielort zu decken. Werden viele Gabelstapler benötigt, dann stellen die Strecken, auf denen sie fahren, möglicherweise einen Engpass dar. In diesem Fall müssten die einzelnen Gabelstapler, die Disposition der Transporte und die Fahrten auf den jeweiligen Streckenabschnitten modelliert werden. Bei der Analyse muss außerdem ermittelt werden, welche Messpunkte, Auswertungen und welche zu messenden Größen benötigt werden. Bei einer genaueren Analyse sind möglicherweise der Anteil an Lastfahrten, Leerfahrten, die Zeiten für die Übernahme von Paletten sowie für den Batterietausch erforderlich. Hier ist zur Beschreibung eines Layouts zunächst eine Skizze üblich, bei der beispielsweise für bestimmte Strecken der Verkehr mit Pfeilen kenntlich gemacht werden kann. Das *Konzeptmodell* dient somit dem frühzeitigen Austausch und der Abstimmung zwischen den Simulationsfachleuten und Fachexperten, um das Fehlerrisiko in späteren Modellierungsphasen weiter zu reduzieren. (vgl. Gutenschwager et al. 2017, S. 151-153)

Formalisierung:

Das *Konzeptmodell* ist die Basis für die *Formalisierung*. Diese Phase liefert eine eindeutige und genauere Modellbeschreibung. Die *Formalisierung* muss so umgesetzt

werden, dass sie für die nächsten Schritte innerhalb des Vorgehensmodells ohne weitere Erläuterungen genutzt werden kann. Die nicht formalen Beschreibungen im *Konzeptmodell* werden somit für das *formale Modell* präsentiert. Die *Formalisierung* entspricht beispielsweise der Phase der Spezifikation innerhalb eines Softwareentwicklungsprozesses. In Bezug auf das bereits erwähnte Beispiel können die gepunkteten Linien der Fahrwege der Gabelstapler, die im *Konzeptmodell* verwendet wurden, im *formalen Modell* durch gerichtete Pfeile zu einer Seite ergänzt werden, die einen Einbahnverkehr kennzeichnen. Pfeile, die auf einer Fahrbahn in beiden Richtungen zeigen, weisen auf einen Gegenverkehr hin. Dabei kann in diesem Modell festgelegt werden, ob die Gabelstapler den Gegenverkehr innerhalb eines Gangs problemlos passieren können, damit diese nicht warten oder ausweichen müssen. Somit wird das Fahrverhalten der einzelnen Stapler genauer beschrieben. Darüber hinaus kann auch eine Entscheidungstabelle hinzugefügt werden, bei der der Umgang mit Leerpaletten festgelegt wird. Ist beispielsweise ein Stapel von acht Leerpaletten erreicht worden, dann muss dieser spätestens von einem Staplerfahrer zum Wareneingangstor gefahren werden. In der Entscheidungstabelle können darüber hinaus noch weitere Forderungen im Umgang mit verschiedenen Situationen oder Ereignissen dargestellt werden. Im *formalen Modell* wird somit das Verhalten präziser beschrieben. (vgl. Gutenschwager et al. 2017, S. 155-156)

Implementierung:

In der Phase der *Implementierung* wird das *formale Modell* mithilfe eines Simulationswerkzeugs in ein ablauffähiges Modell umgesetzt. Bei der Umsetzung des *formalen Modells* zu einem *ausführbaren Modell* ist in der Regel ein Wechsel der Beschreibungsmittel erforderlich. Wenn das ausgewählte Werkzeug keine Entscheidungstabellen anbietet, dann muss die beschriebene Logik in eine Programmiersprache oder in eine spezifische Skriptsprache übertragen werden. Parallel zur *Implementierung* gilt es alle Aspekte zu dokumentieren, die sich aus dem *ausführbaren Modell* nicht direkt oder verständlich ergeben. Dabei gibt es Simulationswerkzeuge, die Zeichenketten als Datentyp nicht unterstützen. Somit müssen Zustände von Objekten als Zahlen codiert werden. Diese Codierungen sind entsprechend zu dokumentieren. Ein anderes Beispiel wäre das Abbilden eines Maschinenzustandes, bei dem der Rüstvorgang als Pause dargestellt werden soll. (vgl. Gutenschwager et al. 2017, S. 157-158)

4.7 Kriterien der Verifikation & Validierung

Die *Verifikation* überprüft, ob ein Modell von einer zur anderen Beschreibungsart korrekt transformiert wurde. Die *Validierung* hingegen überprüft die Übereinstimmung des Modells mit dem abgebildeten System. Die *Verifikation & Validierung (V&V)* umfasst alle Maßnahmen zur Überprüfung des fertiggestellten Simulationsmodells. Somit sollen die Glaubwürdigkeit des Modells und auch das Vertrauen an die *Simulati-*

onsergebnisse erhöht werden. (vgl. Rabe et al. 2008, S. 14-17) Zudem soll sichergestellt werden, dass die Ergebnisse aus der Simulation für die Beantwortung der Fragestellung verwendet werden dürfen. Dabei können Fehlentscheidungen aufgrund eines fehlerhaften Modells sowie von ungeeigneten *Simulationsergebnissen* negative Folgen haben. (vgl. Gutenschwager et al. 2017, S. 202). Darüber hinaus können verschiedene *V&V-Kriterien* berücksichtigt werden, die zu einer höheren Glaubwürdigkeit der Simulationsmodelle beitragen:

Die *Vollständigkeit* eines Modells bezieht sich auf die Korrektheit von Struktur und Inhalt. Hier wird eine strukturelle Überprüfung bezüglich fehlender Anforderungen und Informationen durchgeführt sowie die Übereinstimmung zwischen Modell und Anforderungen untersucht.

Der Fokus der *Konsistenz* liegt ebenfalls auf der Korrektheit von Struktur und Inhalt. Dabei geht es um die Schlüssigkeit der semantischen Zusammenhänge, der Struktur sowie um die Durchgängigkeit der Terminologie.

Die *Genauigkeit* betrachtet die Angemessenheit der Ergebnisse für die Anwendung. Beispiele hierfür sind eine fehlerfreie und sorgfältige Modellierung, die Wahl des angemessenen Detaillierungsgrades, die richtige Granularität der Daten und die richtige Wahl der Zufallsverteilungen.

Der Fokus der *Aktualität* liegt in der zeitlichen und inhaltlichen Gültigkeit von Daten und Informationen bezüglich ihrer Verwendung sowie in der Gültigkeit des Modells für die Aufgabenstellung.

Die *Eignung* eines Simulationsmodells bezieht sich auf die Passgenauigkeit, die Nutzbarkeit für den Verwendungszweck und auf die Leistungsfähigkeit für den Anwender.

Die *Plausibilität* hat ihre Ausrichtung in der Nachvollziehbarkeit der Zusammenhänge und in der Schlüssigkeit der Ergebnisse.

Der Fokus der *Verständlichkeit* liegt in der Nachvollziehbarkeit für den Anwender, der Transparenz in der Modellierung, der Eindeutigkeit der Formulierung und in der Lesbarkeit der Ergebnisse.

Die *Machbarkeit* bezieht sich auf die technische Umsetzbarkeit der Anforderungen, die Erreichbarkeit der geforderten Projektziele und auf die Umsetzbarkeit der zeitlichen Projektplanung.

Die *Verfügbarkeit* zielt auf die Durchführbarkeit. Beispiele sind der Zugriff auf notwendige Daten und Dokumente, die Glaubwürdigkeit der Daten- und Informationsquellen sowie der Aufwand für die Beschaffung.

Alle diese Kriterien fließen in unterschiedlichem Umfang mit in das Vorgehen der *Verifikation & Validierung* ein. (vgl. Rabe et al. 2008, S. 22-23) Nicht valide Simulationsmodelle ziehen grundsätzlich eine erneute Durchführung der *Systemanalyse* und des Modelldesigns nach sich. Während des Projektfortschrittes können neue Erkenntnisse in Bezug auf den Untersuchungsgegenstand gewonnen werden. Aus diesem Grund ist es notwendig, die *Problemstellung* und die *Zielsetzung* der Simulationsstudie nochmal zu überdenken. (vgl. Heinzl und Brandt 1999, S. 406)

Das wesentliche Ziel der Simulation ist die Generierung von Simulationsergebnissen. Diese Ergebnisse dienen zur Beurteilung eines Untersuchungsgegenstandes. Für den Anwender hängt die Glaubwürdigkeit des Simulationsmodells stark ab von der Glaubwürdigkeit der Simulationsergebnisse. Aus diesem Grund hat die *Verifikation & Validierung* der Ergebnisse eine wichtige Bedeutung. Zu der Dokumentation gehören die Experimentpläne sowie die Ablage von Eingangs- und Ergebnisdaten. Die Ablagestrukturen sind in Bezug auf die *Konsistenz* und die *Eignung* zu überprüfen. Die Ergebnisgrafiken werden jederzeit den zugrundeliegenden Experimenten zugeordnet. Dies ist unabhängig davon, ob diese in Tabellenkalkulationsprogrammen vorliegen, in Präsentationen aufgenommen werden oder in anderen Formen abzulegen sind. Simulationsexperimente werden anhand von Experimentplänen durchgeführt. Aufgabe der *Verifikation & Validierung* ist es zu prüfen, ob die Experimentpläne vorliegen, ob diese gemäß den Plänen ausgeführt sind und ob die Abweichungen der Pläne geeignet erläutert, begründet und dokumentiert worden sind (z.B. *Genauigkeit, Vollständigkeit*). Bei der Überprüfung der *Eignung* und der *Genauigkeit* der Simulationsergebnisse ist in vielen Fällen die Betrachtung von verschiedenen Ergebnisgrößen aus unterschiedlichen Blickwinkeln sehr hilfreich und auch notwendig. (vgl. Rabe et al. 2008, S. 166-168). Im Folgenden werden verschiedene Blickwinkel betrachtet, die zu einer höheren Glaubwürdigkeit der Simulationsergebnisse führen:

Hierzu gehören die Erzeugung und der Vergleich von unterschiedlichen Kennzahlen, wie beispielsweise der Durchsatz, die Durchlaufzeit und der Work-in-Progress. Zu der Auswertung von unterschiedlichen *zeitlichen Aggregationen* der Ergebnisgrößen zählen unter anderem die Ermittlung der Mittelwerte für Wochen, Tage und Stunden sowie der Vergleich von gleichen Tageszeiten an unterschiedlichen Tagen. Die Auswertung von unterschiedlichen *inhaltlichen Aggregationen* der Ergebnisgrößen betreffen beispielsweise die Artikel und Artikelgruppen. Unter anderem gehören die Erzeugung und Auswertung von *unterschiedlichen Kennzahlen* für logische Abschnitte eines Modells sowie die Abstimmung der *gültigen Kennzahlen* für das ganze Modell dazu. (vgl. Rabe et al. 2008, S. 168)

Die abgeleiteten Erkenntnisse und Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen werden an die unterschiedlichen Zielgruppen kommuniziert. Hierzu zählen die Auftraggeber, Fachexperten und die Simulationsfachleute. Die Aussagen aus den Simulationsergebnissen müssen daher in sich und untereinander *plausibel* sowie *konsistent* sein. Des Weiteren ist zu überprüfen, ob die Darstellung und Erkenntnisse aus Sicht der verschiedenen Zielgruppen klar und verständlich sind. Bezüglich der *Plausibilität* von Simulationsergebnissen muss im Hinblick auf das *ausführende Modell* untersucht werden, ob die Ergebnisse und die daraus gezogenen Schlussfolgerungen auf die zugrunde liegenden Annahmen der Modellierung überhaupt zulässig sind. Aus diesem Grund muss hinterfragt werden, ob die Simulationsergebnisse und die daraus gezogenen Schlussfolgerungen den tatsächlichen Erwartungen entsprechen, gerechtfertigt sind oder ob das Modellverhalten in den verschiedenen Situationen fehlerhaft ist. (vgl. Rabe et al. 2008, S. 169-170)

Zum Abschluss der Simulationsstudie spielt auch die *Dokumentation* der Simulationsergebnisse eine sehr wichtige Rolle. Die Ergebnisdokumentation führt im Verlauf dieser Phase teilweise unterschiedliche und aufeinander aufbauende Dokumente zusammen. Die Fassung der Experimentpläne wird als Detaillierung mit den entsprechenden Angaben im Rahmen der *Aufgabenspezifikation* vor der *Ausführung der Experimente* erstellt. Die eigentliche Darstellung der erzielten Ergebnisse erfolgt zu einem zukünftigen Zeitpunkt nach der *Experimentdurchführung*. In einer abschließenden Präsentation kann ein Teil der Dokumentation anhand eines Fließtextes, einer Tabelle und anhand von Ergebnisdaten aus den Modellen in einer Datenbank abgelegt werden. Die Ergebnisdaten werden nach der *Experimentdurchführung* somit Bestandteil der *Simulationsergebnisse*. (vgl. Rabe et al. 2008, S. 81-82) Diese Ergebnisse werden aus den Resultaten der verschiedenen Experimente zusammengestellt. Hier sollen vielmehr Experimentergebnisse ausgewählt werden, die eine besondere Relevanz in Bezug auf die Lösung der Aufgabenstellung besitzen. In der *Dokumentation* sollte jederzeit nachvollziehbar sein, welches Experiment zu welchem Zweck ausgeführt und welche Ergebnisse daraus erzeugt wurden. Die Varianten des Modells sind so zu speichern, dass einzelne Experimente bei Bedarf wiederholt, nachvollzogen oder auch nachträglich überprüft werden können. Die abschließende Darstellung oder Präsentation der Ergebnisanalyse sowie die Schlussfolgerung aus den Experimenten dienen zur zusammenfassenden Interpretation und der Ableitung von notwendigen Handlungsempfehlungen auf das reale System. (vgl. Rabe et al. 2008, S. 84-86)

5 Schritte zur Erstellung eines Simulationsmodells

5.1 Prüfung der Simulationswürdigkeit

Die Kriterien zur Prüfung der Simulationswürdigkeit beziehen sich aus dem Abschnitt 4.3. Die Anwendung der Simulation setzt zunächst ein bestimmtes Untersuchungsziel innerhalb eines vorgegebenen Systems voraus, bei dem zunächst die Simulationswürdigkeit im Bereich der Liefertreue untersucht werden muss. Dies ist erfüllt, da sich das Untersuchungsziel zunächst auf die Auswertung und Verbesserung der Liefertreue bezieht. Der Einsatz der Simulation setzt folgende Grundregeln voraus:

Zunächst wird das zeitliche Ablaufverhalten in einem System untersucht. Da sich der Untersuchungsgegenstand auf den Bereich der Liefertreue bezieht und sich das untersuchende System innerhalb eines Betrachtungszeitraums erstreckt, unterliegt das Systemverhalten den zeitlichen Schwankungen. Hier gibt die Simulation konkrete Aussagen innerhalb eines Zeitraums.

Des Weiteren werden die Grenzen von analytischen Methoden erreicht, da das zeitliche Ablaufverhalten, die verschiedene Einflussgrößen und die komplexen Wirkungszusammenhänge in einem System mitberücksichtigt werden müssen. Die Simulation wäre somit in der Lage, relevante Aussagen während des Systemdurchlaufs zu liefern.

Da das Experimentieren am realen System oft fehleranfällig und auch kostenintensiv ist, dann wäre der Einsatz der Simulation notwendig. Somit würden keine physischen Ressourcen für das Experimentieren am realen System verwendet oder verbraucht. Im Rahmen der Modellbildung können mithilfe der *Verifikation & Validierung*, die im Abschnitt 4.7 näher beschrieben wird, auftretende Fehler oder Fehlentscheidungen frühzeitig aufgedeckt und korrigiert werden. Folglich lassen sich erhebliche Kosten einsparen.

Des Weiteren ist der wesentliche Teilaspekt des Systems neu, da das Verhalten des Untersuchungsgegenstandes noch unbekannt ist und auch keiner Erfahrung unterliegt.

Aufgrund der komplexen Wirkungszusammenhänge innerhalb des Untersuchungsgegenstandes im Bereich der Liefertreue ist das direkte Verständnis oft sehr schwierig. Aus diesem Grund ist die Erstellung eines Simulationsmodells hilfreich, um ein vereinfachtes Abbild der Realität oder eines geplanten Ablaufs zu erstellen. Dies hilft zudem die Wirkungszusammenhänge und auch die eingehenden Daten aufzubereiten und übersichtlich darzustellen. Somit wird ein besseres Systemverständnis ermöglicht. Bei der Prüfung der Grundregeln hat sich herausgestellt, dass die Simulationswürdigkeit im Bereich der Liefertreue erfüllt ist.

Ist die Simulationswürdigkeit gegeben, dann gilt es über die Phasen der Modellbildung ein geeignetes Simulationsmodell zu erstellen. Im Rahmen der Simulationsstudie legt das Vorgehensmodell, welches im Abschnitt 4.5 dargestellt wird, das gesam-

te Vorgehen einer Simulation in zeitlicher Reihenfolge fest. Somit wird dem Anwender einen besseren Überblick über die einzelnen Phasen und Abläufe verschafft. Gleichzeitig können gewonnene Erkenntnisse in den weiteren Phasen des Vorgehens angewendet werden. Ziel ist, über die verschiedenen Phasen der Modellbildung ein Simulationsmodell zu erstellen. Der Aufwand zur Simulation wäre somit gerechtfertigt, da die zu ermittelnden Simulationsergebnisse mit den vorhandenen Planungs-, Berechnungs- und Entscheidungswerkzeugen strukturiert und anschaulich ermittelt sowie visualisiert werden können. Da verschiedene äußere Einflussgrößen auf die Liefertreue einwirken, eignet sich der Einsatz der Simulation ideal zur Ursachenanalyse, zur Lösung von Lieferproblemen und dient gleichzeitig auch als gute Entscheidungsunterstützung. Die Simulationswürdigkeit wäre somit gegeben, da der Einsatz des Simulationsmodells das Vorgehen und die Lösung möglicher Probleme erheblich erleichtern würde. In Folge der Überprüfung der Kriterien lässt sich erschließen, dass die Anwendung der Simulation im Bereich der Liefertreue gerechtfertigt ist.

5.2 Auswahl eines geeigneten Simulationsverfahrens und Vorgehensmodells

Die Gegenüberstellung der verschiedenen Simulationsverfahren erfolgt als Grundlage aus dem Abschnitt 4.4. Das *analytische Simulationsverfahren* wäre im Bereich der Liefertreue auch ein guter Lösungsansatz, da das Untersuchungsobjekt einfach in ein formales Modell transformiert werden kann. Hier können die Abhängigkeiten von logistischen Zielgrößen übersichtlich dargestellt werden, die eine bessere Analyse des aktuellen Zustandes und von möglichen Zielabweichungen ermöglichen. Die Visualisierung der Simulationsergebnisse erfolgt im weiteren Verlauf über Excel-Tabellen und Diagramme. Dort lassen sich die verschiedenen Kennzahlen und Messgrößen einfügen. Während der Simulation ändert sich jedoch der Zustand des Untersuchungsobjektes bzw. des Modells nicht und ist daher eher *statisch*.

Die *deterministische Simulation* könnte ebenfalls in Betracht gezogen werden, da dieses Verfahren den zeitlichen Aspekt berücksichtigt und nicht nach dem Zufallsprinzip erfolgt. Darüber hinaus ist es möglich, zunächst ein Flussdiagramm zu erstellen, welches gut für den Programmablauf angewendet werden kann. Überlegenswert wäre hier den Verlauf der Liefertreue und der Lieferqualität mit der Anwendung von komplexen mathematischen Gleichungen oder Formeln innerhalb eines zeitlichen Verlaufs zu ermitteln und darzustellen. Jedoch ist die Modellbildung in der *deterministischen Simulation* zunächst mit einer sehr hohen Menge an Eingängen und Ausgängen verbunden und somit sehr kompliziert und zeitaufwendig. Die Ermittlung und Visualisierung der Liefertreue wäre außerdem zu komplex, um daraus eine mathematische Gleichung oder Formel festzulegen, die den täglichen Verlauf und eine zukünftige Prognose darstellen soll, da die äußeren Einflüsse auf die Liefertreue sich täglich ändern können. Somit wäre die *deterministische Simulation* eher ungeeignet.

Die *stochastische Simulation* und das *Monte-Carlo-Verfahren* sind im Bereich der Messung der Liefertreue sowie bei Erstellung einer Prognose weniger gut geeignet, da sie sich mehr auf das Zufallsprinzip beziehen. Diese Verfahren betrachten eher zufällige Wahrscheinlichkeiten und seltene Ereignisse, die in der Zukunft eintreten könnten. Schwierig dabei ist, die äußeren Einflussfaktoren, wie beispielsweise die typischen Fehlerquellen, das Kundenverhalten und auch die gesamtwirtschaftlichen Gegebenheiten, in die Eintrittswahrscheinlichkeiten einzubeziehen. Aus diesem Grund können zukünftige Ereignisse und Simulationsergebnisse nie mit hoher Wahrscheinlichkeit vorhergesagt werden. Die *stochastische Simulation* ist somit für die Entwicklung notwendiger Handlungsmaßnahmen eher ungewiss. Im Rahmen der *Monte-Carlo-Simulation* können darüber hinaus computergenerierte Zufallsvorgänge in großem Umfang simuliert werden, die sich auf analytisch unlösbare Probleme beziehen. Aufgrund der Komplexität des Verfahrens müsste aus wirtschaftlichem Blickwinkel eine geeignete Simulationssoftware eingerichtet werden, die die vorhandenen Zufallswahrscheinlichkeiten einbezieht, berechnet und somit mit einem höheren Kostenaufwand verbunden wäre. Jedoch können stochastische Einflüsse lediglich in anderen Simulationsverfahren mitberücksichtigt werden.

Die *ereignisdiskrete Simulation* richtet sich auf das Eintreten von Ereignissen. Dieses Verfahren lässt sich im Rahmen des Vorgehensmodells sowie in den Phasen der Modellbildung erfolgreich anwenden, bei der die einzelnen Ereignisse, Phasen, Vorgehensweisen innerhalb des Modells im zeitlichen Ablauf überschaubar dargestellt werden können. Dies trägt zu einem besseren Systemverständnis mit bei, bei dem die logischen Zusammenhänge der verschiedenen Ereignisse klarer erkennbar werden und somit klare Anweisungen geben. Nach Erstellung des Simulationsmodells werden im Anschluss die aufbereiteten Lieferdaten verwendet. Da sich die einzelnen Bestandteile der Liefertreue auf messbare Tatbestände beziehen, können im weiteren Verlauf die Anwendung von Excel-Tabellen als gute Darstellungsform der Ergebnisse eingesetzt werden. Die Verläufe der Simulationsergebnisse können anhand eines Liniendiagramms sowohl kontinuierlich als auch diskret innerhalb eines betrachteten Zeitraums aufgezeichnet werden. Darüber hinaus lässt sich zunächst ein definierter Zielwert festlegen, der innerhalb eines Diagramms eingezeichnet werden kann. Mithilfe eines Soll-Ist-Vergleichs können innerhalb eines Zeitverlaufs mögliche Zielabweichungen zu einem bestimmten Zeitpunkt gezielt erkannt werden. Bei der Ermittlung einer zukünftigen Prognose lassen sich außerdem auch stochastische Einflussfaktoren mit in die Eintrittswahrscheinlichkeiten einbeziehen.

Aus der Gegenüberstellung der verschiedenen Simulationsverfahren lässt sich erschließen, dass sich die *ereignisdiskrete Simulation* am besten eignet. Dieses Simulationsverfahren bietet eine sehr gute Grundlage für den Ablauf des Vorgehensmodells sowie für die Phasen der Modellbildung und ist daher eher dynamisch. Somit lässt sich ein ablauffähiges Simulationsmodell erstellen. Da sich diese Methode auf die Ereignisse und Vorgehensweisen im Bereich der Liefertreue bezieht, gibt sie eine klare Anordnung an. Somit lässt sich ein besseres Systemverständnis erreichen, bei

dem die Wirkungszusammenhänge der Ereignisse verständlicher werden und somit klare Anweisungen erteilt werden können.

Aus der Gegenüberstellung der zwei Vorgehensmodelle zur Simulation im Abschnitt 4.5 lässt sich erkennen, dass im ersten Vorgehensmodell in Abbildung 10 zu Beginn die Prüfung der Simulationswürdigkeit einmalig durchgeführt wird, wogegen beim zweiten Vorgehensmodell in Abbildung 11 zuvor ebenfalls eine Prüfung der Simulationswürdigkeit und während des gesamten Prozesses eine fortlaufende *Verifikation und Validierung* der Daten, Modelle und Ergebnisse stattfindet. Dies erhöht die Datenqualität und verbessert gleichzeitig die Glaubwürdigkeit der Simulationsmodelle und -ergebnisse. Darüber hinaus werden im zweiten Vorgehensmodell der Ablauf der Phasen, der Umgang mit den Daten und das weitere Vorgehen ausführlich beschrieben. Aus diesen Gründen ist dieses Vorgehensmodell wesentlich aussagekräftiger und strukturierter als das Vorgehensmodell in Abbildung 10 zur Simulationsstudie. Aufgrund der höheren Glaubwürdigkeit wird in den folgenden Kapiteln daher Bezug auf das Vorgehensmodell in Abbildung 11 genommen.

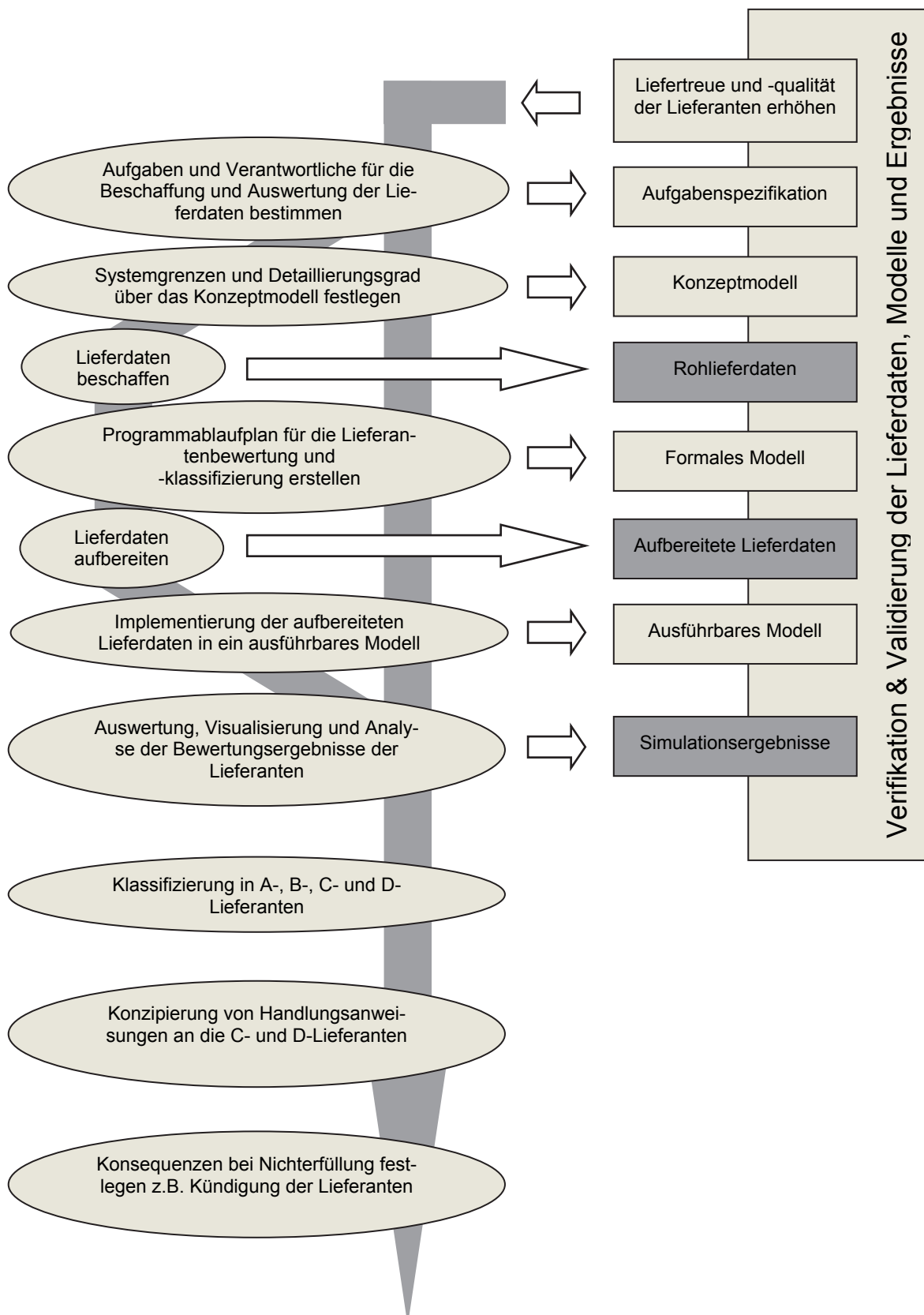
5.3 Einsatz des Vorgehensmodells

In diesem Abschnitt wird das Vorgehensmodell aus der Abbildung 11 des Abschnitts 4.5 zum einen für die Lieferantenbewertung und zum anderen für die Messung der Liefertreue zu den Kunden eingesetzt. Dieses Modell bezieht sich auf die einzelnen Ereignisse, Vorgehensweisen, Phasen der Modellbildung sowie auf die Erstellung und Analyse der Simulationsergebnisse. Im weiteren Verlauf gilt es daraus notwendige Handlungsmaßnahmen umzusetzen.

Lieferantenbewertung:

Im Rahmen der Lieferantenbewertung zeichnet sich die *Zielbeschreibung* dadurch aus, zunächst die tatsächliche Lieferleistung (z.B. Ist-Zustand) und die gewünschte Lieferleistung zu ermitteln. Ziel ist eine kontinuierliche Verbesserung der Liefertreue und -qualität auf Seiten der Lieferanten. Dabei soll mit dem Einsatz der Simulation das Vorgehen der Lieferantenbewertung genauer beschrieben werden.

Abbildung 12: Vorgehensmodell zur Lieferantenbewertung



Da die *Aufgabendefinition* der Vervollständigung und Präzisierung der *Zielbeschreibung* dient, werden in dieser Phase die Zuständigkeiten der Mitarbeiter und die konkreten Aufgaben für die Lieferantenbewertung und -klassifizierung festgelegt. Hierzu gehören die Beschaffung und die Auswertung der Lieferdaten. An dieser Stelle wird über Details und den Ablauf des Simulationsverfahrens entschieden.

Das Ergebnis dieser Phase ist die *Aufgabenspezifikation*, die ein gemeinsames Verständnis über das anzuwendende Verfahren bei allen beteiligten Mitarbeitern bedeutet.

Die *Systemanalyse* legt die Anforderungen eines Automobilzulieferers an die Lieferanten fest. Hier gelangen die Unternehmensprozesse sowie die Grenzen des Bewertungssystems in den Blick. Dabei wird bestimmt, mit welchem Detaillierungsgrad die Modellierung in Bezug auf die Lieferantenbewertung ermittelt und visualisiert werden soll. Es muss außerdem ausgearbeitet werden, wie die einzelnen Messgrößen (z.B. Tag oder Monat, Liefertreue und -qualität) bei der Ausgabe der Simulationsergebnisse zueinander in Relation gesetzt werden sollen.

Als Ergebnis der *Systemanalyse* entsteht ein *Konzeptmodell*, das die unternehmensspezifischen Faktoren zusammenfasst und als Grundlage zur Modellierung dient.

Im Rahmen der *Modellformalisierung* wird ein Programmablaufplan zur Lieferantenbewertung und -klassifizierung erstellt, das sich in das reale System implementieren lässt. Als Ergebnis dieser Phase soll das *Konzeptmodell* in ein *formales Modell* überführt werden.

Im Rahmen der *Implementierung* wird ein *ausführbares Modell* erstellt. Dieses Modell wird auch als Simulationsmodell bezeichnet. Die Art der *Implementierung* hängt hauptsächlich von dem Modellierungskonzept des Simulationswerkzeuges ab. Hier können die vordefinierten Bausteine eingesetzt und das Verhalten des Modellelementes mithilfe einer Programmiersprache beschrieben werden. Parallel zu den Phasen der *Systemanalyse*, *Modellformalisierung* und der *Implementierung* werden die Lieferdaten beschafft und aufbereitet.

Hier erfolgt die *Datenbeschaffung* (Lieferdaten) aus den Datenbeständen des Automobilzulieferers über die Lieferanten, indem die Kennzahlen der termin- und mengentreuen Anlieferung und der Produktqualität in Bezug auf Fehlerteile (z.B. Reklamationen) der Lieferanten innerhalb eines Bewertungszeitraums gesammelt werden. Im Rahmen der *Datenaufbereitung* werden die Lieferdaten für die weitere Verwendung aufbereitet, strukturiert und ausgewertet. Bei der *Implementierung* werden die aufbereiteten Lieferdaten in ein *ausführbares Modell (Simulationsmodell)* eingefügt.

Innerhalb der Phasen des Vorgehensmodells erfolgt parallel eine *Verifikation & Validierung* der Lieferdaten, Modelle und Simulationsergebnisse. Hier soll fortlaufend überprüft werden, ob die Glaubwürdigkeit in Bezug auf die Modellierung und der Ergebnisse erfüllt worden ist und das Modell als gute Entscheidungshilfe für den Anwender dient.

In der Phase der *Experimente und Analyse* werden die Bewertungsergebnisse der Lieferanten ausgewertet, visualisiert und analysiert. Die Lieferanten werden anschließend hinsichtlich ihrer prozentualen Endergebnisse in eine A-, B-, C- oder D-Klassifizierung zugeordnet.

Aus der *Analyse* und *Klassifizierung* der Lieferanten lassen sich im weiteren Schritt erforderliche Handlungsmaßnahmen ableiten. Die C- und D-Lieferanten erhalten beispielsweise einen Maßnahmenplan von den Automobilzulieferern, die die Liefertreue und die -qualität zeitnah nachweislich verbessern müssen. Bei Nichterfüllung der Forderungen aus dem Maßnahmenplan droht diesen Lieferanten nach Ablauf der Frist schlimmstenfalls eine Kündigung der Zusammenarbeit.

Liefertreue zu den Kunden:

Die *Zielbeschreibung* umfasst die Ermittlung der tatsächlichen Lieferleistung (z.B. Ist-Zustand) und der gewünschten Lieferleistung als Soll-Zustand. Dabei gilt es die Liefertreue und -qualität zu den Kunden kontinuierlich zu verbessern. Mit dem Einsatz der Simulation soll das Vorgehen zur Messung der Liefertreue zu den Kunden genauer beschrieben werden.

In der *Aufgabendefinition* werden die Zuständigkeiten der Mitarbeiter in Bezug auf die Messung der Liefertreue und -qualität zu den Kunden festgelegt. Zu deren Aufgaben gehören die Beschaffung, Aufbereitung und die Auswertung der Lieferdaten. An dieser Stelle wird über die Details und den Ablauf des Simulationsverfahrens entschieden.

Das Ergebnis dieser Phase ist die *Aufgabenspezifikation*, die ein gemeinsames Verständnis über das anzuwendende Verfahren von allen beteiligten Mitarbeitern bedeutet.

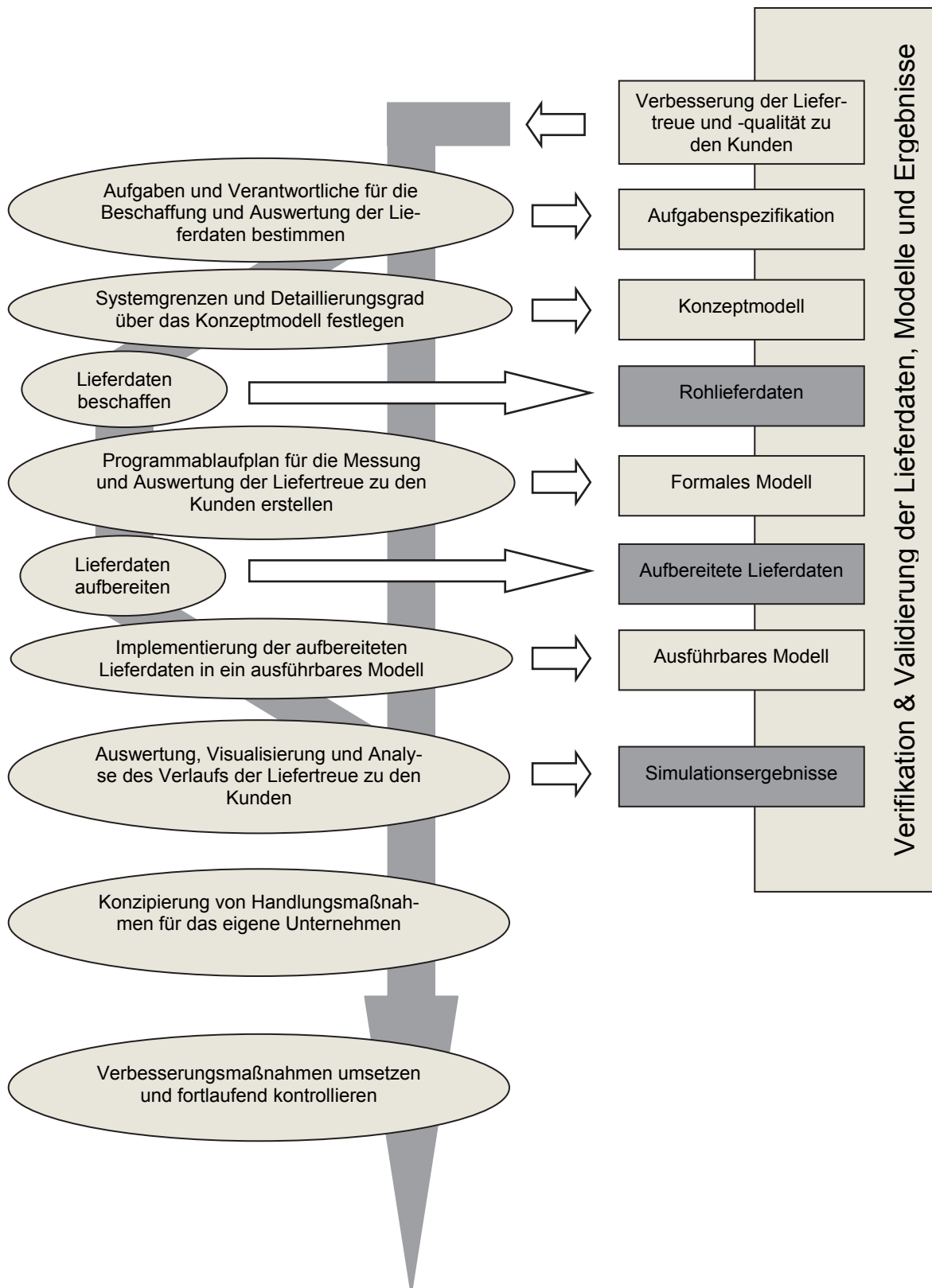
Die *Systemanalyse* stellt die Anforderungen des Automobilzulieferers an sich selbst. Hier gelangen die Unternehmensprozesse und die Grenzen des Bewertungssystems in den Blick. Dabei wird festgelegt, mit welchem Detaillierungsgrad die Modellierung in Bezug auf die Messung der Liefertreue ermittelt und visualisiert werden soll. Des Weiteren wird ausgearbeitet, wie die einzelnen Messgrößen bei der Ausgabe der Simulationsergebnisse (z.B. Tag oder Monat, Liefertreue und -qualität) zueinander in Relation gesetzt werden sollen.

Als Ergebnis der *Systemanalyse* entsteht ein *Konzeptmodell*, das die unternehmensspezifischen Faktoren zusammenfasst und als Grundlage zur Modellierung dient.

Im Rahmen der *Modellformalisierung* wird ein Programmablaufplan zur Messung der Liefertreue erstellt, das sich in das reale System implementieren lässt. Im Anschluss wird das *Konzeptmodell* in ein *formales Modell* überführt.

Bei der *Implementierung* wird das *ausführbare Modell* erstellt. Dieses Modell kann sowohl als Simulations- als auch als Computermodell bezeichnet werden. Die Art der *Implementierung* hängt im Wesentlichen von dem Modellierungskonzept des Simulationswerkzeuges ab. Hier kann das Verhalten des Modellelementes mithilfe einer Programmiersprache beschrieben werden. Die Lieferdaten werden parallel zu den Phasen der *Systemanalyse*, *Modellformalisierung* und der *Implementierung* beschafft und aufbereitet.

Abbildung 13: Vorgehensmodell zur Gesamtliefertreue zu den Kunden



Die *Datenbeschaffung* bezieht sich auf den vorhandenen Datenbestand der Lieferaufträge zu den Kunden. Die Lieferdaten werden hinsichtlich der termin- und mengenreuen Anlieferung und der Produktqualität innerhalb eines Bewertungszeitraums gesammelt. Im Rahmen der *Datenaufbereitung* werden die Lieferdaten anschließend für die weitere Verwendung aufbereitet, strukturiert und ausgewertet. Bei der *Implementierung* werden die aufbereiteten Lieferdaten in ein *ausführbares Modell (Simulationsmodell)* überführt.

Innerhalb der Phasen des Vorgehensmodells erfolgt parallel eine *Verifikation & Validierung* der Lieferdaten, Modelle und zuletzt der Simulationsergebnisse. Hier soll fortlaufend überprüft werden, ob die Glaubwürdigkeit in Bezug auf die Modellierung und der Ergebnisse erfüllt ist.

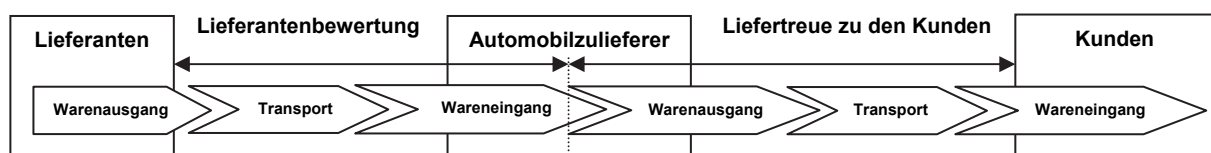
In der Phase der *Experimente und Analyse* werden über einen festgelegten Bewertungszeitraum die Kennzahlen der Liefertreue und -qualität zu den Kunden fortlaufend ausgewertet, visualisiert und analysiert. Mit einem Soll-Ist-Vergleich können mögliche Zielabweichungen innerhalb eines Verlaufs genau herausgestellt und Ursachen gezielt aufgedeckt werden.

Aus der *Analyse* der Simulationsergebnisse lassen sich notwendige Handlungsmaßnahmen an das eigene Unternehmen ableiten, die konsequent umgesetzt und fortlaufend auf deren Wirksamkeit überprüft werden müssen.

5.4 Erstellung des Konzeptmodells auf Basis der Systemanalyse

Die Grundlage dieses Abschnitts bezieht sich auf den Abschnitt 4.6. Im Rahmen des Vorgehensmodells wird das Simulationsmodell in drei Phasen entwickelt. Die erste Phase bezieht sich zunächst auf die Erstellung des *Konzeptmodells* auf Basis der Systemanalyse. Das Modell wird auf Grundlage der Systemgrenzen, Elemente des Systems, Genauigkeit der Modellierung sowie auf die Beziehungen zwischen den Elementen erstellt. Dabei gilt es den Detaillierungsgrad festzulegen. In der folgenden Abbildung wird ein Modell dargestellt, welches zunächst die Systemgrenzen im Bereich der Liefertreue definiert:

Abbildung 14: Systemgrenzen des Modells



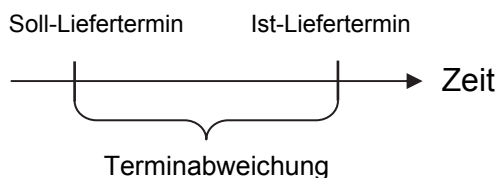
Die Systemgrenzen bei der Lieferantenbewertung beinhalten alle Ereignisse, die sich vom Warenausgang (Beschaffung) der Rohmaterialien und Bauteilen des Lieferanten bis zum Wareneingang zum Automobilzulieferer erstrecken. Dort finden zunächst

eine Qualitätskontrolle der angelieferten Teile und Materialien sowie eine Überprüfung des Liefertermins und der -menge statt. Die Systemgrenzen, die sich wiederum vom Warenausgang des Automobilzulieferers über den Transport bis zum Wareneingang der Kunden erstrecken, beziehen sich auf die Liefertreue zu den Kunden. Dort werden die fertigen Erzeugnisse ebenfalls auf die bereits genannten Kriterien überprüft.

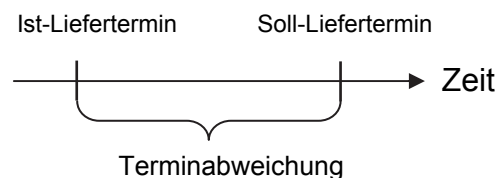
Um die Kennzahlen der Termin- und Mengentreue zu ermitteln, müssen zunächst die Termin- und Mengenabweichungen bestimmt werden. Diese Messgrößen werden sowohl bei der Lieferantenbewertung als auch bei der Messung der Liefertreue zu den Kunden benötigt. Bei der Bestimmung der Lieferabweichungen werden im Folgenden verschiedene Situationen unterschieden und erläutert:

Abbildung 15: Arten der Lieferabweichungen

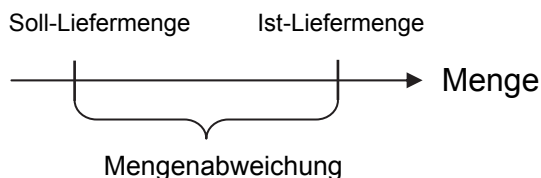
Situation 1:



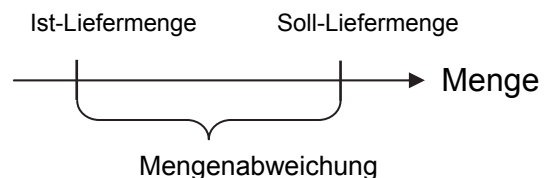
Situation 2:



Situation 3:



Situation 4:



In Situation 1 handelt es sich um eine Spätlieferung. Hier ist der tatsächliche Ist-Liefertermin später als der vereinbarte Soll-Liefertermin. Dies stellt eine gravierende Lieferabweichung dar, da der Automobilzulieferer oder der Kunde seine Ware zu spät erhalten würde und somit in Zeitverzug kommen könnte.

In der folgenden Situation ist wiederum der tatsächliche Ist-Liefertermin früher als der vereinbarte Soll-Liefertermin. Dies führt zu einer Frühdieferung und zählt ebenfalls zu einer Lieferabweichung, da der Kunde seine Ware für den Gebrauch eventuell noch nicht verwenden würde.

In der dritten Situation ist die tatsächlich eingetroffene Ist-Liefermenge höher als die vereinbarte Soll-Liefermenge. Hier handelt es sich um eine Mehrlieferung, da der Kunde folglich einen erhöhten Lagerbestand hätte.

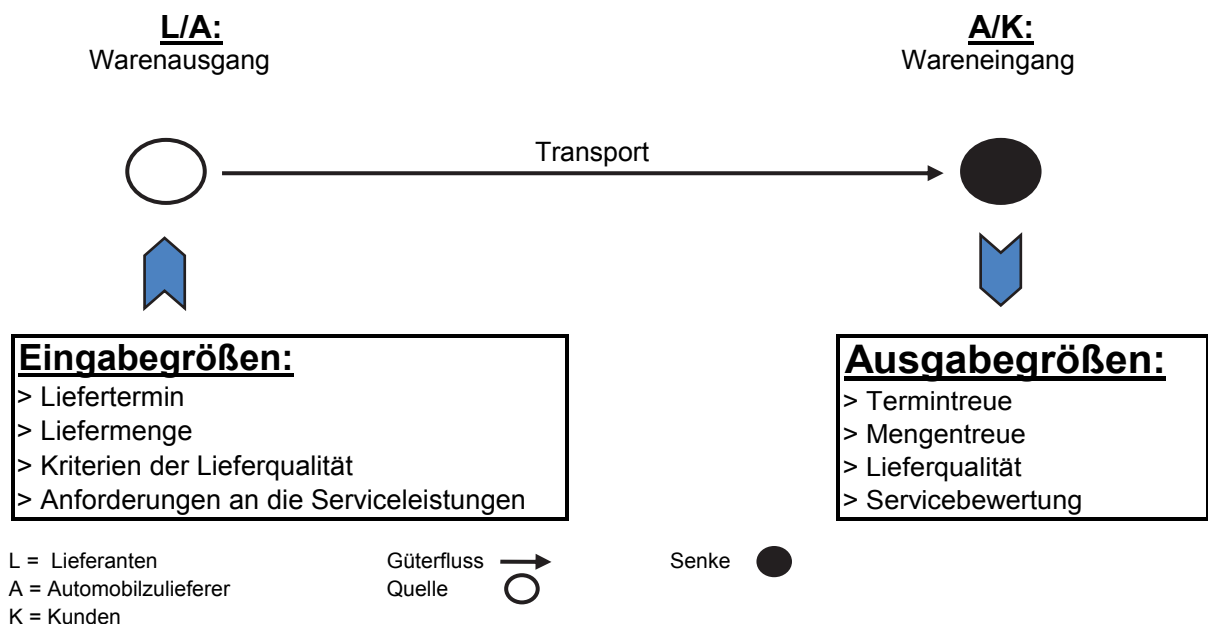
In Situation 4 ist wiederum die tatsächliche Ist-Liefermenge geringer als die vereinbarte Soll-Liefermenge. Dies führt zu einer Minderlieferung und stellt eine gravierende Lieferabweichung dar. Der Automobilzulieferer oder Kunde hätte somit zu wenig

Materialien oder Bauteile im Lager vorrätig und könnte ebenfalls in Produktionsverzug kommen.

Bei der Beurteilung der Lieferqualität wird der tatsächliche Ist-Zustand mit dem gewünschten Soll-Zustand der angelieferten Produkte gegenübergestellt. Auch hier treten häufig Beschädigungen oder Qualitätsabweichungen auf, die mithilfe von aussagekräftigen Kennzahlen gemessen werden sollen. Darüber hinaus können auch die Serviceleistungen sowohl bei der Lieferantenbewertung als auch bei der Liefertreue zu den Kunden einbezogen werden. Dieses Bewertungsverfahren wird in den späteren Abschnitten ausgiebiger behandelt.

Das folgende Modell umfasst eine grobe Struktur des Bewertungssystems. Dies schließt die Eingabe- und Ausgabegrößen mit ein, die sich zwischen den Lieferanten, dem Automobilzulieferer und den Kunden bewegen:

Abbildung 16: Systemstruktur



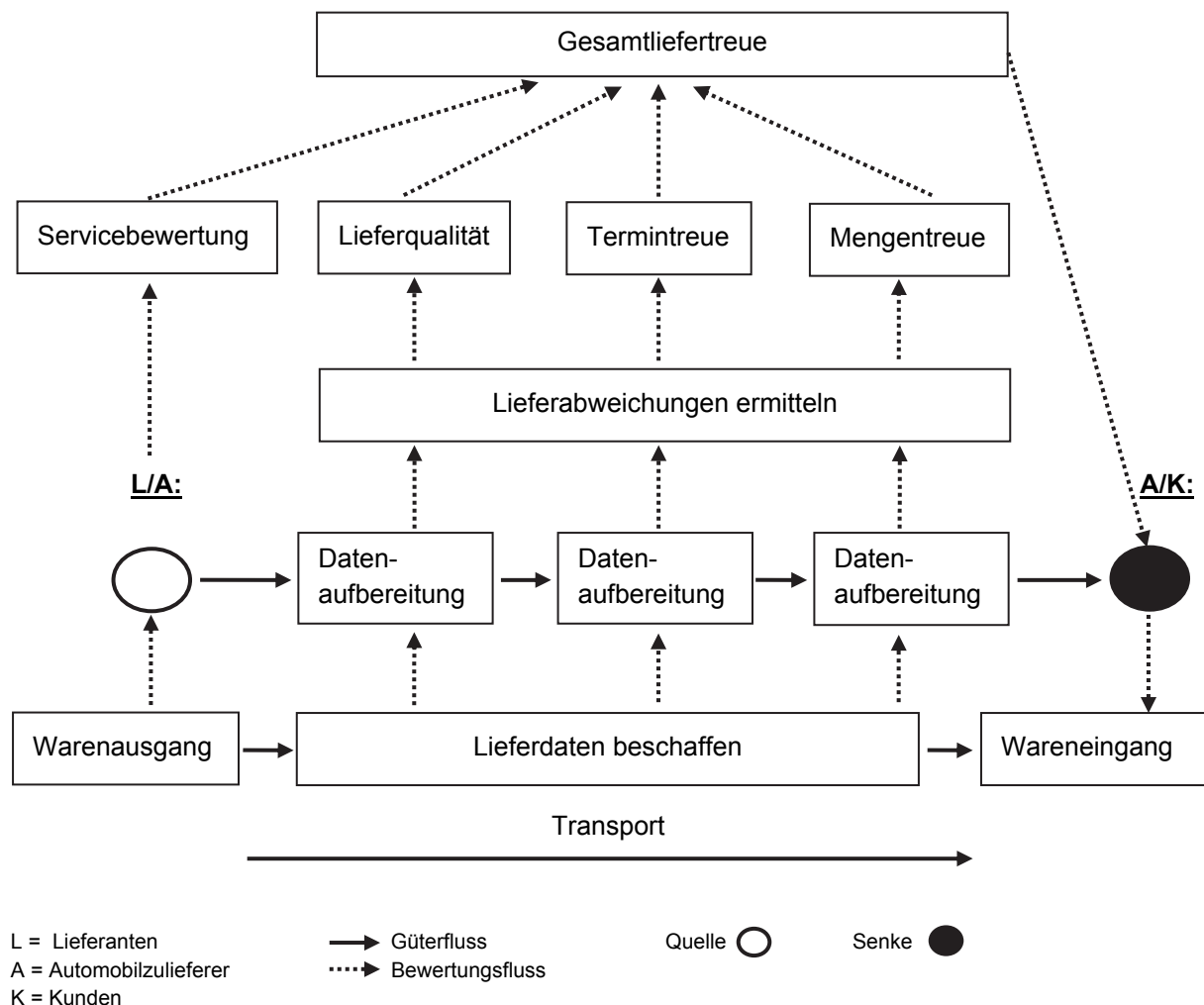
Innerhalb des Transportes werden die genannten Eingabegrößen zu Ausgabegrößen transformiert. Dabei müssen im Vorhinein die Auftragsdaten, Lieferzeiten und die speziellen Anforderungen auf beiden Seiten vertraglich vereinbart werden. Darüber hinaus gilt es auch die Erwartungen an die Serviceleistungen zwischen den verschiedenen Parteien festzulegen.

Im Wareneingang des Automobilzulieferers oder der Kunden werden die tatsächlichen Lieferdaten gemessen und der Zustand der Ware als Ausgabegröße kontrolliert. Bei der Lieferantenbewertung und der Messung der Liefertreue zu den Kunden werden verschiedene Kennzahlen angewendet. Im weiteren Verlauf erfolgt auch die Servicebewertung.

5.5 Erstellung des formalen Modells auf Basis der Modellformalisierung

Das *Konzeptmodell* dient als gute Grundlage für das *formale Modell*. In der Modellformalisierung wird das *formale Modell*, welches im Abschnitt 4.6. ausführlich beschrieben wird, für die weiteren Schritte genutzt und spiegelt das Ergebnis der dritten Phase des Vorgehensmodells wider. Innerhalb dieser Phase erfolgt eine genauere oder detailliertere Modellbeschreibung. Somit nimmt die Granularität des Modells zu. Da die Lieferantenbewertung und die Messung der Liefertreue zu den Kunden in ihrer Vorgehensweise ähnlich sind, gilt dieses Modell für beide Bewertungsverfahren. In der folgenden Abbildung wird eine formale Modellstruktur entworfen:

Abbildung 17: Formale Modellstruktur



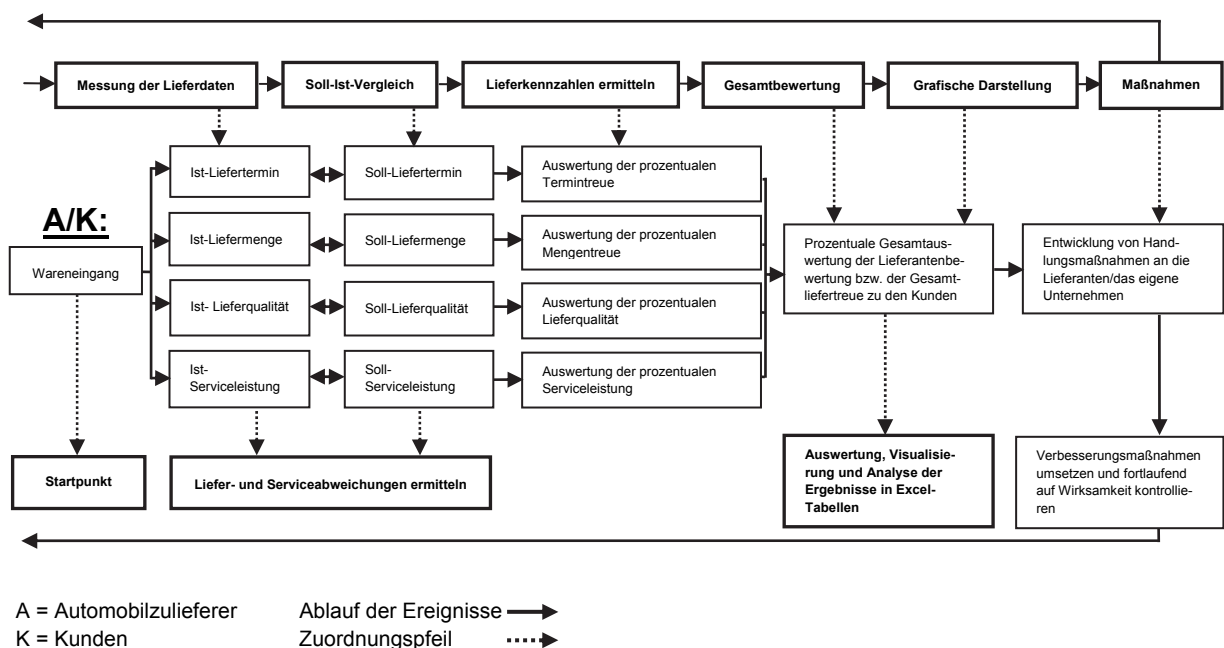
In diesem Modell werden in detaillierterer Form das Vorgehen, die Bestandteile, der Ablauf der Interaktionen und die Zusammenhänge aller Bewertungskriterien beschrieben. Dabei handelt es sich um einen Programmablaufplan, bei dem die gerichteten Pfeile den zeitlichen Ablauf des Verfahrens sowohl im Güterfluss als auch im Bewertungsfluss angeben. Die Kennzahlen zur Gesamtliefertreue werden als Aus-

gabegrößen im Wareneingang des Automobilzulieferers oder des Kunden ausgewertet. Die Servicebewertung der Lieferanten oder des Automobilzulieferers wird dabei unabhängig von der Aufbereitung und Auswertung der Lieferdaten durchgeführt.

5.6 Erstellung des ausführbares Modells auf Basis der Implementierung

Im weiteren Schritt wird das *ausführbare Modell* erstellt. Dieses Modell, welches im Abschnitt 4.6 beschrieben wird, repräsentiert das Simulationsmodell und ist das Ergebnis der Phase *Implementierung* innerhalb des Vorgehensmodells. Es dient zur Weiterentwicklung des bereits erstellten *Konzeptmodells* und *formalen Modells* mit Verwendung des Simulationswerkzeugs. Das *ausführbare Modell* wird dabei in einer noch detaillierteren Form beschrieben als die anderen Modelle und kann sowohl für die Lieferantenbewertung als auch für die Gesamtliefertreue zu den Kunden eingesetzt werden. In der folgenden Abbildung wird ein *ausführbares Modell* abgebildet, welches den genauen Vorgang des Bewertungsverfahrens, die Datenverarbeitung und den weiteren Ablauf widerspiegelt. Hier wird der Systembereich betrachtet, der ab dem Wareneingang des Automobilzulieferers oder des Kunden erfolgt:

Abbildung 18: Ausführbares Modell



Das *ausführbare Modell* spiegelt ein ablauffähiges Model wider. Im Rahmen der Lieferantenbewertung bzw. der Messung der Gesamtliefertreue zu den Kunden existiert zu Beginn ein Startpunkt im Wareneingang des Automobilzulieferers bzw. des Kunden. Dort werden die eingehenden Lieferdaten, -qualität und die Serviceleistungen gemessen. Mit einem Soll-Ist-Vergleich können im weiteren Schritt die Liefer- und Serviceabweichungen ermittelt werden. Daraus lässt sich mithilfe von aussagekräfti-

gen Kennzahlen die prozentuale Gesamtliefertreue ermittelt. Die Ergebnisse der Gesamtbewertung werden in Excel-Tabellen ausgewertet, visualisiert und anschließend analysiert. Bei gravierenden Abweichungen müssen daraus notwendige Handlungsmaßnahmen für die Lieferanten bzw. an den Automobilzulieferer schnellstmöglich entwickelt werden. Dieses Modell spiegelt einen fortlaufenden Prozess wider. Nachdem die Maßnahmen zur Verbesserung der Gesamtliefertreue durchgeführt worden sind, gilt es diese auch für die nachfolgenden Lieferaufträge kontinuierlich umzusetzen. Dabei muss die Wirksamkeit fortlaufend überprüft werden.

In der folgenden Tabelle erfolgt eine genaue Aufteilung der Bewertungskriterien anhand unterschiedlicher Kennzahlen. Eine prozentuale Gewichtung der einzelnen Kriterien erfolgt später im Fallbeispiel.

Tabelle 2: Bestandteile der Bewertungskriterien

Bewertungskriterien		
Qualität	Liefertreue	Serviceleistungen
→ Reklamationen	→ Termintreue	→ Zum eigenen Unternehmen
→ PPM	→ Mengentreue	→ Zu den Kunden

Folgende Kennzahlen können zur Lieferantenbewertung und zur Messung der Gesamtliefertreue zu den Kunden angewendet werden. Diese beziehen sich zum Teil auf die bereits beschriebenen Kennzahlen aus dem Abschnitt 2.5:

Bei der Auswertung der *Termintreue* pro Kunde werden alle Terminabweichungen ins Verhältnis gesetzt zu der Gesamtanzahl aller gelieferten Lieferpositionen. Die Ermittlung erfolgt mit folgender Formel:

Formel 4: Termintreue

$$\text{Termintreue gesamt in \%} = \left(1 - \frac{\text{Anzahl an Terminabweichungen}}{\text{Anzahl der gesamten Lieferpositionen}} \right) * 100\%$$

Nach ähnlichem Prinzip erfolgt auch die Messung der *Mengentreue* pro Kunde:

Formel 5: Mengentreue

$$\text{Mengentreue gesamt in \%} = \left(1 - \frac{\text{Anzahl an Mengenabweichungen}}{\text{Anzahl der gesamten Lieferpositionen}} \right) * 100\%$$

Die Lieferqualität lässt sich einerseits mit der *PPM-Kennzahl* bestimmen. Die Ermittlung dieser Kennzahl wird in der Regel für jeden einzelnen Kunden innerhalb eines Monat durchgeführt. Bei der Kundenbelieferung wird zunächst die Anzahl der Fehler-

teile mit der Gesamtzahl aller ausgelieferten Teile gegenübergestellt und anschließend mit 1.000.000 multipliziert:

Formel 6: PPM-Kennzahl

$$\text{PPM-Kennzahl} = \left(\frac{\text{Anzahl der Fehlerteile}}{\text{Gesamtanzahl der gelieferten Teile}} \right) * 1.000.000$$

Die *Reklamationsquote* stellt andererseits die Anzahl der von den Kunden beanstandeten Lieferungen mit der Gesamtzahl aller Lieferungen gegenüber und ist ebenfalls Bestandteil der Lieferqualität:

Formel 7: Reklamationsquote

$$\text{Reklamationsquote in \%} = \left(\frac{\text{Anzahl beanstandeter Lieferungen}}{\text{Gesamtzahl der Lieferungen}} \right) * 100\%$$

Die Bewertung der Serviceleistungen erfolgt zunächst durch die Erstellung eines Fragebogens. Hier werden im Rahmen der Lieferantenbewertung die Mitarbeiter des Automobilzulieferers befragt, die die Lieferanten nach verschiedenen Servicekriterien bewerten. Im Rahmen der Gesamtliefertreue zu den Kunden werden wiederum die Mitarbeiter des Kunden befragt, die die Serviceleistungen des Automobilzulieferers anhand eines Fragebogens beurteilen. Im Anschluss erfolgt eine prozentuale Gesamtbewertung, die in die Gesamtliefertreue einfließt.

5.7 Verifikation & Validierung

Um die Glaubwürdigkeit der erstellten Modelle zu überprüfen, wird die *Verifikation & Validierung (V&V)* durchgeführt. Im Folgenden werden das Konzeptmodell, formale Modell und das ausführbare Modell auf verschiedene V&V-Kriterien, die im Abschnitt 4.7 beschrieben sind, untersucht:

Zunächst wird die *Vollständigkeit* der Modelle überprüft. Im Abschnitt 5.4 werden im Rahmen des Konzeptmodells zunächst die Systemgrenzen dargestellt, welches dem Anwender einen besseren Überblick über die Grundelemente des betrachtenden Systems verschafft. Des Weiteren werden in der Systemstruktur alle Hauptelemente des Bewertungssystems und die Beziehungen dieser Elemente im Bereich der Liefertreue sowohl als Eingabe- als auch als Ausgabegrößen dargestellt. Aus diesem Grund ist die Grundstruktur gegeben und die *Vollständigkeit* des Konzeptmodells erfüllt. Das erstellte formale Modell im Abschnitt 5.5 stellt die Zusammenhänge der Systemelemente, Ereignisse, Vorgehensweisen und die Bestandteile der Gesamtliefertreue in detaillierterer Form dar. Somit nimmt die Granularität zu. Hier werden die Beziehungen zwischen den Elementen und der Ablauf des Bewertungsverfahrens mit gerichteten Pfeilen angegeben. Bei den gerichteten Pfeilen erfolgt eine genaue

Unterscheidung zwischen dem Güter- und dem Bewertungsfluss, die dem Betrachter ein besseres Systemverständnis ermöglicht. Somit sind alle Elemente des formalen Modells vorhanden. Aus diesem Grund ist auch die *Vollständigkeit* des formalen Modells gegeben. Das ausführbare Modell im Abschnitt 5.6 stellt ein ablauffähiges Modell dar. Der grafische Ablauf der Elemente wird ebenfalls mit gerichteten Pfeilen angegeben. Aufgrund eines höheren Detaillierungsgrades nimmt die Granularität weiter zu. Hier wird zu Beginn ein Startpunkt im Wareneingang festgelegt, bei dem die eingehenden Lieferdaten und die Serviceleistung gemessen werden. Im weiteren Verlauf erfolgt eine genaue Beschreibung der Verarbeitung der eingehenden Lieferdaten, die im weiteren Verlauf zur Kennzahl der Gesamtliefertreue transformiert werden. Somit sind alle relevanten Elemente des ausführbaren Modells vorhanden. Aus der Prüfung lässt sich erschließen, dass die *Vollständigkeit* des Konzeptmodells, formalen Modells und des ausführbaren Modells erfüllt ist.

Ein weiterer Fokus liegt in der *Konsistenz*. Hier werden die Schlüssigkeit der semantischen Zusammenhänge, die Struktur und die Durchgängigkeit der Terminologie aller Modelle überprüft. Dies ist sowohl im Konzeptmodell, formalen Modell als auch im ausführbaren Modell vorhanden, da die Zusammenhänge zwischen den Elementen und die Leistungsparameter im Bereich der Liefertreue in einer schlüssigen Struktur sowie in einer festgelegten Reihenfolge dargestellt werden. Dies wurde auch bei der Überprüfung der *Vollständigkeit* festgestellt. Der Ablauf der Elemente wird sowohl im formalen Modell als auch im ausführbaren Modell mit gerichteten Pfeilen angegeben, die eine klare Anordnung festlegen. Aus diesem Grund sind die Durchgängigkeit der Terminologie und folglich die *Konsistenz* im Konzeptmodell, formalen Modell und auch im ausführbaren Modell vorhanden.

Die *Genauigkeit* beschreibt die Korrektheit von Struktur und Inhalt. Da im Konzeptmodell zunächst die genauen Systemgrenzen, Elemente des Systems, Beziehungen zwischen allen Elementen und der Detaillierungsgrad festgelegt sind, ist zunächst die *Genauigkeit* des Konzeptmodells erfüllt. Im formalen Modell nimmt die Granularität der Modellierung weiter zu. Somit erhöht sich auch der Detaillierungsgrad. Hier werden die Zusammenhänge zwischen den Elementen in einer festgelegten Reihenfolge dargestellt. Der genaue Ablauf wird mit gerichteten Pfeilen angegeben. Folglich ist auch die *Genauigkeit* des formalen Modells vorhanden. Das ausführbare Modell beschreibt den genauen Ablauf der Elemente in einer detaillierteren Struktur. Hier werden die eingehenden Lieferdaten in einer noch höheren Granularität verarbeitet und als Kennzahlen transformiert. Im Anschluss erfolgt die genaue Beschreibung des weiteren Verlaufs. Als Schlussfolgerung ist die *Genauigkeit* des Konzeptmodells, formalen Modells und des ausführbaren Modells erfüllt.

Das Kriterium der *Aktualität* bezieht sich auf die zeitliche und inhaltliche Gültigkeit des Modells in der Aufgabenstellung. Da sich sowohl im Konzeptmodell, formalen Modell als auch im ausführbaren Modell die Elemente, Abläufe und Vorgehensweisen auf die aktuelle Aufgabenstellung zur Lieferantenbewertung bzw. zur Messung der Gesamtliefertreue zu den Kunden beziehen und sich die eingehenden Lieferdaten auf aktuelle und reale Tatbestände richten, ist sowohl die Gültigkeit als auch die *Aktualität* der drei Modelle vorhanden.

Die *Eignung* richtet sich auf die Nutzbarkeit und die Tauglichkeit der Modelle für den Verwendungszweck. Da das Konzeptmodells dem Betrachter zu Beginn einen groben Überblick über das Gesamtsystem verschafft, die Systemgrenzen aufzeigt und die Eingabe- und Ausgabegrößen darstellt, erhält er zunächst ein Grundverständnis des Bewertungssystems. Da diese Elemente einen wichtigen Bezug auf die Aufgabenstellung haben, ist somit die *Eignung* des Konzeptmodells erfüllt. Das formale Modell stellt die Elemente und den Ablauf des Bewertungsverfahrens in einer noch detaillierteren Form dar. Dort werden der genaue Ablauf, die Bestandteile und die Beziehungen zwischen den Elementen deutlicher. Aus diesem Grund erhält der Anwender ein tieferes Verständnis über die Zusammenhänge und den genauen Ablauf. Da das formale Modell einen direkten Bezug auf die Aufgabenstellung hat, ist somit die *Eignung* erfüllt. Das ausführbare Modell präsentiert dem Anwender das genaue Vorgehen zur Verarbeitung der eingehenden Lieferdaten und unterstützt diesen bei der Auswertung der Endergebnisse. Somit ist die *Eignung* des Konzeptmodells, formale Modells und des ausführbare Modell vorhanden, da sie einen angemessenen Bezug auf die Aufgabenstellung haben und dem Anwender einen Nutzen verschaffen.

Das Kriterium der *Plausibilität* richtet sich auf die Nachvollziehbarkeit der Zusammenhänge. Dies gilt sowohl für das Konzeptmodell, formale Modell als auch für das ausführbare Modell, da die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Elementen, die Vorgehensweisen und der genaue Ablauf des Bewertungsverfahrens mit gerichteten Pfeilen angegeben sind. Dies ermöglicht dem Anwender ein besseres Gesamtverständnis. Darüber hinaus wird im ausführbaren Modell die Verarbeitung der eingehenden Lieferdaten zu Ergebnisdaten genau beschrieben. Somit ist die *Plausibilität* des Konzeptmodells, formalen Modells und des ausführbaren Modells erfüllt.

Das Kriterium der *Verständlichkeit* richtet sich auf die Nachvollziehbarkeit der Modelle für den Anwender. Da im Konzeptmodell zunächst die Systemgrenzen, die einzelnen Elemente und der Zusammenhang zwischen diesen Elementen übersichtlich dargestellt werden, fördert dies das Grundverständnis des Betrachters. Sowohl im formalen Modell als auch im ausführbaren Modell werden die Zusammenhänge und der festgelegte Ablauf der Elemente mit gerichteten Pfeilen dargestellt. Aus diesem Grund werden die Struktur und die Vorgehensweisen innerhalb des Bewertungssystems für den Anwender wesentlich verständlicher. Folglich wird eine höhere Transparenz, Eindeutigkeit und auch eine bessere Lesbarkeit der Modelle erreicht. Somit ist die *Verständlichkeit* des Konzeptmodells, formalen Modells und des ausführbaren Modells erfüllt.

Das Kriterium der *Machbarkeit* bezieht sich auf die Durchführbarkeit. Da das Konzeptmodell dem Anwender ein notwendiges Grundverständnis vermittelt, ist somit die *Machbarkeit* vorhanden. Das formale Modell stellt wiederum die Elemente, Bestandteile und das genauere Vorgehen des Bewertungssystems mit gerichteten Pfeilen in detaillierterer Form dar, das dem Betrachter ein tieferes Verständnis vermittelt. Folglich ist auch die *Machbarkeit* des formalen Modells gegeben. Das ausführbare Modell unterstützt den Anwender die eingehenden Lieferdaten zu prozentualen Kennzahlen zu transformieren. Mit diesem Ansatz lassen sich gravierende Lieferabweichungen

frühzeitiger erkennen. Folglich können die Ziele zur Verbesserung der Gesamtliefer-treue schneller erreicht werden. Aus diesem Grund ist die *Machbarkeit* des Konzeptmodells, formalen Modells und des ausführbaren Modells erfüllt.

Die *Verfügbarkeit* richtet sich ebenfalls auf die Durchführbarkeit. Da das Konzeptmodell, formale Modell und das ausführbare Modell sich auf kontinuierlich eingehende Lieferdaten beziehen, die täglich hinzugefügt werden, und das genaue Vorgehen zur Beschaffung und Auswertung der Lieferdaten beschrieben wird, ist somit auch die *Verfügbarkeit* für alle drei Modelle gegeben.

Nach Prüfung aller V&V-Kriterien stellt sich heraus, dass die Glaubwürdigkeit des Konzeptmodells, formalen Modells und des ausführbaren Modells erfüllt ist.

6 Anwendung der Simulation am Fallbeispiel der Westfalia-Automotive GmbH

6.1 Ausgangssituation

Das Fallbeispiel in der Masterarbeit wurde in Zusammenarbeit mit der *Westfalia-Automotive GmbH* ausgearbeitet. Der Automobilzulieferer hat sich am Standort Rheda-Wiedenbrück vorwiegend auf die Herstellung verschiedener Variationen von Anhängerkupplungen und Fahrradträgern spezialisiert. In dieser Arbeit werden zunächst die Elemente der Wertschöpfungskette untersucht, angefangen vom Beschaffungsmarkt bei den Lieferanten bis zur Auslieferung der Endprodukte im Absatzmarkt zu den Kunden. Zu den Kunden im *OEM-Geschäft (Original Equipment Manufacturer)* zählen die verschiedenen Automobilhersteller. Diese Kunden sind für den wirtschaftlichen Erfolg des Automobilzulieferers von großer Bedeutung. Aus diesem Grund gilt es hier ein besonderes Augenmerk auf eine termingerechte und zuverlässige Auslieferung zu legen. Im *OES-Bereich (Original Equipment Service)* betrifft dies wiederum die Belieferung von Originalwerkstätten oder Läger der Automobilhersteller für die Nachrüstung im Aftermarket. Die dritte Sparte im *IAM-Geschäft (Independent Aftermarket)* richtet sich auf die Versorgung des Handels mit Einzel-, Ersatzteilen und Fertigprodukten. Hierzu gehören beispielsweise die Fachhändler für Anhängerkupplungen oder Fahrradträger im freien Teilemarkt.

Die Auftragsannahme, Beschaffung, Produktionsplanung und -steuerung sowie der Versand von fertigen Erzeugnissen werden von der Dispositionsabteilung aus gesteuert. Die Daten der Kundenbedarfe, Material- und Produktsteuerung, Produktionspläne, Warenbestände, Lieferbedingungen sowie die Versanddaten der Kunden werden innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette über das SAP-System per Datenfernübertragung laufend übermittelt und können von den Mitarbeitern an den verschiedenen Stellen jederzeit abgerufen werden. Gleichzeitig muss immer ein eindeutiger, transparenter und schneller Informations- und Kommunikationsfluss zwischen allen Mitarbeitern, Lieferanten, externen Dienstleistern und den Kunden gewährleistet sein. Vor Beginn der Produktion müssen auf Grundlage der Produktionspläne zunächst die passenden Einbau-, Zubehörteile, technischen Komponenten, Schrauben, Kugelstangen, Querrohre sowie die richtigen Rohmaterialien von den verschiedenen Lieferanten beschafft und eingelagert werden. Wenn die Teile für die Produktion benötigt werden, dann müssen diese aus dem Wareneingangslager mit dem Stapler an die richtigen Produktionsbänder rechtzeitig angeliefert werden. Die Bereitstellung der benötigten Einbauteile und Rohmaterialien verläuft nach dem *Kanban (Karten)-Prinzip*. Kommt es wiederum im Wareneingangslager des Automobilzulieferers zu einem Bestandsengpass, dann werden die benötigten Bauteile und Rohmaterialien von einem externen Logistikdienstleister, der die Lagerhaltung größerer Bestands-

mengen vertraglich übernommen hat, nach dem Prinzip des *eKanban* automatisch angefordert und an das Wareneingangslager des Automobilzulieferers geliefert. Die Disposition erstellt daraufhin einen genauen Produktionsplan, eine Arbeitsanweisung sowie anzubringende Typenschilder, die für den entsprechenden Arbeitsplatz der Fertigungslinien benötigt werden. Im Anschluss gilt es die Arbeitsanweisungen, Typenschilder, benötigten Einbauteile und Rohmaterialien direkt an die Produktionslinien zu befördern. Diese werden daraufhin von den Produktionsmitarbeitern nach Zeitplan verarbeitet, zusammengeschweißt, montiert und abschließend lackiert. Bei elektrisch schwenkbaren Anhängerkupplungen mit technischen Ausstattungen müssen die einzelnen elektrischen Komponenten zusätzlich in der richtigen Reihenfolge an den Fertigungslinien sorgfältig zusammenmontiert werden. Nach Fertigstellung werden die Enderzeugnisse sicher verpackt, befestigt und versandfertig gemacht. Darüber hinaus gilt es einige Produkte vor dem Versand in originale Kundenbehälter zu verpacken, da bestimmte Kunden eine Warenanlieferung mit eigenem Leergut anfordern. Im weiteren Schritt werden die vollen Behälter und Paletten im Warengangsbereich am Identifikationspunkt zwischengelagert, kommissioniert und ausgescannt, bis diese von den Staplerfahrern in die richtigen LKWs verladen sowie sicher befestigt werden. Die LKW-Fahrer befördern die fertigen Erzeugnisse anschließend in ein externes Auslieferungslager, wo diese im Hochregallager bis zum Kundenabruf zwischengelagert werden. Das externe Lager wird von einem externen Logistikdienstleister betrieben, der die Lagerhaltung bis zur Auslieferung der Erzeugnisse vertraglich übernommen hat. Wenn der Kunde seine Ware zu einem festgelegten Liefertermin anfordert, dann werden sie von den Lagermitarbeitern ausgescannt und mit Berücksichtigung der Transportdauer verladen und daraufhin termingerecht mit dem LKW angeliefert, entladen und dem Kunden in einwandfreiem Zustand übergeben.

Die Masterarbeit richtet sich in diesem Fallbeispiel schwerpunktmäßig auf die Beschaffungsprozesse im Lieferantenmanagement und auf die Distribution von fertigen Erzeugnissen im Absatzmarkt. Die internen Unternehmensprozesse im Bereich der Produktionslogistik sowie die Ermittlung von Kosteneinsparungsmöglichkeiten und Gewinne werden hier weniger betrachtet. Die Fokussierung der Liefertreue bezieht sich hauptsächlich auf dem OEM- und OES-Bereich. Der IAM-Bereich wird hier nicht betrachtet, da dieser für den wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmens nicht so relevant ist.

6.2 Prüfung der Simulationswürdigkeit

Die Kriterien zur Prüfung der Simulationswürdigkeit des Fallbeispiels der Westfalia-Automotive GmbH erfolgt ebenfalls auf Grundlage des Abschnitts 4.3. Die Anwendung der Simulation setzt zunächst ein bestimmtes Untersuchungsziel voraus. Ist die Simulationswürdigkeit gegeben, dann kann über die Phasen der Modellbildung ein Simulationsmodell erstellt werden. Dies wurde bereits in den Abschnitten 5.4, 5.5 und 5.6 durchgeführt. In diesem Fallbeispiel gilt es die erstellten Modelle in den Ab-

schnitten 6.4 und 6.5 anzuwenden. Bei der Prüfung der Simulationswürdigkeit müssen zunächst folgende Grundregeln erfüllt sein:

Zu Beginn muss das zeitliche Ablaufverhalten in einem System untersucht werden. Da sich der Untersuchungsgegenstand sowohl auf die Lieferantenbewertung als auch auf die Gesamtliefertreue zu den Kunden bezieht und sich das zu untersuchende System innerhalb eines Betrachtungszeitraums erstreckt, unterliegt das Systemverhalten den zeitlichen Schwankungen. In diesem Fall liefert die Simulation präzise Aussagen.

Auch in diesem Fallbeispiel werden die Grenzen von analytischen Methoden erreicht, da die verschiedenen Einflussgrößen, das zeitliche Ablaufverhalten und die Wirkungszusammenhänge bei einem Automobilzulieferer mitberücksichtigt werden müssen. Die Simulation wäre hier in der Lage, relevante Aussagen während des Systemdurchlaufs zu übermitteln.

Da das Experimentieren am realen System eines Automobilzulieferers oft sehr fehleranfällig oder kostenintensiv sein kann, ist der Einsatz der Simulation notwendig. Folglich müssten keine physischen Ressourcen für das Experimentieren verwendet werden. Im Rahmen der Modellbildung können mithilfe der *Verifikation & Validierung* der Daten, Modelle und der Ergebnisse, die im Abschnitt 4.7 näher beschrieben werden, auftretende Fehler oder Fehlentscheidungen frühzeitiger aufgedeckt und korrigiert werden. Folglich lassen sich somit Kosten aufgrund von Fehlentscheidungen verringern.

Darüber hinaus sollen die Vorteile der Simulation bei der Messung der Gesamtliefertreue untersucht werden. Da dies bei einem Automobilzulieferer noch nicht erprobt wurde, leistet die Simulation für die Erkenntnisse einen wichtigen Beitrag.

Aufgrund der komplexen Wirkungszusammenhänge ist das direkte Verständnis des Untersuchungsgegenstands bei einem Automobilzulieferer oft schwierig. Aus diesem Grund ist die Simulation notwendig, um ein vereinfachtes Abbild der Realität sowie des geplanten Ablaufs mithilfe eines Modells zu erstellen.

Bei der Prüfung dieser Grundregeln stellt sich heraus, dass die Simulationswürdigkeit für dieses Fallbeispiel erfüllt ist.

Im Rahmen der Simulationsstudie legt das Vorgehensmodell, welches im Abschnitt 4.5 beschrieben wird, das gesamte Vorgehen einer Simulation in festgelegter Reihenfolge fest. Dies verschafft den Mitarbeitern des Automobilzulieferers ein besseres Gesamtverständnis über die einzelnen Phasen und Abläufe innerhalb eines Systems. Aus diesem Grund eignet sich die Anwendung der Simulation hervorragend. Der Modellierer kann dabei genau festlegen, welche Elemente in welchem Detaillierungsgrad abgebildet werden sollen. Gleichzeitig können auch gewonnene Erkenntnisse in einer Phase für die weiteren Phasen des Vorgehens umgesetzt werden. Des Weiteren lassen sich mit dem Einsatz des Simulationsmodells die eingehenden Lieferdaten zu Simulationsergebnissen transformieren. Der Aufwand der Simulation wäre somit gerechtfertigt, da die ermittelten Ergebnisse mit den vorhandenen Planungs-, Berechnungs- und Entscheidungswerkzeugen strukturiert und anschaulich visualisiert werden können. Da äußere Einflussgrößen auf die Liefertreue einwir-

ken, eignet sich der Einsatz der Simulation gut zur Ursachenanalyse, zur Lösung von Lieferproblemen bei einem Automobilzulieferer und dient darüber hinaus auch als gute Entscheidungsunterstützung. Die Simulationswürdigkeit wäre somit gegeben, da der Einsatz des Simulationsmodells das Vorgehen zur Lösung möglicher Probleme erheblich erleichtern würde. In Folge der Überprüfung aller Kriterien lässt sich erschließen, dass die Anwendung der Simulation am Fallbeispiel der Westfalia-Automotive GmbH durchzuführen ist.

6.3 Ursachen für die Nichterfüllung der Liefertreue

Die Nichterfüllung der Liefertreue unterliegt den internen und externen Einflussfaktoren, die von innerhalb oder außerhalb auf das Unternehmen einströmen. Dabei hängen die Dauer der Lieferzeiten und die Einhaltung der Termintreue intern zunächst stark ab von den betrieblichen Durchlaufzeiten, die sich über die gesamte Auftragsabwicklung erstrecken. Die Durchlaufzeit kann wiederum infolge einer fehlerhaften Planung in der Disposition, schwankender Produktionsgeschwindigkeit und aufgrund von Qualitätsproblemen der Erzeugnisse verlängert werden. Des Weiteren kommt es entlang der Wertschöpfung immer wieder zu unzureichenden Absprachen zwischen den Beteiligten. Grund dafür ist eine schlechte Abstimmung zwischen den internen Mitarbeitern, externen Partnern, Lieferanten und den Kunden.

Zu den internen Einflussfaktoren zählen einerseits das innerbetriebliche Arbeitsverhältnis zwischen den Mitarbeitern, Abteilungen und Arbeitsbereichen. Ein schlecht abgestimmtes Arbeitsverhältnis führt in der Regel zu einer fehler- und lückenhaften Auftragsplanung. Zwischen den Mitarbeitern wird häufig nicht klar kommuniziert und unzureichend kooperiert. Informationsdefizite und eine mangelnde abteilungsübergreifende Abstimmung bei der Handhabung von akuten oder drohenden Engpässen und bei der Terminierung von Fertigungsaufträgen sind gravierende Ursachen für unrealistische Lieferterminangaben. In der Praxis verdrängen kurzfristige Eilaufträge häufig längerfristig bekannte Kundenaufträge, so dass es bei der Abwicklung von älteren Aufträgen zu gravierenden zeitlichen Verzögerungen kommen kann. Auf der anderen Seite werden technische Missstände nicht tiefgründig behandelt und Ursachen zu spät erkannt. Hierzu gehören beispielsweise Maschinenausfälle, die infolgedessen nicht sofort behoben werden können.

Aufgrund von Fehlern in der Kommissionierung oder einer fehlenden Barcodescanning durch die Lagermitarbeiter können Fertigungsmaterialien, Einbauteile, technisches Zubehör und Vorprodukte innerhalb des Unternehmens im Bestand verlorengehen. Dabei ist es schwierig, diese bei kurzfristigem Bedarf schnell wieder aufzufinden. Hier hat beispielsweise ein Mitarbeiter die benötigten Teile irgendwo im Lager abgestellt, nicht eingelagert oder eingescannt und die Statusinformation nicht weitergegeben. Wenn die Materialien und Einbauteile für die Produktion dringend benötigt werden, dann müssen diese zunächst aufwendig gesucht werden. Sind diese nicht auffindbar, dann kann das Produkt nicht rechtzeitig komplettiert werden. Wenn die

Materialien und Einbauteile aufgrund einer internen Qualitätsprüfung gesperrt sind, dann können diese bei kurzfristigem Bedarf in der Produktion nicht verwendet werden. Dies führt als Konsequenz zu einer zeitlichen Verzögerung des Produktionsablaufs und zu einer verspäteten Auslieferung der Endprodukte bei den Kunden.

Um in heutiger Zeit auf dem Markt wettbewerbsfähig zu bleiben, sind Automobilzulieferer gezwungen, die Lagerbestände sowohl im Wareneingang als auch im Auslieferungslager weiter zu reduzieren, um die Lagerhaltungs- und Kapitalbindungskosten zu senken und vorhandene Platzkapazitäten für die Produktion auszuweiten. Ein bestehendes Konfliktfeld ist die Festlegung eines optimalen Sicherheitsbestands und einer ausreichenden Sicherheitszeit zur Gewährleistung der Produktions- und Lieferfähigkeit bei gleichzeitiger Reduzierung der Lagerhaltungskosten. Wenn es aufgrund einer kurzfristigen Nachfrageschwankung oder Lieferengpässen zu größeren Verbrauchsabweichungen kommen würde, dann drohen im Falle einer geringen Materialverfügbarkeit ein Produktionsstopp und folglich eine Nichterfüllung der Lieferfähigkeit.

In der Produktionsplanung treten immer wieder Unstimmigkeiten bei der Festlegung der notwendigen Kapazitätsauslastung in den Produktionslinien auf. Aufgrund einer ungenauen Bedarfsprognose gelingt es häufig nicht, eine frühzeitige und exakte Planung des Materialbedarfs durchzuführen. Kommt es in diesem Fall unerwartet zu stärkeren Nachfrageschwankungen bei den Kunden sowie zu kurzfristigen Änderungen der geplanten Produktionstermine und -mengen, dann drohen als Konsequenz mögliche Versorgungsengpässe von Einbauteilen und Rohmaterialien an den Fertigungslinien. Auf der anderen Seite führen Kapazitätsprobleme zu einer erheblichen Überlastung der Maschinen, die wiederum Produktionsstopps verursachen können. Fehler und Differenzen innerhalb der Bestandsführung verfälschen die Materialverfügbarkeit für die Produktionsplanung, bei der verfügbare Kapazitäten und Bestände häufig überschätzt werden können. Innerhalb der Fertigung nehmen die Ist-Durchlaufzeiten häufig mehr Zeit in Anspruch als die Plan-Durchlaufzeiten. Infolgedessen können die Zwischentermine gegenüber den weiteren Fertigungsstufen nicht eingehalten werden und gefährden somit auch die Einhaltung des Kundenliefertermins, insofern die innerbetrieblichen Verzögerungen nicht mit einem Zeitpuffer oder durch eine Beschleunigung der nachfolgenden Arbeitsprozesse aufgefangen werden. Ein immer wieder auftretendes Problem sind Produktionsfehler, Qualitätsmängel und Beschädigungen, die erst beim Kunden festgestellt werden. Produktionsfehler und Qualitätsmängel entstehen einerseits durch die Anlieferung von defekten Einbauteilen und Materialien von Seiten der Lieferanten und andererseits aufgrund von Produktionsfehlern, die innerhalb der Komplettierung der Enderzeugnisse entstehen können. Wenn die Kundenbehälter und Paletten vor dem LKW-Transport nicht ausreichend gesichert oder befestigt werden, dann können sie bei einer starken Bremsung und Kurvenfahrt umkippen und zu Transportschäden führen. Produktmängel aufgrund von Beschädigungen führen zu einer unzureichenden Lieferqualität und folglich zu einer abnehmenden Kundenzufriedenheit, da der Kunde die Ware bei Ankunft sofort reklamieren würde und länger auf eine Ersatzlieferung warten müsste.

Werden die bestellten Produkte nach Kundenauftrag nicht termingerecht gefertigt, dann müssen sie nach Kundenabsprache frühestmöglich zu einem anderen Anlieferungstermin zugestellt werden. Somit entstehen Produktionsrückstände, die in Rückstandslisten zu erfassen und frühestmöglich aufzuholen sind. Ursachen solcher Rückstände sind eine unzureichende Personal- und Produktionsplanung, schlechte Prognoseverfahren, fehlende Einbauteile oder Rohmaterialien, geringe Maschinenkapazitäten, technische Defekte und fehlende Personalressourcen aufgrund eines hohen Krankheitsstands. Pro Maschine muss daher sowohl in der Montage als auch in der Schweißerei immer ausreichend Personal für den Notfall vorhanden sein. Häufig fehlt es bei der Einrichtung, Bedienung, Wartung oder Reparatur der Maschinen an notwendigem Know-how, da Mitarbeiter mit hohem technischen Wissen oft nur begrenzt verfügbar sind. In der Produktion treten immer wieder technische Probleme oder Maschinenausfälle auf, die zu einem zeitlichen Verzug in der Auftragsabwicklung führen können. Aus diesem Grund entstehen Produktionsrückstände, die im Falle einer hohen Auftragslage schwer wieder aufzuholen sind. Folglich werden die Automobilproduzenten oder Endkunden nicht termingerecht oder nur mit einer Mindermenge beliefert.

Zu den externen Einflussfaktoren zählen die kurzfristigen Bedarfs- und Nachfrageänderungen der Kunden. Diese nehmen häufig noch späte Änderungen oder Ergänzungen an den Fertigungsaufträgen vor und fordern eine Lieferzeit, die schneller sein soll als die dafür vorgesehene Durchlaufzeit. Aufgrund einer schlechten Vorausplanung kann es zu einem sogenannten *Bullwhip (Peitschen)-Effekt* kommen, der sich mit immer stärkeren Schwankungen auf die vorgelagerten Stufen in der Wertschöpfungskette auswirkt. Somit müssen höhere Sicherheitsbestände eingeplant werden, um weiterhin lieferfähig zu bleiben. Dabei gilt es die Produktionspläne, die Kapazitäts- und die Personalplanung kurzfristig anzupassen, was zu großen organisatorischen Herausforderungen führt. Aufgrund höherer Sicherheitsbestände kommt es hier zu steigenden Lager- und Kapitalbindungskosten.

Bei der Beschaffung von Fertigungsmaterialien, Einbauteilen und technischem Zubehör kann es von Seiten der Lieferanten immer wieder zu Lieferproblemen trotz vereinbarter Anlieferungstermine kommen. Ursachen hierfür sind eine zu späte Bestellung, Fehler in der Kommissionierung, Lieferengpässe, lange Lieferzeiten aufgrund von Staus oder Unfällen und eine mangelnde Zuverlässigkeit der Lieferanten. Auch bei der Anlieferung treten immer wieder Qualitätsmängel auf, die der Lieferant verursacht hat. Als Konsequenz können die defekt angelieferten Teile nicht für die Produktion verwendet werden, da sich dies im Nachhinein negativ auf die Produktqualität auswirkt und der Kunde die fertigen Erzeugnisse daraufhin reklamieren würde.

Organisatorische Fehler bei der Beschaffung von Einbauteilen und Fertigungsmaterialien entstehen auch von Seiten der Disposition. Gründe hierfür sind eine unzureichende Absatzprognose, Bedarfs- und Zeitplanung und schlechte interne Absprachen zwischen den Disponenten. Die Lieferanten werden häufig zu spät von den Automobilzulieferern über deren langfristigen Bedarfsänderungen oder kurzfristigen Be-

darfsspitzen informiert. Aufgrund einer verspäteten Anlieferung der benötigten Einbauteile kommt es zu einer Verschiebung der Produktionsabläufe, was wiederum zu unklaren Terminaussagen und zu einer verspäteten Auslieferung der Endprodukte führt. Auch der Vertrieb hat einen Einfluss auf die Beschaffungsplanung und trägt aufgrund ungenauer Prognosen, verspäteter Informationen, ungeprüfter Lieferzusagen und durch mangelnde terminliche Abstimmungen dazu bei, dass knappes Material und geringe Kapazitäten für Produkte verschwendet werden, die sich später schlecht verkaufen lassen. Dies führt dazu, dass für wichtige Fertigungsaufträge oft zu wenig Materialien und Kapazitäten vorhanden sind.

Bevor die Enderzeugnisse vom Auslieferungslager zu den Kunden befördert werden, müssen diese von den Lagermitarbeitern ausgelagert, kommissioniert, etikettiert, ausgescannt und anschließend mit dem Stapler in den LKW verladen werden. Innerhalb der Beförderung treten immer wieder Fehler auf. Die Behälter, Paletten und Kartons mit Wareninhalt können während der Auslagerung und Verladung beschädigt werden. In solchen Fällen werden sie spätestens bei der Warenanlieferung von den Kunden annahmeverweigert und müssen daraufhin repariert, verschrottet oder auch nachproduziert werden. Dies kann in der Regel viel Zeit in Anspruch nehmen und führt zu einem erheblichen Zeitverzug bei der Warenauslieferung. Kommt es aufgrund einer falschen Etikettierung und Kommissionierung zu einer Vertauschung oder Fehlverladung der Produkte, hat dies gravierende Auswirkungen auf die Einhaltung des Liefertermins. Wenn die Enderzeugnisse mit dem falschen LKW an die falschen Kunden geliefert werden, dann gilt es sie schnellstmöglich umzudisponieren. Dies nimmt in der Regel viel Zeit sowie Aufwand in Anspruch und führt folglich zu einer nicht termingerechten Anlieferung der Endprodukte bei den Kunden.

Bei der Terminierung von Lieferaufträgen und der Erfassung der richtigen Ansprechpartner am Ort der Kunden treten immer wieder Datenübermittlungsfehler zwischen den Kunden, Disponenten und dem Auslieferungslager auf. Beispiele hierfür wäre die Weitergabe einer ungenauen oder falschen Lieferadresse und -zeit. Dies führt dazu, dass der richtige Kunde oder Ansprechpartner bei der Warenanlieferung vor Ort nicht anzutreffen wäre oder die richtige Ware an eine falsche Kundenadresse angeliefert werden kann. Aufgrund von Umdisponierungsmaßnahmen kommt es zu einer zeitlichen Verzögerung bei der Kundenbelieferung.

6.4 Lieferantenbewertung und -klassifizierung

Automobilzulieferer führen in der Regel zweimal im Jahr eine Lieferantenbewertung durch. Hier ist die Einhaltung festgelegter Qualitätssicherungsvereinbarungen entlang der Lieferkette unverzichtbar.

Im Fallbeispiel der Westfalia-Automotive GmbH erfolgt die Erstellung eines Simulationsmodells in drei Schritten. Grundlage hierfür ist das bereits beschriebene Vorgehensmodell zur Simulation aus dem Kapitel 4.5 in der Abbildung 11. Im Rahmen der Lieferantenbewertung wurde hierfür im Abschnitt 5.3 in der Abbildung 12 bereits das Vorgehensmodell angewendet, auf das sich dieses Fallbeispiel bezieht.

Das Ziel der Lieferantenbewertung bezieht sich zunächst auf die Verbesserung der Liefertreue und -qualität der Lieferanten. In der ersten Phase des Vorgehensmodells werden die Aufgaben und Verantwortliche für die Beschaffung und Auswertung der Lieferdaten bestimmt. Dies bezieht sich auf die Mitarbeiter im Einkauf. In der zweiten Phase wurde im Abschnitt 5.4 als ersten Schritt bereits ein *Konzeptmodell* erstellt. Die Systemgrenzen erstrecken sich vom Warenausgang der Lieferanten über den Transport bis zum Wareneingang des Automobilzulieferers. Zwischen beiden Seiten wirken verschiedene Eingabe- und Ausgabegrößen zusammen, wie dies in Abbildung 16 dargestellt wird. Zu den Eingabegrößen zählen die mit den Lieferanten vereinbarten Liefertermine, -mengen, Kriterien der Lieferqualität und die Anforderungen an die Serviceleistungen, die vom Automobilzulieferer selber festgelegt worden sind. Im weiteren Schritt gilt es die Termin-, Mengen-, Qualitäts- und Serviceabweichungen zu ermitteln. Zu den Ausgabegrößen zählen die Termin- und Mengentreue, Lieferqualität und die Ergebnisse aus der Servicebewertung.

In der Phase der *Formalisierung* wird das *formale Modell* für die weiteren Schritte genutzt und spiegelt das Ergebnis der dritten Phase des Vorgehensmodells wider. Wie in Abbildung 17 des Abschnitts 5.5 werden auch hier in detaillierterer Form die Interaktionen, Bestandteile und die Zusammenhänge aller Elemente zur Lieferantenbewertung beschrieben. Zunächst werden die Lieferdaten nach Ankunft der Sendung im Wareneingang des Automobilzulieferers aus dem SAP-System beschafft. Im Anschluss erfolgt dann die Datenaufbereitung. Aus der Gegenüberstellung der vereinbarten Liefertermine, -mengen und der -qualität mit den tatsächlichen Lieferdaten lassen sich daraus die Lieferabweichungen bestimmen. Anschließend werden die Kennzahlen der erreichten Termin- und Mengentreue sowie der Lieferqualität ermittelt. Darüber hinaus kann auch die Servicebewertung mit in die Lieferantenbewertung einbezogen werden. Die Kriterien der Serviceleistungen legen die Automobilzulieferer dabei selber fest. Im weiteren Schritt gilt es die einzelnen Lieferanten anhand der Servicekriterien genau zu bewerten. Das Ergebnis der Lieferantenbewertung wird hier als Gesamtliefertreue dargestellt.

Im weiteren Schritt erfolgt die Implementierung in ein *ausführbares Modell*. Dieses repräsentiert das Simulationsmodell, wie dies in Abbildung 18 des Abschnitts 5.6 dargestellt wird, und ist das Ergebnis der Phase *Implementierung* innerhalb des Vorgehensmodells. Die Modellierung erfolgt hier in noch detaillierterer Form. Dieses Modell enthält dabei eine genauere Beschreibung der Datenverarbeitung. Hier werden zunächst die Lieferdaten beschafft, aufbereitet und mit einem Soll-Ist-Vergleich die Liefer- und Serviceabweichungen ermittelt. Im weiteren Schritt lassen sich daraus die Kennzahlen der Termin- und Mengentreue, Lieferqualität und der Serviceleistungen berechnen. Im weiteren Schritt gilt es das gewichtete prozentuale Verhältnis aller Bewertungskriterien festzulegen. Die Bestandteile dieser Kriterien bilden in Summe die Lieferantenbewertung. Im Anschluss werden die Ergebnisse aus der Lieferantenbewertung in Excel-Tabellen ausgewertet, visualisiert und analysiert.

Im *ausführbaren Modell* werden im Verlauf das weitere Vorgehen und die durchzuführenden Maßnahmen beschrieben, welches im Anschluss durchgeführt wird.

Im folgenden Fallbeispiel wird beim Lieferanten A eine vollständige Lieferantenbewertung und -klassifizierung durchgeführt. Dies bildet die Phase *Experimente und Analyse* im Rahmen des Vorgehensmodells.

Die *Termintreue* stellt das tatsächliche Anlieferdatum (Buchungsdatum Wareneingang) ins Verhältnis zum geplanten Anlieferdatum.

Die prozentuale Bewertungsverteilung der Termintreue je Lieferposition erfolgt nach folgender Werteeinteilung:

Tabelle 3: Termintreue

Kriterien	Bewertung
1 Tag zu früh oder pünktlich geliefert	100%
2 Tage oder mehr zu früh geliefert	0%
1 Tag später geliefert	50%
2 Tage oder mehr zu spät geliefert	0%

Bei den einzelnen Lieferpositionen handelt es sich um die Anlieferung einer bestimmten Menge von Packstückeinheiten oder Produktbehältern von einem bestimmten Produkt. Hat Lieferant A beispielsweise 200 Lieferpositionen mindestens zwei Tage zu früh oder zwei Tage später als zum vereinbarten Liefertermin angeliefert und wurden in diesem Halbjahr insgesamt bereits 2000 Lieferpositionen angeliefert, dann beträgt die prozentuale Termintreue in diesem Bewertungszeitraum bei Lieferant A genau 90%.

Formel 8: Termintreue des Lieferant A

$$\text{Termintreue in \%} = \left(1 - \frac{200}{2.000}\right) * 100\% = 90\%$$

Die *Mengentreue* stellt die tatsächlich gelieferte Menge (Materialbeleg im Wareneingang) ins Verhältnis zur geplanten Liefermenge. Bei einer 10-prozentigen Über- oder Unterlieferung wird die Mengentreue in der Regel mit 0% bewertet. Wenn wiederum die Liefermengenabweichung auf beiden Seiten bei weniger als 10% liegt oder die tatsächliche Liefermenge identisch ist mit der Bestell- und Einteilungsmenge, dann beträgt dieser Wert 100%.

Formel 9: Mengentreue des Lieferant A

$$\text{Mengentreue in \%} = \left(1 - \frac{300}{2.000}\right) * 100\% = 85\%$$

Hat Lieferant A insgesamt 300 Lieferpositionen mit einer Mehr- und Mindermenge von mindestens 10% als der vereinbarten Liefermenge angeliefert und wurden in

diesem Halbjahr insgesamt 2000 Lieferpositionen zugestellt, dann beträgt die Mengentreue 85%.

Die Termintreue und die Mengentreue haben dabei gemeinsam einen Anteil von 45% an der Gesamtbewertung des Lieferanten. Die Bewertung der Wareneingänge nach Zeit und Menge hat somit einen erheblichen Einfluss auf die Kennzahl der Liefertreue. Außerdem werden Bestellerückstände bei den Bewertungen mitberücksichtigt. Tritt in diesem Fall eine Unterlieferung (Mengenuntreue) oder eine Zeitüberschreitung (Terminuntreue) ein, hat dies einen negativen Einfluss auf die gesamte Lieferantenbewertung.

Die Bewertung der Wareneingangsposition nach der *Produktqualität* erfolgt innerhalb der Analyse auf Basis des Verwendungsentscheids. Die Qualitätskennzahl des Verwendungsentscheids wird mit in die Analysen übernommen. Das Bewertungsergebnis wird anschließend in Summe als Qualitätskennzahl ausgewiesen und daraufhin als Prozentzahl dargestellt. Des Weiteren erfolgt die Bewertung von Fehlerteilen entweder auf Basis der Bewegungsdaten und -gründe oder auf Basis von Qualitätsmeldungen (z.B. Mängelrüge). Die Bewertung von Fehlerteilen wird als Ergebnis je Mengeneinheit dargestellt. Diese Kennzahl dient zur Überwachung der Zielvereinbarungen mit den Lieferanten. Die *PPM-Kennzahl* steht für *Parts per million* und wird prozentual umgerechnet. Diese fließt anteilig mit in die Gesamtbewertung der Lieferanten hinein und beschreibt das Verhältnis zwischen der reklamierten und der gelieferten Menge:

Formel 10: PPM-Rate des Lieferanten A

$$\text{PPM-Rate} = \left(\frac{2}{10.200} \right) * 1.000.000 = 196 \text{ PPM}$$

Wenn beispielsweise Lieferant A in diesem Halbjahr zwei Fehlerteile von insgesamt 10.200 Teilen angeliefert hat, dann beträgt die *PPM-Rate* für diesen Lieferanten 196 PPM.

Bei der Umrechnung der *PPM-Kennzahl* in eine prozentuale Messgröße gelten folgende Grenzwerte:

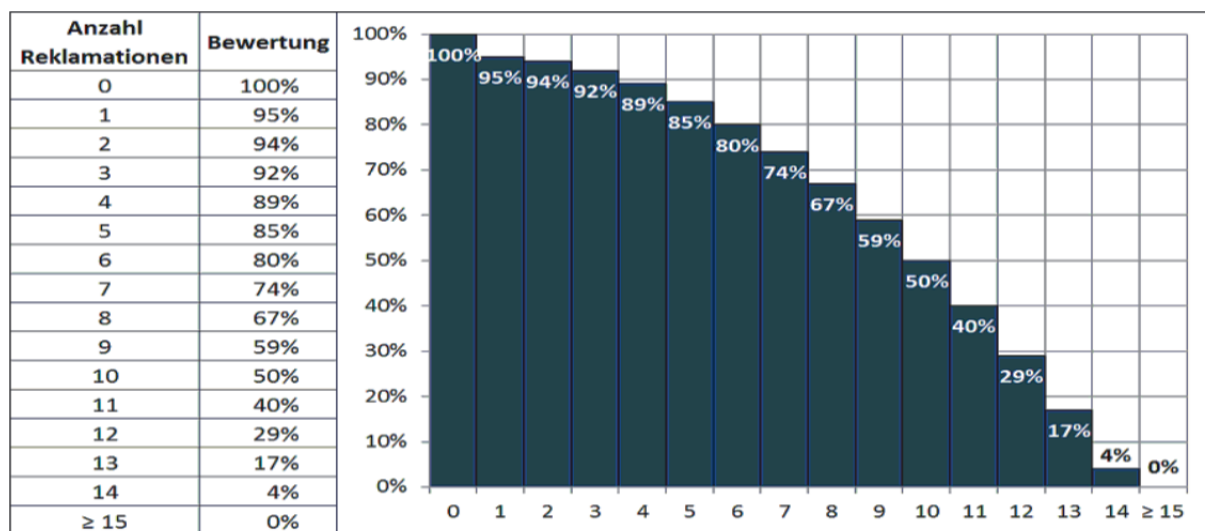
Tabelle 4: Werteeinteilung PPM

Kriterien	Bewertung
0-200 PPM	100%
201-5000 PPM	80%
ab 5001 PPM	0%

Eine *PPM-Rate* des Lieferanten A von 196 PPM wird gemäß der Werteeinteilung mit einer prozentualen Bewertungslosgröße von 100% umgerechnet.

Die *Reklamationsbewertung* basiert auf der Anzahl der Reklamationen innerhalb eines Bewertungszeitraums. Diese Bewertung ist somit Bestandteil der Produkt- und Lieferqualität. Nimmt dabei die Anzahl der Reklamationen stetig zu, so verschlechtert sich gleichzeitig auch das Ergebnis der Produkt- und Lieferqualität. Dies hat folglich negative Auswirkungen auf die prozentuale Gesamtbewertung des Lieferanten A. Bei der prozentualen Bewertung gelten folgende Grenzwerte:

Abbildung 19: Einfluss von Reklamationen



Gab es im letzten halben Jahr insgesamt eine Kundenreklamation, dann liegt die Reklamationsbewertung des Lieferanten A laut der Werteeinteilung bei 95%.

Die Bewertung der Anzahl der Reklamationen (36%) und der PPM-Rate (9%) bilden gemeinsam in Summe die Kennzahl zur Produkt- und Lieferqualität. Beide Kriterien haben einen Anteil von 45% an der Gesamtbewertung des Lieferanten A.

Die *Servicebewertung* der Lieferanten führen die Automobilzulieferer nach festgelegten Kriterien selber durch. Zu diesen Kriterien gehören die Einhaltung der Versandvorschrift, Preistreue, Abrufflexibilität, Freundlichkeit, Flexibilität und die Zertifizierung der Lieferanten. Diese können bei der Bewertung in Abhängigkeit von der Relevanz unterschiedlich hoch gewichtet werden.

Tabelle 5: Kriterien der Servicebewertung

Servicebewertung des Lieferanten A		
Kriterien	Gewichtung	Bewertung
Versandvorschrift	1	51%
Freundlichkeit	1	100%
Flexibilität allgemein	2	100%
Abrufflexibilität	1	96%
Preistreue	2	90%
Zertifizierung	5	100%
Servicebewertung insgesamt	12	93,9%

Die Berechnung des Gesamtservice wird mit folgender Formel am Beispiel des Lieferanten A schrittweise dargestellt:

Formel 11: Servicebewertung des Lieferanten A

$$\text{Servicebewertung} = (1 \cdot 51\% + 1 \cdot 100\% + 2 \cdot 100\% + 1 \cdot 96\% + 2 \cdot 90\% + 5 \cdot 100\%) / 12 = 93,9\%$$

Die Servicebewertung des Lieferanten A beträgt insgesamt 93,9%. Diese Kennzahl fließt mit einem Anteil von 10% in das Gesamtergebnis der Lieferantenbewertung ein.

Die Gesamtbewertung des Lieferanten A setzt sich in Summe aus den Kennzahlen der Termintreue, Mengentreue, Lieferqualität und der Serviceleistungen zusammen. Diese werden als gewichtete Größen prozentual zusammengeführt. Die Bewertungsergebnisse werden anschließend zur Analyse aller Lieferanten zur Verfügung gestellt. Dabei stehen für alle Kennzahlen zusätzliche Verfahren bei der Umschlüsselung der Daten zur Verfügung. Bei der Bewertung der verschiedenen Kriterien können darüber hinaus individuelle Gewichtungen vorgenommen werden. Im nächsten Schritt wird das Gesamtergebnis des Lieferanten A schrittweise berechnet.

Tabelle 6: Bewertungskriterien der Lieferantenbewertung

Bewertungskriterien		
Qualität: 45%	Lieferung: 45%	Serviceleistungen: 10%
→ Reklamationen: 80%	→ Termintreue: 50%	→ Zu den Unternehmen
→ PPM: 20%	→ Mengentreue: 50%	

Die Berechnung des Gesamtergebnisses des Lieferanten A wird anhand folgender Formel durchgeführt:

Formel 12: Gesamtbewertung des Lieferant A

$$\text{Gesamtbewertung in \%} = 0,45 \cdot 0,5 \cdot 90\% + 0,45 \cdot 0,5 \cdot 85\% + 0,45 \cdot 0,8 \cdot 95\% + 0,45 \cdot 0,2 \cdot 100\% + 0,1 \cdot 93,9\% = 91,97\%$$

Tabelle 7: Bestandteile der Lieferantenbewertung

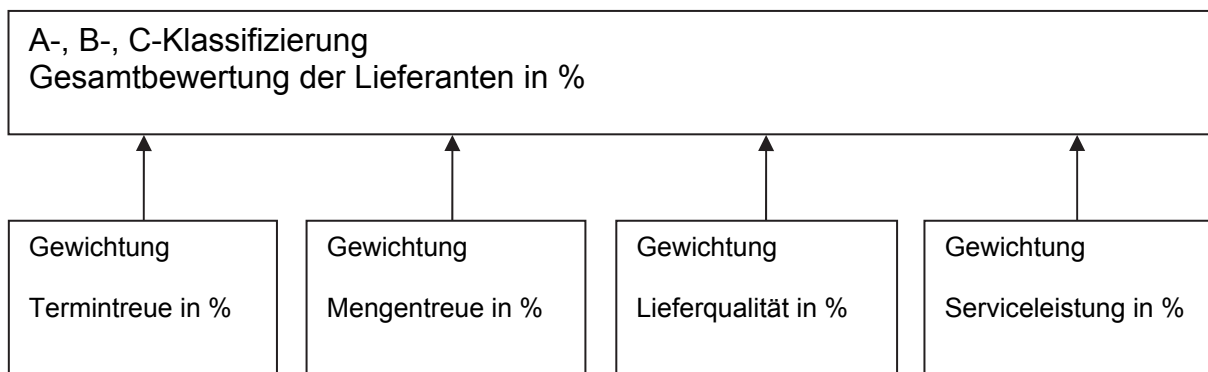
Gesamtbewertung Lieferant A			
	Gewichtung	Ergebnis	Bewertung
Termintreue	22,5%	90%	20,25%
Mengentreue	22,5%	85%	19,13%
Reklamationen	36%	95%	34,2%
PPM-Rate	9%	100%	9%
Service	10%	93,9%	9,39%
Gesamtergebnis	100%		91,97%

Lieferant A hat eine Gesamtbewertung von **91,97%**.

Im weiteren Vorgehen hat die Klassifizierung der Lieferanten, die im Abschnitt 3.3 des Grundlagenteils beschrieben wird, einen entscheidenden Einfluss auf die zukünftige Zusammenarbeit. Dies erfolgt nach der Phase *Experimente und Analyse* im Rahmen des Vorgehensmodells. Die Einteilung der Klassen kann jedes Unternehmen individuell durchführen. Die Westfalia-Automotive GmbH hat sich dabei für die A-, B- und C-Klassifizierung entschieden.

In diesem Beispiel hat Lieferant A eine prozentuale Gesamtbewertung von 91,97% erreicht. Gemäß der Einteilung aus der folgenden Abbildung wird dieser Lieferant als A-Lieferant eingestuft, da die prozentuale Gesamtbewertung $\geq 90\%$ beträgt.

Abbildung 20: Lieferantenklassifizierung



Standard-Klassifizierung:

A-Klassifizierung, wenn $\geq 90\%$

B-Klassifizierung, wenn $\geq 75\%$

C-Klassifizierung, wenn $< 75\%$

Nach der A-, B- und C-Klassifizierung der Lieferanten müssen verschiedene Maßnahmen umgesetzt werden:

A-Lieferanten mit sehr guter Bewertung bekommen in der Regel schneller Aufträge als Lieferanten mit weniger guter Bewertung. Diese sind sozusagen *uneingeschränkt* einsetzbar und werden außerdem über das Einstufungsergebnis schriftlich informiert. Notwendige Maßnahmen sind hier nicht erforderlich.

B-Lieferanten bekommen zukünftig weiterhin Aufträge zugeteilt, jedoch in geringerer Anzahl als A-Lieferanten. Diese dürfen nur mit Rücksprache des strategischen Einkaufs für ausgewählte Aufträge eingesetzt werden. Des Weiteren werden diese über das Einstufungsergebnis schriftlich informiert und müssen daraufhin erforderliche Verbesserungsmaßnahmen aufgefordert durchführen.

C-Lieferanten dürfen nur für Benchmark-Anfragen gebucht werden. Bei diesen Lieferanten ist keine Auftragsvergabe zulässig. C-Lieferanten werden umgehend schriftlich über das Einstufungsergebnis informiert. Außerdem sind diese aufgefordert, notwendige Korrekturmaßnahmen zeitnah umzusetzen. Eine gezielte Risikoabschät-

zung und Überwachung bei der Realisierung erfolgt durch die jeweiligen Fachbereiche. Gegebenenfalls muss ein Entwicklungsplan mit diesen Lieferanten definiert werden. Wenn der Entwicklungsplan dreimal fehlschlagen wurde, so wird der C-Lieferant im Lieferantenstamm des SAP-Systems für weitere Anfragen gesperrt und in der Lieferantenliste (Panel) gesondert gekennzeichnet.

6.5 Gesamtliefertreue zu den Kunden

Die Grundlage für die Phasen der Modellbildung ist das Vorgehensmodell zur Simulation aus der Abbildung 11 im Abschnitt 4.5. In Bezug auf die Gesamtliefertreue zu den Kunden wurde hierfür in Abbildung 13 des Abschnitts 5.3 das Vorgehensmodell angewendet.

Zielsetzung ist die Verbesserung der Liefertreue und -qualität zu den Kunden. In der ersten Phase des Vorgehensmodells werden die Aufgaben und Verantwortliche für die Beschaffung und Auswertung der Lieferdaten zu den Kunden bestimmt. Dies bezieht sich auf die Mitarbeiter der Disposition. Innerhalb der zweiten Phase des Vorgehensmodells wurde im Abschnitt 5.4 zu Beginn ein *Konzeptmodell* erstellt. Die Systemgrenzen erstrecken sich vom Warenausgang des Automobilzulieferers über den Transport bis zum Wareneingang bei den Kunden. Zwischen beiden Seiten wirken verschiedene Eingabe- und Ausgabegrößen zusammen, wie dies in Abbildung 16 dargestellt wird. Zu den Eingabegrößen zählen die mit den Kunden vereinbarten Liefertermine, -mengen, Kriterien der Lieferqualität und die Anforderungen der Serviceleistungen, die der Automobilzulieferer an sich selber stellt. Die Servicebewertung führt dabei der Kunde für den Automobilzulieferer durch. Im weiteren Schritt gilt es die Termin-, Mengen-, Qualitäts- und Serviceabweichungen zu ermitteln. Zu den Ausgabegrößen gehören die Termin- und Mengentreue, Lieferqualität und die Ergebnisse aus der Servicebewertung.

In der Phase der *Formalisierung* wird das *formale Modell* für die weiteren Schritte verwendet und spiegelt das Ergebnis der dritten Phase des Vorgehensmodells wider. Wie in Abbildung 17 des Abschnitts 5.5 werden auch hier in detaillierterer Form die Interaktionen, Bestandteile und die Zusammenhänge aller Elemente zur Messung der Gesamtliefertreue zu den Kunden beschrieben. Zunächst werden die Lieferdaten nach Ankunft der Sendung im Wareneingang der Kunden aus dem SAP-System beschafft. Der Automobilzulieferer erhält somit die Statusdaten der Lieferaufträge. Im Anschluss erfolgt die Aufbereitung der Lieferdaten. Aus der Gegenüberstellung der vereinbarten Liefertermine, -mengen und der -qualität mit den tatsächlichen Lieferdaten und Qualitätsmerkmalen lassen sich daraus die Lieferabweichungen bestimmen. Anschließend werden die Kennzahlen der erreichten Termin- und Mengentreue sowie der Lieferqualität ermittelt. Darüber hinaus wird auch die Servicebewertung mit in die Gesamtliefertreue zu den Kunden einbezogen.

Anschließend erfolgt die Implementierung in ein *ausführbares Modell*. Dieses repräsentiert das Simulationsmodell, wie dies in Abbildung 18 des Abschnitts 5.6 dargestellt wird, und ist das Ergebnis der Phase *Implementierung* innerhalb des Vorge-

hensmodells. Hier werden zunächst die Lieferdaten zu den Kunden beschafft, aufbereitet und mit einem Soll-Ist-Vergleich die Liefer- und Serviceabweichungen ermittelt. Im weiteren Schritt lassen sich daraus die Kennzahlen der Termin- und Mengentreue, Lieferqualität und der Serviceleistungen berechnen. Im weiteren Schritt gilt es das gewichtete prozentuale Verhältnis aller Bewertungskriterien festzulegen. Die Bestandteile dieser Kriterien bilden in Summe die Gesamtliefertreue zu den Kunden. Im Anschluss werden die Ergebnisse der Gesamtliefertreue in Excel-Tabellen ausgewertet, visualisiert und analysiert.

Im folgenden Beispiel wird eine vollständige Messung der Gesamtliefertreue zu den Kunden mit realen Wertgrößen schrittweise durchgeführt und im Anschluss das weitere Vorgehen beschrieben. Dies bezieht sich auf die Phase *Experimente und Analyse* im Rahmen des Vorgehensmodells.

6.5.1 Messung der Termin- und Mengentreue

Im Fallbeispiel der Westfalia-Automotive GmbH werden zur Ermittlung der Termin- und Mengentreue zunächst die aktuellen Statusdaten der Lieferaufträge aus dem SAP-System ausgewertet. Hier erfolgt die Messung der Lieferdaten nach der Zeit und der Menge am Zeitpunkt der Wareneingangsbuchung bei den Kunden. Die Statusdaten können für jeden einzelnen Kunden oder Auftraggeber ausgewertet werden. Zunächst erfolgt eine Aufteilung der Liefertreue in die Bestandteile der Termin- und Mengentreue. In Bezug auf die Termintreue wird der vereinbarte Kundentermin dem tatsächlichen Eintreffdatum gegenübergestellt. Wenn beispielsweise eine Lieferposition ein Tag zu früh oder zu spät beim Kunden eingetroffen ist, dann wird die Termintreue für diese Lieferposition mit 0% bewertet. Erfolgt wiederum eine Anlieferung mit der richtigen Menge, dann wird die Mengentreue mit 100% bewertet. Bei der Auswertung der Liefertreue pro Lieferposition werden die Bestandteile der Termin- und Mengentreue zusammengefügt. Wird beispielsweise die Termintreue mit 0% und gleichzeitig die Mengentreue mit 100% bewertet, dann erhält diese Lieferposition als Ergebnis eine Liefertreue von nur 0%.

Im folgenden Beispiel wurde der Kunde G am 20. März 2018 im OEM-Bereich mit insgesamt 9 Lieferpositionen beliefert. Bei der Auswertung der Lieferdaten hat sich jedoch herausgestellt, dass davon zwei Lieferpositionen jeweils ein Tag zu früh zugestellt worden sind. Folglich werden die beiden Lieferpositionen mit einer Termin- und gleichzeitig auch Liefertreue von 0% bewertet und stellen somit eine Lieferabweichung dar. Insgesamt liegt die Termintreue bei Kunde G am 20. März bei 77,78%.

Formel 13: Termintreue des Kunden G im OEM-Bereich

$$\text{Termintreue in \%} = \left(1 - \frac{2}{9}\right) * 100\% = 77,78\%$$

Andererseits hat sich herausgestellt, dass alle der neun Lieferpositionen mengengerecht bei Kunde G angeliefert wurden. Somit beträgt die Mengentreue genau 100%.

Formel 14: Mengentreue des Kunden G im OEM-Bereich

$$\text{Mengentreue in \%} = \left(1 - \frac{0}{9}\right) * 100\% = 100\%$$

Als Schlussfolgerung ergibt sich eine prozentuale Liefertreue des Kunden G im OEM-Bereich bei 77,78%, da zwei Lieferpositionen mit 0% bewertet werden.

Formel 15: Liefertreue des Kunden G im OEM-Bereich

$$\text{Liefertreue in \%} = \left(1 - \frac{2}{9}\right) * 100\% = 77,78\%$$

In Bezug auf den OES-Bereich wurde der Kunde G am 20. März mit einer Lieferposition beliefert. Diese Lieferposition wurde sowohl termintreu als auch mengentreu zugestellt.

Formel 16: Liefertreue des Kunden G im OES-Bereich

$$\text{Liefertreue in \%} = \left(1 - \frac{0}{1}\right) * 100\% = 100\%$$

Somit liegt die Liefertreue bei Kunde G am 20. März im OES-Bereich bei 100%.

Formel 17: Liefertreue des Kunden G im Gesamtbereich

$$\text{Liefertreue insgesamt in \%} = \left(1 - \frac{(2+0)}{(9+1)}\right) * 100\% = 80\%$$

Die Liefertreue bei Kunde G liegt im Gesamtbereich bei 80%. Diese Kennzahl schließt die Bewertung der Lieferpositionen sowohl im OEM- als auch im OES-Bereich mit ein und hat einen prozentualen Anteil von 45% an der Gesamtliefertreue. Die kundenspezifische Messung der Liefertreue kann für jeden weiteren Kunden separat durchgeführt.

Die Anwendung von Microsoft Excel, welches im Abschnitt 4.4 beschrieben wird, dient als gute Darstellungsform bei der Gegenüberstellung der Lieferpositionen. Eine Lieferabweichung beschreibt dabei, dass es bei der Kundenbelieferung entweder eine Termin- oder eine Mengenabweichung gegeben hat. In der folgenden Tabelle werden die Lieferpositionen für jeden einzelnen Kunden in einer Datenzeile zusammengefasst. Des Weiteren erfolgt eine Unterteilung der Kunden sowohl im OEM- als auch im OES-Bereich. Die Termin- und Mengenabweichungen der einzelnen Lieferpositionen werden anschließend im prozentualen Verhältnis zur Gesamtanzahl umgerechnet. In diesem Beispiel erfolgt für den 20. März 2018 eine tagbezogene Auswertung:

Tabelle 8: Darstellung der Lieferpositionen je Kunde

Auswertung der Liefertreue: 20. März 2018				
Nach Kunden zusammengefasst:	OEM		OES	
	Lieferabweichungen	Lieferpositionen	Lieferabweichungen	Lieferpositionen
Kunde A	0	2	0	0
Kunde B	0	1	0	0
Kunde C	0	0	0	0
Kunde D	0	0	0	0
Kunde E	0	0	0	0
Kunde F	1	9	0	2
Kunde G	2	9	0	1
Kunde H	1	16	0	1
Kunde I	0	0	0	0
Kunde J	0	5	0	1
Kunde K	0	1	0	0
Kunde L	0	0	0	0
Kunde M	0	0	0	0
Kunde N	0	0	1	1
Kunde O	0	0	0	0
Kunde P	1	11	0	0
Kunde Q	0	0	0	0
Kunde R	0	2	0	0
Kunde S	0	0	0	0
Kunde T	0	0	0	0
Kunde U	0	3	0	1
Kunde V	0	0	0	0
Kunde W	0	0	0	0
Kunde X	0	0	0	0
Kunde Y	0	0	0	0
Kunde Z	0	0	0	0
Kunde AA	0	0	0	0
Kunde AB	0	0	0	0
Kunde AC	0	0	0	0
Kunde AD	0	0	1	3
Kunde AE	0	0	0	0
Kunde AF	0	0	0	0
Kunde AG	0	0	0	0
Kunde AH	2	34	0	0
Kunde AI	0	0	0	0
Kunde AJ	3	17	2	10
Gesamtergebnis	10	110	4	20

Die Liefertreue aller Kunden im OEM- und OES-Bereich werden mit folgender Formel ermittelt:

Formel 18: Liefertreue im OEM-Bereich

$$\text{Liefertreue in \%} = \left(1 - \frac{10}{110}\right) * 100\% = 90,9\%$$

Am 20. März liegt die Liefertreue insgesamt im OEM-Bereich bei 90,9% und im OES-Bereich bei 80%.

Formel 19: Liefertreue im OES-Bereich

$$\text{Liefertreue in \%} = \left(1 - \frac{4}{20}\right) * 100\% = 80\%$$

Hier ist ersichtlich, dass die prozentuale Liefertreue im OEM-Bereich deutlich höher ist als im OES-Bereich. Grund dafür ist, dass die Abwicklung von OEM-Aufträgen eine höhere Priorität hat als die von OES-Aufträgen. Aus diesem Grund gilt es der

Erfüllung der Liefertreue im OEM-Bereich, aufgrund der wirtschaftlichen Bedeutung der Kunden, eine besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Bei der prozentualen Messung der Liefertreue im Gesamtbereich wird das Ergebnis nach ähnlicher Methode berechnet. Hier werden die Lieferabweichungen aller Kunden im OEM- und OES-Bereich aufaddiert und mit der Anzahl aller Lieferpositionen im Verhältnis gegenübergestellt:

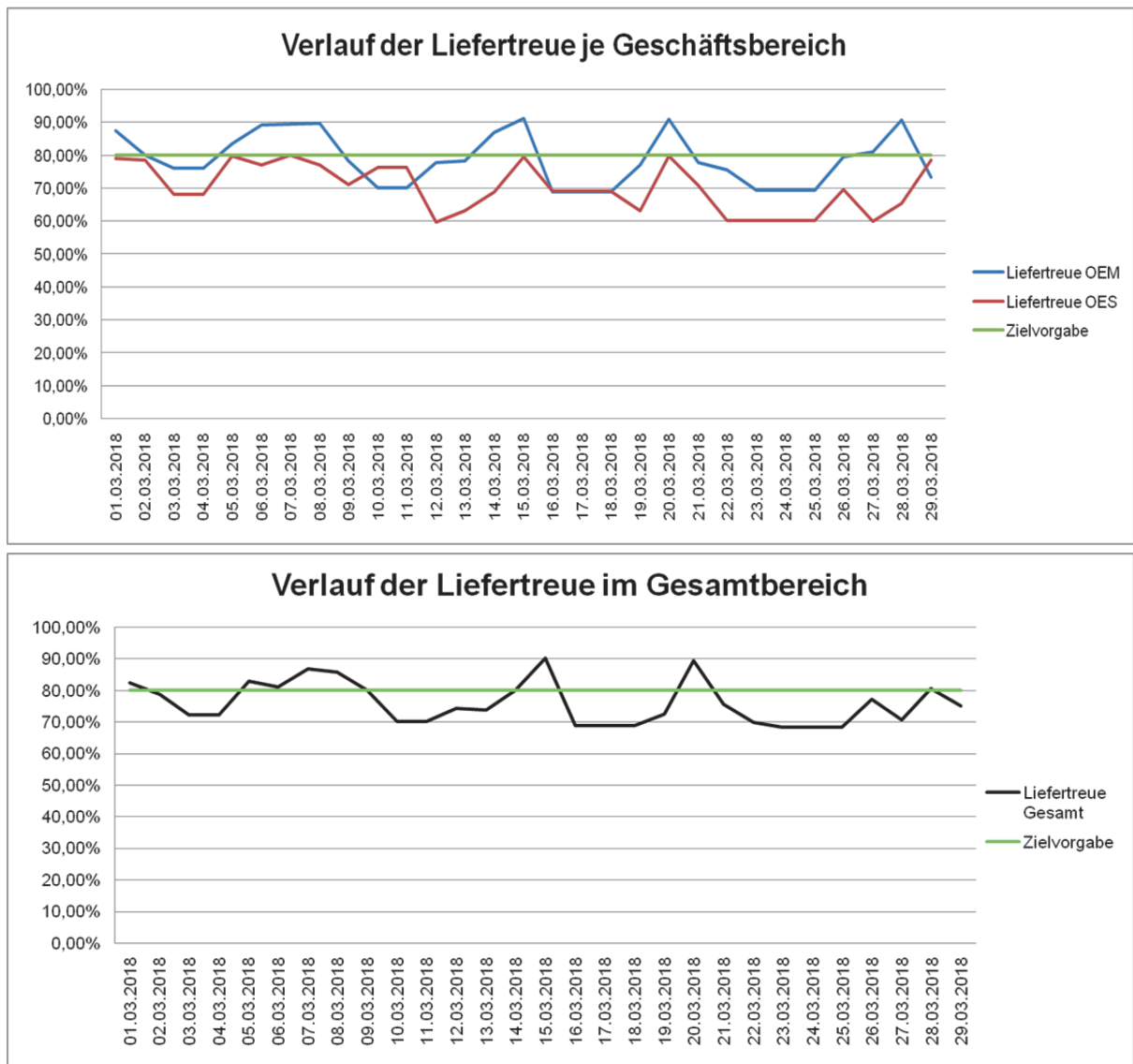
Formel 20: Liefertreue im Gesamtbereich

$$\text{Liefertreue insgesamt in \%} = \left(1 - \frac{(10+4)}{(110+20)} \right) * 100\% = 89,23\%$$

Die Liefertreue im Gesamtbereich liegt am 20. März 2018 insgesamt bei 89,23%.

Innerhalb eines Bewertungszeitraums kann sowohl eine tägliche, wöchentliche als auch eine monatliche Messung der Liefertreue aller Kunden durchgeführt werden. Führt man eine täglich fortlaufende Bewertung durch, dann kann am Ende des Monats ein gesamtmonatlicher Verlauf in einem Liniendiagramm abgebildet werden. Somit können Rückschlüsse über den Gesamtverlauf und über die Zielabweichungen in den unterschiedlichen Zeitpunkten genau festgestellt werden. Dabei gilt es zunächst eine prozentuale Zielgröße als Maßstab festzulegen, die nach Möglichkeit erreicht oder bestenfalls übertroffen werden soll. Mit einem Soll-Ist-Vergleich können somit die Zielabweichungen zeitgenau zwischen der geplanten und der tatsächlich erreichten Liefertreue sowohl im OEM- und OES-Bereich als auch im Gesamtbereich ermittelt werden. Dies wird in der folgenden Abbildung mithilfe eines Liniendiagramms dargestellt:

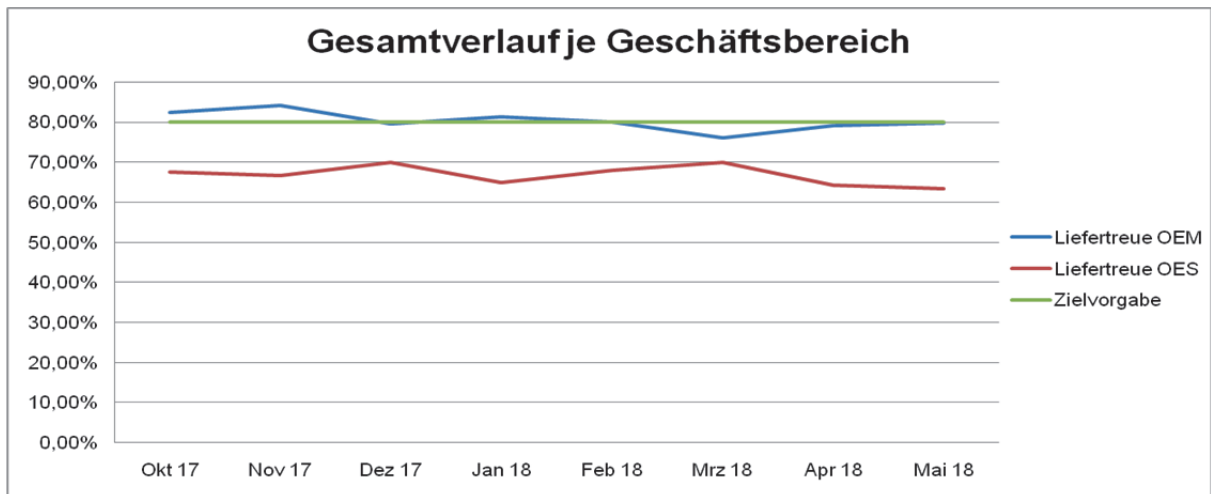
Abbildung 21: Gesamtverlauf der Liefertreue



Aus diesen Diagrammen ist ersichtlich, dass die prozentual erreichte Liefertreue täglich stark schwanken kann. An einigen Tagen liegt dieser Wert über und an anderen Tagen wiederum deutlich unter dem festgelegten Zielwert von 80%. Daraus lässt sich schließen, dass sowohl im OEM- als auch besonders im OES-Bereich ein notwendiger Handlungsbedarf zur Verbesserung der Liefertreue besteht.

Möchte man über mehrere Monate einen Gesamtverlauf abbilden, dann können innerhalb eines längeren Betrachtungszeitraums in Summe die monatlichen Werte grafisch dargestellt werden:

Abbildung 22: Monatlicher Gesamtverlauf



Auch bei der Gesamtbetrachtung über mehrere Monate ist die erreichte Liefertreue in einigen Monaten deutlich unter der Zielvorgabe. Außerdem ist zu erkennen, dass der Gesamtverlauf auf keine deutliche Wertsteigerung hinweist. Aus diesem Grund müssen besonders bei der Belieferung wichtiger Kunden innerhalb kürzester Zeit gezielte Verbesserungsmaßnahmen konzipiert, umgesetzt und fortlaufend kontrolliert werden.

In vielen Unternehmen wird heutzutage vorwiegend das SAP-Betriebssystem zur Auftragsabwicklung eingesetzt. Die Unternehmenssoftware verknüpft die verschiedenen Arbeitsbereiche und Funktionen mit einer Vielzahl anderer Geschäftsprozesse innerhalb des Unternehmens, angefangen vom Einkauf über die Produktion und die Buchhaltung bis hin zum Verkauf/Vertrieb und der Bankenabwicklung. Die Abwicklung des SAP-Systems betrifft dabei alle Handlungen und Geschäftsprozesse in der gesamten Wertschöpfungskette, die das Unternehmen und seine Partner durchlaufen. Wenn beispielsweise ein Mitarbeiter einen Fertigungsauftrag erstellt, dann legt das SAP-System daraufhin automatisch alle Verknüpfungen zu diesem Objekt fest. Gleichzeitig haben auch die Mitarbeiter aus den anderen Abteilungen mit Berechtigung einen Zugriff auf diesen Auftrag und können dort gegebenenfalls weitere Einträge oder Änderungen vornehmen, die wiederum Auswirkungen auf die anderen Unternehmensbereiche haben. Dies bezieht sich auf die Aktionen des Verkaufs, der Angebotserstellung, der Auftragserfassung, die Planung von Lieferterminen, die Verbesserung von Lagerbeständen und die Bearbeitung von Forderungen und Rechnungen. Hier werden zu jedem angelegten Kundenauftrag die Auftragsdaten mit dem Anlieferungstermin und die zu liefernde Menge erfasst. Darüber hinaus verfügt das SAP-System über einen aktuellen Statusbericht der einzelnen Fertigungs- und Lie-

feraufträge sowie eine explizite Statusermittlung zwischen den verschiedenen Fertigungsstufen und Beförderungsebenen. Wenn beispielsweise ein Warenbehälter oder eine Palette bei der Verladung abgescannt und in den LKW zur Auslieferung verladen wurde, dann werden die Daten zur selben Zeit im Statusbericht des SAP-Systems übertragen und angezeigt. Aus diesem Grund wissen die Mitarbeiter im Vertrieb, wo sich genau eine Sendung innerhalb der Transportstrecke befindet, und können den Kunden somit eine präzisere Auskunft über den Zustelltermin geben. Mit diesem Ansatz kann der Status der Lieferaufträge jederzeit im SAP-System abgerufen und nachverfolgt werden. Dies bietet eine bessere Planbarkeit und eine gute Grundlage zur Messung der Liefertreue.

6.5.2 Einbeziehung der Lieferqualität

Zu den weiteren relevanten Bewertungskriterien gehört die Einbeziehung der Lieferqualität. Die Messung dieses Kriteriums kann einerseits mit der *PPM-Kennzahl* erfolgen. Dies bezieht sich auf die Anzahl der angelieferten Fehlerteile. Nach Ermittlung dieser Kennzahl kann anschließend eine prozentuale Auswertung der anteiligen Lieferqualität erstellt werden. Dabei könnte eine abgestufte Bewertung der Lieferqualität in Bezug auf die *PPM-Kennzahl* für jeden Kunden unterschiedlich sein, da diese unterschiedliche Anforderungen haben. Sobald aber nichts Konkretes mit diesen vereinbart wurde, kann eine allgemein gültige prozentuale Abstufung der Lieferqualität bei durchschnittlicher Kundenanforderung anhand folgender Tabelle angewandt werden:

Tabelle 9: Werteeinteilung der PPM-Kennzahl zur Lieferqualität

Einteilung	Bewertung der Lieferqualität
0-100 PPM	100%
100-200 PPM	80%
200-300 PPM	60%
300-400 PPM	40%
400-500 PPM	20%
>= 500 PPM	0%

Die Berechnung der anteiligen Lieferqualität wird am folgenden Beispiel schrittweise durchgeführt. Wurde bei Kunde G im Monat März ein Fehlerteil angeliefert und beträgt die Gesamtanzahl aller zugestellten Teile bei 7.000 Stück, dann erfolgt die Berechnung der *PPM-Kennzahl* für diesen Kunden nach folgender Methode:

Formel 21: PPM-Kennzahl im Monat März

$$\text{PPM-Kennzahl} = \left(\frac{1}{7.000} \right) * 1.000.000 = 143 \text{ PPM}$$

Die Einstufung von 143 PPM wird laut der obigen Tabelle mit einer prozentualen Bewertung der anteiligen Lieferqualität von 80% eingeordnet. Der prozentuale Anteil der Lieferqualität an der Gesamtliefertreue kann je nach Bedarf individuell festgelegt werden.

Des Weiteren kann im Rahmen der Lieferqualität auch die *Anzahl der Kundenreklamationen* mit in die Bewertung einbezogen werden. Am Ende des Monats wird hier die Anzahl aller aufgetretenen Reklamationen in Gesamtsumme zusammengerechnet. Diese Messgröße richtet sich auf die Häufigkeit der Annahmeverweigerungen und Beschwerden. Pro Kundenreklamation können mehrere Fehlerteile bei einem Kunden angeliefert worden sein. Grund dafür sind technische Defekte, Falschlieferrungen und die Zustellung von Enderzeugnissen mit falschen Produkteigenschaften. In der folgenden Tabelle wird eine abgestufte Bewertung der anteiligen Lieferqualität in Abhängigkeit von der Anzahl der Kundenreklamationen veranschaulicht:

Tabelle 10: Einfluss der Reklamationshäufigkeit auf die Lieferqualität

Anzahl Reklamationen	Bewertung der Lieferqualität
0	100%
1	90%
2	70%
3	40%
4	20%
5	10%
6	0%

Ist beim Kunden G im Monat März eine Kundenreklamation aufgetreten, dann wird die anteilige Lieferqualität mit höchstens 90% bewertet. Die anteilige Lieferqualität der *PPM-Kennzahl* und die Anzahl der Kundenreklamationen bilden zusammen im Verhältnis die prozentuale Kennzahl der Lieferqualität. Die prozentualen Anteile dieser Größen können von jedem Automobilzulieferer jedoch individuell festgelegt werden. In diesem Fallbeispiel werden die *PPM-Kennzahl* mit 20% und die Anzahl der Kundenreklamationen mit 80% ins Bewertungsverhältnis gesetzt. Die Berechnung der gesamten Lieferqualität erfolgt nach folgendem Verfahren:

Formel 22: Lieferqualität

$$\text{Lieferqualität insgesamt in \%} = 0,2 \cdot 80\% + 0,8 \cdot 90\% = 88\%$$

Die prozentuale Lieferqualität beim Kunden G liegt in Monat März bei **88%**.

6.5.3 Servicebewertung

Die Bewertung der Serviceleistungen können bei der Messung der Gesamtliefertreue mitberücksichtigt werden. Die Bewertung der einzelnen Servicekriterien fließt als

Service-Kennzahl gewichtet mit in die Gesamtliefertreue hinein. Hierzu wird ein ausformulierter Fragebogen vom Automobilzulieferer erstellt. Dies wird in der Regel halbjährlich durchgeführt. Dieser Fragebogen dient als Grundlage für die prozentuale Servicebewertung. Hier werden alle relevanten Themengebiete abgefragt, bei denen die Kunden eine differenzierte Bewertung der verschiedenen Servicebereiche durchführen können. Die Anforderungen und zu bewertenden Kriterien werden vom Automobilzulieferer selber festgelegt und ausformuliert. Die Bewertungsfelder des Fragebogens werden dabei von verschiedenen Mitarbeitern eines Kunden angekreuzt. Im weiteren Schritt werden die Antworten ausgewertet und die Gesamtsummen prozentual gegenübergestellt. Die folgende Tabelle enthält einen Auszug des Fragebogens, der vom Kunden G ausgefüllt wurde.

Tabelle 11: Bewertungsverfahren zur Messung der Serviceleistung

Auswertung des Fragebogens zur Messung der Serviceleistung					
Bewertungskriterien:	Sehr zufrieden	Eher zufrieden	Eher unzufrieden	Sehr unzufrieden	Keine Angabe
Verfügbarkeit von freien Beständen	42%	33%	0%	0%	25%
Einhaltung der Versandvorschrift	42%	25%	8%	0%	25%
Flexibilität bei Termin-/Mengenänderungen	33%	25%	0%	0%	42%
Einhaltung von Absprachen und Zusagen	42%	50%	8%	0%	0%
Technischer Stand der Kommunikationssysteme	42%	33%	0%	0%	25%
Fachliche Kompetenz der Mitarbeiter	58%	42%	0%	0%	0%
Rasche Informationen an den Kunden bei Lieferproblemen	25%	50%	0%	0%	25%
Schnelle und zuverlässige Behandlungen von Problemen	50%	50%	0%	0%	0%
Erreichbarkeit des zuständigen Mitarbeiters	67%	33%	0%	0%	0%
Freundlichkeit in der Kundenbetreuung	92%	8%	0%	0%	0%
Serviceleistung insgesamt	49%	35%	2%	0%	14%

Aus der Auswertung des Fragebogens lässt sich erschließen, dass die Zufriedenheit des Kunden G insgesamt noch relativ hoch ist, da 49% der Mitarbeiter mit den Serviceleistungen sehr zufrieden und 35% eher zufrieden sind. Diese Ergebnisse repräsentieren den prozentualen Mittelwert der verschiedenen Bestandteile der Servicebewertung. Auf Grundlage der einzelnen Ergebnisse wird im weiteren Schritt die Service-Kennzahl ermittelt:

Tabelle 12: Umwandlung der Kundenzufriedenheit zur Service-Kennzahl

Service-Kennzahl	
Zufriedenheitsskala	Bewertung
Kunde sehr zufrieden	100%
Kunde eher zufrieden	75%
Kunde eher unzufrieden	40%
Kunde sehr unzufrieden	10%
Keine Angabe	50%

Formel 23: Service-Kennzahl

$$\text{Service-Kennzahl in \%} = 0,49 \cdot 100\% + 0,35 \cdot 75\% + 0,02 \cdot 40\% + 0 \cdot 10\% + 0,14 \cdot 50\% = 83,05\%$$

Die ermittelte Service-Kennzahl des Kunden G liegt in diesem Halbjahr bei **83,05%**. Diese Kennzahl hat einen Anteil von 10% an der Gesamtliefertreue zu den Kunden.

Im weiteren Schritt führt der Automobilzulieferer mit wirtschaftlich wichtigen Kunden quartalsweise ein persönliches Gespräch durch. Zu diesem Treffen kommen unter anderem Vertreter eines Kunden und die Vertriebsmitarbeiter des Automobilzulieferers zusammen und sprechen über die möglichen Probleme und Missstände im Detail. Hier gibt der Kunde aus seiner Sicht eine ehrliche und präzise Zufriedenheitsbewertung mit ausführlicher Begründung ab, bei der auch über Ursachen und Verbesserungsmaßnahmen offen diskutiert werden kann. Somit können unerschlossene Potentiale des Automobilzulieferers aufgedeckt werden.

6.5.4 Messung der Gesamtliefertreue

Tabelle 13: Bestandteile und Gewichtung der Gesamtliefertreue

Gesamtliefertreue		
Lieferqualität: 45% → Reklamationen: 80% → PPM: 20%	Liefertreue: 45% → Termintreue: 50% → Mengentreue: 50%	Serviceleistung: 10% → zu den Kunden

Beträgt in diesem Fallbeispiel die Liefertreue bei Kunde G am 20. März 2018 im Gesamtbereich bei 80%, dann fließt dieser Wert mit einem prozentualen Anteil von 45% in die Kennzahl der Gesamtliefertreue ein. Darüber hinaus soll sowohl die Lieferqualität von 88% mit einem Anteil von 45% als auch die bereits ermittelte Service-Kennzahl von 83,05% mit einem Anteil von 10% in das Endergebnis einbezogen werden. Nach Ermittlung der einzelnen Kenngrößen wird abschließend die Gesamtliefertreue nach folgendem Verfahren berechnet:

Formel 24: Gesamtliefertreue des Kunden G

$$\text{Gesamtliefertreue in \%} = 0,45 \cdot 80\% + 0,45 \cdot 88\% + 0,1 \cdot 83,05\% = 83,91\%$$

Die Gesamtliefertreue des Kunden G beträgt am 20. März 2018 insgesamt **83,91%**. Die Berechnung dieser Kennzahl kann für jeden beliebigen Kunden täglich nach gleicher Methode durchgeführt werden. Des Weiteren ist auch eine Bewertung der Gesamtliefertreue sowohl im OEM- als auch im OES-Bereich möglich. Nach Ermittlung

dieser Kennzahl lässt sich im weiteren Schritt ein gesamtmonatlicher Verlauf in einem Liniendiagramm grafisch darstellen.

6.6 Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren zur Messung der Liefertreue

Bei der Überprüfung der Termineinhaltung kann es passieren, dass die zugesagte Lieferzeit unterschritten wird. Dies wäre der Fall, wenn ein Kunde beispielsweise seine Ware einen Tag früher als vereinbart erhalten würde. Dabei besteht die Gefahr, dass dieser eine vorzeitige Anlieferung als Malus bewerten kann. Als Konsequenz wird die Termintreue für diesen Kunden mit 0% bewertet. Grund für die strenge Sichtweise wäre, dass der Kunde die vorzeitig angelieferten Produkte noch nicht gebrauchen kann und diese sonst in seinem Lager nur herumstehen und unnötig viel Platz verschwenden würden. Somit entstehen zusätzliche Lager- und Kapitalbindungskosten. Aus diesem Grund gilt es diese Kunden genau zum vereinbarten Liefertermin zu beliefern. Auf der anderen Seite gibt es wiederum Kunden, die eine vorzeitige Anlieferung noch als liefertreu beurteilen würden. Dies wäre der Fall, wenn mit dem Kunden eine Frühlieferung zuvor abgesprochen wurde und dieser einen höheren Sicherheitsbestand akzeptieren würde. Somit wäre das Produkt zum genauen Zeitpunkt des Kundenbedarfs auf jeden Fall frei verfügbar. Je nach Kundenabsprache kann in manchen Fällen nach einer vorläufigen Lieferbewertung außerdem eine Korrektur oder nachträgliche Neubewertung zu Gunsten des Automobilzulieferers durchgeführt werden. Dies richtet sich danach, in welchem Ausmaß die Kundenzufriedenheit dadurch beeinträchtigt wird.

Ein weiteres Konfliktfeld ist die Beurteilung einer Mehrlieferung. Wenn beispielsweise ein Kunde mit zu vielen Teilen oder Mengen beliefert wurde, kann auch dies als Mengentreue bewertet werden, da sonst bei diesem unnötiger Lagerplatz verbraucht wird und zusätzliche Kapitalbindungskosten entstehen würden. Auf der anderen Seite würden manche Kunden wiederum eine geringe Mehrlieferung nach Absprache noch als mengentreu beurteilen, da diese mehr Materialien im Lager vorrätig hätten und beim folgenden Bestellvorgang weniger oder länger nichts bestellt werden braucht. Aus diesem Grund sollten zukünftig die individuellen Kundenbelange mehr in der Gesamtbewertung berücksichtigt werden.

Die mit den Kunden vereinbarten Lieferbedingungen, die im Abschnitt 2.4 dargestellt sind, können zukünftig ebenfalls bei der Auswertung der Gesamtliefertreue berücksichtigt werden. Handelt es sich beispielsweise bei der Kundenbelieferung um die Vereinbarung einer *E-Klausel*, dann wäre die Liefertreue des Automobilzulieferers erfüllt, wenn die Ware termingerecht, in richtiger Anzahl und in einwandfreiem Zustand am Produktionsort bereitstellt. Bei der Vereinbarung der *F- oder C-Klauseln* wäre die Liefertreue erfüllt, wenn der Automobilzulieferer die Ware innerhalb der Beförderungsstrecke an den vom Kunden beauftragten Spediteur termingerecht, in richtiger Anzahl und in einwandfreiem Zustand übergeben hat. Wenn es im weiteren Verlauf dort zu einem Transportschaden oder zu einer Lieferzeitverzögerung kommen

würde, welcher der Spediteur verursacht hat, wird der Malus nicht dem Automobilzulieferer angerechnet, da der Kosten- und Gefahrenübergang bei den Kunden liegt. Wird die D-Klausel (z.B. *Lieferung frei Haus*) mit dem Kunden vereinbart, dann wäre die Liefertreue erst in vollem Maße erfüllt, wenn die Ware termingerecht, in bestellter Anzahl und in einwandfreiem Zustand dem Kunden vor Ort übergeben wird. Mit Berücksichtigung der individuell vereinbarten Lieferbedingungen bei den einzelnen Kundenaufträgen endet der Kosten- und Gefahrenübergang und letztendlich die Messung der Liefertreue an unterschiedlichen Orten. Auch dies kann zukünftig bei der Auswertung mitberücksichtigt werden.

6.7 Kritische Würdigung der Simulationsergebnisse

Innerhalb des Vorgehensmodells ist auch eine *Verifikation & Validierung* der Daten und Simulationsergebnisse notwendig. Die V&V-Kriterien beziehen sich ebenfalls auf den Abschnitt 4.7. Hier ist zunächst die Überprüfung der *Eignung* und der *Genauigkeit* aus unterschiedlichen Blickwinkeln erforderlich:

In diesem Fallbeispiel werden sowohl für die Lieferantenbewertung im Abschnitt 6.4 als auch für die Gesamtliefertreue zu den Kunden im Abschnitt 6.5 unterschiedliche Kennzahlen verwendet, die verschiedenartige Bewertungskriterien aufweisen. Diese richten sich auf die Termintreue, Mengentreue, Lieferqualität und auf die Serviceleistungen. Sie geben somit eine präzisere und detailliertere Auskunft über den genauen Ist-Zustand der Gesamtliefertreue der Lieferanten und des Automobilzulieferers. Mit dem Ansatz können vorhandene Schwachstellen entlang der Lieferkette ursachenspezifisch in den jeweiligen Bewertungspunkten ermittelt werden.

Des Weiteren werden die Simulationsergebnisse in unterschiedlichen zeitlichen Aggregationen ermittelt. In diesem Fallbeispiel werden zunächst die eingehenden Lieferdaten, die aus realen Tatbeständen bestehen, täglich beschafft, aufbereitet und anschließend ausgewertet. Da die Auswertung der Lieferdaten über einen dauerhaften Zeitraum verläuft, können die prozentualen Kennzahlen der Termintreue, Mengentreue und der Lieferqualität sowohl täglich, wöchentlich, monatlich als auch über einen längeren Zeitraum ermittelt werden. Somit kann ein monatlicher Gesamtverlauf in einem Liniendiagramm dargestellt werden. Des Weiteren wird auch eine prozentuale Zielgröße festgelegt, die nach Möglichkeit erreicht und bestenfalls übertroffen werden soll. Aus der Gegenüberstellung der realisierten Liefertreue und der festgelegten Zielgröße ließen sich im Abschnitt 6.5.1 mit einem Soll-Ist-Vergleich mögliche Zielabweichungen in den unterschiedlichen Zeitpunkten genau ermitteln.

Darüber hinaus ist die Auswertung der Ergebnisgrößen in unterschiedlichen inhaltlichen Aggregationen möglich, da sich sowohl die Lieferantenbewertung als auch die Gesamtliefertreue zu den Kunden auf die Kennzahlen der Termintreue, Mengentreue, Lieferqualität und der Serviceleistungen beziehen. Dort werden unterschiedliche Bewertungskriterien untersucht. Aus diesem Grund ist eine differenzierte Auswertung der Simulationsergebnisse möglich. In diesem Fallbeispiel erfolgt darüber hinaus eine Aufteilung der Ergebnisse im OEM- und OES-Bereich. Somit können

Rückschlüsse auf die Erfüllung der Liefertreue in den unterschiedlichen Geschäftsbereichen ermittelt werden, die wiederum für das Unternehmen unterschiedliche Prioritäten bei der Belieferung haben.

Die Erzeugung und Auswertung der unterschiedlichen Ergebnisgrößen können sowohl aus den logischen Abschnitten des Modells als auch aus der Abstimmung des ganzen Modells als gültige Kennzahlen generiert werden. Im ersten Teilabschnitt des ausführbaren Modells im Abschnitt 5.6 wird beschrieben, dass die eingehenden Lieferdaten zu Beginn im Wareneingang beschafft werden müssen. Im nächsten Teilabschnitt werden die Daten verarbeitet und die Liefer- und Serviceabweichungen mit einem Soll-Ist-Vergleich ermittelt, aus denen im weiteren Schritt gültige Kennzahlen erzeugt werden sollen. Im weiteren Teilabschnitt des Modells erfolgt eine Zusammenfassung aller Kennzahlen zur Kennzahl der Gesamtliefertreue. Anschließend werden die Ergebnisse visualisiert. Daraus lässt sich schließen, dass die einzelnen Teilabschnitte des ausführbaren Modells aufeinander abgestimmt sind, die gemeinsam die Simulationsergebnisse erzeugen. Da sich die Auswertung der Lieferdaten auf real messbare Tatbestände bezieht, die täglich angepasst werden, werden somit gültige Kennzahlen erzeugt und fortlaufend gemessen. Somit wird die *Glaubwürdigkeit* der Daten und der Simulationsergebnisse erhöht.

Aus der Überprüfung der unterschiedlichen Blickwinkel lässt sich erschließen, dass die *Eignung* und die *Genauigkeit* der Simulationsergebnisse erfüllt sind.

In der Phase *Experimente und Analyse* im Vorgehensmodell lassen sich die Ergebnisse aus den verschiedenen Kennzahlen sowohl inhaltlich als auch zeitlich klar strukturieren. Mithilfe von Excel-Tabellen werden die logischen Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen Leistungsparameter in Bezug auf die Gesamtliefertreue zu den Kunden ersichtlicher. Mit einem Soll-Ist-Vergleich der Messgrößen lassen sich mögliche Zielabweichungen in einem Liniendiagramm klar erkennen. Dies hilft dem Betrachter bei der Analyse der Ergebnisse. Somit ist sowohl die *Plausibilität* als auch die *Konsistenz* der Simulationsergebnisse gegeben.

Auch im Fallbeispiel der Westfalia-Automotive GmbH werden die Erkenntnisse aus den Simulationsergebnissen an die unterschiedlichen Zielgruppen und Entscheidungsträger weitergegeben. Die ermittelten Ergebnisse werden innerhalb von Teamsitzungen den jeweiligen Zielgruppen mit einer fertiggestellten PowerPoint-Präsentation anschaulich dargestellt. Dort lassen sich die verschiedenartigen Diagramme, Tabellen, Grafiken und Textfelder integrieren, die dem Betrachter einen besseren Überblick über die verschiedenen Leistungsparameter geben. Im weiteren Verlauf wird die Ablage der Eingangs- und Ergebnisdaten sicher dokumentiert, um jederzeit einen Zugriff auf die Daten zu erhalten. Aus diesem Grund ist auch die *Vollständigkeit* der Simulationsergebnisse erfüllt.

Nach Prüfung aller V&V-Kriterien stellt sich heraus, dass die Glaubwürdigkeit der Daten und Simulationsergebnisse vollständig erfüllt ist.

6.8 Erfolgsfaktoren zur Verbesserung der Lieferfähigkeit

In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Erfolgsfaktoren und Maßnahmen zur Verbesserung der Liefertreue und -qualität beschrieben, die in unterschiedlichen Situationen eingesetzt werden müssen. Dies erfolgt im Anschluss an die Phase *Experimente und Analyse* innerhalb des Vorgehensmodells.

Um den Prozessablauf entlang der Lieferkette besser zu steuern und abzustimmen, muss der Informations- und Kommunikationsfluss zu den Lieferanten, zwischen den jeweiligen Fertigungsstufen im Unternehmen und zu den Kunden verbessert und beschleunigt werden. Hier müssen geeignete Kommunikations- und Übertragungstechniken eingesetzt werden. Innerhalb der Auftragsabwicklung sind jederzeit laufende Statusinformationen über Sendungsvorgänge der verschiedenen Komponenten, Rohmaterialien und Endprodukte erforderlich.

Um die Durchlaufzeiten und drohenden Kapazitätsengpässe innerhalb der Auftragsabwicklung so gering wie möglich zu halten, gilt es die Bearbeitungs-, Rüst- und Stillstandzeiten an den Produktionsanlagen weiter zu reduzieren. Grundlage hierfür ist eine präzise Maschinenbelegungsplanung der Fertigungslinien und die Festlegung einer gut abgestimmten Auftragsreihenfolge. Für kürzere Durchlaufzeiten müssen jedoch immer ausreichende Liegezeiten eingeplant werden, um Störungen im Fertigungsablauf sowie Engpässe in der Materialversorgung zu einem bestimmten Grad abfangen zu können. Hier ist immer die Einhaltung eines notwendigen Sicherheitsbestands zu berücksichtigen, damit die Materialbevorratung der Produktionsmaschinen immer rechtzeitig gewährleistet ist. Ziel ist, einen reibungslosen Produktionsablauf zu erreichen, bei dem die Endprodukte termingerecht hergestellt und ausgeliefert werden können.

Immer wieder treten Produktionsstopps aufgrund von fehlenden Einbau-, Zubehörteilen und Rohmaterialien auf. Als Konsequenz können die Produkte nicht nach Zeitplan komplettiert werden. Gründe hierfür sind ein schlechtes Bestandsmanagement, eine unpünktliche Bestellung der Einbauteile von Seiten der Lieferanten sowie eintretende Störungen entlang der Lieferkette. Eine gute Bestellpolitik bedeutet, dass die Lieferanten immer frühzeitig über den notwendigen Bedarf informiert werden müssen, um die Belieferungstermine und -mengen auf die Kapazitäts- und Materialversorgungssituation des Unternehmens abzustimmen. Auf Grundlage der Bedarfs- und Absatzprognose müssen ein notwendiger Sicherheitsbestand im Wareneingangslager, die Einhaltung der Sicherheitszeit und eine termingerechte Zuteilung der notwendigen Materialien an den Maschinen eingeplant werden. Daher sind eine frühzeitige Absatzplanung, eine termingerechte Bestellung der noch fehlenden Teile und ein erforderlicher Mindestbestand an Materialien im Lager unverzichtbar, sodass der Fertigungszeitplan ohne Unterbrechung eingehalten werden kann.

Da es häufig zu Bestandsdifferenzen kommt, müssen in regelmäßigen Abständen die tatsächlichen Lagerbestände im Wareneingang und im Auslieferungslager mit den Bestandsdaten des SAP-Systems abgeglichen werden. Grund für Bestandsdifferenzen sind menschliche Fehler bei der Datenerfassung, Übertragungsprobleme und eine fehlende Ein- und Ausschattung der Ladeeinheiten. Warenbestände im Lager

müssen also mit einer regelmäßigen Inventur kontinuierlich überprüft und gegebenenfalls im Materialstamm des SAP-Systems abgeglichen und geändert werden.

Immer wieder treten Qualitätsmängel, Beschädigungen und Minderlieferungen von Einbauteilen, Rohmaterialien und technischem Zubehör auf. Aus diesem Grund müssen zunächst die Einbauteile und Rohmaterialien bei der Anlieferung im Wareneingang sofort auf Qualität und Vollständigkeit überprüft werden. Die defekten Teile werden bei der Qualitätskontrolle aussortiert, reklamiert und den Lieferanten als Retoure zurückgeschickt. Dieser muss daraufhin entweder eine schnelle Nachbesserung oder eine komplette Neulieferung der benötigten Einbauteile frühestmöglich durchführen. Erfüllt ein Lieferant bei der Warenanlieferung zum wiederholten Male nicht die notwendige Lieferqualität, wird als Konsequenz der Lieferantenvertrag gekündigt und anschließend nach einem besseren Lieferanten gesucht. Auf der anderen Seite ist auch der Automobilzulieferer nach Abschluss der Produktion immer gefordert, eine vollständige Qualitätsprüfung aller fertiggestellten Erzeugnisse vor der Kundenbelieferung durchzuführen. Aus diesem Grund werden diese auf technische Funktionsfähigkeit, Maße, vollständige Lackierung, Materialfehler, Kratzer und äußere Beschädigungen regelmäßig überprüft.

Um Personalengpässe sowohl in den Produktions- und Fertigungslinien als auch in der Disposition zu vermeiden, muss für den Notfall immer genügend Personal mit erforderlichem Know-how verfügbar sein. Aus diesem Grund gilt es in regelmäßigen Abständen notwendige Mitarbeiterschulungen durchzuführen. In der Produktion müssen die Mitarbeiter kontinuierlich auf den aktuellen technischen Stand eingewiesen und darin geschult werden, die Maschinen bei technischen Problemen oder Ausfällen richtig zu bedienen, zu warten und schnell wieder in Stand zu bringen. Somit sollen zeitliche Verzögerungen innerhalb der Auftragsabwicklung weiter reduziert werden. Auch innerhalb der Disposition und im Auslieferungslager müssen regelmäßige Mitarbeiterschulungen angeboten werden, da es in der Praxis häufig zu EDV- und Übertragungsfehlern sowie zu Veränderungen von Arbeitsverfahren und Softwaresystemen kommt. Hierzu gehört auch eine regelmäßige Sicherheitsunterweisung aller Lagermitarbeiter im Falle von auftretenden Gefahren und im sicheren Umgang mit Flurförderfahrzeugen.

Des Weiteren müssen sich Automobilzulieferer mehrmals im Jahr einem Produkt- und Prozessaudit unterziehen. Hier kommen externe Auditoren aus anderen Firmen für ein oder mehrere Tage in das zu bewertende Unternehmen und führen eine Prozess- und Qualitätsbewertung in den verschiedenen Abteilungen und Fertigungsstufen durch. Der Automobilzulieferer kann anhand der Bewertungsergebnisse genau erkennen, welche Arbeitsprozesse im Unternehmen gut aufgestellt sind und wo es in der Wertschöpfungskette noch Verbesserungsbedarf gibt. Er ist aufgefordert, einen gezielten Maßnahmenplan und eine Wirksamkeitsanalyse zu erstellen, die anschließend erfolgreich umzusetzen sind.

Darüber hinaus gilt es bei der Produktions- und Vertriebsplanung auch die durchschnittlich auftretenden Absatzunsicherheiten und -schwankungen der Kundennachfrage mit zu berücksichtigen. Mögliche Störungen sollen frühzeitig erkannt und ihnen entgegensteuert werden. Hier ist eine treffsichere statistische Absatzprognose erforder-

derlich. Die Einbeziehung zukunftsorientierter Informationen, die eine nachhaltige Veränderung der Nachfrage berücksichtigen, führen zu einer erheblichen Reduzierung der Absatzunsicherheit. Bei Versorgungsstörungen und Kapazitätsengpässen besteht die Möglichkeit, die erforderlichen Fertigungsaufträge grundlegend neu zu planen, ohne dass der Endtermin zeitlich verschoben werden muss. Kommt es innerhalb der Fertigung aufgrund eines zeitlichen Verzugs zu Produktionsrückständen, müssen diese zeitnah aufgeholt werden. Hier müssen die Messgrößen oder Kennzahlen der Produktionsrückstände den verantwortlichen Mitarbeitern für die weitere Maßnahmenplanung frühestmöglich zugänglich gemacht werden.

Vor jeder Auslieferung ist eine sorgfältige Kontrolle der richtigen Beschilderung, Be-labelung und der Anzahl der Ladeeinheiten mit den dazugehörigen Lieferaufträgen oder Stücklisten erforderlich, da es immer wieder zu Verwechslungen und Fehlverladungen der Enderzeugnisse kommen kann. Somit soll vermieden werden, dass es bei der Ausschattung oder während der Verladung zu Vertauschungen der Behälter oder Paletten kommt oder diese als Sperrbestand dauerhaft im Lager nicht zugeordnet werden können.

Lange Lieferzeiten und eine verspätete Kundenbelieferung aufgrund von Dispositionsfehlern, Fehlplanungen, schlechtem Zeitmanagement, Staus oder Unfällen können weiter reduziert werden, indem mehr Puffer- und Sicherheitszeiten eingeplant und eine bessere Transportplanung umgesetzt wird. Infolgedessen müssen die LKW-Fahrer in regelmäßigen Abständen hinreichend für Gefahren oder Fehlverhalten sensibilisiert und intensiv auf Sicherheit geschult werden. Vor dem LKW-Transport müssen besonders die Verloader darauf hingewiesen werden, die Behälter, Paletten und Kartons sicherer und in richtiger Reihenfolge in die richtigen LKWs zu verladen, zu positionieren und mit Spanngurten sicher zu befestigen. Diese dürfen während des Transportes nicht verrutschen, nach vorne kippen und beschädigt werden.

Auch die Einrichtung von Konsignationslagern am Ort des Kunden fördern eine schnellere, flexible, direkte, zuverlässige und eine termingerechte Zustellung der Produkte bei den Kunden. Die Lager befinden sich in unmittelbarer Nähe des Automobilproduzenten. Bei Bedarf können die Produkte somit flexibel angefordert und zeitnah an das Produktionsband angeliefert werden. In einigen Standorten befinden sich die Konsignationslager direkt neben dem Produktionswerk eines Großkunden und können sogar mit einer Beförderungsbrücke miteinander verbunden werden. Wenn beispielsweise an einer Produktionslinie des Automobilherstellers ein sofortiger Bedarf von Anhängerkupplungen oder Fahrradträgern bestehen würde, dann können sie mit dem Stapler direkt vom Konsignationslager aus über die Beförderungsbrücke an die richtigen Produktionsbänder *Just-in-Time* und auch *Just-in-Sequence* angeliefert werden. Bei einer kurzfristigen Bedarfsanforderung ist somit kein langer LKW-Transport mehr notwendig. Auch zeitliche Verzögerungen aufgrund von Staus oder Lieferengpässen müssen hier nicht mehr berücksichtigt werden. Voraussetzung dabei ist, dass immer genügend Warenbestand im Konsignationslager vorhanden ist und dieser bei Unterschreitung des Mindestbestands schnellstmöglich nachbevorratet werden muss.

6.9 Fazit

Das Ziel der Masterarbeit war es zu prüfen, ob die Simulation am Fallbeispiel der Westfalia-Automotive GmbH angewendet werden kann. Dabei hat sich im Abschnitt 6.2 erwiesen, dass die Grundregeln zur Anwendung der Simulation erfüllt worden sind. Aus diesem Grund wurde das Vorgehensmodell, welches im Abschnitt 4.5 in der Abbildung 11 beschrieben wird, auch für das Fallbeispiel eingesetzt. Im Rahmen der Modellbildung konnte in den Abschnitten 5.4, 5.5 und 5.6 das *Konzeptmodell*, *formale Modell* und anschließend das *ausführbare Modell* erstellt werden, die in diesem Fallbeispiel die Grundlage für die Simulation sind und zum Einsatz kamen. In der Phase *Experimente und Analyse* innerhalb des Vorgehensmodell wurde im Abschnitt 6.4 eine vollständige Lieferantenbewertung und im Abschnitt 6.5 eine Auswertung der Gesamtliefertreue zu den Kunden mit realen Lieferdaten durchgeführt. Das SAP-System, welches im Abschnitt 6.5.1 beschrieben wird, diente als gutes Hilfsmittel zur Beschaffung der eingehenden Lieferdaten. Mit der Funktion der Sendungsverfolgung können die aktuellen Statusdaten der Lieferaufträge täglich abgerufen werden. Im Fallbeispiel wurden somit reale Lieferdaten entnommen und für die Auswertungen verarbeitet. Somit ist die Daten- und Ergebnisqualität vorhanden. Sowohl die Lieferantenbewertung als auch die Gesamtliefertreue zu den Kunden geben eine präzise Aussage über die Termintreue, Mengentreue, Lieferqualität und die Serviceleistungen. Auf das Fallbeispiel bezogen erfolgt eine genaue Aufteilung der Ergebnisse nach Geschäftsbereich und Kunde, wie dies im Abschnitt 6.5.1 durchgeführt wurde. Bei der Prüfung der V&V-Kriterien im Abschnitt 5.7 stellte sich heraus, dass die Glaubwürdigkeit des *Konzeptmodells*, *formalen Modells* und des *ausführbaren Modells* erfüllt ist. Darüber hinaus hat sich auch bei der Prüfung der V&V-Kriterien im Abschnitt 6.7 erwiesen, dass sowohl die *Eignung*, *Genauigkeit*, *Plausibilität*, *Konsistenz* als auch die *Vollständigkeit* der Daten und der Simulationsergebnisse gegeben sind.

Außerdem muss beleuchtet werden, welchen Nutzen die Simulation für den Automobilzulieferer bietet. Hier ist festzustellen, dass diese als gute Entscheidungsunterstützung dient. Mit der Erstellung eines Modells lassen sich die Elemente und der Ablauf des Bewertungsverfahrens anschaulich darstellen. Bei der Betrachtung des Vorgehensmodells ist es möglich, dass gewonnene Erkenntnisse aus den früheren Phasen mit in die folgenden Phasen weitergegeben werden können. Für den Automobilzulieferer bedeutet dies, dass Fehler in den früheren Phasen der Modellbildung mit der *Verifikation & Validierung* besser aufgedeckt und somit rechtzeitig behoben werden können. Somit leistet die Simulation einen wichtigen Beitrag zur Vermeidung oder Vorbeugung von Fehlentscheidungen.

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass die Simulation auch in anderen Unternehmen oder Branchen (z.B. Banken oder Versicherung) angewendet werden kann, sobald die Simulationswürdigkeit erfüllt ist und ein Untersuchungsgegenstand existiert. Auch hier ist das bereits beschriebene Vorgehensmodell eine gute Grundlage für die Simulation, bei der die genannten Phasen zur Modellbildung ebenfalls gut zum Einsatz kommen können. Mit der Prüfung der V&V-Kriterien kann somit die

Glaubwürdigkeit der Daten, Modelle und der Simulationsergebnisse kontinuierlich überprüft werden.

Darüber hinaus lassen sich die Kennzahlen zur Messung der Gesamtliefertreue auch in anderen Unternehmen oder Branchen problemlos einsetzen. Auch in der Lebensmittelindustrie spielen diese Kennzahlen durchaus eine wichtige Rolle, da die Lebensmittelproduzenten mit verschiedenen Lieferanten bei der Beschaffung von Rohstoffen zusammenarbeiten und die produzierten Güter termingerecht, mengenrecht und in einwandfreiem Zustand zu den Kunden geliefert werden müssen.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Ein wichtiger Bestandteil dieser Arbeit war es die Simulationswürdigkeit im Bereich der Liefertreue zu prüfen. Grundlage hierfür ist der Abschnitt 4.3. Bei der Prüfung hat sich sowohl im Anwendungsteil der Modellbildung im Abschnitt 5.1 als auch am Fallbeispiel der Westfalia-Automotive GmbH im Abschnitt 6.2 herausgestellt, dass die Simulationswürdigkeit nach Berücksichtigung der Grundregeln gegeben ist. Aus diesem Grund konnte das Vorgehensmodell zur Simulation bei der Modellbildung eingesetzt werden. Im Rahmen der Masterarbeit bestand die Herausforderung darin, ein geeignetes Simulationsmodell zu erstellen, welches das reale System abbildet und den Anwender bei der Auswertung der Simulationsergebnisse unterstützt. Innerhalb des Vorgehensmodells wurden in den Phasen der Modellbildung ein *Konzeptmodell*, *formales Modell* und ein *ausführbares Modell (Simulationsmodell)* im Bereich der Liefertreue erstellt, welche im Fallbeispiel der Westfalia-Automotive GmbH zum Einsatz kamen. Leider ist es in der Masterarbeit nicht gelungen, ein *ausführbares Modell* zu erstellen, welches mit einer Programmiersprache erfasst wurde und die Kennzahl der Gesamtliefertreue mit einem Knopfdruck automatisch ermittelt und anschließend visualisiert, da dies den zeitliche Rahmen gesprengt hätte. Aus diesem Grund wurde diese Kennzahl in der Phase *Experimente und Analyse* im Vorgehensmodell sowohl im Abschnitt 6.4 als auch im Abschnitt 6.5 mit verschiedenen Formeln schrittweise berechnet und anschließend in Excel-Tabellen visualisiert. In der Masterarbeit wurde untersucht, welche Bewertungskriterien und Kennzahlen sowohl für die Lieferantenbewertung als auch für die Gesamtliefertreue zu den Kunden eingesetzt und wie diese im Verhältnis zusammengefügt werden können. Außerdem wurden die verschiedenen Möglichkeiten der Visualisierung von Ergebnissen dargestellt. Bei der *Verifikation & Validierung* der *Konzeptmodells*, *formalen Modells* und des *ausführbaren Modells* hat sich erwiesen, dass die Glaubwürdigkeit der Modellbildung, nach Berücksichtigung der V&V-Kriterien im Abschnitt 5.7, erfüllt ist. Darüber hinaus konnte die Glaubwürdigkeit der Lieferdaten und Simulationsergebnisse, die zur Entwicklung von notwendigen Handlungsmaßnahmen dienen, im Abschnitt 6.7 festgestellt werden. Somit bietet die Simulation eine gute Grundlage für die Unterstützung von unternehmerischen Entscheidungen.

Im Blick auf die Zukunft gewinnt die Anwendung der Simulation weiter an Bedeutung, da in Unternehmen immer komplexere Untersuchungsziele verfolgt werden. Außerdem hat sich herausgestellt, dass der Einsatz des Vorgehensmodells im Rahmen der *ereignisdiskreten Simulation*, welches im Abschnitt 4.5 in Abbildung 11 beschrieben wird, eine gute Grundlage zur Modellbildung ist. Aufgrund der höheren Glaubwürdigkeit der Lieferdaten, Modelle und Simulationsergebnisse hat das Vorgehensmodell in Unternehmen zukünftig noch mehr Einsatzmöglichkeiten, die eine höhere Daten- und Ergebnisqualität bei der Auswertung der Simulationsergebnisse verfolgen. Darüber hinaus müssen Simulationsmodelle fortlaufend weiterentwickelt und sich dem aktuellen Unternehmensumfeld anpassen, da sich die Anforderungen der Unternehmen

ständig ändern können. In Bezug auf das Fallbeispiel der Westfalia-Automotive GmbH steigen die Anforderungen an die Genauigkeit der Ergebnisse. Hier besteht in Zukunft die Möglichkeit, eine produkt- oder artikelbezogene Bewertung einzuführen, bei der die Liefertreue der einzelnen Produkte oder Produktgruppen separat gemessen werden kann. Dieses Verfahren ist wesentlich umfangreicher als die kundenbezogene Betrachtung, da es wesentlich mehr Produktvariationen als Kunden gibt. Darüber hinaus sollen die mit den Kunden individuell vereinbarten Lieferbedingungen, die im Abschnitt 2.4 beschrieben sind, bei der Messung der Termin- und Mengentreue zukünftig mitberücksichtigt werden, um den Kosten- und Gefahrenübergang sowie den genauen Ort und Zeitpunkt der Auftragserfüllung zwischen dem Automobilzulieferer und den Kunden festzulegen. Mit diesem Ansatz soll eine verursachungsgerechtere Auswertung der Liefertreue ermöglicht werden. Die genannten Möglichkeiten zur Verbesserung der Darstellungsformen und der Präzisierung der Simulationsergebnisse hängen somit in ihrer Umsetzung stark davon ab, inwiefern diese bei der Erprobung einen tatsächlichen Gewinn im Kosten-Nutzen-Verhältnis und eine nachhaltige Steigerung der Gesamtliefertreue bewirken.

Literaturverzeichnis

- Barfels, Lutz; Rabe, Markus; Rally, Peter; Schulte, Jörg; Stiegenroth, Henning; Schweizer, Wolfgang; Wagner, Frank (1993): Kopplung der Simulation mit Interpretations- und Optimierungsverfahren. In: Kuhn, Axel; Reinhardt, Adolf; Wiendahl, Hans-Peter (Hrsg.): Fortschritte in der Simulationstechnik. Handbuch Simulationsanwendungen in Produktion und Logistik. Band 7. Braunschweig, Wiesbaden: Friedrich Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH.
- Baron, Christopher P.; Dietel, Ulrich; Kreppenhofer, Dietmar; Rabe, Markus (2001): 12 Handlungsanleitung Simulation. In: Rabe, Markus; Hellingrath, Bernd (Hrsg.): Handlungsanleitung Simulation in Produktion und Logistik. Ein Leitfaden mit Beispielen für kleinere und mittlere Unternehmen. Erlangen, San Diego: SCS International, European Publishing House.
- Becker, Torsten (2005): Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Bernhard, Jochen; Burges, Ulrich; Hölzler, Jakob; Rabe, Markus; Reggelin, Tobias; Tolujew, Juri (2017): VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik. Fachbereich Fabrikplanung und -betrieb. VDI 3633 Blatt 9. Entwurf. Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen. Tabellenkalkulation (TK) im Umfeld der Simulation. https://www.vdi.de/uploads/tx_vdirili/pdf/2609132.pdf (Abfrage am 06.11.2018).
- Cohen, Shoshanah; Roussel, Joseph (2006): Strategisches Supply Chain Management. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- CONEC Elektronische Bauelemente GmbH (2017): Qualität. CONEC - Anforderungen an unsere Lieferanten. <http://www.conec.com/de/unternehmen/qualitatsmanagement/anforderungen-an-unsere-lieferanten/> (Abfrage am 01.12.2018).

- Fischer, Rüdiger (2017): Haufe-Lexware GmbH & Co. KG. Beitrag aus ProFirma Professional. Logistikkennzahlen: Effizienz in Beschaffung, Lager und ... / 3.2.2 Liefertreue der Lieferanten. Lieferanten müssen zuverlässig sein.
https://www.haufe.de/unternehmensfuehrung/profirma-professional/logistikkennzahlen-effizienz-in-beschaffung-lager-und-322-liefertreue-der-lieferanten_idesk_PI11444_HI7397807.html (Abfrage am 30.10.2018).
- Graf, Karl-Robert; Klingler, Felix (2008): Ein Simulationskonzept für die Supply Chain im World Wide Web. In: Engelhardt-Nowitzki, Corinna; Nowitzki, Olaf; Krenn, Barbara (Hrsg.): Praktische Anwendung der Simulation im Materialflussmanagement. Erfolgsfaktoren und Implementierungsszenarien. Wiesbaden: Gabler Edition Wissenschaft.
- Gudehus, Timm (2010): Logistik. Grundlagen, Strategien, Anwendungen. 4., aktualisierte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Gutenschwager, Kai; Rabe, Markus; Spieckermann, Sven; Wenzel, Sigrid (2017): Simulation in Produktion und Logistik. Grundlagen und Anwendungen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Hanschke, Thomas; Krug, Wilfried; Nickel, Stefan; Zisgen, Horst (2016): VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik. Fachbereich Fabrikplanung und -betrieb. VDI 3633 Blatt 12. Entwurf. Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen. Simulation und Optimierung.
https://m.vdi.de/uploads/tx_vdirili/pdf/2355840.pdf (Abfrage am 13.11.2018).
- Hartmann, Horst (Hrsg.) (2004): Lieferantenmanagement. Gestaltungsfelder, Methoden, Instrumente mit Beispielen aus der Praxis. Praxisreihe Einkauf/Materialwirtschaft. Band 11. 1. Auflage. Gernsbach: Deutscher Betriebswirte Verlag.
- Heinzel, Armin; Brandt, Andreas (1999): III. Planung und Kontrolle von Logistikprozessen. Simulationsmodelle. In: Weber, Jürgen; Baumgarten, Helmut (Hrsg.): Handbuch Logistik. Management von Material- und Warenflußprozessen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag Stuttgart.

- Heiserich, Otto-Ernst; Helbig, Klaus; Ullmann, Werner (2011): Logistik. Eine praxisorientierte Einführung. 4., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler Verlag.
- Herold, Lothar (2005): Kundenorientierte Prozesssteuerung in der Automobilindustrie. Die Rolle von Logistik und Logistikcontrolling im Prozess „vom Kunden bis zum Kunden“. Wiesbaden, Frankfurt/Main: Deutscher Universitäts-Verlag/Gabler Edition Wissenschaft.
- Hofbauer, Günter; Hellwig, Claudia (2012): Professionelles Vertriebsmanagement. Der prozessorientierte Ansatz aus Anbieter- und Beschaffersicht. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage. Erlangen: Publicis Publishing Verlag.
- Hofbauer, Günter; Mashhour, Tarek; Fischer, Michael (2009): Lieferantenmanagement. Die wertorientierte Gestaltung der Lieferbeziehungen. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.
- ICC Deutschland e.V. (2010): IHK Region Stuttgart. Internationale Lieferbedingungen. Incoterms 2010. https://www.stuttgart.ihk24.de/Fuer-Unternehmen/international/Internationales_Wirtschaftsrecht/Internationale_Liefergeschaefte/Incoterms/Incoterms_2010/684806 (Abfrage am 19.10.2018).
- Klug, Florian (2010): Logistikmanagement in der Automobilindustrie. Grundlagen der Logistik im Automobilbau. Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag.
- Krug, Wilfried; Rose, Oliver (2011): Optimierung. In: März, Lothar; Krug, Wilfried; Rose, Oliver; Weigert, Gerald: Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik. Praxisorientierter Leitfaden mit Fallbeispielen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Kuhn, Axel; Wenzel; Sigrid (2008): A 2.4 Simulation logistischer Systeme. In: Arnold, Dieter; Isermann, Heinz; Kuhn, Axel; Tempelmeier, Horst; Furmans, Kai (Hrsg.): Handbuch. Logistik. 3., neu bearbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

- Lasch, Rainer (2016): Strategisches und operatives Logistikmanagement: Distribution. 2. Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler Verlag.
- Liebl, Franz (1995): Simulation. Problemorientierte Einführung. 2., überarbeitete Auflage. München, Wien: Oldenbourg Verlag.
- Lödning, Hermann (2005): Verfahren der Fertigungssteuerung. Grundlagen, Beschreibung, Konfiguration. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- LUMITOS AG (2018): CHEMIE.DE. Monte-Carlo-Simulation.
<http://www.chemie.de/lexikon/Monte-Carlo-Simulation.html> (Abfrage am 07.11.2018).
- Melzer-Ridinger, Ruth (2007): Supply Chain Management. Prozess- und unternehmensübergreifendes Management von Qualität, Kosten und Liefertreue. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.
- Melzer-Ridinger, Ruth (2008): Materialwirtschaft und Einkauf: Beschaffungsmanagement. 5., unveränderte Auflage. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.
- Nyhuis, Peter (Hrsg.) (2008): Beiträge zu einer Theorie der Logistik. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Rabe, Markus (1998): 1 Einführung. In: Kuhn, Axel; Rabe, Markus (Hrsg.): Simulation in Produktion und Logistik. Fallbeispielsammlung. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- Rabe, Markus (2006): Vom Bedarf zur Lösung: Modelle als Kommunikations- und Validierungshilfsmittel für die Simulation in Produktion und Logistik. In: Wenzel, Sigrid (Hrsg.): Simulation in Produktion und Logistik 2006. Tagungsband zur 12. Fachtagung. Kassel, 26. - 27. September 2006. Erlangen: SCS Publishing House.
- Rabe, Markus; Spieckermann, Sven; Wenzel, Sigrid (2008): Verifikation und Validierung für die Simulation in der Produktion und Logistik. Vorgehensmodelle und Techniken. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Rödl, Christian (2017): Rödl & Partner GmbH. Liefertreue als Erfolgsfaktor.

<http://www.roedl.de/themen/lean-management/liefertreue-als-erfolgsfaktor> (Abfrage am 03.12.2018).

Rose, Oliver; März, Lothar (2011): Simulation. In: März, Lothar; Krug, Wilfried; Rose, Oliver; Weigert, Gerald (Hrsg.): Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik. Praxisorientierter Leitfaden mit Fallbeispielen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Rothlauf, Jürgen (2010): Total Quality Management in Theorie und Praxis. Zum ganzheitlichen Unternehmensverständnis. 3., überarbeitete und aktualisierte Auflage. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.

Scharnweber, Harry (2005): Lieferantenbewertung in kleinen und mittleren Unternehmen. Tönning, Lübeck, Marburg: Der Andere Verlag.

Schulte, Gerd (2001): Material- und Logistikmanagement. 2., wesentlich erweiterte und verbesserte Auflage. München, Wien: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

Sodefa GmbH & Co. KG (2018): INCOTERMS. Grafische Darstellung.

<http://www.mycargorates.de/Infothek/incoterms> (Abfrage am 02.11.2018).

STATCON GmbH (2017): XLSTAT. Ihre Datenanalyse Lösung. Einfache Simulationsmodelle in Excel-Anleitung. Simulationsmodelle.

https://help.xlstat.com/customer/de/portal/articles/2062279-einfache-simulationsmodelle-in-excel---anleitung?b_id=9283 (Abfrage am 04.11.2018).

Staufenberg, Marvin (2018): IT-Service24 Datenrettung. Excel Definition & Begriffserklärung. Welche Anwendungsmöglichkeiten bietet Excel?. <https://www.it-service24.com/lexikon/e/excel/> (Abfrage am 06.11.2018).

Stiller, Gudrun (2018): Wirtschaftslexikon24. Ausgabe 2018. Liefertreue. In: Wirtschaftslexikon24.com.

<http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/liefertreue/liefertreue.htm> (Abfrage am 09.11.2018).

- Ullrich, Christian (2005): Erwerb von Problemlösefähigkeit durch Lernumgebungen. Konzeption und Implementierung eines Frameworks. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (2014): VDI 3633 Blatt 1. Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen. Grundlagen. https://www.vdi.de/uploads/tx_vdirili/pdf/1866575.pdf (Abfrage am 21.03.2019).
- Wannenwetsch, Helmut (2010): Integrierte Materialwirtschaft und Logistik. Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion. 4., aktualisierte Auflage. Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag.
- Wenzel, Sigrid; Bernhard, Jochen (2008): Definition und Modellierung von Systemlasten für die Simulation logistischer Systeme. In: Nyhuis, Peter (Hrsg.): Beiträge zu einer Theorie der Logistik. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Wenzel, Sigrid; Weiß, Matthias; Collisi-Böhmer, Simone; Pitsch, Holger; Rose, Oliver (2008): Qualitätskriterien für die Simulation in Produktion und Logistik. Planung und Durchführung von Simulationsstudien. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Winkelmann, Peter (2005): Vertriebskonzeption und Vertriebssteuerung. Die Instrumente des integrierten Kundenmanagements (CRM). 3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Vahlen Verlag.
- Zwicker, Eckart (1981): Simulation und Analyse dynamischer Systeme in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Berlin, New York: De Gruyter.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anforderungen an die Wertschöpfungskette	4
Abbildung 2: Lieferbedingungen.....	8
Abbildung 3: Verbesserungsziele	11
Abbildung 4: Traditionelle Beschaffung	14
Abbildung 5: Lieferantenmanagement.....	16
Abbildung 6: Lieferantenklassifizierung	19
Abbildung 7: Ermittlung des globalen Optimums.....	28
Abbildung 8: Klassifikation von Simulationsmethoden	30
Abbildung 9: Verläufe von kontinuierlichen und diskreten Zustandsvariablen	30
Abbildung 10: Schritte der Simulationsstudie	32
Abbildung 11: Vorgehensmodell zur Simulation	34
Abbildung 12: Vorgehensmodell zur Lieferantenbewertung	45
Abbildung 13: Vorgehensmodell zur Gesamtliefertreue zu den Kunden	48
Abbildung 14: Systemgrenzen des Modells	49
Abbildung 15: Arten der Lieferabweichungen.....	50
Abbildung 16: Systemstruktur.....	51
Abbildung 17: Formale Modellstruktur.....	52
Abbildung 18: Ausführbares Modell.....	53
Abbildung 19: Einfluss von Reklamationen	69
Abbildung 20: Lieferantenklassifizierung	71
Abbildung 21: Gesamtverlauf der Liefertreue	77
Abbildung 22: Monatlicher Gesamtverlauf.....	78

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kriterien bei der Lieferantenauswahl	17
Tabelle 2: Bestandteile der Bewertungskriterien	54
Tabelle 3: Termintreue	67
Tabelle 4: Werteeinteilung PPM	68
Tabelle 5: Kriterien der Servicebewertung	69
Tabelle 6: Bewertungskriterien der Lieferantenbewertung	70
Tabelle 7: Bestandteile der Lieferantenbewertung	70
Tabelle 8: Darstellung der Lieferpositionen je Kunde	75
Tabelle 9: Werteeinteilung der PPM-Kennzahl zur Lieferqualität	79
Tabelle 10: Einfluss der Reklamationshäufigkeit auf die Lieferqualität.....	80
Tabelle 11: Bewertungsverfahren zur Messung der Serviceleistung.....	81
Tabelle 12: Umwandlung der Kundenzufriedenheit zur Service-Kennzahl.....	81
Tabelle 13: Bestandteile und Gewichtung der Gesamtliefertreue.....	82

Formelverzeichnis

Formel 1: Liefertreue je Auftrag.....	10
Formel 2: Lieferbereitschaft.....	11
Formel 3: Reklamationsquote.....	11
Formel 4: Termintreue.....	54
Formel 5: Mengentreue.....	54
Formel 6: PPM-Kennzahl.....	55
Formel 7: Reklamationsquote.....	55
Formel 8: Termintreue des Lieferant A.....	67
Formel 9: Mengentreue des Lieferant A.....	67
Formel 10: PPM-Rate des Lieferanten A.....	68
Formel 11: Servicebewertung des Lieferanten A.....	70
Formel 12: Gesamtbewertung des Lieferant A.....	70
Formel 13: Termintreue des Kunden G im OEM-Bereich.....	73
Formel 14: Mengentreue des Kunden G im OEM-Bereich.....	74
Formel 15: Liefertreue des Kunden G im OEM-Bereich.....	74
Formel 16: Liefertreue des Kunden G im OES-Bereich.....	74
Formel 17: Liefertreue des Kunden G im Gesamtbereich.....	74
Formel 18: Liefertreue im OEM-Bereich.....	75
Formel 19: Liefertreue im OES-Bereich.....	75
Formel 20: Liefertreue im Gesamtbereich.....	76
Formel 21: PPM-Kennzahl im Monat März.....	79
Formel 22: Lieferqualität.....	80
Formel 23: Service-Kennzahl.....	82
Formel 24: Gesamtliefertreue des Kunden G.....	82

Eidesstattliche Versicherung

Draffehn, Daniel

161265

Name, Vorname

Matr.-Nr.

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit mit dem Titel

“Vorgehen zur Prüfung der Simulationswürdigkeit im Bereich der Liefertreue von Automobilzulieferern“

selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erbracht habe. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinn-gemäße Zitate kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Ort, Datum

Unterschrift

Belehrung:

Wer vorsätzlich gegen eine die Täuschung über Prüfungsleistungen betreffende Re-gelung einer Hochschulprüfungsordnung verstößt und/oder eine falsche eidesstattli-che Versicherung abgibt, handelt ordnungswidrig. Die Ordnungswidrigkeit kann mit einer Geldbuße von bis zu 50.000,00 € geahndet werden. Zuständige Verwaltungs-behörde für die Verfolgung und Ahndung von Ordnungswidrigkeiten ist der Kanz-ler/die Kanzlerin der Technischen Universität Dortmund. Im Falle eines mehrfachen oder sonstigen schwerwiegenden Täuschungsversuches kann der Prüfling zudem exmatrikuliert werden. (§ 63 Abs. 5 Hochschulgesetz - HG -)

Die Technische Universität Dortmund wird gfls. elektronische Vergleichswerkzeuge (wie z.B. die Software „turnitin“) zur Überprüfung von Ordnungswidrigkeiten in Prü-fungsverfahren nutzen.

Die oben stehende Belehrung habe ich zur Kenntnis genommen:

Ort, Datum

Unterschrift