

Bachelorarbeit

Konzept zur kollaborativen Entwicklung und Verwaltung
von Maßnahmen in einem Logistischen Assistenzsystem
für den Bereich des Supply Chain Designs

Bearbeitet von: Dirk Rottmann

Studiengang: Maschinenbau

Matrikel-Nr.: 149577

Ausgegeben am: 6.12.2018

Eingereicht am: 11.3.2019

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Markus Rabe

Betreuer: Dipl.-Inf. Dominik Schmitt

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	6
1 Einleitung.....	7
2 Grundlagen simulationsbasierter logistischer Assistenzsysteme im Supply Chain Management .	9
2.1 Logistik.....	9
2.2 Logistiknetzwerke	10
2.3 Simulation	11
2.4 Logistische Assistenzsysteme	13
2.5 Supply Chain Management	14
2.6 Potentiale von Kollaboration.....	16
2.7 Digitale Kollaborationswerkzeuge	17
3 Das logistische Assistenzsystem nach Dross und Rabe [DR14].....	19
3.1 Programmablauf des logistischen Assistenzsystem nach Dross und Rabe [DR14]	19
3.2 Key Performance Indicators	23
3.3 Maßnahmen und Maßnahmentypen	24
3.4 Simheuristiksystem	25
3.4.1 Heuristikeinheit	26
3.4.2 Simulationssoftware SimChain	26
3.5 Nutzergenerierte Maßnahmentypen	27
3.5.1 Die domänenspezifische Modellierungssprache des logistischen Assistenzsystems nach Dross und Rabe [DR14].....	29
3.5.2 Maßnahmentypdesigner	30
4 Kollaboratives Arbeiten mit nutzergenerierten Maßnahmentypen	32
4.1 Nutzungsszenarien von kollaborativer Arbeit mit Maßnahmentypen	32
4.1.1 Kollaborative Entwicklung von Maßnahmentypen	32
4.1.2 Kollaborative Verwendung von Maßnahmentypen.....	34
4.1.3 Verwaltung von Maßnahmentypen in einem kollaborativen Umfeld	35

4.1.4	Mehrfachzugriffe in der kollaborativen Arbeit mit Maßnahmentypen	36
4.2	Nutzerrollen bei der Arbeit mit Maßnahmen	38
4.2.1	Entscheidungsträger	40
4.2.2	Simulationsexperten	41
4.2.3	Fachexperten	41
4.2.4	Experten für Verifikation und Validierung	42
4.2.5	Weitere Nutzerrollen	43
4.3	Anforderungsliste für kollaborative Entwicklung von Maßnahmentypen	43
5	Konzept zur kollaborativen Entwicklung und Verwaltung von Maßnahmen in einem logistischen Assistenzsystem.....	46
5.1	Vergleich bestehender Kollaborationswerkzeuge	46
5.1.1	Kollaboratives Schreiben.....	46
5.1.2	Kollaboratives Konstruieren.....	48
5.1.3	Cloud-Speichersysteme	49
5.1.4	Weitere Kollaborationswerkzeuge	50
5.2	Ausarbeitung eines Konzepts zur kollaborativen Entwicklung, Verwendung und Verwaltung von Maßnahmentypen für ein logistisches Assistenzsystem	51
6	Evaluation des Konzepts.....	58
6.1	Evaluierung des ersten Szenarios	58
6.2	Evaluierung des zweiten Szenarios	58
7	Zusammenfassung und Ausblick	60
	Literaturverzeichnis.....	62

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Beschaffungs- und Liefernetzwerk [MV14].....	11
Abb. 2 Prozess der modellgestützten Entscheidungsfindung [Pfo16].....	14
Abb. 3 Langfristige Ziele des Supply Chain Management [WM19].....	15
Abb. 4 Potentiale eines unternehmensübergreifenden Supply Chain Management [WM19].....	16
Abb. 5 Konzeptionelles Modell der kollaborativen Arbeitsteilung nach [BSB15].....	17
Abb. 6 Systemarchitektur des logistischen Assistenzsystem nach Dross und Rabe [RD14].....	22
Abb. 7 Beziehung zwischen Simheuristik, Maßnahmen und Maßnahmentypen.....	24
Abb. 8 Systemarchitektur der Simulationssoftware SimChain [RSD17, RSA18b].....	27
Abb. 9 Nutzergenerierte Maßnahmentypen im logistischen Assistenzsystem nach Dross und Rabe [DR14, RDS17, RSA18b].....	28
Abb. 10 Struktur der domänenspezifischen Modellierungssprache im logistischen Assistenzsystem nach Dross und Rabe [DR14] nach [GRR09].....	30
Abb. 11 Erstellung fehlerhafter Maßnahmentypen in einer Kollaborationsumgebung.....	33
Abb. 12 Szenarien konkurrierender Zugriffe zwischen Nutzern des LAS.....	37
Abb. 13 Szenarien konkurrierender Zugriffe durch Nutzer und Anwendung im logistischen Assistenzsystem.....	38
Abb. 14 Einordnung der Aufgabenbereiche der Nutzerrollen.....	39
Abb. 15 Nicht-Funktionale Anforderungen an Softwarelösungen nach [ISO11].....	44
Abb. 16 Strukturentwurf für ein Kanban-Boards.....	52
Abb. 17 Strukturentwurf einer Kanban-Karte.....	53

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Anforderungsliste für ein Konzept zur kollaborativen Entwicklung, Verwendung und Verwaltung von Maßnahmentypen	44
Tab. 2 Funktionalitäten ausgewählter Werkzeuge für kollaboratives Schreiben	48
Tab. 3 Zuordnung der Konzeptkomponenten zu den Problematiken der Anforderungsliste	57

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
CFD	Computational Fluid Dynamics
DSI	Domänenspezifische Informationen
DSMS	Domänenspezifische Modellierungssprache
DSS	Decision Support System
EA	Evolutionärer Algorithmus
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
ERP	Enterprise Resource Planning
HE	Heuristikeinheit
KPI	Key Performance Indicator
KPIMS	Key Performance Indicator Monitoring System
LAS	Logistisches Assistenzsystem
LNW	Logistiknetzwerk
SCM	Supply Chain Management
SQL	Structured Query Language
UML	Unified Modeling Language
V&V	Verifikation und Validierung

1 Einleitung

Das Voranschreiten der Globalisierung zwingt Unternehmen ihre Prozesse zu Analysieren und Verbessern, um mit der gestiegenen Anzahl an Mitbewerbern konkurrieren zu können. Die Logistikprozesse werden von gestiegenen Anforderungen durch höhere Variantenvielfalt, kürzere Lieferzeiten, sinkende Verkaufspreise, kürzere Produktlebenszyklen und weiteren Faktoren beeinflusst [Bec08]. Besonders steigende Kosten durch Löhne sind ein Faktor, der Deutschland zu einem teuren Standort macht. Um diesen Nachteil zu kompensieren, setzen immer mehr Unternehmen auf geringere Fertigungstiefen und einen Verbund einzelner Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette, die sich innerhalb einer Supply Chain organisieren. Daraus resultiert die gestiegene Bedeutung des Supply Chain Managements (SCM).

Die Aufgabe des SCM ist die Gestaltung und Optimierung der Supply Chain [Wer17]. Die Supply Chain ist durch Faktoren wie schwankenden Nachfragen einem stetigen Wandel unterworfen. Daher sind Maßnahmen zur regelmäßigen Anpassung der Logistikprozesse an das wechselhafte Umfeld notwendig, um die Leistungsfähigkeit der Supply Chain aufrecht zu erhalten. Entscheidungsträger werden vor die Aufgabe gestellt logistische Maßnahmen auszuwählen, die eine solche Anpassung bewerkstelligen. Eine sorgsame Auswahl der Maßnahmen ist wichtig, da die Konsequenzen weit reichen können und somit nicht ohne Weiteres zu erkennen sind. Um die Entscheidungsträger bei der fundierten Auswahl von Maßnahmen zu unterstützen, werden logistische Assistenzsysteme (LAS) genutzt. Diese verwenden Simulationen, die die Auswirkungen von Maßnahmen auf das Logistiknetzwerk (LNW) aufzeigen können [RD15]. Mit einer geeigneten Simulationssoftware lassen sich selbst die großen Datenmengen, die bei der Optimierung von LNW anfallen, bewältigen [RSD17].

Bei der Optimierung der LNW mithilfe des LAS nach Dross und Rabe [DR14] erfolgt die Simulation des Netzwerkes mit definierten Maßnahmen. In einem iterativen Ablauf werden die Simulationsergebnisse analysiert und weitere Maßnahmen auf das Modell angewendet bis die eine Verbesserung des Systems erreicht ist. Die vielversprechendsten Maßnahmenvorschläge werden im Folgenden an den Entscheidungsträger weitergeleitet. Nutzergenerierte Maßnahmen erhöhen dabei die Flexibilität des LAS und lassen eine Anpassung an schwankende Bedingungen zu. Selbst komplexe Systeme können so analysiert und optimiert werden. Diese Flexibilität bringt jedoch auch einige Anforderungen mit sich. Besonders bei der Erstellung und Verwaltung von nutzergenerierten Maßnahmen besteht zwischen den verschiedenen Nutzern des Systems konfliktpotential. Überschneidungen der Nutzer beim Zugriff auf die Maßnahmen oder Misskommunikation zwischen den Nutzern kann zu Problemen führen.

Ziel dieser Ausarbeitung ist eine geregelte Steuerung der kollaborativen Entwicklung, Verwaltung und Nutzung von nutzergenerierten Maßnahmen in einem LAS im Bereich des Supply Chain Designs. Es soll ein Konzept für die Vereinfachung der kollaborativen Maßnahmenerstellung und -verwendung entwickelt werden, damit die Nutzer des Systems bei der Modellierung und Verwaltung von Maßnahmen reibungslos zusammenarbeiten können. Es gilt verschiedene Szenarien, die bei der Erstellung, Verwaltung und Nutzung von nutzergenerierten Maßnahmen auftreten können, zu ermitteln. Die verschiedenen Rollen, die die Nutzer in den Szenarien einnehmen können, sind zu identifizieren.

Die Anforderungen, die sich aus der Analyse ableiten lassen, sind in einer Anforderungsliste zu gliedern. Weiterhin soll die Eignung verschiedener bestehender digitaler Kollaborationswerkzeuge für die Probleme in den betrachteten Szenarien mithilfe eines Vergleichs dieser überprüft werden. Auf Grundlage der Anforderungsliste und des Vergleichs von anderen Managementsystemen wird in dieser Arbeit ein Konzept entworfen, das die identifizierten Probleme bei der kollaborativen Handhabung von Maßnahmen im betrachteten LAS erleichtert. Der Konzeptentwurf soll als Basis für eine mögliche softwaretechnische Umsetzung eines Kollaborationswerkzeugs dienen, das die Steuerung der kollaborativen Bearbeitung übernimmt und somit eine intuitive Handhabung ermöglicht. Abschließend ist eine Validierung des entwickelten Konzepts durchzuführen.

Zu Beginn der Arbeit werden die Grundlagen der simulationsbasierten Optimierung mithilfe von LAS im SCM erörtert. Definitionen und Erklärungen der relevanten Grundbegriffe wie Logistik und Kollaboration legen die Basis für die Ausarbeitung eines Konzepts. Mithilfe eines besseren Verständnisses der Grundbegriffe wird im Anschluss daran das LAS, auf das diese Arbeit aufbaut, näher vorgestellt. Dabei erfolgt zunächst die Zuordnung der Unternehmensbereiche zu deren Abbild im LAS. Anhand der Erläuterung von möglichen Maßnahmen wird deren Umsetzung und Einordnung in den programmtechnischen Ablauf dargelegt. Mit den in diesem Bereich gewonnenen Systemkenntnissen können im weiteren Verlauf der Arbeit verschiedene Szenarien skizziert werden, die sich bei der kollaborativen Arbeit mit dem LAS ergeben. Weiterhin ermöglicht die Ausarbeitung der Szenarien die Identifikation der verschiedenen Nutzerrollen, die die kollaborierenden Nutzer innerhalb der Szenarien annehmen können. Für einen Konzeptentwurf muss zunächst eine Anforderungsliste an ein mögliches Kollaborationswerkzeug erstellt werden. Daraufhin werden bestehende Kollaborationswerkzeuge werden genannt und deren Funktionalitäten verglichen. Im Anschluss wird unter Verwendung der Anforderungsliste und der Bewertung der Funktionalitäten der verglichenen Kollaborationswerkzeuge ein Konzept für die Minimierung der Probleme bei kollaborativer Handhabung von Maßnahmen entwickelt. Um die Validität des entworfenen Konzepts sicherzustellen, werden die Konzeptkomponenten mit dem erstellten Anforderungsprofil abgeglichen. Weiterhin wird die Eignung des Konzepts anhand von Beispielszenarien nachgewiesen. Die Arbeit schließt mit der Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse und einem Ausblick auf Möglichkeiten zur Implementierung und Erweiterung des erstellten Konzepts.

2 Grundlagen simulationsbasierter logistischer Assistenzsysteme im Supply Chain Management

Für die weitere Ausarbeitung der Thematik der simulationsbasierten Optimierungssysteme im Supply Chain Management ist es von Bedeutung ein gutes Verständnis der Grundlagen zu besitzen. Daher widmet sich dieses Kapitel der terminologischen Klärung. Dabei wird zunächst auf den Oberbegriff der Logistik eingegangen, dem das SCM zuzuordnen ist (siehe Abschnitt 2.1). Daraufhin findet eine Erläuterung der LNW, auf die das thematisierte Optimierungssystem ausgelegt ist, in Abschnitt 2.2 statt. In Abschnitt 2.3 werden die Grundbegriffe der Simulation erörtert. Im folgenden Abschnitt werden LAS im Allgemeinen eingeführt und eine Einordnung des LAS nach Dross und Rabe vorgenommen [DR14]. Abschnitt 2.5 wird der Begriff des Supply Chain Management und dessen Potentiale beleuchtet. Dieses Kapitel schließt mit einem Überblick über Formen der Kollaboration und die digitalen Werkzeuge, die zur Verbesserung dieser entwickelt wurden.

2.1 Logistik

Der Begriff der Logistik findet seinen Ursprung im militärischen Bereich. Logistik wird dort die Gesamtheit der Aufgaben zugesprochen, die den Streitkräften gegenüber einer unterstützenden Funktion einnehmen [Pfo16]. Hieraus erhielt der Begriff der Logistik Einzug in die Wirtschaftswissenschaften. Die Logistik besitzt eine hohe Vielfalt an Aufgaben. Diese Vielfalt sorgt dafür, dass eine genaue Definition der Logistik für jegliche Branchen nicht möglich ist. Die von Jünemann [Ehr87, S.24ff] formulierten sechs Aufgaben der Logistik (sechs „r“)

- *die richtige Menge*
- *der richtigen Objekte*
- *am richtigen Ort im System*
- *zum richtigen Zeitpunkt*
- *in der richtigen Qualität*
- *zu den richtigen Kosten*

bereitzustellen, gelten als eine allgemeine Definition der Logistik. Eine weitere Definition der Logistik liefert das Gabler Wirtschaftslexikon. Nach diesem „*umfasst die Logistik alle Aufgaben zur integrierten Planung, Koordination, Durchführung und Kontrolle der Güterflüsse sowie der güterbezogenen Informationen von den Entstehungssenken bis hin zu den Verbrauchssenken*“ [Gab18]. Gudehus liefert mit den operativen Leistungen der Logistik die Tätigkeiten zur Erfüllung der Aufgaben der Logistik nach Jünemann [Ehr97]. Diese Tätigkeiten sind beispielsweise das Kommissionieren, Lagern,

Umschlagen oder der Transport der Waren. Das Kommissionieren lässt sich dabei als das Bereitstellen der Waren in der richtigen Menge im Sinne der sechs Aufgaben beschreiben [Ehr97].

Bei dem für diese Ausarbeitung relevanten Ansatz handelt es sich um ein System des Werkstoffhandels. Dabei lassen sich die Objekte als Werkstoffe spezifizieren. Orte können beispielsweise die Rohstofflager des Unternehmens oder Produktionsstätten der Kunden sein. Logistiksysteme, *„die außer den operativen Logistikfunktionen weitere Leistungen erbringen, wie Entwicklungs-, Beschaffungs-, Produktions- und Serviceleistungen sind Gegenstand der Logistik im weiteren Sinne“* [Gud12a, S.2]. Die Aufgaben dieser Systeme lassen sich mit dem Aufbau, dem Betrieb und der Optimierung von Systemen mit in der Regel materiellen, aber auch immateriellen Leistungen beschreiben [Gud12a]. Als Beispiel für diese Form der Logistik lässt sich Planung, Aufbau, Betrieb und Optimierung einer Transportanlage nennen. Überschneidungen zu anderen Unternehmensbereichen der Technik sind Resultat der breiten Aufgabenauffassung.

2.2 Logistiknetzwerke

Im Bereich der Logistik dienen Netzwerke zur Abbildung der physischen Strukturen von Logistiksystemen. Netzwerke lassen sich dabei als System aus einer Menge von Knoten beschreiben, die durch Kanten zwischen diesen zusammenhängt. Bei den Knoten handelt es sich um unternehmensinterne oder -externe Betriebsstandorte. An diesen werden materielle Objekte abhängig von der Ausrichtung des Unternehmens *„erzeugt, be- und verarbeitet, gelagert, umgeschlagen, umgelenkt und bereitgestellt“* [Gud12b, S.606]. Bei den Kanten handelt es sich um Verbindungswege, die zwischen den verschiedenen Betriebsstandorten bestehen. Entlang dieser Verbindungswege werden die Objekte zwischen den Standorten durch Transportmittel befördert. Die Objekte der Logistik sind Rohstoffe, Halbfertigwaren, Fertigprodukte, Handelswaren, Pakete, Briefe, Lebewesen und Personen [Gud12b]. Um die in der Realität teilweise komplexen Wege auf die für den Nutzer wichtigen Merkmale zu reduzieren, wird die Distanz der Strecken als Gewichte an den Kanten abgetragen. Gleichmaßen kann auch die zu liefernden Mengen in einem Netzwerk als Gewichtung an den Kanten abgetragen werden. Eine Darstellung der Kanten als Pfeile ermöglicht die Einbindung von gerichteten Lieferbeziehungen in das Logistiknetz [MV14].

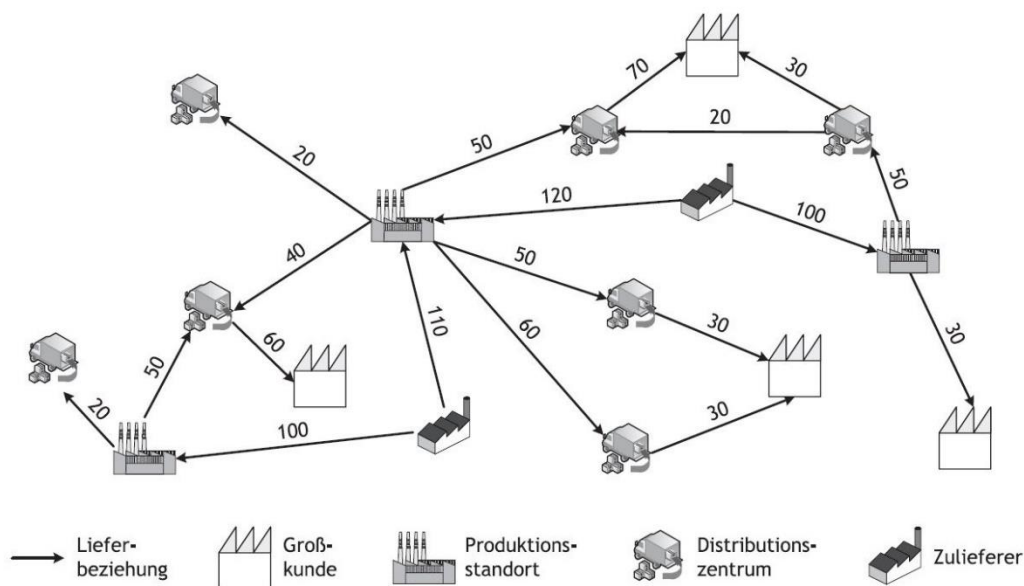


Abb. 1 Beschaffungs- und Liefernetzwerk [MV14]

In Abbildung 1 ist ein beispielhaftes Logistiknetzwerk im Bereich der Beschaffung und Lieferung nach [MV14] dargestellt. In diesem Logistiknetzwerk sind die Knoten als unternehmensinterne Produktions- und Distributionsstandorte, sowie die unternehmensexternen Großkunden und Zulieferer realisiert. Die Gewichtung an den Kanten stellt die Entfernung zwischen den verschiedenen Knotenpunkten dar, die für den Transport zwischen den Knoten überbrückt werden muss. Die Pfeile visualisieren den Materialfluss vom Zulieferer zum Kunden. Auf eine realitätsnahe Positionierung der Knoten im zweidimensionalen Raum wird hier zugunsten der Übersichtlichkeit verzichtet.

Weitergehend kann zwischen Intralogistik, Extralogistik und Interlogistik unterschieden werden [Gud12b]. Während die Intralogistik die innerbetrieblichen Prozesse betrachtet, werden in der Extralogistik die außerbetrieblichen Prozesse bearbeitet. Die Interlogistik ist dagegen auf unternehmensübergreifende Logistikprozesse fokussiert. Die Logistiknetzwerke des behandelten logistischen Assistenzsystems setzen sich aus den Intralog- und Extralog- Netzen der untersuchten Unternehmen zusammen [Gud12b].

2.3 Simulation

Die VDI Richtlinie 3633 definiert die Simulation als das „Nachbilden eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierbaren Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind; insbesondere werden die Prozesse über die Zeit entwickelt“ [VDI14, S.3]. Simulationsmodelle stellen dabei ein vereinfachtes Abbild der Realität dar, das sich bezüglich der untersuchungsrelevanten Aspekte weitgehend analog zum realen oder geplanten System verhält [GRS17]. Im Zusammenhang mit der Optimierung von LNW fällt der Simulation eine unterstützende Rolle zu. Mithilfe von Experimenten an dem Simulationsmodell lassen sich durch Auswertung der

Ergebnisse Aussagen über das abgebildete Modell treffen. Die Erkenntnisse können dann durch Anwendung auf das abgebildete System eine Optimierung in diesem erzeugen [GRS17]. Um die Ergebnisse der Simulation statistisch abzusichern, müssen mehrere Simulationsläufe durchgeführt werden. Ein Simulationslauf erfordert das einmalige Ausführen des Modells über einen bestimmten Zeitraum. Die Auswertung der Ergebnisse verschiedener Simulationsläufe bei Variation der Parameter lässt auf die Verlässlichkeit der von der Simulation ausgegebenen Ergebnisse schließen [GRS17]. Diese Verlässlichkeit ist dabei von hoher Bedeutung, da Fehlentscheidungen auf Grundlage falscher Ergebnisse erhebliche Folgen haben können. Um dem entgegen zu wirken beschäftigt sich die Verifikation und Validierung (V&V) mit der Prüfung der Glaubwürdigkeit des Simulationsmodells. Geprüft werden dabei unter anderem die Faktoren Vollständigkeit, Konsistenz und Genauigkeit, um ebenjene Glaubwürdigkeit für die Simulationsergebnisse herzustellen [GRS17].

Bei der Abbildung des Zeitverhaltens gilt es zwischen kontinuierlichen und diskreten Simulationen zu unterscheiden. Kontinuierliche Simulationen wie Strömungsanalysen (CFD) basieren auf einer kontinuierlichen Zeit und Zustandsmenge. In diskreten Simulationen werden hingegen nur diskrete Zustände, die zu diskreten Zeitpunkten eintreten, betrachtet. Die Zeitmenge kann bei hierbei abhängig von der Art der Simulation diskret oder auch kontinuierlich sein [GRS17]. Ereignisdiskreten Simulationen zeichnen sich dadurch aus, dass Zustandsänderungen durch das Eintreten von Ereignissen ausgelöst werden. Daher werden bei dieser Art der Simulation nur die jeweiligen Ereignisse simuliert und die Zeit zwischen ihnen vernachlässigt. Hierin liegt der Vorteil der ereignisdiskreten Simulation, da im Vergleich zu kontinuierlichen Simulationen oftmals größere Zeiträume abgebildet und Computerkapazitäten eingespart werden können [GRS17]. Da das LAS für die Simulation von großen Logistiknetzwerken ausgelegt ist, wird darin auf ereignisdiskrete Simulationen zurückgegriffen, um die großen Datenmengen zu handhaben. In der Simulation des LNW innerhalb des LAS ist der Beginn oder die Ankunft eines Transports ein Beispiel für Ereignisse sein.

2.4 Logistische Assistenzsysteme

Im Berufsbild des Managers fällt dem Treffen von Entscheidungen ein integraler Teil zu. So werden Manager von Einkauf, Logistik und Vertrieb bei der Entscheidungsfindung in Unternehmen vor große Herausforderungen gestellt. Weitreichende Entscheidungen wie beispielsweise die Standortauswahl von Produktionsstätten erfordern eine sorgfältige Planung. Daher werden unter anderem in der Logistik Softwarelösungen verwendet, die eine unterstützende Funktion bei der Entscheidungsfindung innehaben [SFK16]. Derartige Softwaresysteme werden Decision Support Systems (DSS) oder logistische Assistenzsysteme (LAS) genannt. Beide Begriffe werden synonym für entscheidungsunterstützende Systeme in der Logistik verwendet [RDS17]. Im weiteren Verlauf dieser Ausarbeitung wird der Begriff LAS für entscheidungsunterstützende Systeme in der Logistik verwendet. Rabe et al. definieren LAS als „Systeme, die Planern bei der Identifikation von kritischen Situationen unterstützen und die Konsequenzen von möglichen Entscheidungsalternativen objektiv bewerten“¹ [RD15, S. 2]. In LAS wird die Optimierung und Analyse von Geschäftsprozessen auf Basis der systematischen Auswertung von Daten vorangetrieben. Im Zuge dessen lassen sie sich als Business Intelligence-Anwendung kategorisieren [SJW16].

Wie bei vielen Softwarelösungen, die von Industrieunternehmen genutzt werden, gibt es auch bei LAS eine große Varianz in der Umsetzung dieser. Die Bandbreite reicht von allgemeinen Softwarelösungen bis hin zu Softwarelösungen, die speziell für bestimmte Entscheidungsprobleme innerhalb von Unternehmen entwickelt werden [SFK16]. Als Beispiel für eine allgemeine Softwarelösung kann das Excel Plug-in SolverStudio genannt werden. Ein Beispiel eines spezialisierten LAS ist eine unternehmensinterne, eigens für die spezifischen Bedingungen des Unternehmens entwickelte Lagerverwaltungssoftware. Als Zwischenlösung präsentieren sich problemorientierte LAS wie beispielsweise das im Rahmen dieser Arbeit verwendete LAS [SFK16]. Derartige Softwarelösungen konzentrieren sich auf spezifische Problemstellungen, was sich auch am Beispiel des vorliegenden LAS mit Fokus auf der Optimierung von Logistiknetzwerken widerspiegelt.

Die Aufgabe des behandelten, problemorientierten LAS ist es Transparenz über die betrachtete Supply Chain zu schaffen und die Entscheidungsträger mithilfe einer simulationsbasierten Projektion bei der Planung und Entscheidungsfindung zu unterstützen. Zusätzlich soll das virtuelle Experimentierfeld des LAS eine schnellere Maßnahmenbewertung ermöglichen [HM14]. Mithilfe von ereignisdiskreten Simulationen (siehe Abschnitt 2.3) werden dabei die Vorgänge in einem festgelegten Zeithorizont kurz-

¹ LAS are defined as systems which assist planners to quickly identify critical situations and objectively evaluate consequences of possible decision alternatives.

und mittelfristig nachgebildet. Planerische- und Event-Daten können dabei auf Grundlage der virtuellen Repräsentanz der Supply Chain automatisiert integriert werden. Diese Daten können aus bestehenden Systemen der Unternehmen wie ERP-, Warenmanagement- oder Transportmanagementsystemen gewonnen werden. Die zusammengestellten Daten stellen die Abläufe innerhalb des Logistiknetzwerkes dar. Die Herausforderung dabei ist es, die Daten aus den verschiedenen Quellen fachlich zusammenhängend zu integrieren [HM14].

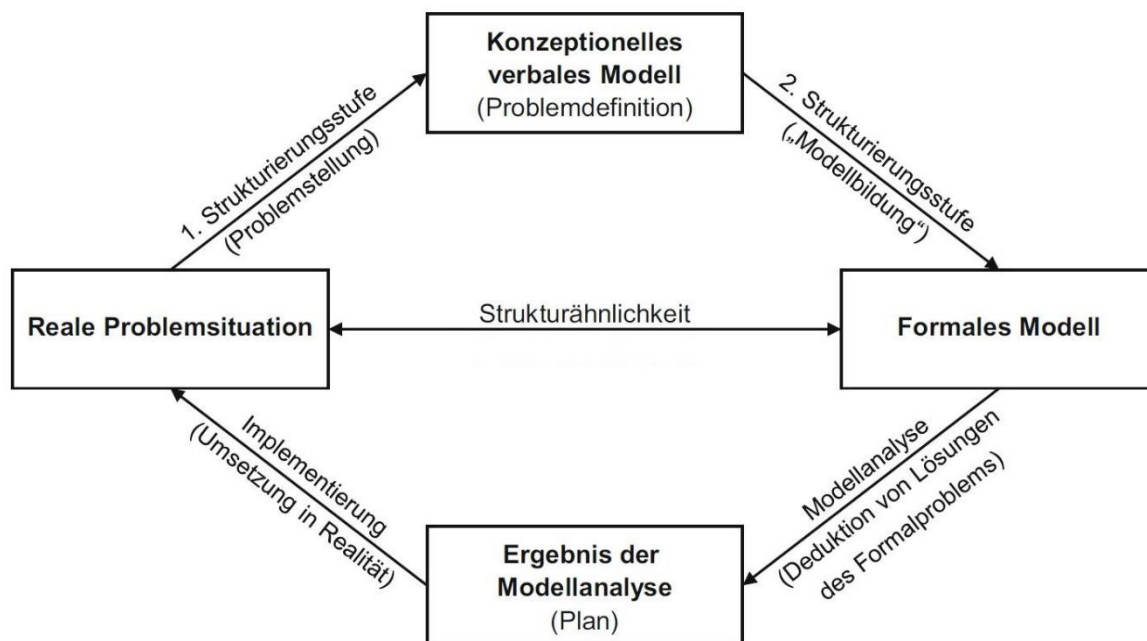


Abb. 2 Prozess der modellgestützten Entscheidungsfindung [Pfo16]

Die Bearbeitung verschiedenster Problemstellungen mithilfe von modellgestützten LAS erfolgt in verschiedenen Phasen [Pfo16] (siehe Abb. 2). So wird zunächst aus der realen Problemsituation eine definierte Problemstellung abgeleitet. Das Ergebnis ist ein konzeptionelles verbales Modell, das im folgenden Schritt modelliert wird. Das daraus entstehende, formale Modell ist ein strukturähnliches Abbild der realen Problemsituation in dem sich die Grundstruktur des Problems wiederfindet [Pho16]. Wie bereits in Abschnitt 2.3 beschrieben, können durch Experimente an dem Modell Erkenntnisse für das abgebildete Problem gewonnen werden. Basierend auf der vierten und letzten Phase, dem Ergebnis der Modellanalyse, wird die favorisierte Lösung in das reale System implementiert.

2.5 Supply Chain Management

Für die in dieser Arbeit angestrebte Forschung im Bereich der Optimierung der Supply Chains innerhalb eines LNW ist es von Bedeutung zuerst ein Verständnis von Supply Chains zu erlangen. Viele produzierende und handelnde Unternehmen legen besonderen Wert auf die Supply Chain, da sie die Schnittstelle zu den Handelspartnern also zu Lieferanten und Kunden bildet [WS12]. Weiterhin ist die Steigerung der Effizienz durch Arbeitsteilung entlang der Wertschöpfungskette entscheidend für den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit. So entwickeln sich aus ehemals einzelnen Unternehmen mit großer

Wertschöpfungstiefe moderne Supply Chains, in denen neben den Unternehmen Lieferanten und Unterlieferanten sowie Dienstleister (Spediteure), Händler und Distributoren an der Leistungserbringung für den Endkunden beteiligt sind [WS12].

Die Supply Chain lässt sich unterhalb der Kernprozesse des Unternehmens einordnen [Bec08]. Ihre Hauptaufgabe ist das Ausrichten der Fähigkeiten des Unternehmens, seiner Abteilungen und den Partnern aufeinander. Dabei sind sowohl innerbetriebliche Prozesse abteilungsübergreifend als auch außerbetriebliche Prozesse unternehmensübergreifend zu koordinieren, mit dem Ziel dem Kunden den bestmöglichen Service zur Verfügung zu stellen [Bec08].

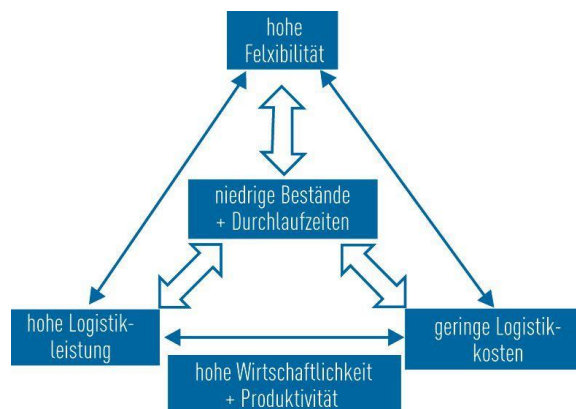


Abb. 3 Langfristige Ziele des Supply Chain Management [WM19]

In Abb. 3 sind die langfristigen Ziele des Supply Chain Managements dargestellt [WM19]. Ein Ziel von Unternehmen ist es ein hohes Lieferservicelevel bei hoher Reaktionsfähigkeit im Fall von Marktschwankungen mit minimalen Kosten zu erreichen. Zugleich ist es für Unternehmen wichtig, die Produktivität und Wirtschaftlichkeit aufrecht zu erhalten. Die verschiedenen Ziele des SCM haben teilweise konkurrierende Interessen. Beispielsweise kann eine Verbesserung der Logistikleistung durch die Erhöhung von Beständen erreicht werden, wohingegen es notwendig ist diese zu senken, wenn Lagerkosten eingespart werden sollen. Weiterhin ermöglicht die Aufstockung der Bestände eine Verbesserung der Reichweite und somit die Flexibilität bei einem Lieferabbruch. Andererseits kann so auf einen Nachfrageeinbruch schlechter reagiert werden. Folglich lassen sich die Hauptziele des SCM durch die Anpassung der Bestände und somit auch Durchlaufzeiten in einem gewissen Rahmen steuern.

Innerhalb einer Supply Chain ist es allerdings nicht ausreichend, wenn nur die innerbetrieblichen Prozessstrukturen der einzelnen Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette optimiert werden. Vielmehr sorgt diese Suboptimierung für den sogenannten Bullwhip- oder Peitscheneffekt [WS12]. Ähnlich wie bei der Entstehung von Staus auf der Autobahn pflanzen sich geringe Schwankungen am Markt (3 bis 5%) in mehrstufigen Supply Chains fort und verstärken sich auf eine Mengenvariation von oftmals 50 bis 70% [WS12]. Die Ursache lässt sich in dem Sicherheitsdenken der einzelnen Stufen und der unterbrochenen Informationsweitergabe finden. In der Folge entstehen Überproduktion bei Nachfragerückgang oder Lieferabbrüche bei Nachfrageanstieg [WS12]. Oftmals dauert es lange bis Stabilität in die Supply Chain zurückkehrt. Folglich ist wichtig einen unternehmensübergreifenden Ansatz im SCM zu verfolgen. Neben der dadurch gewonnenen Stabilität bietet sich hiermit die Möglichkeit Doppelparbeit an den Unternehmensgrenzen einzusparen. Tätigkeiten wie das Qualitätssicherung, Einlagern, Lagern oder Auslagern werden verringert oder verschwinden [WS12]. In Abb. 4 sind die

zahlreichen weiteren Optimierungspotentiale, die sich durch unternehmensübergreifendes SCM ergeben, aufgeführt [WM19]. Besonders zeigt sich nach der Aufteilung in Kunden- und Vertriebsbezogene Potentiale auf der einen und Fertigungs- und Montagebezogene Potentiale auf der anderen Seite, dass sich die Verbesserungen auf nahezu alle Unternehmensbereiche erstrecken.



Abb. 4 Potentiale eines unternehmensübergreifenden Supply Chain Management [WM19]

Trotz der vielen Potentiale und Vorteile ganzheitlichen SCM ist die Umsetzung in der Praxis besonders durch Misstrauen zwischen den Unternehmen geprägt. Angst vor der Ausnutzung durch das Partnerunternehmen, die Aufteilung von Gewinnen, Kosten und Risiko oder die gegenseitige rechtliche Absicherung stellen trotz Innovationen in der Informationstechnologie enorme Hindernisse dar [WM19].

2.6 Potentiale von Kollaboration

Im Rahmen dieser Ausarbeitung wird Kollaboration als Zusammenarbeit zwischen Personen oder auch Gruppen verstanden und beschreibt die arbeitsteiligen Vorgänge zwischen diesen [Dem16]. Historisch gesehen ist der Begriff der Kollaboration jedoch negativ besetzt und hat auch die Bedeutung der Zusammenarbeit mit einem Kriegsgegner [HRH06]. Das Aufkommen digitaler, internetbasierter Kollaborationswerkzeuge, die die Zusammenarbeit über Abteilungs-, Länder- oder Sprachgrenzen hinweg ermöglichen, integrierte den Begriff mit einer abgewandelten, positiv besetzten Bedeutung wieder in die Alltagssprache [Dem16]. In der softwaretechnischen und wirtschaftlich geprägten Literatur werden die Begriffe „Kollaboration“ und „Kooperation“ synonym verwendet [HRH06].

Innerbetriebliche sowie außerbetriebliche Kollaboration kann modernen Unternehmen viele Vorteile bieten. Folglich ist Teamfähigkeit für Arbeitnehmer zur Schlüsselkompetenz geworden und die Kooperation von Unternehmen entlang der Supply Chain hat sich als essentiell für die Wahrung der Wettbewerbsfähigkeit erwiesen (siehe Abschnitt 2.5). Die innerbetriebliche Kollaboration ermöglicht den kollaborierenden Personen und Gruppen ihr Wissen und ihre Erfahrungen auszutauschen. Das Potential liegt hierbei sowohl in dem Profit der Gruppe durch verschiedene Perspektiven und Expertisen, als auch in dem Profit für den Einzelnen durch den Transfer von Wissen untereinander [Hor12]. Wirtschaftlich verspricht die Kollaboration bei richtiger Anwendung unter anderem eine Steigerung der Produktivität. Hervorgerufen wird diese Verbesserung durch die Aufhebung von Hierarchieebenen. Die

kollaborative Arbeitsteilung verringert die internen Schnittstellen. Dadurch wird auch die Kommunikation untereinander verbessert, sodass sich die Kollaborationsteams flexibler und schneller an variierende Anforderungen anpassen können (siehe Abb. 5). Weiterhin folgt aus der besseren Kommunikation beispielsweise in dem Bereich der Entwicklung eine kürzere Markteinführungszeit [BSB15]. Die Arbeitsteilung entsprechend der Kompetenzen der Mitarbeiter fördert zudem die Qualität der Ergebnisse. Verbesserungen in Zufriedenheit, Moral und Engagement der Kollaborateure sind Folge der besseren Anerkennung der Ideen und Fähigkeiten der Mitarbeiter sowie der Kohäsion innerhalb der Gruppe [BSB15]. Doch auch Fehler einzelner Mitarbeiter fallen nicht so ins Gewicht, da sie in der Regel früher erkannt werden als bei Einzelarbeit [Hor12].

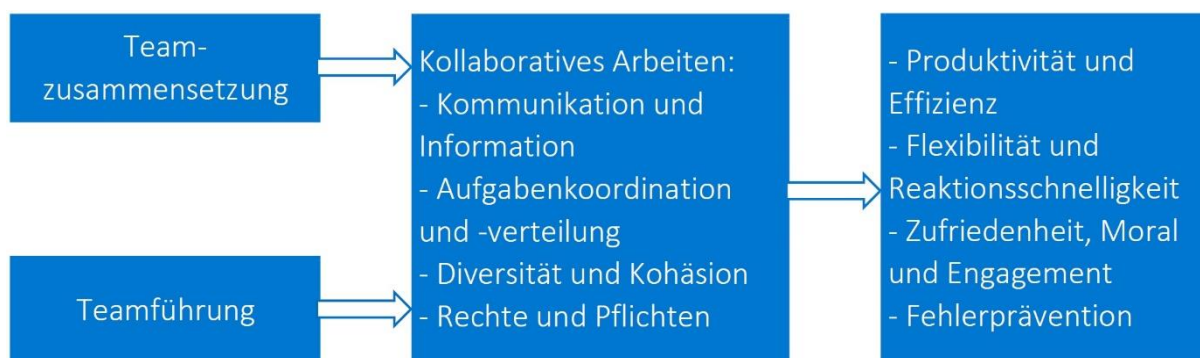


Abb. 5 Konzeptionelles Modell der kollaborativen Arbeitsteilung nach [BSB15]

Bornwasser et al. stellen in diesem Kontext fest, dass es notwendig ist, ein gut geführtes und ausgewogen zusammengestelltes Team zu formieren, um diese Potentiale auszuschöpfen (siehe Abb. 5). Diversität ist bei der Zusammenstellung von Bedeutung, damit die Stärken der kollaborierenden Personen breit gefächert sind und so die Schwächen der anderen Mitarbeiter ausgleichen können. Funktion der Teamführung innerhalb des Kollaborationsteams ist die Koordination und Verteilung der Aufgaben an die Kollaborateure. In Abhängigkeit der Anzahl an Mitarbeitern und deren Mitspracherecht steigt der Koordinationsaufwand. Auch wenn die Angewiesenheit untereinander eine gewisse Kontrolle der Ergebnisse durch Kollegen mit sich bringt, sind Leistungsbereitschaft und die Fähigkeit zur Selbstorganisation für ein erfolgreiches kollaboratives Arbeiten erforderlich. Daher ist es wichtig, eine geeignete Teamgröße zu finden, da sonst mangelnde Partizipation der Kollaborateure und eine geringe Identifikation mit dem Arbeitsziel drohen [BSB15].

2.7 Digitale Kollaborationswerkzeuge

Um die in Abschnitt 2.6 beschriebene Zusammenarbeit zwischen den Mitarbeitern zu erleichtern, werden immer mehr digitale Kollaborationswerkzeuge entwickelt. Beispiel hierfür sind Google Docs (<https://docs.google.com>) und Etherpad (<https://etherpad.org>). In diesem Abschnitt wird eine allgemeine Vorstellung der Kollaborationswerkzeuge vorgenommen, während in Abschnitt 5.1 bestehende Kollaborationswerkzeuge detaillierter untersucht und verglichen werden. Die Entwicklung des Internets von einer deutschlandweiten Nutzung von 6,5 % im Jahre 1997 hin zu 90,3% im Jahr 2018 zog die Verbreitung verschiedenster Kollaborationswerkzeuge nach sich [AZ18]. Diese Entwicklung ist sowohl in Unternehmen als auch bei Privatpersonen festzustellen. Kollaborationswerkzeuge ermöglichen die

Interaktion mit Kollaborationspartnern über große Distanzen und somit über Abteilung-, Unternehmens- oder auch Ländergrenzen [WK16]. Ein Beispiel hierfür sind Videokonferenzen, die persönliche Treffen entbehrlich machen. Folge sind Zeit- und Kostenersparnis bei den Kollaborateuren. Weiterhin erlauben onlinebasierte Softwarelösungen es den Nutzern dem Kollaborationspartner jederzeit transparente, nachvollziehbare Resultate zur Verfügung zu stellen oder zeitgleich Dokumente zu bearbeiten [WK16]. Hierfür lassen sich die inzwischen in Unternehmenskreisen unumgänglichen E-Mails und Programme zum kollaborativen Schreiben in Echtzeit wie Google Docs oder Etherpad nennen. Ein weiteres Einsatzgebiet für Kollaborationswerkzeuge ist die Koordination von Kollaborationsteams. Zuständigkeiten und Aufgabenbereiche können digital dokumentiert und den Mitgliedern zugänglich gemacht werden. So können beispielsweise Fristen mit der Kalenderfunktion von Outlook (<https://outlook.live.com>) festgehalten werden. Außerdem lässt sich mit geteilten Dokumenten in dem eingangs erwähnten Google Docs sicherstellen, dass alle Mitarbeiter des Kollaborationsteams auf dem gleichen Stand sind. Neben der synchronen Verteilung von Inhalten ermöglichen Cloud-Speichersysteme wie Dropbox (<https://www.dropbox.com/>) oder Microsoft OneDrive (<https://onedrive.live.com>) ein vereinfachtes Teilen von Daten innerhalb von Kollaborationsgruppen [WK16]. Die parallele Verarbeitung von Daten in modernen Datenmanagementsystemen stellt dabei den Unterbau solcher Lösungen dar. Technologische Innovationen wie Virtual Reality beispielsweise in der Umsetzung von Oculus Rift ermöglichen schon heutzutage Kollaboration in verschiedensten Formen. Hierbei lassen sich verschiedenste Szenarien für den zukünftigen Ablauf von Kollaboration über die technologischen Grenzen von Computern hinaus skizzieren [WK16].

Die richtige Auswahl des digitalen Kollaborationswerkzeugs ist ein wichtiger Faktor für eine erfolgreiche Kollaboration besonders in großen Gruppen oder über große Distanzen. Daher ist es bei der Auswahl der digitalen Kollaborationswerkzeuge aufgrund der großen Vielfalt für Unternehmen wichtig, Kollaborationswerkzeuge anhand der aufgabenspezifischen Anforderungen zu selektieren. Ein Vorteil von geeigneter Kollaborationswerkzeuge ist die Steigerung der Effizienz von kollaborativer Arbeit. Andererseits müssen jedoch auch Erfordernisse der verschiedenen Werkzeuge betrachtet werden. Kosten, Implementierungsaufwand und technische Voraussetzungen müssen bei der Auswahl abgewogen werden [WK16]. Die Auswahl eines Kollaborationswerkzeuges für kollaboratives Arbeiten in Echtzeit ist beispielsweise für zeitversetzt arbeitende Kollaborateure überflüssig. Weiterhin ist ein gewisses Verständnis der Bedürfnisse der Kollaborateure notwendig, um Akzeptanz für das ausgewählte Kollaborationswerkzeug zu erreichen [WK16]. Beispielsweise erzielt das technisch bestgeeignetste Werkzeug keine Verbesserungen, wenn die Mitarbeiter keine Bereitschaft für die Nutzung aufbringen. Diese Bereitschaft hilft bei der Bewältigung von Frustration durch ineffizientes Arbeiten in der Einarbeitungsphase. Mit der Entwicklung von Programmkenntnissen steigt die Effizienz und Qualität der Arbeit mit dem Kollaborationswerkzeug [WK16].

3 Das logistische Assistenzsystem nach Dross und Rabe [DR14]

In diesem Kapitel wird das logistische Assistenzsystem nach Dross und Rabe [DR14], das die Grundlage dieser Ausarbeitung bildet, näher vorgestellt. Im Vorfeld dieser Arbeit wurde bereits von Markus Rabe, Felix Dross, Dominik Schmitt und weiteren Mitarbeitern des Lehrstuhls für IT in Produktion und Logistik ein LAS konzipiert und sukzessiv weiterentwickelt. Die Entwicklung eines LAS erwies sich als notwendig, da vorhandene Lösungen oft auf die Automobilbranche spezialisiert sind und folglich in der Anpassbarkeit der Logistiknetzwerke beschränkt sind [RSA18b]. Das entwickelte LAS ist auf die Aufrechterhaltung und Optimierung von Logistiknetzwerken des Werkstoffhandels ausgelegt. Bei der Erläuterung des LAS wird in weiten Teilen auf die Arbeit der genannten Personen zurückgegriffen, da diese als Grundlage für diese Ausarbeitung fungieren. In Abschnitt 3.1 wird zunächst auf den allgemeinen Programmablauf des LAS eingegangen. Im Anschluss wird ein Überblick über die Einbindung der Key Performance Indicators (KPI) in das LAS gegeben. Inhalt des Abschnitts 3.3 sind die Maßnahmen und Maßnahmentypen, die bei der Optimierung des Logistiknetzwerks verwendet werden. Darauf folgt eine Erklärung des Simheuristiksystems, welches die Basis des LAS darstellt [RDS17, RSA18b]. Dieses Kapitel schließt mit einer Erläuterung der nutzergenerierten Maßnahmentypen in Abschnitt 3.5.

3.1 Programmablauf des logistischen Assistenzsystem nach Dross und Rabe [DR14]

In Abb. 6 wird eine Übersicht über die Architektur des LAS gegeben. Die grundlegenden Systeme, auf die das untersuchte LAS aufbaut, sind das transaktionale System sowie das Data Warehouse. Derartige Systeme sind in jedem großen Logistikunternehmen implementiert [RSD17]. Aufgabe des transaktionalen Systems ist die Bewältigung des operativen Tagesgeschäfts und der Geschäftsprozesse. Ein Großteil dieser Aufgabe wird von dem Warenwirtschafts- beziehungsweise ERP-System (z.B. SAP R/3) übernommen [Sch08]. Die im ERP-System erzeugten Daten werden im weiteren Ablauf an das Data Warehouse übergeben (siehe Abb. 6). Die technische Infrastruktur des Data Warehouse stellt Daten zur Verfügung, auf deren Grundlage die Analyse und Optimierung des LAS erfolgt. Neben den Daten des ERP-Systems werden Daten aus weiteren Quellen in der historischen Datenbasis des Data Warehouse integriert [SJW16]. Aus den Daten des Data Warehouse werden verschiedene KPI errechnet. Diese KPI werden von KPI-Monitoring Systemen (KPIMS) überwacht (siehe Abschnitt 3.2). Im weiteren Verlauf werden die Daten aus dem Data Warehouse von einer Softwarekomponente extrahiert, angereichert und in ein Datenmodell für die ereignisdiskrete Simulation überführt (siehe Abb. 6). Mithilfe einer Software für die Modellgenerierung kann die Erstellung des Datenmodells automatisiert durchgeführt werden. Die Modellgenerierung erfolgt nach a priori in der Software implementierten

Regeln. Solange also die Struktur der Rohdaten unverändert bleibt, lässt sich das Datenmodell jederzeit automatisiert auf den aktuellen Stand bringen [RSD17].

Die zentrale Struktur im LAS ist das Simheuristiksystem (siehe Abschnitt 3.4). Zu dessen Bestandteilen gehören ein Simulationsmodell für die Bewertung der Logistikleistung und die Heuristikeinheit (HE) für die Optimierung dieser. Sobald die Optimierung angestoßen wird, wird zunächst von der Software das Simulationsmodell erstellt. Dieses Simulationsmodell basiert auf dem angelegten Datenmodell des Modellgenerators. Auf Grundlage eines ersten Simulationslaufs wird ein Abbild des Data Warehouse erstellt (siehe Abb. 6). In diesem Abbild werden die KPI nach der gleichen Logik wie im realen System berechnet. Diese initialen KPI dienen werden bei der späterer Evaluierung verschiedener Maßnahmen eingesetzt. In dem Suchraum sind die verschiedenen Maßnahmen, die aus den Maßnahmentypen abgeleitet wurden, hinterlegt. Die HE ermittelt dann mithilfe eines Algorithmus die vielversprechendsten Maßnahmen aus dem Suchraum und stellt sogenannte Maßnahmensätze zusammen (siehe Abschnitt 3.4.1). Ausgewählte Maßnahmen werden über die Ausführungseinheit zu Änderungen der Datenbank überführt und auf die Modelldatenbank angewendet [RSD17]. Auf Basis der bearbeiteten Datenbank wird aufs Neue ein Simulationsmodell erstellt und simuliert. Mit den Simulationsergebnissen lassen sich erneut KPI berechnen, die eine Evaluierung der angewendeten Maßnahmen ermöglichen. Die Bewertung der Maßnahmen fließt in den Auswahlalgorithmus der HE ein. Dieser Vorgang wird iterativ wiederholt, bis eine Abbruchbedingung erreicht ist. Als Abbruchbedingungen werden verschiedene Zustände definiert, bei denen keine relevanten Verbesserungen des Systems mehr erwartet werden. Mögliche Abbruchbedingungen sind im zugrunde liegenden LAS beispielsweise das Erreichen einer bestimmten Anzahl an Iterationen. Auch das Erreichen einer bestimmten Simulationsdauer oder einer bestimmten Periode im System ist hier denkbar. Das Konvergieren der Kennzahlen für die Bewertung der Logistikleistung lässt ebenso darauf schließen, dass der ausgewählte Maßnahmensatz die bestmögliche Kombination aller Maßnahmen im Suchraum darstellt [RSA18b]. Folglich können keine relevanten Verbesserungen mehr erreicht und ein Abbruch der Simulation erfolgt. Mit steigender Größe des Suchraums steigt in der Regel die Anzahl der Evaluationsiterationen, die für konvergierende Maßnahmen notwendig sind. Daher müssen die Abbruchbedingungen mit der Anzahl der untersuchten Maßnahmen abgestimmt werden. Weiterhin wirkt sich die Anzahl der Evaluationsiterationen besonders auf die Simulationsdauer aus, da die Simulation den größten Zeitanteil bei der Ausführung des LAS [RSD17].

Ziel dieses iterativen Programmablaufs ist die Identifizierung der Maßnahmen, die eine größtmögliche Steigerung der Leistung des LNW bewirken. Der Einfluss der Maßnahmen auf die Leistung des LNW wird nach Faktoren wie Kosten und β -Servicelevel bewertet [RSA18a]. Sobald eine der Abbruchbedingungen erreicht ist, werden die ermittelten Maßnahmen als Maßnahmvorschläge an die Entscheidungsträger weitergeleitet. Dieser Schritt wird von dem Berichtsmodul übernommen. Den Entscheidungsträgern obliegt die Umsetzung der Maßnahmen im realen System. Nach der Realisierung

der Maßnahmen können die Entscheidungsträger über das Berichtsmodul Feedback über die Auswirkungen der durchgeführten Maßnahmen geben.

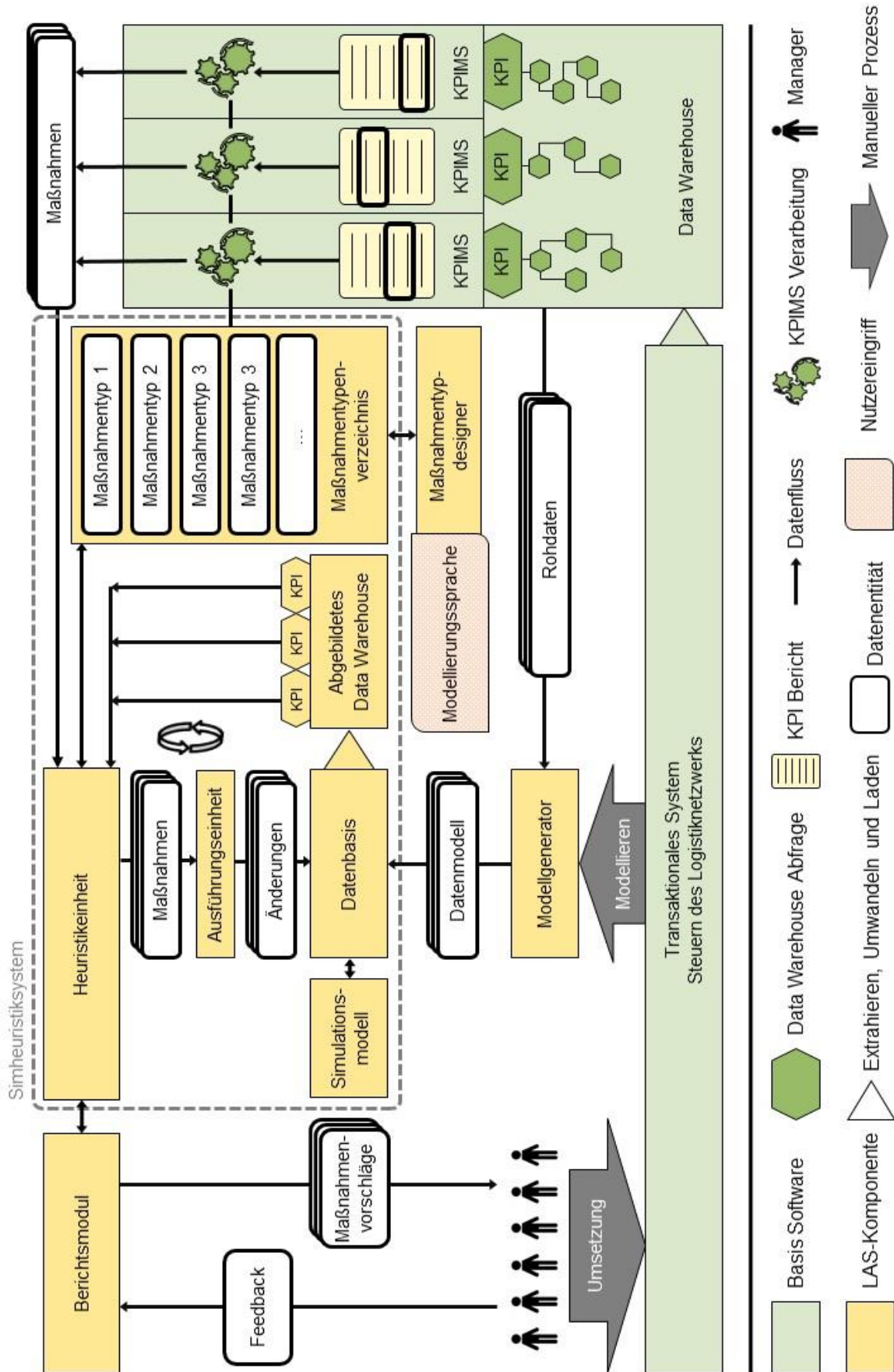


Abb. 6 Systemarchitektur des logistischen Assistenzsystem nach Dross und Rabe [RD14]

3.2 Key Performance Indicators

In dieser Arbeit wird ein LAS für Logistiknetzwerke betrachtet. Heutige Logistiknetzwerke sind von beträchtlicher Größe und Komplexität [BBK09]. Um die enorme Komplexität des Logistiknetzwerkes zu bewältigen, nutzen Unternehmen Messsysteme, die verschiedene Werte des Netzwerkes aufnehmen und Aufschluss über die Leistungscharakteristik des Unternehmens geben. Die Leistungscharakteristik wird mithilfe von KPI bemessen, die sich aus den aufgenommenen Werten zusammensetzen. KPI können nach Poluha [Pol16] finanzielle oder nicht-finanzielle Messwerte sein. Im betrachteten Anwendungsfall des Logistiknetzwerkes sind die Kosten ein Beispiel für einen finanziellen KPI wohingegen das Service Level beispielhaft für ein nicht-finanziellen KPI steht. Je nach Schwerpunkt des Unternehmens kann es jedoch auch sinnvoll sein KPI wie die immer wichtiger werdenden CO₂-Emissionen oder voraussichtliche Anzahl verspäteter Lieferungen zu messen. Die Messsysteme finden ihre Umsetzung in dem Data Warehouse des Unternehmens. Aus den gesammelten Daten werden die KPI berechnet und den Entscheidungsträgern periodisch in Form von KPI-Berichten zur Verfügung gestellt [RSD17]. Weiterhin sind in dem betrachteten Logistiknetzwerk Monitoringsysteme für die KPI integriert. Mithilfe dieser KPIMS wird kontrolliert, dass die KPI einen vorgegebenen Rahmen nicht verlassen. Falls die KPI den gewählten Rahmen jedoch verlassen, wird der Entscheidungsträger über einen KPI-Alarm benachrichtigt. In einem KPI-Alarm sind zum einen die Gründe für die Abweichung und zum anderen mögliche Maßnahmen für eine Korrektur enthalten [RSD17]. Diese Korrekturmaßnahmen haben eine Verbesserung des abgefallenen KPI zur Folge. Die Verbesserung eines einzelnen KPI zieht jedoch nicht zwingend einen Anstieg der Leistung im Gesamtsystems nach sich [DR14]. Begründen lässt sich dieser Effekt mit den in Abschnitt 2.5 beschriebenen konkurrierenden Interessen verschiedener Ziele. Beispiel hierfür ist der Bestandsabbau von einem Artikel in einer Speichereinheit in dem untersuchten Logistiknetzwerk. Dies ist eine Maßnahme, die vom KPIMS vorgeschlagen werden kann, wenn der KPI Gesamtkosten über den gewählten Maximalwert gestiegen ist. Durch die Maßnahme werden folglich die Gesamtkosten gesenkt. Eine weitere Folge kann jedoch auch ein darauffolgender KPI-Alarm zur Aufstockung desselben Bestandes sein, der durch abweichende KPI im Bereich des Service Levels ausgelöst wird. Ursache für die Problematik ist, dass das Monitoring der Daten dezentral erfolgt und keine Kopplung zwischen den verschiedenen KPIMS besteht [RSD17]. Ein dezentrales Monitoring hat den Vorteil, dass Kenntnisse der vorliegenden Zustände für die Erstellung und Umsetzung von Korrekturmaßnahmen förderlich sind. Gleichzeitig sind jedoch auch die Problematiken des vorangegangenen Beispiels ein Nachteil.

KPI lassen sich in den Unternehmen nicht zwingend auf einen Bereich beschränken. Während Informationen über die Verkaufszahlen für den Vertrieb wichtig sind, sind Indikatoren wie Lagerbestände für die Bereiche Logistik und Einkauf von Interesse. Dementsprechend werden bestimmte KPI-Berichte und Alarme nur an die betroffenen Bereiche beziehungsweise Bereichsleiter

weitergeleitet [DR14]. Um Verbesserungen im gesamten Logistiknetzwerk zu erzielen, werden durch den in Absatz 3.4 erläuterten simheuristischen Lösungsansatz die bereichsübergreifenden Auswirkungen der Maßnahmen auf die KPI untersucht.

3.3 Maßnahmen und Maßnahmentypen

Wie bereits zu Beginn dieses Kapitels eröffnet, boten vorhandene Lösungen oft nur eine begrenzte Anpassbarkeit aufgrund ihrer Spezialisierung auf die Automobilbranche. Insbesondere die Einschränkung bei der Bearbeitung von Maßnahmen zur Anpassung des Logistiknetzwerkes auf einen vordefinierten Satz von Maßnahmen machte die Entwicklung eines eigenen LAS notwendig.

Maßnahmen dienen im untersuchten LAS der Optimierung des Logistiknetzwerkes. Da das Simulationsmodell auf einer Datenbank basiert, besteht die softwareseitige Umsetzung von Maßnahmen aus Änderungen an den Einträgen in der Datenbank [RSD17]. Die Änderungen in den Datenbanken können einzelne Einträge oder auch eine Vielzahl an Spalten in verschiedenen Tabellen betreffen. Folglich können auch Maßnahmen in ihrer Komplexität enorm variieren. Beispielsweise sind Maßnahmen für Bestandsänderungen vergleichsweise simpel. Hierbei werden nur die Einträge angepasst, in denen der Bestand hinterlegt sind. Als komplexe Maßnahme stellt sich das Zentralisieren einer Warentyps dar. Hierbei müssen sowohl unter anderem Bestände und Transportrelationen angepasst werden.

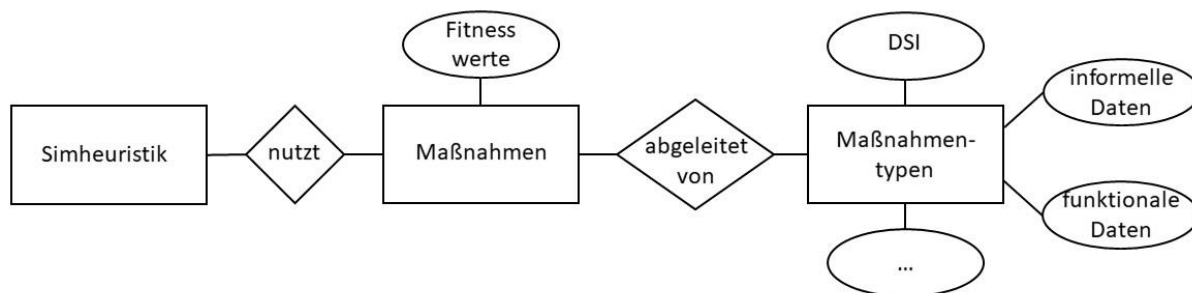


Abb. 7 Beziehung zwischen Simheuristik, Maßnahmen und Maßnahmentypen

Um die Arbeit mit den Maßnahmen im betrachteten LAS zu vereinfachen sind ähnliche Maßnahmen zu abstrakten Maßnahmentypen gebündelt worden [RSD17]. Änderungen einzelner Bestände sind beispielsweise in dem Maßnahmentyp für Bestandsänderungen zusammengefasst. Aus diesen Maßnahmentypen lassen sich dann, wie in Abb. 7 dargestellt, die Maßnahmen für die Simheuristik ableiten. Maßnahmentypen bestehen aus funktionalen Daten, die die Änderungen an der Datenbank beschreiben, und informellen Daten, die dem Nutzer ein Verständnis ermöglichen (siehe Abb. 7). Funktionale Daten sind beispielsweise Referenzen zu den entsprechenden Tabellen oder die erforderlichen Parameter, die beim Ableiten der Maßnahmentypen parametrisiert werden müssen. IDs oder Funktionsbeschreibungen sind dahingegen Beispiele für informelle Daten [RSD17]. Weiterhin sind

in den Maßnahmentypen die in Abb. 7 abgebildeten domänenspezifische Informationen (DSI) hinterlegt. DSI können Korrelationen mit anderen Maßnahmentypen beinhalten [RSA18a]. Beispielsweise sind Informationen über Korrelationen zwischen den Maßnahmentypen für Änderungen an den Transportrelationen und Beständen denkbar. So lassen sich in diesem Beispiel die Bestände besser an geänderte Transportzeiten neuer Transportrelationen anpassen, wenn Kenntnisse über die voraussichtlichen Auswirkungen vorhanden sind. Weiterhin können Nutzer DSI über die Kategorisierung in strukturelle und konfigurative Maßnahmentypen hinterlegen [RSA18a]. Dabei nehmen strukturelle Maßnahmen Änderungen an der Struktur des Logistiknetzwerkes vor. Ein Beispiel für strukturelle Maßnahmen sind Maßnahmen, die Distributionsstandorte verlegen. Hiermit wird die Anpassung der Distributionsstruktur vorgenommen. Mit konfigurativen Maßnahmen werden die Strukturen des Netzwerkes justiert. Hierfür können beispielsweise Änderungen der Bestände oder Sicherheitsbestände in den Distributionsstandorten genannt werden. Strukturelle Maßnahme sollten vor konfigurativen Maßnahmen angewendet werden, da anderenfalls die Effekte der konfigurativen Maßnahmen unwirksam werden können. Die dritte Möglichkeit für Nutzer DSI in den Maßnahmentypen zu hinterlegen ist das Einfügen von Erfolgsraten der Maßnahmentypen im realen System [RSA18a]. Erfolgsraten geben dabei die durchschnittliche Auswirkung auf die Logistikleistung des LNW an. Berechnen lassen sich die durchschnittlichen Auswirkungen für Maßnahmentypen aus dem Durchschnitt der Resultate einzelner Maßnahmen, die aus dem Maßnahmentyp abgeleitet wurden. Hiermit kann das in Abb. 6 dargestellte Feedback der Entscheidungsträger in die Maßnahmentypen integriert werden. Weiterhin lassen sich in der HE aus den Ergebnissen vorangegangener Simulationsexperimente Erfolgsraten berechnen, die gleichermaßen in den DSI der Maßnahmentypen hinterlegt sind [RAS18]. Gespeichert werden die Maßnahmentypen mitsamt der DSI in dem ebenfalls in Abb. 6 abgebildeten Maßnahmentypenverzeichnis. Die Untersuchungen von Rabe et al. in [RAS18] zeigen, dass mithilfe von DSI nicht nur schneller Ergebnisse gefunden werden, sondern auch die Qualität der Ergebnisse verbessert wird.

3.4 Simheuristiksystem

Ein simheuristischer Ansatz kombiniert ein Simulationsmodell mit Metaheuristik, um ein stochastisches Optimierungsproblem zu lösen [JR13]. Die Simulation des Datenmodells erfolgt mithilfe der Simulationssoftware SimChain (<https://www.simchain.net/>) der Firma SimPlan AG. Die HE wurde dahingegen im Rahmen der Forschungsarbeit des ITPL-Lehrstuhls der TU Dortmund entwickelt [DR14]. Im weiteren Verlauf des Abschnitts werden beide Aspekte des Simheuristiksystems im Detail vorgestellt.

3.4.1 Heuristikeinheit

Die Heuristikeinheit ist für die Auswahl der Maßnahmen zur Lösung des Optimierungsproblems zuständig [RSD17]. Für die Simulation werden Maßnahmen, die aus einer Reihe von Maßnahmentypen abgeleitet werden können, der HE im Suchraum zur Verfügung gestellt (siehe Abb. 7). Aufgabe der HE ist es, aus diesen möglichen Maßnahmen die für das Simulationsmodell beste Lösungen auszuwählen. Diese Lösung ist ein Satz von Maßnahmen, der auch für das reale System die vielversprechendsten Maßnahmen zur Optimierung des Systems darstellt. Die Auswahl der verschiedenen Maßnahmen erfolgt über einen Algorithmus. Im Rahmen der dieser Arbeit zugrunde liegenden Werke [RDS17] wurde sowohl ein Evolutionärer Algorithmus (EA) und als auch ein Deep Reinforcement Learning Algorithmus implementiert und untersucht. In neueren Arbeiten wurde auf den EA-Ansatz zurückgegriffen [RSA18a, RSA18b]. In einem EA wird in einem iterativen Verfahren wird der biologische Prozess der Evolution nachempfunden [RDS17]. Bei der anfängliche Zusammenstellung von Maßnahmen in einem Maßnahmensatz werden die hinterlegten DSI verwertet (siehe Abschnitt 3.3). Um neue Maßnahmensätze zu erzeugen, werden nach im Folgenden dem Abbild der Natur die Mechanismen der Selektion, Rekombination und Mutation verwendet [RDS17]. Dabei werden einzelnen Maßnahmen anhand ihres Fitnesswertes für neue Maßnahmensätze ausgewählt und für die Evaluierung an das Simulationsmodell weitergeleitet. Diese Fitnesswerte werden aus den Daten des abgebildeten Data Warehouse ermittelt und mit jeder Iteration angepasst (siehe Abb. 6). Unterstützt wird die HE bei der Berechnung der Fitnesswerte durch domänenspezifischen Informationen über Erfolgsraten der Maßnahmen in vorherigen Berechnungen und der Realität. Die Fitnesswerte setzen sich im betrachteten Logistiksystem aus den Kosten und dem β -Servicelevel zusammen [RDS17].

3.4.2 Simulationssoftware SimChain

In den vorangegangenen Arbeiten [RSA18b, RSD17, RDW17, RD15] wurde das Simulationswerkzeug SimChain der SimPlan AG bereits vorgestellt. Daher stützt sich dieser Abschnitt in weiten Teilen auf die benannten Arbeiten. SimChain ist auf die Simulation von LNW ausgelegt und wurde im betrachteten LAS für die Simulation innerhalb des Simheuristiksystems verwendet. Die zwei Hauptbestandteile von SimChain sind generische Bausteine für die Simulation von LNW mithilfe von Siemens Plant Simulation (<https://www.plant-simulation.de/>) und ein Datenmodell, dass in einer MySQL Datenbank hinterlegt ist [RSA18b]. Beispiele für Bausteine sind Kunden, Produktionsstätten, Knotenpunkte (Umschlagpunkte) oder Transportrelationen. Die Datenbank besteht zum einen aus der Datenstruktur, die sich aus Tabellen und Relationen zusammensetzt, und zum anderen aus den Daten, die das Logistiknetzwerk repräsentieren [RSD17]. Weiterhin lassen sich die Daten in strukturelle und

konfigurative Daten unterteilen. Die Daten des strukturellen Teils sind beispielsweise Daten über die Position von Produktionsstätten hinterlegt, wohingegen im konfigurativen Teil Zuweisungen der Ladungsträger an bestimmte Werke gespeichert sind. Die Kombination strukturellen und konfigurativen Daten enthält die Parametrierung für die Bausteine des Datenmodells. Aus dem Datenmodell in Verbindung mit den generischen Bausteinen erzeugt SimChain ein dynamisch instanziiertes Simulationsmodell [RSD17]. Dieser Prozess ist in Abb. 8 dargestellt.

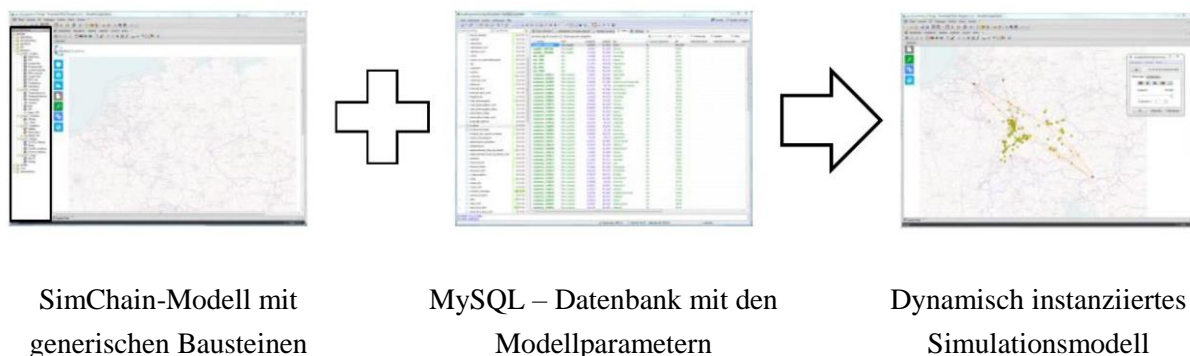


Abb. 8 Systemarchitektur der Simulationssoftware SimChain [RSD17, RSA18b]

Zwei Kriterien sind ausschlaggebend für die Auswahl von SimChain als Simulationswerkzeug. Als erster Faktor lässt sich die Parametrierung auf Basis einer Datenbank benennen [RSD17]. Diese vereinfacht den Bearbeitungsprozess des Simulationsmodells, da lediglich eine Änderung der Einträge in der Datenbank notwendig ist, um das Modell anzupassen. Die gute Schnittstelle, die eine solche datenbankbasierten Simulation mit sich bringt, ist eine weitere Vereinfachung. Das Simulationsmodell kann durch Auslesen der Daten aus Standardsoftware wie die hauseigene Data Warehouse Software erzeugt werden und durch Änderungen bestimmter Datenbankeinträge mithilfe von Software angepasst werden. Die Simulationsergebnisse werden nach jedem Durchlauf in einer MySQL-Datenbank abgelegt. Die praktische Schnittstelle ermöglicht dem LAS das Auslesen der Simulationsergebnisse sowie das Anpassen der Datenbank für die nächste Iteration. Der zweite wichtige Faktor ist die in SimChain integrierte Simulation des Informationsflusses [RSD17]. An das abgebildete System kann somit die reale Systembelastung in Auftragsform angelegt werden. Aufträge werden im System eingespeist und vom Kunden zur Produktionsstätte übermittelt, wodurch ein Warenfluss in entgegengesetzter Richtung angestoßen wird. Für den Anwendungsfall ergibt sich dadurch die Möglichkeit die Konfiguration des LNW zu ändern und das System mit gleicher Belastung zu testen, sodass sich vergleichbare Ergebnisse ergeben.

3.5 Nutzergenerierte Maßnahmentypen

Die bereits in Kapitel 3 und Abschnitt 3.3 thematisierten Einschränkungen, die sich aus der Spezialisierung bestehender Lösungen auf den Automobilsektor ergeben, gaben den Ausschlag für die Entwicklung des LAS nach Dross und Rabe [DR14]. Darin sind nutzergenerierte Maßnahmen beziehungsweise Maßnahmentypen ein zentraler Faktor für die hohe Flexibilität bei der Analyse von LNW. Auf geänderte Bedingungen kann gezielt durch neue Maßnahmentypen eingegangen werden.

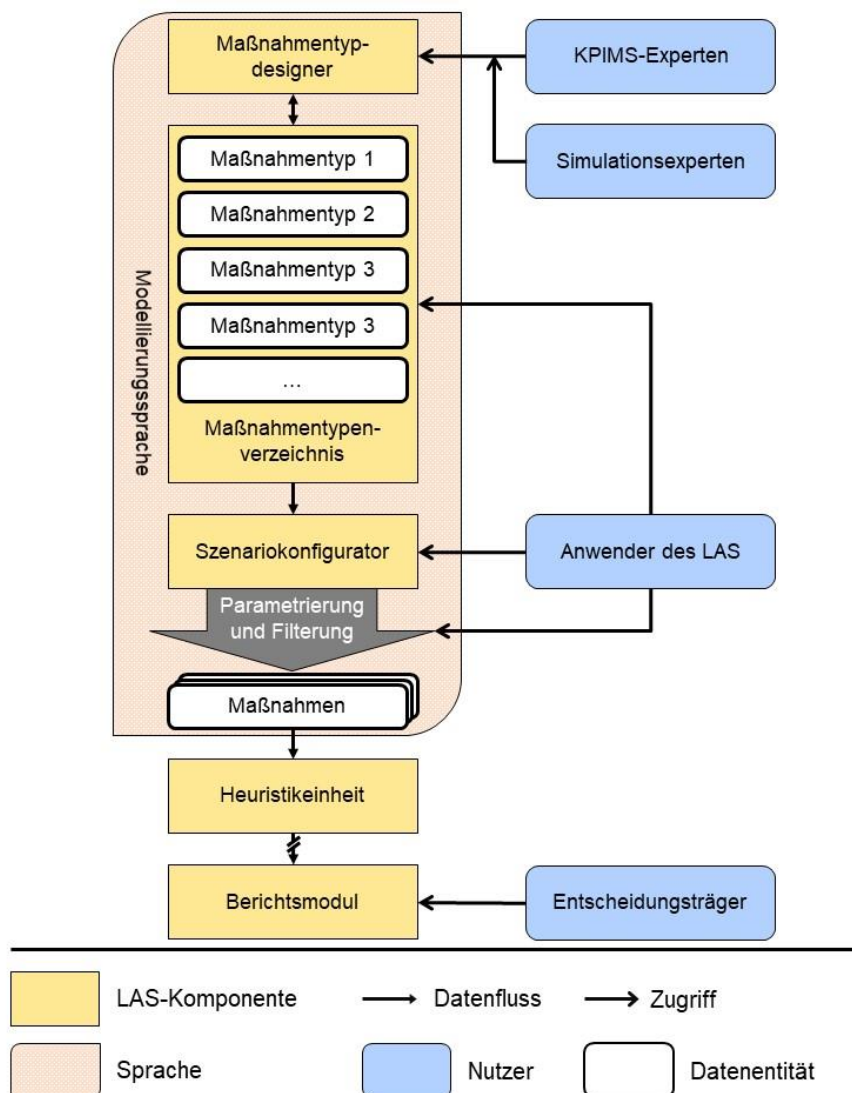


Abb. 9 Nutzergenerierte Maßnahmentypen im logistischen Assistenzsystem nach Dross und Rabe [DR14, RDS17, RSA18b]

In Abb. 9 wird eine Einordnung der nutzergenerierten Maßnahmentypen in die Struktur des LAS vorgenommen. Der Ablauf beginnt mit der Erstellung von neuen Maßnahmentypen durch KPIMS- oder Simulationsexperten. Hierfür wird der Maßnahmentypdesigners verwendet [RDS17]. Mithilfe des Maßnahmentypdesigners spezifiziert der Nutzer die in Abschnitt 3.3 beschriebenen informellen und funktionalen Daten des zu erstellenden Maßnahmentyps. Weiterhin können die DSI integriert werden. Dabei wird der Nutzer von einer domänenspezifischen Modellierungssprache (DSMS) unterstützt, die auf Beschreibung von Maßnahmen in LNW ausgelegt ist [RSA18b]. Eine detailliertere Betrachtung der DSMS und des Maßnahmentypdesigners erfolgt in Abschnitt 3.5.1 beziehungsweise 3.5.2. Mit Fertigstellung der Maßnahmentypen werden diese im Maßnahmentypenverzeichnis gespeichert. Mithilfe des Szenariokonfigurators kann der Anwender über dessen graphische Benutzeroberfläche auf den Maßnahmentypenverzeichnis zugreifen. Darin wählt der Nutzer die Maßnahmentypen aus, die von dem Simheuristiksystem untersucht werden sollen. Bei der Ableitung der Maßnahmentypen zu Maßnahmen kann entweder eine manuelle oder automatisierte Parametrierung mit vordefinierten Parameterwerten durch das LAS vorgenommen werden [RSA18b]. Die Parameter lassen sich dabei in

primitive Parameter und Entitätsparameter des LNW einteilen [RSA18b]. Primitive Parameter sind im Beispiel der Anpassung der Bestände einfache Beträge für die Menge, um die der Bestand verändert werden soll. Für die Entitätsparameter lassen sich in diesem Beispiel Produktionsstätte und Speichereinheiten nennen, die bei der Ableitung einer Maßnahme definiert sein müssen. Für die primitiven Parameter kann bei der Parametrierung auf vordefinierte Parameterbeträge zurückgegriffen werden. Zusätzlich hat der Nutzer die Möglichkeit Änderungen an den Parameterbeträgen durchzuführen. Entitätsparameter sind dagegen abhängig von dem aktuellen Zustand des LNW [RSA18b]. Somit ist nicht gewährleistet, dass die vordefinierten Eingabewerte der Parameter überhaupt in dem aktuellen Modell vorhanden sind. Beispielsweise muss eine Transportrelation vorhanden sein, um ihre Frequenz ändern zu können. Daher wird von Rabe et al. [RSA18b] ein Filtersystem vorgestellt, welches dem Nutzer erlaubt, die abgeleiteten Maßnahmen auf bestimmte Entitäten des LNW einzuschränken. Die Filterfunktion verhindert, dass bei einer automatischen Parametrisierung beispielsweise Maßnahmen für jeden Distributionsstandort erstellt werden. Weiterhin sind Kombinationen aus mehreren Filtern möglich. Ohne die Filterfunktion würden bei einer automatisierten Parametrierung beispielsweise Maßnahmen für jeden Distributionsstandort erstellt. Daher ermöglicht die Filterfunktion den Nutzern das Arbeiten mit kleineren Suchräumen, was zu schnelleren Resultaten des LAS führt [RSA18b]. Zusätzlich ist es für Nutzer auch möglich, die Parametrierung der Maßnahmen manuell vorzunehmen. Dabei kann der Nutzer feste Werte für die Parameter bestimmen. Mithilfe dieser händischen Parametrierung kann der Einfluss der spezifischen Maßnahmen berechnet und dem Nutzer angezeigt werden [RSA18b]. Aufgrund der guten Zuordnung der Maßnahmen zu den Effekten im LNW ist diese Funktion besonders bei Maßnahmentypen denkbar, die auf ihre Anwendbarkeit getestet werden. So lässt sich beispielsweise die Wirtschaftlichkeit der Eröffnung eines neuen Distributionszentrums prüfen.

Ergebnis der Parametrierung und Filterung der Maßnahmentypen, die im Szenariokonfigurator ausgewählt wurden, ist ein Satz von abgeleiteten Maßnahmen. Dieser Maßnahmensatz wird an die HE weitergegeben, wo er als Suchraum für den EA der HE dient (siehe Abschnitt 3.4.1). Nach dem Durchlaufen des iterativen Programmablaufs werden die vielversprechendsten Maßnahmen über das Berichtsmodul an die Entscheidungsträger weitergeleitet (siehe Abschnitt 3.1).

3.5.1 Die domänenspezifische Modellierungssprache des logistischen Assistenzsystems nach Dross und Rabe [DR14]

Das betrachtete LAS verwendet eine domänenspezifische Modellierungssprache, um den Prozess der Maßnahmenerstellung und -bearbeitung zu vereinfachen. Eine Modellierungssprache besteht aus der Syntax, die die Notation beschreibt, und der Semantik, durch die eine Definition der Bedeutung gegeben wird [GRR09]. Modellierungssprachen lassen sich in universal einsetzbare und domänenspezifische Sprachen gliedern. Im Gegensatz zu der weit verbreiteten universalen Modellierungssprachen, wie beispielsweise die Unified Modeling Language (UML), fokussiert sich die DSMS auf eine bestimmte Problemstellung [GRR09]. In dem LAS mit dem sich diese Arbeit beschäftigt, liegt der Fokus der DSMS auf der Beschreibung von Maßnahmen in LNW [RSA18b]. Modellierungssprachen werden verwendet, um komplexe Problemstellungen zu vereinfachen. Im Fall der von Rabe et al. in [RSD17] vorgestellten

DSMS ist die Intention den Prozess der Maßnahmenerstellung zu vereinfachen. Erreicht wird diese Vereinfachung durch die Abstraktion des originalen Systems.

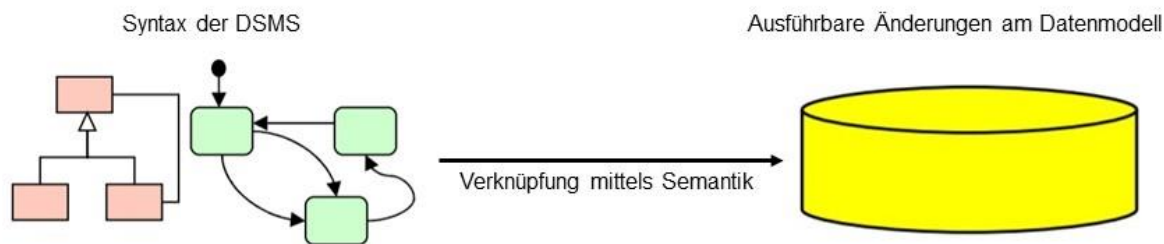


Abb. 10 Struktur der domänenspezifischen Modellierungssprache im logistischen Assistenzsystem nach Dross und Rabe [DR14] nach [GRR09]

In Abb. 10 ist der Struktur der DSMS im LAS nach Dross und Rabe visualisiert [DR14]. Die Syntax der Modellierungssprache kann entweder textuell oder grafisch umgesetzt werden [RSA17]. Die behandelte DSMS setzt auf eine textuelle Implementierung der Syntax. Über die Semantik wird die Syntax mit den Elementen der Domäne, also dem Datenmodell, verknüpft. Im LAS sind Änderungen an dem Datenmodell das Resultat dieser Verknüpfung. Wie in Abb. 9 dargestellt, ist die DSMS Teil mehrerer Systeme des LAS. Nutzer werden bei der Erstellung, Verwaltung und Verwendung von Maßnahmen und Maßnahmentypen durch die DSMS unterstützt. Umgesetzt wird diese Unterstützung durch eine Fokussierung auf die domänenrelevanten Aspekte [RSA17]. Intuitive Umsetzungen ermöglichen selbst IT-fremden Nutzern einen Zugang.

Rabe et al. setzen in [RSA17] auf die Einführung einer externen Sprache. Im Gegensatz zu internen Sprachen wird bei externen Sprachen eine Syntax gewählt, die unabhängig von der Sprache der Hauptanwendung ist. Die Verbesserung der Flexibilität ist jedoch auch mit der Notwendigkeit die DSMS in die Anwendungssprache umzuwandeln verbunden. So werden die Maßnahmen, die aus den in der DSMS verfassten Maßnahmentypen abgeleitet werden, in beispielsweise SQL-Befehle abgewandelt. Durchgeführt wird die Umwandlung im LAS über die in Abb. 6 dargestellte Ausführungseinheit.

3.5.2 Maßnahmentypdesigner

Der Maßnahmentypdesigner ist die Komponente des LAS, mit der neue Maßnahmen erstellt werden. Er besteht aus einem Interface, über das der Nutzer auf die in der DSMS definierten Funktionen zurückgreifen kann [RAS18]. Daher ist der Maßnahmentypdesigner das Bindeglied zwischen dem softwaretechnischen Unterbau und dem Logistikverständnis der Nutzer [RDS17]. Mithilfe der Abstraktion, die durch die DSMS umgesetzt wird, ermöglicht der Maßnahmentypdesigner auch Nutzern ohne IT-Kenntnisse ein Verständnis der Maßnahmen. Neben dem Erstellen von Maßnahmentypen können Nutzer über den Maßnahmentypdesigner auch Maßnahmentypen bearbeiten. Dafür kann der Maßnahmentypdesigner, wie in Abb. 9 dargestellt, auf das Maßnahmentypenverzeichnis zugreifen [RSD17]. Weiterhin sind diese Zugriffe notwendig, um komplexe Maßnahmentypen zu erstellen. Diese bestehen teilweise aus verschiedenen einzelnen Maßnahmentypen. Ein Beispiel hierfür ist der Maßnahmentyp „Zentralisieren eines Warentyps“, der unter anderem aus Änderungen an den Transportrelationen, Speichereinheiten, Mindestbeständen besteht [RSD17]. Mithilfe der DSMS lassen

sich im Maßnahmentypdesigner verschiedene Maßnahmentypen aus dem Maßnahmentypenverzeichnis verketteten. Damit lassen sich auch Strukturen für ebensolche komplexen Maßnahmentypen modellieren [RSD17].

4 Kollaboratives Arbeiten mit nutzergenerierten Maßnahmentypen

In Systemen, die nicht auf kollaboratives Arbeiten ausgelegt sind, kann es zu Problemen innerhalb der Kollaborationsgruppen kommen. Daher ist auch die Anpassung des LAS nach Dross und Rabe an kollaborative Arbeitsumgebungen notwendig. Dafür werden in diesem Kapitel die Probleme beim kollaborativen Entwickeln, Verwalten und Nutzen von Maßnahmen identifiziert. Diese dienen als Grundlage für die folgende Konzepterstellung. Zuerst erfolgt die Identifikation verschiedener Nutzungsszenarien, die bei der kollaborativen Arbeit mit den Maßnahmen auftreten können (siehe Abschnitt 4.1). Daraufhin werden in Abschnitt 4.2 handelnde Personen beziehungsweise Personengruppen in diesen Szenarien erläutert. Dieses Kapitel schließt mit der Ausarbeitung einer Anforderungsliste für die weitere Entwicklung des Konzeptes in Abschnitt 4.3.

4.1 Nutzungsszenarien von kollaborativer Arbeit mit Maßnahmentypen

In diesem Abschnitt werden einige Szenarien skizziert, in denen bei der Entwicklung, Verwendung und Verwaltung von Maßnahmentypen bei kollaborativer Arbeitsteilung Probleme entstehen können. In der bisherigen Forschung wurde die kollaborative Arbeit mit dem LAS nach Dross und Rabe in den recherchierten Quellen nicht untersucht. Daher werden in diesem Abschnitt Szenarien ausgewählt, deren Auftreten als wahrscheinlich erachtet wird. Wie in Abschnitt 3.5.2 beschrieben, wird das Erstellen und Bearbeiten mithilfe des Maßnahmentypendesigners vollzogen. Der Nutzer kommt daher in erster Linie über den Maßnahmentypdesigner mit den Maßnahmentypen in Kontakt. Die Verwendung von Maßnahmentypen findet durch die Auswahl von Maßnahmentypen im Szenariokonfigurator sowie bei der Parametrierung und Filterung dieser statt (siehe Abschnitt 3.5). Im iterativen Programmablauf wird eine automatisierte Auswahl der Maßnahmen durch die HE vollzogen, weshalb hier kein Einwirken der Nutzer erforderlich ist.

4.1.1 Kollaborative Entwicklung von Maßnahmentypen

Bei der kollaborativen Entwicklung und Erstellung von Maßnahmen kann es zu verschiedenen Problematiken kommen, die in diesem Absatz näher betrachtet werden. Diese Problematiken entstehen in der Regel aufgrund von mangelnder Kommunikation oder mangelnden Kenntnissen beziehungsweise Erfahrungen im Umgang mit der Software. Die zentralen Probleme in dem Anwendungsfall bestehen aus dem Erstellen von redundanten Maßnahmentypen, Maßnahmentypen, die in der Anwendungen Fehlfunktionen auslösen, und Maßnahmentypen, die sich in der Realität nicht umsetzen lassen. Eine Darstellung dieser Problematiken ist in Abb. 11 gegeben.

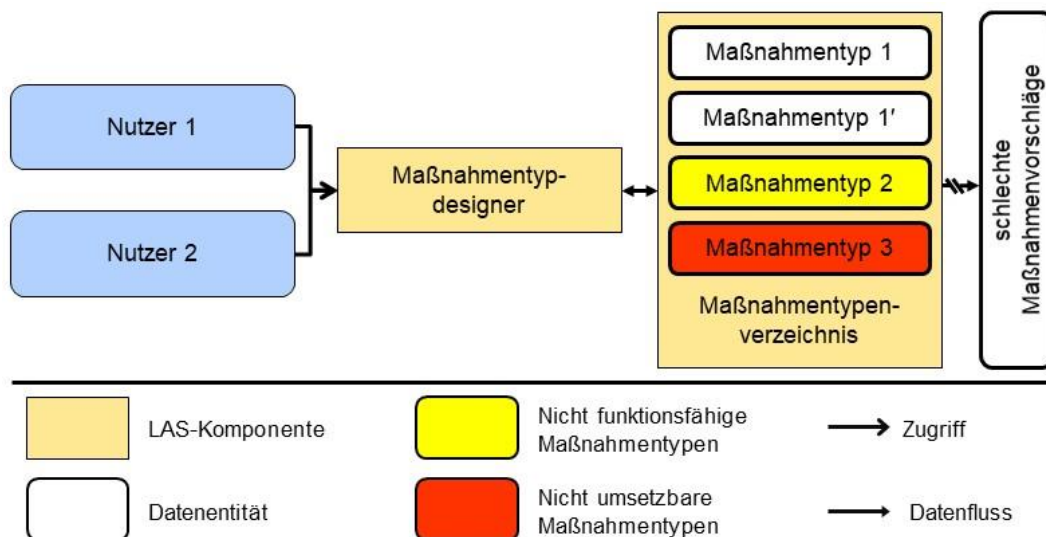


Abb. 11 Erstellung fehlerhafter Maßnahmentypen in einer Kollaborationsumgebung

Die Erstellung redundanter Maßnahmentypen ist in der Regel auf mangelnde Kommunikation zurückzuführen, kann aber auch mit Unerfahrenheit im Umgang mit dem LAS zusammenhängen. Redundante Maßnahmentypen im Suchraum der Heuristikeinheit verlängern die Simulationszeit exponentiell und sind daher zu vermeiden (siehe Abschnitt 3.4.1). Redundante Maßnahmentypen müssen dabei nicht zwingend Maßnahmentypen mit identischem Quellcode in der DSMS sein (siehe Abschnitt 3.5.1). Es ist ebenso möglich, dass zwei Maßnahmentypen mit unterschiedlichem Quellcode die gleichen Änderungen in der Datenbank hervorrufen. Die kollaborative Entwicklung von Maßnahmentypen erfolgt in der Regel durch Abteilungen der Logistikplanung oder Projektteams. Redundante Maßnahmen treten im Zusammenhang mit mangelnder Kommunikation auf, wenn beispielsweise durch räumliche Trennung zwischen den Kollaborateuren eine unzureichende Koordination der Arbeitsteilung erfolgt oder diese ganz ausbleibt. Ein Beispiel für diesen Fall ist die Suche nach Maßnahmenvorschlägen für ein aktuelles Problem. Hierbei kann es vorkommen, dass mehrere Nutzer Maßnahmentypen für das vorliegende Problem erstellen und dabei identische Maßnahmentypen erarbeiten. Andererseits kann Mitarbeitern aus Unwissenheit unterlaufen, dass Maßnahmentypen, die bereits zu den Standardmaßnahmentypen gehören, neu erstellt werden. Zentrale Ursache hierfür ist die Unerfahrenheit der Mitarbeiter, aber auch ein übergroßes und unübersichtliches Maßnahmentypenverzeichnis kann diesen Fall der redundanten Maßnahmentypenstellung verursachen.

Bei der Erstellung nicht funktionsfähigen Maßnahmentypen handelt es sich um Fehler in den Maßnahmentypen, sodass Änderungen in der Datenbank vollzogen werden, die nicht beabsichtigt sind. Änderungen in den Konfigurationsdaten können die Bestände verändern, wohingegen Änderungen in den Strukturdaten Standorte verlegen können (siehe Abschnitt 3.4.2). Die Folgen reichen dabei von Verfälschungen in den Simulationsergebnissen durch falsche Konfigurationen zu nicht simulationsfähigen Modellen beispielsweise durch das Löschen von benötigten Strukturdaten für einen Standort. Ursache hierfür sind beispielsweise unzureichende Kenntnisse des LAS. Kommunikationsbedingt treten derartige Problematiken in der Regel selten auf, da die Struktur der Daten in als gleichbleibend festgelegt wird (siehe Abschnitt 3.1). Folglich lassen sich hier stets die gleichen Umgebungsbedingungen finden, wodurch Probleme aufgrund von Überschneidungen aus kollaborativer Nutzung minimiert werden.

Weiterhin kann die Problematik der Maßnahmentypenstellung von in der Realität nicht umsetzbaren Maßnahmentypen auftreten. Bei der Erstellung von Maßnahmentypen lässt sich allerdings kaum anhand der DSML-Quellcodes erkennen, aus welchem Maßnahmentyp sich nicht realisierbare Maßnahmenvorschläge ergeben. Während die Identifizierung nicht umsetzbarer, struktureller Maßnahmentypen anhand des Quellcodes teilweise noch möglich ist, können konfigurative Maßnahmentypen oftmals nur sehr schwierig erkannt werden. Daher wird in dieser Arbeit vornehmlich die Entwicklung von strukturellen Maßnahmentypen betrachtet (siehe Abschnitt 3.3). Maßnahmentypen, die in einem solchen Szenario auftreten können, haben kein Pendant in dem realen System. Ursache dafür ist die softwaretechnische Umsetzung der Maßnahmenerstellung über ein Maßnahmentypenverzeichnis (siehe Abschnitt 3.5.2). Die Parametrierung der Maßnahmentypen erfolgt für verschiedene Datenbankeinträge, sodass aus einem abgeleiteten Maßnahmentyp sowohl realisierbare als auch nicht umsetzbare Maßnahmen erstellt werden können. Als Beispiel für nicht umsetzbare, strukturelle Maßnahmentypen lässt sich hier die Erstellung eines Maßnahmentyps für die Schließung von Logistikstandorten nennen, wenn die Durchführung von Schließungen in der Realität kein möglicher Vorgang ist. Gründe für die nicht praktikable Maßnahmentypen können vielseitig sein. Denkbar ist in diesem Beispiel die vertraglich festgelegte Aufrechterhaltung der Standorte wie sie in der Automobilbranche Anwendung findet. Ableiten lassen sich diese Kollaborationsprobleme aus der fehlenden Berücksichtigung von Rahmenbedingungen durch den Maßnahmentypersteller. Ursache dieser Problematik ist folglich die Ermangelung von Kenntnissen des realen Systems. Maßnahmentypersteller können entweder durch falsche Annahmen oder mangelhafte Kommunikation mit den Mitarbeitern der entsprechenden Abteilung Auslöser dieses Problems sein. Um dieses Problem zu vermeiden ist daher nicht nur effiziente Kollaboration innerhalb der Abteilung oder Projektteams, sondern auch die Kollaboration und Kommunikation über Abteilungs- und Unternehmensgrenzen hinweg notwendig.

4.1.2 Kollaborative Verwendung von Maßnahmentypen

Die kollaborative Verwendung von Maßnahmentypen bezieht sich auf deren Nutzung innerhalb der verschiedenen Komponenten des LAS. Nutzereingriffe sind in diesem Kontext vorrangig bei der Szenariokonfiguration, Parametrisierung und Filterung einzuordnen (siehe Abschnitt 3.5). Daher sind dies die Bereiche in denen Probleme der kollaborativen Arbeit auftreten. Bei der Verwendung von Maßnahmentypen sind die Problematiken vorrangig kommunikationsbasiert, können aber auch durch fehlende Kenntnisse des LAS hervorgerufen werden. Infolge von schlechter Kommunikation kann es zur Verwendung inkorrektur Maßnahmentypen kommen. Ein inkorrektur Maßnahmentyp kann in diesem Kontext beispielsweise ein nicht fertig entwickelter, veralteter oder fehlerhafter Maßnahmentyp sein. In der Folge werden ähnlich wie bei den in Abschnitt 4.1.1 beschriebenen, nicht funktionsfähigen Maßnahmentypen unbeabsichtigte Änderungen an der Datenbank vorgenommen. Hier können die Folgen also ebenso von verfälschten Simulationsergebnissen zu nicht nutzbaren Simulationsmodellen reichen. In diesem Abschnitt wird die Verwendung inkorrektur Maßnahmentypen, die von anderen Nutzern erstellt wurden, betrachtet. Ursache hierfür ist, dass in Abschnitt 4.1.1 bereits eine Betrachtung inkorrektur Maßnahmentypen, die vom verwendenden Nutzer erstellt wurden, vorgenommen wurde. Die Verwendung von inkorrektur Maßnahmentypen lässt sich im Gegensatz zur Entwicklung von nicht funktionsfähigen Maßnahmentypen auf mangelhafte Kommunikation zurückführen. So ist

beispielsweise die Auswahl von Maßnahmentypen im Szenariokonfigurator denkbar, die von Kollaborateuren falsch oder noch nicht vollständig erstellt wurden. Auch die Auswahl von veralteten Maßnahmentypen kommt hierfür in Frage. In diesem Fall würde eine solche Auswahl stattfinden, obwohl der Status der Maßnahmentypen dem erstellenden Nutzer bekannt ist, er diesen aber nicht mit dem verwendenden Nutzer kommuniziert.

Ein weitere Herausforderung lässt sich bei der Parametrierung und Filterung von Maßnahmentypen identifizieren. Bei unzureichenden informellen Daten über Parametrierung ist eine falsche Parametrierung der Maßnahmentypen möglich (siehe Abschnitt 3.3). Weiterhin ist auch Unerfahrenheit im Umgang mit Maßnahmentypen eine mögliche Ursache. Während bei primitiven Parametern in der Regel nur geringe Auswirkungen auf das Ergebnis zu erwarten sind, können falsche Entitätsparameter deutlichen Einfluss auf die Simulationsergebnisse nehmen (siehe Abschnitt 3.5). So ist beispielsweise der Einfluss von Bestandsänderungen, einem primitiven Parameter, um 20 statt 10 Einheiten gering. Dagegen kann das falsche Parametrieren von Entitätsparametern beispielsweise Änderungen an falschen Standorten hervorrufen und die Simulationsergebnisse unbrauchbar machen. Ebenso ist die Erzeugung unbrauchbarer Maßnahmen möglich, wenn zum Beispiel die Parametrierung Änderungen an Speichereinheiten vorsieht, die nicht vorhanden sind. Außerdem können unzureichende Fähigkeiten im Umgang mit Maßnahmentypen und missverständliche Parameter Probleme bei der Filterung von Maßnahmentypen verursachen. So kann die Filterung nach falschen Parametern und deren Beträgen in gleichem Maße wie eine falsche Parametrierung den Ergebnissen die Nutzbarkeit entziehen.

4.1.3 Verwaltung von Maßnahmentypen in einem kollaborativen Umfeld

In diesem Abschnitt liegt der Fokus auf Problematiken, die bei der Verwaltung von Maßnahmentypen in einem kollaborativen Umfeld auftreten können. Von dieser Verwaltung sind hauptsächlich Maßnahmentypen betroffen, deren Verwendung nicht sinnvoll ist. Somit müssen die in den vorigen Kapiteln beschriebenen redundanten, nicht funktionsfähigen, nicht umsetzbaren oder veralteten Maßnahmentypen bearbeitet oder gelöscht werden. Auf der einen Seite können zu viele Maßnahmentypen in dem in Abschnitt 3.4.1 beschriebenen Suchraum der HE die Simulationszeit exponentiell erhöhen. Weiterhin können unbrauchbare Maßnahmentypen im Maßnahmentypenverzeichnis im LAS verwendet werden, wodurch die in Abschnitt 4.1.2 beschriebenen Problematiken entstehen. Auf der anderen Seite können Operationen für die Selektion der Maßnahmentypen dafür sorgen, dass relevante Maßnahmentypen gelöscht oder umgeschrieben werden. Folglich ist in diesem Bereich effiziente Koordination und Kommunikation der Kollaborateure notwendig, um eine effektive Verwaltung der Maßnahmentypen zu ermöglichen.

Überschüssige Maßnahmentypen können sich aus verschiedenen Gründen anhäufen. Ein Grund ist beispielsweise die in Abschnitt 4.1.1 angesprochene Erstellung von redundanten Maßnahmentypen. Wie in diesem Kapitel bereits erläutert, sind redundante Maßnahmentypen nicht ausschließlich durch den gleichen Quellcode in der DSMS zu identifizieren. Redundante Maßnahmentypen können sich trotz unterschiedlichem Quellcode zu Maßnahmen ableiten lassen, die dieselben Änderungen in der Datenbank hervorrufen. Dennoch können minimale Unterschiede in dem Quellcode einer Vielzahl an unterschiedlichen Maßnahmen führen. Es ist folglich nicht trivial redundante Maßnahmentypen zu identifizieren. Als weiteren Grund für überschüssige Maßnahmentypen lässt sich die in Abschnitt 4.1.1

beschriebene Entwicklung nicht funktionsfähiger beziehungsweise nicht umsetzbarer Maßnahmentypen nennen. Wie in Abschnitt 4.1.1 beschrieben, sind nicht umsetzbare Maßnahmentypen teilweise schwierig zu erkennen. Neben den genannten Ursachen kann auch die natürliche Ansammlung von Maßnahmentypen Ursprung für überschüssige Maßnahmentypen sein. Ohne entsprechende Verwaltung der Maßnahmentypen sammeln sich so beispielsweise Maßnahmentypen aus alten Projekten an. Besonders Maßnahmentypen, die für sehr spezielle Aufgabenstellungen entwickelt wurden, lassen sich nicht immer wiederverwerten und sammeln sich unnötigerweise im Maßnahmentypenverzeichnis an.

Auf der anderen Seite ist es jedoch auch möglich, dass bei der Verwaltung zukünftig relevante Maßnahmentypen bearbeitet oder gelöscht werden. Dabei ist es für den verwaltenden Kollaborateur besonders in großen Kollaborationsteams schwierig einen Überblick über die aktuell benötigten Maßnahmentypen der anderen Kollaborateure zu gewinnen. Weiterhin können sich einige Maßnahmentypen, die in aktuellen Projekten keine Anwendung finden, in zukünftigen Projekten als vielversprechend erweisen. In der kollaborativen Nutzung von Maßnahmen ist der Ersteller der Maßnahmentypen nicht der einzige Nutzer dieser, was die Identifizierung von zukünftig nicht relevanten Maßnahmentypen weiter erschwert. So ist bei einer derartige Arbeitsteilung eine Wiederverwendung von Maßnahmen durch alle Kollaborateure möglich. Es ist folglich eine gute Kommunikation zwischen den Kollaborateuren notwendig, um zukünftig nicht relevante Maßnahmentypen zu bestimmen. Hier bestehen jedoch auch Unterschiede in den Folgen, die die Operatoren Löschen und Bearbeiten auslösen. So ist bei gelöschten Maßnahmentypen im Gegensatz zu bearbeiteten Maßnahmentypen in der Regel keine Wiederherstellung möglich. Daher sind Nutzer oftmals beim Löschen zögerlicher als beim Bearbeiten von Daten. Dennoch können auch durch Kollaborateure bearbeitete Maßnahmentypen einen beträchtlichen Mehraufwand für den Ersteller des Maßnahmentyps bedeuten, sofern er diesen noch für eine Optimierung benötigt. Unter Umständen ist sogar die Implementierung eines neuen Maßnahmentyps mit weniger Aufwand verbunden, als die Bearbeitung rückgängig zu machen. Dies ist vorwiegend damit zu begründen, dass es für die Nutzer kompliziert sein kann Änderungen durch die Kollaborateure zu erkennen. Nennenswert ist diese Problematik im Wesentlichen bei komplexen Maßnahmen. Änderungen können in langen Quellcodes untergehen. Ebenso können vermeintlich kleine Änderungen in den Maßnahmentypen schwer zu erkennen sein und dessen Funktion trotzdem wesentlich beeinflussen. Zusätzlich sind andere Maßnahmentypen, die auf die bearbeiteten Maßnahmen aufbauen gleichermaßen von den Änderungen betroffen. Diese Änderungen fallen bei der Inspektion des verweisenden Maßnahmentyps jedoch nicht zwingend auf.

4.1.4 Mehrfachzugriffe in der kollaborativen Arbeit mit Maßnahmentypen

Im diesem Abschnitt werden konkurrierende Zugriffe von Nutzern auf Maßnahmentypen untersucht. Diese Mehrfachzugriffe können in allen zuvor beschriebenen Bereichen der kollaborativen Arbeit auftreten und daher in diesem Absatz gesondert aufgeführt. Hierbei sind die Zugriffe weitestgehend nach den Rollen, die ein Nutzer bei der Entwicklung-, Verwendung- und Verwaltung von Maßnahmentypen einnehmen können, zu unterscheiden. Auf Basis der verschiedenen Aufgaben dieser Nutzerrollen, die in Abschnitt 4.2 näher beschrieben werden, werden diesen Rollen verschiedene systemspezifische Rechte zugeschrieben. In diesem Abschnitt werden aufgrund der noch nicht durchgeführten Ausführung der Rollen zunächst nur die Mehrfachzugriffe auf Grundlage der Rechte der

Nutzer elaboriert. Zugriffsrechte lassen sich im Kontext der EDV-Anwendungen als Regeln beschreiben, die darüber entscheiden, ob und wie ein Benutzer Programme, Programmfunktionen, Datenaktionen und weiteres ausführen darf. Im Beispiel der kollaborativen Arbeit mit dem betrachteten LAS erlauben die Rechte dem Nutzer die elementaren Datenoperatoren², also das Erstellen, Lesen, Bearbeiten und Löschen der Maßnahmentypen, durchzuführen. Hinzu kommt die Berechtigung die Maßnahmentypen in einer Optimierung mithilfe des LAS auszuführen. Neben diesen Nutzerrechten ist es wichtig die Rechte der Nutzer ändern und vergeben zu können. Dieses Recht ist in der Regel dem Systemadministrator vorbehalten. Mehrfachzugriffe können in der Regel durch das Sperren der Dateien, auf die von einem Nutzer zugegriffen wird, vermieden werden. Ist jedoch eine zeitgleiche kollaborative Arbeit mit den Maßnahmentypen gewünscht, so sind Mehrfachzugriffe kaum zu vermeiden.

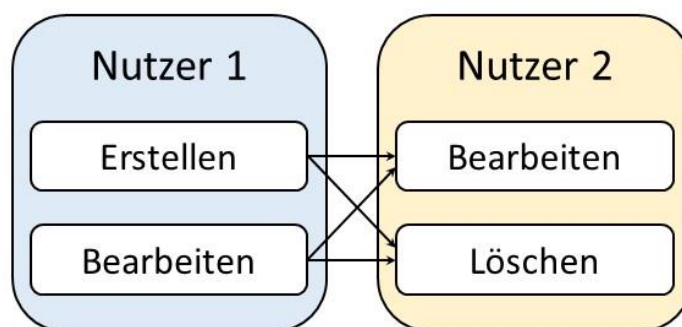


Abb. 12 Szenarien konkurrierender Zugriffe zwischen Nutzern des LAS

In diesem Abschnitt wird besonders auf die Herausforderungen bei multiplen Nutzerzugriffen auf einen Maßnahmentyp eingegangen. Mit Kombinationen der zuvor benannten elementaren Datenfunktionen sind verschiedenste Szenarien denkbar. In Abb. 12 sind die Kombinationen aus den Operatoren dargestellt, die Zugriffskonflikte auslösen können. Die Pfeile verdeutlichen dabei die Abfolge der Operatoren. Die Szenarien beginnen mit der Erstellung oder Bearbeitung durch Nutzer 1. Währenddessen werden die Maßnahmentypen durch Nutzer 2 entweder bearbeitet oder gelöscht. Alle Szenarien mit diesen Operatoren, die mehr als zwei Nutzern beinhalten, lassen sich auf eines der Zweinutzer-Szenarien, die in Abb. 12 dargestellt sind, vereinfachen. Die zusätzlichen Nutzer erfahren die selben Problematiken wie Nutzer 1, wenn einer der fraglichen Operatoren von Nutzer 2 angestoßen wird. In Abb. 12 wird deutlich, dass sich besonders Szenarien, in denen die Funktionen Bearbeiten und Löschen enthalten sind, als problematisch darstellen. Ursache hierfür ist die Tatsache, dass beiden Operatoren Änderungen an einer Datei durchführen, die von einem anderen Nutzer erstellt oder bearbeitet werden. Da dies bei der Lesen-Funktion nicht der Fall ist, werden hier keine Konflikte erzeugt. Die betrachteten Operatoren lassen sich der Entwicklung und Verwaltung von Maßnahmentypen zuordnen.

² Englischsprachiges Akronym CRUD für die grundlegenden Operationen: Create, Read, Update, Delete

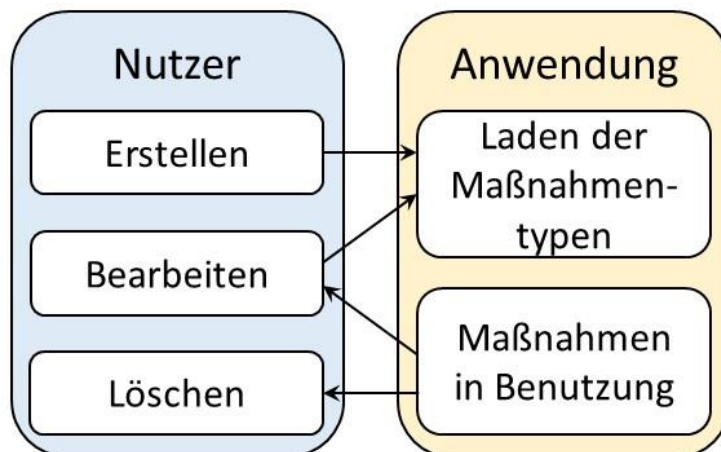


Abb. 13 Szenarien konkurrierender Zugriffe durch Nutzer und Anwendung im logistischen Assistenzsystem

Neben den konkurrierenden Zugriffen der Nutzer auf die Maßnahmentypen können ebenso Probleme bei konkurrierenden Zugriffen von Nutzer und Anwendung auftreten (siehe Abb. 13). Einerseits entstehen Zugriffskonflikte, wenn die HE des LAS während dem Erstellen oder Bearbeiten von Maßnahmentypen auf diese zugreifen will. Andererseits können beim Bearbeiten oder Löschen der Maßnahmentypen Probleme auftreten, solange diese von der Anwendung abgerufen werden. Auch hier wird die Abfolge durch die Richtung der Pfeile abgebildet. Ebenso ist in diesen Szenarien die Lesen-Funktion von geringer Bedeutung. Die beschriebenen Problematiken lassen sich als Konflikte zwischen Verwendung von Maßnahmentypen und den Bereichen der Entwicklung und Verwaltung von Maßnahmentypen einordnen.

Für die Problematiken beider Konflikttypen gibt es verschiedenste Lösungen, die in bestehenden Programmen eine Anwendung finden. Die Vorgehensweisen bestehender Softwarelösungen zur Bewältigung dieser Probleme werden im Folgenden beim Vergleich dieser Kollaborationswerkzeuge in Abschnitt 5.1 näher betrachtet.

4.2 Nutzerrollen bei der Arbeit mit Maßnahmen

In der zugrunde liegenden Arbeit [RDS17] sind bereits die Nutzerrollen des KPIMS-Experten, Simulationsexperten und Entscheidungsträger genannt worden. Für Zugriffe bei beispielsweise der Parametrierung oder dem Konfigurieren von Szenarien sind in diesen Arbeiten jedoch keine Nutzerrollen definiert. Weiterhin sind die Nutzerrollen von Rabe et al. in [RDS17] nicht näher beschrieben. Daher befassen sich die folgenden Abschnitte mit den verschiedenen Nutzerrollen, die bei der Entwicklung, Verwendung und Verwaltung von Maßnahmen beziehungsweise Maßnahmentypen auftreten können.

Die Optimierung eines Handelsnetzwerkes mithilfe eines simulationsbasierten LAS ähnelt im Ablauf vielen Simulationsstudien. Für eine Simulationsstudie beschreiben Gutenschwager et al. [GRS17] eine durch das Verhältnis von Auftragnehmer und Auftraggeber geprägte Aufgabenteilung. Diese

Aufgabenteilung besteht unabhängig von der Simulationsdurchführung durch unternehmensinterne oder -externe Projektteams.

In den folgenden Abschnitten werden die Rollen, die bei der Arbeit mit dem behandelten LAS von Bedeutung sind, näher beschrieben. Dabei ist es keine allgemeingültige Aussage über die vorherrschenden Verhältnisse aller Unternehmen möglich. So ist es möglich, dass in kleineren Unternehmen mehrere Rollen von einer Person übernommen werden. Andererseits ist jedoch eine Bekleidung von einer Rolle mit mehreren Personen in großen Unternehmen denkbar. Weiterhin befassen sich die verschiedenen Rollen mit unterschiedlichen Bereichen im Umgang mit Maßnahmentypen. Angelehnt an Abschnitt 324.1 werden die Nutzerrollen der Entwicklung, Verwaltung oder Nutzung von Maßnahmentypen zugeordnet.

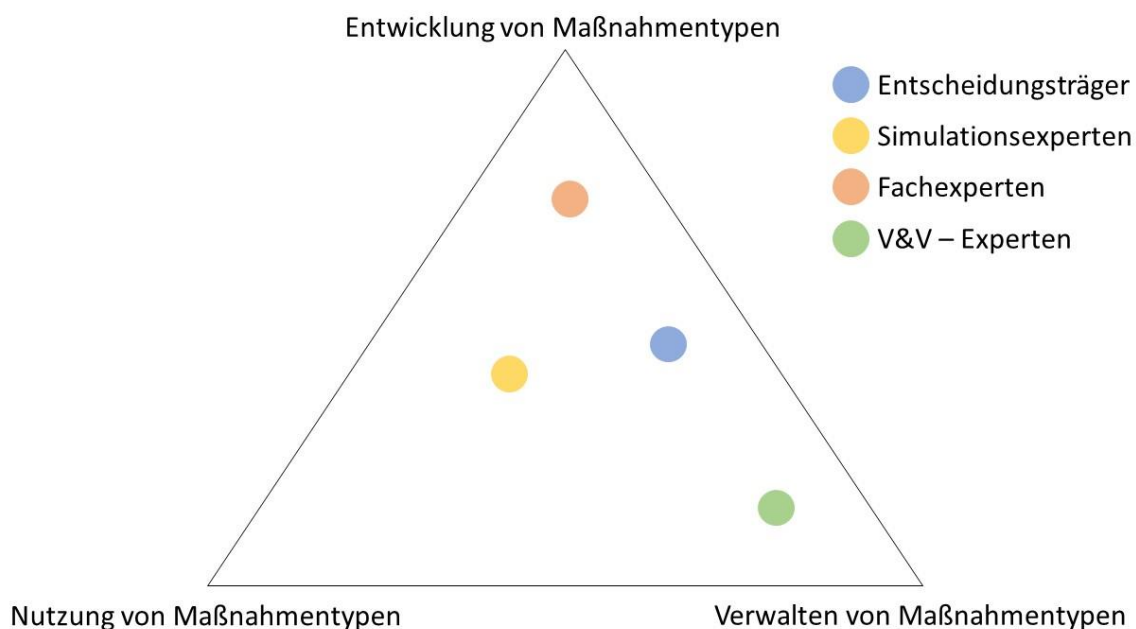


Abb. 14 Einordnung der Aufgabenbereiche der Nutzerrollen

In Abb. 14 ist eine Zuordnung der Nutzerrollen zu den Aufgabenbereichen der Entwicklung, Verwendung und Verwaltung von Maßnahmentypen visualisiert. Diese Einteilung basiert auf der im Folgenden vorgenommenen Charakterisierung dieser Aufgabenbereiche. Wie eingangs beschrieben ist eine derartige Einteilung nicht allgemeingültig für jedes Unternehmen möglich. Daher ist die in Abb. 14 dargestellte Einordnung als Orientierungshilfe für die Zuordnung der Rollen zu den Nutzungsszenarien zu sehen.

4.2.1 Entscheidungsträger

Den Entscheidungsträger obliegt die Verantwortung für die angewendeten Maßnahmen. Daher werden ihnen im betrachteten Anwendungsfall die Maßnahmen, die sich in der Bewertung durch die HE als vielversprechendste gezeigt haben, über das Berichtsmodul zugespielt (siehe Abschnitt 3.1). In Abhängigkeit der Tragweite der Maßnahmenvorschläge können die Entscheidungsträger in verschiedenen Hierarchieebenen angesiedelt sein. Beispielsweise kann die Zuständigkeit für Bestandsänderungen bei der Bereichsleitung angesiedelt sein. Dahingegen erfordern schwerwiegendere Maßnahmen wie das Zentralisieren der Distribution bestimmter Produkte höhere Hierarchieebenen. Hierfür können Manager als Beispiel genannt werden. Eine derartige Zuordnung ist nicht allgemeingültig für jegliche Unternehmen möglich.

Das Berichtsmodul erlaubt den Entscheidungsträgern auch einen Einblick in die Simulationsergebnisse. Auch wenn Manager aus dem Bereich der Logistik primär für die Optimierung des Logistiknetzwerkes verantwortlich sind, ist eine Zusammenarbeit mit Managern aus anderen Bereichen für den Erfolg des Unternehmens wichtig. So ist beispielsweise eine Koordination der Bereiche Einkauf, Vertrieb und Logistik bei dem Bestandsmanagement erforderlich, um erforderliche Mindestbestände nicht zu unterschreiten. Deutlich wird die notwendige Zusammenarbeit bei Überschneidungen durch die Verteilung der KPI-Berichte an oftmals mehrere Entscheidungsträger (siehe Abschnitt 3.2, [RD14]). Daher ist die Zugänglichkeit des Berichtsmoduls für die verschiedenen Entscheidungsträger erforderlich. Weiterhin ist im Berichtsmodul eine Feedbackfunktion für die Entscheidungsträger implementiert. Beispiele für ein mögliches Feedback der Manager sind Maßnahmen, die in der Realität nicht umsetzbar sind, oder die erwartbaren Effekte, die angewendete Maßnahmen auf das reale System haben [RSD17]. Weiterhin liegt es in der Verantwortung der Entscheidungsträger die Maßnahmenvorschläge, die von der HE als vielversprechend identifiziert wurden, im realen System umzusetzen. Hierin liegt auch die Relevanz der Transparenz der Ergebnisse begründet. Wenn etwa ein Entscheidungsträger den Simulationsergebnissen misstraut und die Maßnahmenvorschläge nicht anwendet werden, sind alle vorangegangenen Schritte unbrauchbar.

Die Entscheidungsträger nehmen in der Regel nur eine indirekte Rolle bei der Entwicklung und Verwaltung von Maßnahmen ein. In Abb. 14 sind die Entscheidungsträger daher auch diesen Bereichen zugeordnet. Ihnen wird die Einflussnahmen über die Feedback-Funktion des Berichtsmoduls zugedacht (siehe Abschnitt 3.1). Das Erstellen, Nutzen oder Verwalten von Maßnahmentypen durch die Entscheidungsträger selbst ist dagegen eher der Ausnahmefall. Auch hier ist keine allgemeingültige Aussage für alle Unternehmen zu treffen. In kleineren Unternehmen und bei Maßnahmen mit begrenzten Auswirkungen ist der Kontakt zwischen Entscheidungsträgern und Kollaborateuren intensiver und es sind zumeist weniger Hierarchieebenen vorhanden. Bei Maßnahmentypen mit geringeren Auswirkungen sind oftmals Entscheidungsträger, die enger mit den Simulationsteams verbunden sind, zuständig. Daher tritt ein direktes Einwirken durch Entscheidungsträger hierbei tendenziell öfter auf.

Dahingegen nehmen Entscheidungsträger in größeren Unternehmen und bei weitreichenderen Maßnahmen über Anweisungen Einfluss auf die Entwicklung und Verwaltung von Maßnahmentypen. So ist die Einflussnahme der Entscheidungsträger über die Veranlassung einer Prüfung von sogenannten What-If-Szenarien denkbar. Hierbei lassen die Entscheidungsträger denkbare Szenarien testen, um das Verhalten der Systeme unter Einwirkung verschiedener Änderungen zu erfassen.

4.2.2 Simulationsexperten

Die Hauptanforderungen an die Simulationsexperten sind gute Kenntnisse im Bereich der ereignisdiskreten Simulation. Die Grundstruktur des abgebildeten Systems ist dabei Grundlage für das Simulationsmodell (siehe Abschnitt 2.4). Die Schwierigkeit in der Arbeit des Simulationsexperten besteht darin, so wenig wie möglich aber so viel wie nötig zu modellieren. Zu detaillierte Modelle erhöhen einerseits den Modellieraufwand und belasten andererseits die Rechnerkapazitäten. Zu abstrakte Modelle liefern möglicherweise nicht die geforderte Genauigkeit der Ergebnisse. Weiterhin liegt es in der Verantwortung der Simulationsexperten die Planung und Durchführung der Experimente mit dem Simulationsmodell zu begleiten oder selbst durchzuführen. Im betrachteten Anwendungsfall sind die Randbedingungen der Experimente durch die entwickelten Maßnahmen festgelegt. Außerdem wird bereits in vorangegangenen Arbeiten eine Software beschrieben, die den Prozess der Modellbildung automatisiert [RDS17, RSD17]. So erstellt der Modellgenerator ein Datenmodell aus den Rohdaten des Data Warehouse, solange die Struktur der Rohdaten unverändert bleibt (siehe Kapitel 3). Folglich reduziert sich der Aufgabenbereich der Simulationsfachleute im betrachteten LAS auf die in dieser Arbeit thematisierte Entwicklung, Verwaltung und Verwendung von Maßnahmentypen. Hauptaugenmerk der Simulationsexperten liegt dabei wie in Abb. 14 visualisiert auf der Entwicklung und Verwendung von Maßnahmentypen. Wie eingangs beschrieben werden bei der Verwendung von Maßnahmentypen die Randbedingungen der Simulationsexperimente festgelegt und diese durchgeführt. Mit den Erfahrungen aus den Simulationsexperimenten kann der Simulationsexperte die Verwaltung von Maßnahmentypen unterstützen. Dabei lässt sich insbesondere das Bearbeiten von nicht funktionsfähigen Maßnahmentypen nennen.

4.2.3 Fachexperten

Eine weitere Nutzerrolle sind die Fachexperten. Im betrachteten LAS lassen sich in diesen Bereich sowohl KPIMS – Experten als auch Fachleute aus den verschiedenen Logistikbereichen einordnen. Die Aufgabe der KPIMS – Experten besteht darin, die KPIMS zu verwalten und überwachen. Voraussetzung für ihre Arbeit sind daher einerseits gute Kenntnisse der KPI und andererseits Kenntnisse der möglichen Maßnahmen sowie deren voraussichtlichen Auswirkungen auf die KPI. Fachleute sind dahingegen in Logistikabteilungen der Unternehmen wie Transport oder Lagerung angesiedelt. Diese Gruppe beinhaltet vorrangig Personal, das einen Überblick über betroffenen Bereiche des besitzt. Hierfür lassen

sich Bereichsleiter oder Meister als Beispiel nennen. Sie sind in besonderem Maße von der Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen betroffen. Folglich besitzen solche Fachleute gute Kenntnisse über die Auswirkungen der Maßnahmen auf das reale System. Wie bereits in Abschnitt 4.2 beschrieben, ist es möglich, dass in Abhängigkeit der Größe des betrachteten Unternehmens eine Person mehrere Rollen oder mehrere Personen eine Rolle innehaben. Besonders für die Rolle der Fachleute kommen aufgrund der Separation der Unternehmensbereiche oftmals mit den verschiedenen Bereichsleitern mehrere Personen infrage.

Für die Entwicklung neuer Maßnahmentypen ist es von Vorteil die Expertisen der Fachexperten einzubeziehen, da Simulationsexperten oftmals begrenzte Kenntnisse über das reale System haben. Daher liegt der Hauptaufgabenbereich der Fachexperten in Abb. 14 auch in der Entwicklung von Maßnahmentypen. Weiterhin können Fachexperten die Identifizierung von nicht umsetzbaren oder ineffizienten Maßnahmentypen unterstützen. So kann eine fundiertere Auswahl von Maßnahmentypen getroffen werden, die gelöscht oder bearbeitet werden müssen, um die Qualität der Maßnahmen im Suchraum zu verbessern (siehe Abschnitt 3.1). Die Rolle der Fachexperten ist daher im Bereich der Entwicklung und Verwaltung von Maßnahmen angesiedelt. Die Verwendung der Maßnahmentypen in Simulationsexperimenten ist ihnen aufgrund von oftmals fehlenden Fachkenntnissen nicht zgedacht.

4.2.4 Experten für Verifikation und Validierung

Fachleute für V&V beschäftigen sich primär mit der Prüfung von unter anderem Simulationsmodell, Eingangsdaten und Simulationsergebnissen auf Korrektheit [GRS17]. Ziel der V&V-Experten ist es, Glaubwürdigkeit für das Simulationsmodell herzustellen. Das betrachtete LAS ist bereits in vorangegangenen Arbeiten entwickelt worden. Folglich ist die V&V des Modells als gegeben anzusehen. Zusätzlich werden die Rohdaten aus dem Data Warehouse bezogen, wodurch Faktoren wie deren Verfügbarkeit vernachlässigt werden können. Wie bereits in Abschnitt 3.1 beschrieben ist an dieser Stelle lediglich eine konstante Datenstruktur für die Modellgenerierung erforderlich.

Für die Prüfung der Simulationsergebnisse auf Korrektheit ist es erforderlich die Maßnahmentypen auf ihre Funktionsfähigkeit und Umsetzbarkeit zu untersuchen (siehe Abschnitt 4.1.1). Weiterhin kann eine falsche Parametrisierung oder Filterung zu fehlerhaften Ergebnissen führen (siehe Abschnitt 4.1.2). Aufgabe der V&V – Experten ist hierbei derartige Problematiken zu vermindern. Hierfür ist die Bearbeitung oder das Löschen von Maßnahmentypen notwendig. Folglich ist die Arbeit der V&V – Experten in Abb. 14 vornehmlich im Bereich der Verwaltung von Maßnahmentypen anzusiedeln.

4.2.5 Weitere Nutzerrollen

Neben den bereits erwähnten Nutzerrollen gibt es weitere Bereiche, die bei der Arbeit mit dem LAS von Bedeutung sind, jedoch nicht direkt an Entwicklung, Verwaltung und Nutzung von Maßnahmen beteiligt sind. Dazu zählen besonders Softwareexperten und IT-Verantwortliche [GRS17]. Die Aufgabe der Softwareexperten ist es, ergänzende Softwarekomponenten zu implementieren. Diese Softwarelösungen dienen der Unterstützung der Nutzer des LAS bei ihren Aufgaben. Unterstützende Softwarekomponenten sind beispielsweise das Berichtsmodul oder der Modellgenerator (siehe Abschnitt 3.1). Während das Berichtsmodul die Interaktion der Entscheidungsträger mit dem LAS vereinfacht, erleichtert die Softwarekomponente des Modellgenerators den Simulationsexperten die Arbeit.

Den IT-Verantwortlichen ist die Verwaltung des Data Warehouse zugeordnet. Folglich stellen sie die Rohdaten für den Modellgenerator bereit. Dies geschieht über eine Schnittstelle, die von den IT-Verantwortlichen zur Verfügung gestellt wird. Weiterhin sind die IT-Verantwortlichen für die Bereitstellung der Daten für die KPI verantwortlich, die durch die KPIMS und deren Experten überwacht werden (siehe Abschnitt 3.2). Diese Bereitstellung der KPI-Daten erfolgt automatisiert, um eine konstante Überwachung des Logistiknetzwerks zu gewährleisten. Aufgabe der IT-Verantwortlichen ist es den reibungsfreien, ununterbrochenen Abruf der Daten zu ermöglichen.

4.3 Anforderungsliste für kollaborative Entwicklung von Maßnahmentypen

Die Szenarien sowie die Nutzerrollen, die im Rahmen dieses Kapitels ermittelt wurden, sind vielfältig. In der Folge sind auch die Anforderungen an das zu entwickelnde Konzept divers. Es gilt sowohl technische Hindernisse zu überwinden, als auch die Kommunikation zu verbessern (siehe Abschnitt 4.1). Hierdurch lassen sich die unterschiedlichen Expertisen einbinden und die Schwächen einzelner Kollaborateure ausgleichen. Probleme infolge von Mehrfachzugriffen lassen sich dabei vornehmlich in den Bereich der technischen Hindernisse einordnen. Den auftretenden Problematiken in der Entwicklung, Verwendung und Verwaltung lassen sich verschiedene Ursachen zuschreiben. So werden die Problematiken in der Regel durch mangelnde Kenntnisse beziehungsweise Kompetenzen oder unzureichende Kommunikation ausgelöst. In Tab. 1 sind diese Aspekte in einer Anforderungsliste zusammengefasst und den betroffenen Nutzerrollen zugeordnet.

Zugrundeliegende Problematik	Beschreibung der Anforderung an das Konzept	Ursache der Problematik	Betroffene Nutzerrollen
Erstellung redundanter Maßnahmentypen	Bereinigung des Maßnahmen-typenverzeichnis von redundanten Maßnahmentypen	Kommunikation Kompetenzen	Simulationsexperten
Erstellung nicht funktionsfähiger Maßnahmentypen	Kontrolle von entwickelten Maßnahmentypen auf Funktionsfähigkeit	Kompetenzen	Simulationsexperten Fachexperten V&V - Experten
Erstellung nicht umsetzbarer Maßnahmentypen	Identifizieren und kenntlich machen von nicht-umsetzbaren Maßnahmentypen	Kommunikation	Entscheidungsträger Fachexperten
Verwenden nicht vollständiger, veralteter oder fehlerhafter Maßnahmentypen	Kennzeichnen von nicht zu verwendenden Maßnahmentypen	Kommunikation	Simulationsexperten V&V - Experten
Falsche Parametrierung und Filterung von Maßnahmentypen	Eindeutige Beschreibung von Parametern und kennzeichnen unverständlicher Maßnahmentypen	Kommunikation Kompetenzen	Simulationsexperten V&V - Experten
Löschen oder Bearbeiten zukünftig relevanter Maßnahmentypen	Identifizieren und kennzeichnen von nicht relevanten Maßnahmentypen	Kommunikation	Simulationsexperten V&V - Experten
Nicht erkennbare Bearbeitung der Maßnahmentypen	Kennzeichnen von bearbeiteten Maßnahmentypen und bearbeiteter Bereichen in diesen	Kommunikation	Entscheidungsträger Simulationsexperten
Konkurrierende Zugriffe durch Nutzer und das LAS	Handhabung der Nutzerzugriffe	technische Hindernisse	Simulationsexperten

Tab. 1 Anforderungsliste für ein Konzept zur kollaborativen Entwicklung, Verwendung und Verwaltung von Maßnahmentypen

In Tab. 1 sind die Problematiken aus den in Abschnitt 4.1 spezifizierten Nutzungsszenarien benannt. In der zweiten Spalte sind die Anforderungen an das Konzept beschrieben, die sich aus den Problematiken ableiten lassen. Der Fokus wird hierbei auf eine funktionale Beschreibung der Anforderungen gelegt. Nicht-funktionale Anforderungen an Softwarelösungen beschreiben die Qualität der Softwarelösung. Da diese unabhängig von den Spezifikationen der zu entwickelten Software sind, lassen sie sich allgemein definieren. Eine standardisierte Auflistung solcher nicht-funktionalen Anforderungen an Softwarelösungen ist in der ISO-Norm 25010 vorgenommen worden [ISO11].



Abb. 15 Nicht-Funktionale Anforderungen an Softwarelösungen nach [ISO11]

In Abb. 15 ist eine schematische Darstellung dieser nicht-funktionalen Anforderungen visualisiert. Die ISO-Norm definiert qualitative Anforderungen wie Zuverlässigkeit, Wartbarkeit, Kompatibilität. Diese bestehen aus verschiedenen Unteranforderungen. Für Zuverlässigkeit sind diese Unteranforderungen

beispielsweise Ausgereiftheit, Zugänglichkeit, Fehlertoleranz und Wiederherstellbarkeit. Eine nähere Betrachtung dieser Faktoren ist für die Entwicklung eines Konzeptes nicht notwendig, da diese Faktoren erst bei der Umsetzung dieses Konzeptes vollends zum Tragen kommen.

5 Konzept zur kollaborativen Entwicklung und Verwaltung von Maßnahmen in einem logistischen Assistenzsystem

Wie in Abschnitt 2.7 beschrieben, werden Kollaborationswerkzeuge eingesetzt, um die Kollaboration innerhalb von Kollaborationsteams zu verbessern. Als Kollaborationsteams werden im Rahmen dieser Arbeit Projektteams oder Unternehmensabteilungen betrachtet (siehe Abschnitt 2.4). Für die Verbesserung der Kollaborationsbedingungen dieser Arbeitsgruppen gilt es, ein entsprechendes Konzept für ein Kollaborationswerkzeug zu entwickeln. Dafür wird in Abschnitt 5.1 ein Vergleich bestehender Kollaborationswerkzeuge in verschiedenen Bereichen durchgeführt. Daraufhin wird in Abschnitt 5.2 die Funktionen der einzelnen bestehenden Werkzeuge modular kombiniert, um das Konzept zusammen zu stellen.

5.1 Vergleich bestehender Kollaborationswerkzeuge

Digitale Kollaborationswerkzeuge, wie sie in Abschnitt 2.7 beschrieben werden, finden in vielen Bereichen Einzug. Unternehmen nutzen derartige Werkzeuge, um zeitliche, räumliche und organisatorische Herausforderungen zu überwinden (siehe Abschnitt 2.7). Hierfür besitzen Kollaborationswerkzeuge verschiedenste Funktionalitäten zum Austausch von Expertisen und Erfahrungen. Diese Funktionalitäten können beispielsweise dem Projekt- oder Datenmanagement entstammen. Um die in Tab. 1 beschriebenen Anforderungen an das Konzept zu bewältigen, werden in diesem Abschnitt bestehende Kollaborationswerkzeuge auf ihre Funktionalitäten untersucht. Dabei werden in den folgenden Abschnitten zunächst Bereiche in denen Kollaborationswerkzeuge Verwendung finden beschrieben. Daran schließt sich eine detailliertere Vorstellung einzelner Kollaborationswerkzeuge, die exemplarisch für den Bereich sind. Hierdurch werden die verschiedenen Funktionalitäten der Werkzeuge des Bereichs beleuchtet. Bei der Zusammenstellung der Bereiche ist eine weite Fächerung beabsichtigt, um eine größere Auswahl der Funktionalitäten zur bestmöglichen Abdeckung der gewünschten Anforderungen zu haben. Die im Rahmen dieser Arbeit diskutierten Kollaborationswerkzeuge fassen sich aus einer Auswahl der in [WK16] aufgelisteten Werkzeugen und zusätzlichen Werkzeugen, die interessante Funktionalitäten mit sich bringen, zusammen. So werden in dieser Arbeit Kollaborationswerkzeuge aus den Bereichen des kollaborativen Schreibens sowie Konstruierens vorgestellt. Außerdem wird auf weitere Kollaborationswerkzeuge wie Cloud-Speichersysteme, Whiteboard-Anwendungen, Projektmanagementwerkzeuge und Kommunikationswerkzeuge eingegangen.

5.1.1 Kollaboratives Schreiben

Beim kollaborativen Schreiben werden Projekte vorrangig durch die Mehrautorenschaft charakterisiert [Dem16]. Hierbei entstehen Texte aus der Zusammenarbeit verschiedener Kollaborateure. In Abhängigkeit der Benutzerrechte ist es den Kollaborateuren gestattet, gemeinsam Texte zu erstellen, zu bearbeiten, zu löschen oder nur zu sehen (siehe Abschnitt 4.1.4). Änderungen in den Texten des Autors haben Änderungen in den Texten der Kollaborateure zur Folge. Die Aktualisierung der Texte der Kollaborationspartner erfolgt je nach Umsetzung synchron oder asynchron. Das wohl bekannteste Beispiel für ein Kollaborationswerkzeug des synchronen kollaborativen Schreibens ist *Google Docs*.

Weiterhin lassen sich in diesem Bereich ACE-basierte (<https://sourceforge.net/projects/ace/>) Softwarelösungen nennen. Als ebensolche stellen sich Textbearbeitungsprogramme wie *ShareLatex* (<https://de.sharelatex.com/>) und *Etherpad* sowie kollaborative Programmierumgebungen wie *RStudio* (<https://www.rstudio.com/>) oder *Cloud9* (<https://aws.amazon.com/de/cloud9/>) dar. Als Kollaborationswerkzeuge für asynchrones Schreiben fungieren vorrangig *Wiki-Systeme* sowie *Microsoft Word* (<https://products.office.com/de-de/word>). Im Folgenden werden die Programme und ihre Besonderheiten detaillierter untersucht.

Google Docs:

Google Docs ist ein webbasiertes Officeprogrammpaket von Google LLC. Mit dem Programm können Textdokumente sowie weitere Dokumente erstellt, bearbeitet und geteilt werden. Die Speicherung der Daten erfolgt über *Google Drive* (<https://www.google.com/drive/>). Wie bereits beschrieben ermöglicht *Google Docs* das synchrone Bearbeiten von Dokumenten. Dazu kann der Dokumentenersteller den Kollaborateuren über einen Link, eine E-Mail oder die Veröffentlichung Zugriff auf das Dokument gewähren. Zusätzlich ist es dem Dokumentenersteller möglich den Kollaborateuren Sichtrechte, Kommentarrechte oder Bearbeitungsrechte zu gewähren. Nennenswerte Funktionen von *Google Docs* zur Unterstützung von kollaborativer Arbeit sind das Einfügen von Kommentaren an gewünschten Stellen und die Möglichkeit diese zu diskutieren. Weiterhin lassen sich Änderungsvorschläge so integrieren, dass diese unmittelbar mit der Zustimmung des Dokumentenerstellers umgesetzt werden. Ebenso ist die Benachrichtigung von Kollaborateuren über Emails möglich, sobald ein derartiger Kommentar oder Änderungsvorschlag eingefügt wird. Eine weitere Funktionalität, die für kollaborative Anwendungen von Nutzen sein kann, ist die Archivierung der verschiedenen Versionen des Dokumentes. Hiermit lassen sich Änderungen nachverfolgen und unerwünschte Änderungen rückgängig machen.

Etherpad:

Etherpad ist wie *Google Docs* ein webbasiertes Kollaborationswerkzeug. Jedoch beschränkt sich *Etherpad* auf die kollaborative Bearbeitung von Texten. Dokumente werden über eine URL, die bei der Erstellung des Dokumentes erzeugt wird, mit den Kollaborateuren geteilt. Es gibt keine gesonderte Rechtevergabe. Daher kann jeder Nutzer, der Zugriff auf das Textdokument hat, dieses bearbeiten. Die Besonderheit an *Etherpad* ist die Autorenübersicht. Die Beiträge der verschiedenen Kollaborateure sind farblich nach ihren Autoren gekennzeichnet. Die Kommunikation innerhalb der Kollaborationsgruppe wird durch eine Chat-Funktion unterstützt. Die Versionsverwaltung ist in *Etherpad* besonders ausgeprägt. Änderungen werden bis auf einzelne Buchstaben genau gespeichert und lassen sich über den sogenannten Timeslider zurückverfolgen.

Wiki-Systeme:

Wiki-Systeme werden in der Regel mit dem Ziel eingesetzt, Wissen und Expertisen zu sammeln und zu dokumentieren. Verwendung finden *Wiki-Systeme* sowohl in der öffentlichen Enzyklopädie Wikipedia (<https://de.wikipedia.org/>) als auch in unternehmensinternen Wikis. Auf Basis einer Wiki-Software wie dem für Wikipedia verwendeten MediaWiki werden gemeinschaftlich Texte erstellt und bearbeitet. Während in öffentlichen Wikis meist jedem Nutzer die Bearbeitung der Texte möglich ist, sind in unternehmensinternen Wikis oft Zugriffskontrollen notwendig. Ermöglicht wird die kollaborative Verwendung von Wikis durch eine Versionsverwaltung, die wie bei den bereits beschriebenen

Kollaborationswerkzeugen Änderungen nachvollziehbar macht und eine Wiederherstellung alter Versionen erlaubt. Aufgrund der vielfältigen Ausführungen von *Wiki-Systemen* ist keine allgemeingültige Aussage über die Funktionalitäten zu treffen. Daher werden im Folgenden die Funktionen, die für die kollaborative Arbeit mit Maßnahmentypen vielversprechend sind, genannt [WK16]. Zunächst unterstützen *Wiki-Systeme* zumeist eine Strukturierung der Inhalte. So können einzelne Wikiseiten verschiedenen Kategorien zugeordnet werden, über die sie auch gesucht werden können. Teilweise ist die Anbindung verschiedenster Daten zu den entsprechenden Wikiseiten im System integriert. Ebenso ist die Freigabe der Texte durch eine Kontrollinstanz eine Funktionalität, die in einigen Systemen implementiert ist. Für die Kommunikation zwischen den kollaborierenden Personen sind in vielen *Wiki-Systemen* Diskussionsseiten vorgesehen.

Der Funktionsumfang der vorgestellten Lösungen basierend auf der Untersuchung bestehender Kollaborationswerkzeuge ist in Tab. 2 dargestellt. Bei einem Vergleich der Systeme zeigt sich die in Abschnitt 5.1 gewünschte große Vielfalt an Funktionalitäten der betrachteten Werkzeuge.

Kollaborationswerkzeug	Synchrone Textbearbeitung	Asynchrone Textbearbeitung	Benutzerrechtevergabe	Versionsverwaltung	Autorenkennzeichnung	Diskussionmöglichkeit	Kategorisierung	Benachrichtigung	Datenintegration	Freigabe über Kontrollinstanz	Echtzeitkommunikation
Google Docs	X		X	X		X		X	(X)	(X)	
Etherpad	X		X	X	X						X
Wiki-Systeme		X	(X)	X	(X)	X	X		X	X	

Tab. 2 Funktionalitäten ausgewählter Werkzeuge für kollaboratives Schreiben

5.1.2 Kollaboratives Konstruieren

Die Integration von kollaborativer Arbeit in den Bereich der Konstruktion stellt sich als große Herausforderung dar. Die innerbetriebliche Kollaboration im Bereich des Konstruierens ist geprägt durch komplexe Baugruppen, die aus einer Vielzahl von Unterbaugruppen und Bauteilen bestehen. Dabei werden die Nutzer durch sogenannte CAD-Systeme unterstützt, die die geometrische Modellierung der Baugruppen und Bauteile ermöglicht. Abgebildet werden dabei unter anderem die Form des Bauteils sowie dessen Material und Gewicht. Weiterhin sind für Baugruppen die Positionen der einzelnen Bauteile in Abhängigkeit der anderen Bauteile definiert. Folglich sind die entstehenden Datenmengen weitaus größer als beispielsweise beim kollaborativen Schreiben. Daher ist eine Bearbeitung gleicher Dateien mit mehreren Nutzern in Echtzeit, wie sie in Abschnitt 5.1.1 für Textdokumente vorgestellt wurde, aufgrund von Limitierungen durch Computerleistungen nicht umsetzbar. Daher werden Änderungen an Bauteilen oder Baugruppen zeitversetzt bei den Kollaborateuren aktualisiert. Zusätzlich können die Folgen von Änderungen einzelner Bauteile oder Unterbaugruppen durch die komplexen Beziehungen zwischen den Bauteilen und Unterbaugruppen weitreichende Folgen für die Oberbaugruppen nach sich ziehen.

Als Beispiel für ein 3D CAD-System wird das Programm *Inventor* (<https://www.autodesk.de/products/inventor/>) von *Autodesk* untersucht. Hierin wird über das Modul *Vault* (<https://www.autodesk.de/products/vault/>) unter anderem die unterliegende Datenbank verwaltet. Neben Funktionalitäten zur Eingliederung verschiedener CAD-Formate, die für außerbetriebliche Kollaboration von Bedeutung sind, sind verschiedene Funktionalitäten für ein kollaboratives Konstruieren integriert. Die Konfliktvermeidung beim kollaborativen Konstruieren wird in *Inventor* durch eine Visualisierung der Bereiche, in denen Kollaborateure zurzeit tätig ist, unterstützt. Weiterhin sind die CAD-Daten zentral gespeichert. Für den Nutzer besteht die Möglichkeit, diese Daten abzurufen oder ausleihen. Bei der Abrufen-Funktion wird eine schreibgeschützte Kopie im Arbeitsbereich des Nutzers erstellt. Dahingegen wird bei der Ausleih-Funktion eine bearbeitbare Version der Datei zugänglich gemacht. Solange eine Datei durch die Nutzer ausgeliehen ist, kann kein andere Benutzer Änderungen daran vornehmen. Ein derartiger Dateistatus wird in *Inventor* durch eine farbliche Kennzeichnung der entsprechenden Teile visualisiert.

5.1.3 Cloud-Speichersysteme

Cloud-Speichersysteme bieten den Anwendern die Möglichkeit ihre Daten mithilfe des eines Netzwerks an einem zentralen Speicherort zu hinterlegen und von diesem abzurufen. Vorteile für den oder die Nutzer sind die standortabhängige Zugänglichkeit der Daten und die Senkung von Kosten für die IT-Infrastruktur. Weiterhin lassen sich Cloud-Speichersysteme gut in Mehrbenutzerumgebungen integrieren und haben das Potential die Kollaboration in solchen Umgebungen zu verbessern. In den vielen verschiedenen Varianten derartiger Speichersysteme werden die Daten entweder in der Cloud und den Computern der Nutzer automatisiert synchronisiert oder nur auf Abruf aus der Cloud bezogen. Unterscheiden lassen sich diese Varianten vornehmlich durch ihre Ausrichtung auf Privatpersonen oder Unternehmen. Während die Daten von Privatpersonen in öffentlichen Servern gespeichert werden, die sich durch ihre Internetzugänglichkeit auszeichnen, nutzen Unternehmen oftmals eine private Cloud. Private Cloudsysteme sind in diesem Zusammenhang entweder unternehmensintern und somit nur über das Intranet des Unternehmens zugänglich oder speziell konfigurierte, internetbasierte Konzepte verschiedener Cloudanbieter. In Intranetsystemen sind die Daten oftmals durch Unternehmensfirewalls geschützt und der Datenzugang ist teilweise nur über interne Netzwerke möglich. Als Beispiele für internetbasierte Cloud-Speichersystem können *Dropbox*, *Microsoft OneDrive* (<https://onedrive.live.com/>) oder *Google Drive* genannt werden. Diese Cloud-Lösungen bieten sowohl Konfigurationen für Privatpersonen als auch für Unternehmen an. Die Verbesserung kollaborativer Arbeitsumgebungen durch das genannte Cloud-Speichersystem *Dropbox* wird mithilfe des erwähnten gemeinsamen Datenzugang umgesetzt. Dieser Zugang wird ähnlich wie bei zuvor genannten Kollaborationswerkzeugen durch eine Zuweisung von Benutzerrechten reglementiert. Auf den Geräten der Kollaborateure mit entsprechenden Berechtigungen werden lokale Ordner erstellt, dessen Inhalt mit den dazugehörigen Ordnern auf dem Server synchronisiert wird. Bei einem Mehrfachzugriff auf die Dateien werden die Nutzer über die Zugriffe der Kollaborateure über eine Benachrichtigung informiert. Solange die Dateien identisch sind, wird nur ein Exemplar auf dem Server gespeichert. Sobald die Kollaborateure durch die Bearbeitung unterschiedliche Versionen der Dateien erzeugen, werden sämtliche Versionen auf dem Server hinterlegt.

5.1.4 Weitere Kollaborationswerkzeuge

In diesem Abschnitt werden die erwähnten Whiteboard-Anwendungen, Projektmanagementwerkzeuge und Kommunikationswerkzeuge näher untersucht. Für diese Arten von Kollaborationswerkzeugen ebenso wie in den vorherigen Abschnitten unterschiedlichste Umsetzungen. Für die genannten Kollaborationswerkzeuge werden jeweils repräsentierende Beispiele genannt.

Whiteboard-Anwendungen:

Whiteboard-Anwendungen unterstützen Kollaborationsgruppen, indem es den Kollaborateuren eine Plattform bietet, um ihre Ideen ortsunabhängig zu visualisieren und zu teilen. Whiteboard-Anwendungen ermöglichen die kollaborative Arbeit in Echtzeit, wodurch sie zu den synchronen Kollaborationswerkzeugen gehören. Als Beispiele für derartige Anwendungen nennen [WK16] *RealtimeBoard* (<https://realtimeboard.com/>), *Scribblar* (<https://scribblar.com/>), und *Conceptboard* (<https://conceptboard.com/>). Im Folgenden wird eine detailliertere Betrachtung von *RealtimeBoard* vorgenommen. Darin enthalten sind verschiedene Funktionen zur Umsetzung einer verbesserten Kollaboration. Zunächst wird den Nutzern die Auswahl zwischen einer leeren oder mit einer Vorlage strukturierten Tafel geboten. Auf diesen Tafeln lassen sich simultan Informationen in verschiedensten Formen wie Diagrammen, Mindmaps oder Bildern erarbeiten und sammeln. Mit *RealtimeBoard* können die Kollaborateure wie in bereits erläuterten Lösungen zum Dokument eingeladen und mit Benutzerrechten versehen werden. Hierbei handelt es sich um Bearbeitungs- und Sichtrechte. Die Kommunikation kann über eine Chat-Funktion in Echtzeit erfolgen. Alternativ werden eine Kommentarfunktion und eine Notizfunktion für zeitlich versetzte Kollaboration angeboten. Eine Besonderheit ist die gute Schnittstelle zu verschiedenen anderen Softwarelösungen. So lassen sich diverse Erweiterungen wie beispielsweise *Microsoft OneDrive* integrieren, sodass Daten einfacher bezogen werden können.

Kommunikationswerkzeuge:

Einige der genannten Kollaborationswerkzeuge dienen der Kommunikation oder besitzen Funktionen, die besonders darauf ausgelegt sind. In diesem Abschnitt werden daher nur internetbasierte Kommunikationswerkzeuge, die den Fokus auf die direkte Kommunikation zwischen Kollaborateuren legen, näher betrachtet. Als Beispiele für derartige Kommunikationswerkzeuge werden von [WK16] unter anderem Emails, Sofortnachrichten und Internettelefonie genannt. Während Emails zu den asynchronen Kollaborationswerkzeugen zählen, findet bei der Internettelefonie die Kommunikation synchron statt. Sofortnachrichten können sowohl synchron als auch asynchron genutzt werden. Der große Nutzen solcher Kollaborationswerkzeuge liegt in der Kommunikation über geographische Grenzen hinweg [WK16]. So sind die auf Kommunikation ausgelegten Kommunikationswerkzeuge für viele Unternehmen unverzichtbar. Folglich werden sie in viele Kollaborationswerkzeuge als Funktionalitäten integriert. Dies zeigt sich auch an den genannten Email-Benachrichtigungen in *Google Docs* oder Chat-Funktionalitäten in *Etherpad* und *RealtimeBoard* (siehe Abschnitt 5.1.1, 5.1.4).

Projektmanagementwerkzeuge:

Projektmanagementwerkzeuge erlauben den Kollaborateuren die Bewältigung komplexer Projekte. Dafür besitzen sie Funktionen zur Planung, Koordination und Kontrolle von Aufgaben. Dazu werden Informationen über die Aufgaben an zentraler Stelle hinterlegt und für die Kollaborateure

ortsunabhängig zugänglich gemacht. Die Umsetzungen von Projektmanagementwerkzeugen ähneln der in Abschnitt 5.1.3 beschriebenen Ausrichtung auf Privatpersonen beziehungsweise Kleingruppen und Unternehmen. Daher variieren die Umsetzungen in der Größe ihres Funktionsumfangs enorm. Als Beispiele für derartige Kollaborationswerkzeuge lassen *Trello* (<https://trello.com/>) und *Bitrix24* (<https://www.bitrix24.de/>) nennen. Während *Trello* den Fokus auf Privatpersonen und Kleingruppen legt, bietet *Bitrix24* verschiedene Programmpakete, die an den Anwendungsbereich angepasst sind. *Trello* unterstützen die Nutzer bei der Aufgabenplanung mithilfe sogenannter Kanban-Boards. Diese bestehen aus Listen, die verschiedene Abschnitte bei der Bearbeitung der Aufgaben repräsentieren. Darin lassen sich Aufgaben hinterlegen und der Fortschritt bei der Bearbeitung dieser visualisieren. Weiterhin können den Aufgaben in Form von Karten visualisiert werden. Diesen Karten können dann unter anderem Kategorien, Checklisten, Fälligkeitsdaten und zuständige Kollaborateure zugeordnet werden. Auch eine Filterung der Karten anhand ihrer Attribute ist möglich. Weiterhin können mit *Trello* über die Erweiterungen unzählige Zusatzfunktionen wie Kalender oder Schnittstellen zu beispielsweise *Microsoft OneDrive* oder *RealtimeBoard* hinzugefügt werden.

5.2 Ausarbeitung eines Konzepts zur kollaborativen Entwicklung, Verwendung und Verwaltung von Maßnahmentypen für ein logistisches Assistenzsystem

Bei der in diesem Abschnitt angestrebten Ausarbeitung eines Konzepts zur kollaborativen Entwicklung, Verwendung und Verwaltung von Maßnahmentypen für ein logistisches Assistenzsystem wird auf die zuvor erarbeiteten Nutzungsszenarien, Nutzerrollen und die daraus abgeleitete Anforderungsliste zurückgegriffen (siehe Abschnitt 4.1, 4.2, 4.3). Weiterhin werden die Funktionalitäten, die bestehende Kollaborationswerkzeuge zur Bewältigung der Problematiken kollaborativer Arbeit anwenden, einbezogen (siehe Abschnitt 5.1). Das zu erstellende Konzept besteht aus einer Auswahl von Funktionalitäten, die der Autor vorschlägt, um die in Abschnitt 4.1 identifizierten Problematiken zu bereinigen oder zu mindern. Dabei sind einige Funktionalitäten nicht in eine Softwarelösung, die anhand des Konzeptes entwickelt wird, einzubinden. Es ist erforderlich diese Funktionalitäten in die bereits bestehenden Systeme zu integrieren. Beispiel hierfür sind Funktionalitäten, die im Maßnahmentypdesigner implementiert werden, um die kollaborative Entwicklung von Maßnahmentypen zu verbessern. Folglich werden für die Funktionalitäten auch die Bereiche, in denen sie Anwendung finden beschrieben.

Die Funktionalitäten des in Abschnitt 5.1.4 vorgestellten *Kanban-Boards* stellen sich als vielversprechend für ein Kollaborationswerkzeug in der kollaborativen Arbeit mit Maßnahmentypen dar. Hierfür ist die dort beschriebene Zuweisung von Kategorien, Zuständigkeiten und anderen Informationen zu den Karten an die Maßnahmentypen anzupassen. So lassen sich derartige Informationen in den in Abschnitt 3.3 beschriebenen DSI hinterlegen. Als wichtige Informationen für eine kollaborative Verwendung von Maßnahmentypen lassen sich unter anderem Informationen über den Status der Bearbeitung und deren Priorisierung nennen. Anhand des Bearbeitungsstatus lassen sich die Maßnahmentypen in einem derartigen Kanban-Board einordnen. In Abb. 16 sind mögliche Bearbeitungsstatus, die bei einer Umsetzung denkbar sind, visualisiert. So werden in der ersten Spalte Ideen für Maßnahmentypen hinterlegt, die entwickelt werden sollen. In der zweiten Spalte befinden sich Maßnahmentypen, an denen Bearbeitungen durchgeführt werden. Die Maßnahmentypen der dritten

Spalte warten auf eine mögliche Überprüfung, bevor sie zur Verwendung in die vierte Spalte verschoben werden. So wird eine Verwendung von Maßnahmentypen, die sich noch in der Entwicklung oder Bearbeitung befinden verhindert. Auch eine Anordnung nach der Priorität der Maßnahmentypen ist in dem Strukturentwurf integriert. Um die in Abschnitt 4.1.3 beschriebenen Probleme beim Löschen von Maßnahmentypen zu umgehen, ist die Einführung von weiteren Spalten auf dem Kanban-Board denkbar. So können Maßnahmentypen beispielsweise in archiviert und in einer separaten Zeile untergebracht werden, von der aus sie reaktiviert werden können.

To Do	Bearbeitung im Gange			Verwendbar
	In Arbeit	In Revision	Überprüfung	
Hohe Priorität				
	Maßnahmentyp 1		Maßnahmentyp 2	Maßnahmentyp 3
Niedrige Priorität				
Maßnahmentyp 4		Maßnahmentyp 5		

Abb. 16 Strukturentwurf für ein Kanban-Boards

Zusätzlich können Informationen über den Ersteller des Maßnahmentyps, verwendende Kollaborateure, letzte Verwendung von Bedeutung sein. In einem derartigen Kanban-Board ist es möglich diese Informationen in Kartenform zu visualisieren. Beim Öffnen der Maßnahmentypen wird den Nutzern die entsprechende Kanban-Karte visualisiert. In Abb. 17 ist eine beispielhafte Umsetzung einer solchen Kanban-Karte gegeben. Die Kanban-Karten veranschaulichen die Informationen über den Maßnahmentyp und ist mit dem Code des Maßnahmentyps verbunden, sodass dieser über die Karte zugänglich ist. Mithilfe der Informationen über den Ersteller des Maßnahmentyps ist bei Rückfragen während der Verwendung jederzeit ein Ansprechpartner ersichtlich. Besonders in großen Kollaborationsteams kann es hierbei zu Problemen kommen, da in solchen Teams der Kontakt zwischen den Kollaborateuren tendenziell weniger intensiv ist. Informationen über verwendenden Kollaborateure können ebenso bei der Suche nach Ansprechpartnern, aber auch bei der Identifizierung relevanter Maßnahmentypen unterstützen (siehe Abschnitt 4.1.3). Bei letzterem ist auch der Verwendungsverlauf von Bedeutung. Kategorisierung und Beschreibung der Maßnahmentypen bieten ein besseres Verständnis dieser für Nutzer, die keine ausgedehnten Kenntnisse der DSMS besitzen (siehe Abschnitt 3.5.1). So wird eine weitreichendere Zugänglichkeit für die Maßnahmentypen geschaffen.

Maßnahmentyp 1

Erstellt von: Verwendet von: Kategorien:

N1 + N2 N3 + Konfigurativ Bestände

Beschreibung:

Der Maßnahmentyp 1 ändert die Sicherheitsbestände von Speichereinheiten

Zum Maßnahmentypcode

Anhänge:

+

Verwendungsverlauf:

Verwendet von Nutzer 2 am xx.xx.xxxx
 Verwendet von Nutzer 1 am xx.xx.xxxx
 Verwendet von Nutzer 3 am xx.xx.xxxx
 Verwendet von Nutzer 2 am xx.xx.xxxx

Kommentare:

N2

N1

Abb. 17 Strukturentwurf einer Kanban-Karte

Die Kanban-Karten lassen sich in diesem Entwurf mit Anhängen ergänzen. Hierbei können beispielsweise die in den DSI gespeicherten Erfolgsraten bei der Auswahl durch die HE sowie der Umsetzung im realen System angefügt werden (siehe Abschnitt 3.3). Ebenso ist eine Integrierung der Erfolgsraten durch eine Abbildung dieser bei den entsprechenden Verwendungen im Verwendungsverlauf möglich, wenn sich diese Information als vorteilhaft erweist. Dies vereinfacht es den Kollaborateuren Maßnahmentypen mit geringen Erfolgsraten zu erkennen. Auch wenn eine reine Bewertung nach den Erfolgsraten nicht zielführend ist, können dadurch qualitativ bessere Maßnahmentypen ausgewählt und qualitativ schlechtere Maßnahmentypen überarbeitet werden.

Mit der *Kommentarfunktion* ist eine in den in Abschnitt 5.1 verglichenen Kollaborationswerkzeugen weitverbreitete Kommunikationsfunktionalität in das Konzept implementiert (siehe Abb. 17). So können Fachleute aus den betroffenen Abteilungen ihre Kollegen mithilfe der Kommentarfunktion bei der Optimierung des LNW unterstützen, indem sie beispielsweise Feedback über nicht umsetzbare Maßnahmen geben. Nicht umsetzbare Maßnahmen ziehen nicht zwingend eine Bearbeitung des Maßnahmentyps, aus dem sie abgeleitet sind, nach sich (siehe Abschnitt 4.1.1). Dennoch können derartige Informationen unter Umständen zu einer verbesserten Konfiguration der Szenarien und hochwertigeren Maßnahmenvorschlägen führen. Beispiel hierfür sind Maßnahmen, die nur durch ihre Synergie zu nicht umsetzbaren Maßnahmen von der HE ausgewählt werden. Die Realisierung solcher Maßnahmen erzeugt einen nicht optimalen Zustand des realen Systems. Mit der Kommentarfunktion können auch Anregungen für Verbesserungen an den Maßnahmentypen kommuniziert werden. Eine direkte Kommunikation über eine solche Kommentarfunktion bietet den Vorteil, dass eine Diskussion im entsprechenden Maßnahmentyp stattfinden kann. Ein Umweg über den Email-Verkehr ist somit nicht nötig. Auch weitere Kollaborateure, deren Expertisen bei einem Email-Verkehr womöglich außen vor geblieben wären, können sich so in die Diskussion einschalten. Die Benachrichtigung der Kollaborateure bei neuen Kommentaren ist eine Möglichkeit die Kommunikation mit der Kommentarfunktion zu verbessern. Dies kann in Form von Emails oder auch Systembenachrichtigungen in der Anwendung des Kanban-Boards umgesetzt werden. Für die Emails spricht die große Akzeptanz

innerhalb von Unternehmen. Hierbei muss jedoch auf eine Regulierung der Anzahl an Emails geachtet werden, um die Kollaborateure nicht mit einer Vielzahl an Emails zu belästigen.

Wie in Abschnitt 4.2.4 beschrieben ist es die Kontrolle der Maßnahmentypen auf ihre Funktionsfähigkeit ein wichtiger Teil der Arbeit der V&V-Experten. Daher stellt die *Einführung einer Kontrollinstanz* vor der Verwendung der Maßnahmentypen eine zielführende Funktionalität zum Zwecke der Qualitätssicherung in einer Kollaborationsumgebung dar. Hierbei werden die entwickelten Maßnahmentypen von möglichst erfahrenen Kollaborateuren kontrolliert, um mögliche Fehler aus der Entwicklung dieser zu korrigieren. So wird verhindert, dass nicht funktionsfähige Maßnahmentypen Verwendung im LAS finden. Auch wenn nicht umsetzbare Maßnahmentypen zwar schwerer zu identifizieren sind, können sie im Optimalfall bereits durch die Kontrollinstanz bemerkt werden. Die Einbindung einer solchen Kontrollinstanz in das vorgeschlagene Kanban-Board ist ohne große Probleme möglich und bereits in

Abb. 16 dargestellt. So werden die Maßnahmentypen nach der Erstellung oder Bearbeitung in einer dafür vorgesehenen Spalte hinterlegt. Hiermit wird der Kontrollinstanz die Notwendigkeit einer Prüfung symbolisiert. Sobald diese Prüfung vollzogen ist, können die funktionsfähige Maßnahmentypen in die Spalte für verwendbare Maßnahmentypen verschoben werden (siehe

Abb. 16). Nicht funktionsfähige Maßnahmentypen werden in die Spalte für Maßnahmentypen in Revision verschoben und erfordern eine erneute Bearbeitung. Ein weiterer Vorteil dieser Lösung ist eine verbesserte Verständlichkeit der Maßnahmentypen. Unverständliche Maßnahmentypen können so von der Kontrollinstanz identifiziert werden und mit einer Anmerkung für eine erneute Bearbeitung in eine Spalte zurück verschoben werden. Außerdem sollten ausgedehnte Kenntnisse über den Maßnahmentypenbestand bei der oder den Personen bestehen, die als Kontrollinstanz infrage kommen. Daher verspricht eine derartige Lösung eine Minimierung der Entwicklung redundanter Maßnahmentypen.

Um die in Abschnitt 4.1.4 beschriebenen Mehrfachzugriffe zu handhaben integriert das Konzept die *Erweiterung des Maßnahmentypdesigners* mit den in Abschnitt 5.1.1 vorgestellten Funktionalitäten des webbasierten kollaborativen Schreibens. Im Speziellen ist hierbei eine Erweiterung gemeint, die den Nutzern des Maßnahmentypdesigners die kollaborative Bearbeitung der Maßnahmentypen in Echtzeit ermöglicht. Eine webbasierte synchrone Erstellung von Maßnahmentypen verspricht die effizienteste Handhabung der Konflikte zwischen Nutzern durch Mehrfachzugriffe. So entfallen beispielsweise Wartezeiten für die Nutzer, die durch ein Sperren der Maßnahmentypen während der Bearbeitung auftreten. Neben der Beseitigung von Mehrfachzugriffsproblemen vereinfacht diese Lösung auch den Prozess der kollaborativen Maßnahmenentwicklung. So werden beispielsweise Wartezeiten verkürzt und das simultane Entwickeln von Maßnahmentypen ermöglicht, wodurch die in Abschnitt 2.6 beschriebenen Potentiale von Kollaboration besser ausgeschöpft werden. Die Entwicklung von Maßnahmentypen durch mehrere Personen reduziert somit die in Abschnitt 4.1.1 identifizierten Problematiken in diesem Bereich. Voraussetzung hierfür ist die Kommunikation zwischen den Kollaborateuren während dieses Prozesses. An dieser Stelle kann jedoch zugunsten der Bedienerfreundlichkeit auf die herkömmlichen Kommunikationswerkzeuge anstatt einer zusätzlichen Funktionalität zurückgegriffen werden (siehe Abschnitt 5.1.4). Die Umsetzung ist beispielsweise wie in Etherpad und weiteren genannten Lösungen auf Basis des Echtzeit-Texteditors *ACE* möglich. Hierbei

kommt einer synchronen Bearbeitung zugute, dass es sich der DSMS um SQL-ähnliche Befehle handelt, welche aus lesbaren Zeichen bestehen. Somit fallen in dieser Anwendung vergleichsweise geringe Datenmengen an. Neben dem synchronen kollaborativen Erstellen von Maßnahmentypen ist besonders die in Etherpad umgesetzte Autorenübersicht für Anwendungen in Kollaborationsumgebungen interessant. Anhand der in Abb. 17 abgebildeten Sektionen für die Ersteller und Verwender des Maßnahmentyps kann eine Autorenliste für die vorgeschlagene Erweiterung zusammengestellt werden. Eine farbliche Kennzeichnung der Bereiche im Maßnahmentypencode, die von Kollaborateuren bearbeitet wurden, bietet den Nutzern einen Überblick über vollzogene Änderungen. Außerdem hilft sie wie die angesprochene Sektion für die Maßnahmentypersteller in den Kanban-Karten bei der Ermittlung von Ansprechpartnern (siehe Abb. 17). Somit ist diese Funktionalität ebenso in großen Kollaborationsteams von besonderer Bedeutung, da hier in der Regel ein weniger intensiver Kontakt zwischen den Kollaborateuren besteht.

Eine *Versionsverwaltung*, wie sie in den untersuchten webbasierten Werkzeugen für kollaborativen Schreiben Anwendung findet, ist eine weitere vielversprechende Funktionalität zur Verbesserung der Kollaborationsumgebung (siehe Abschnitt 5.1.1). Hierdurch werden die vorangegangenen Versionen der Maßnahmentypen archiviert. Änderungen, die möglicherweise Probleme verursacht haben, können mithilfe eines solchen Systems rückgängig gemacht werden, indem eine ältere Version wiederhergestellt wird. Zudem werden die Änderungen der verschiedenen Kollaborateure protokolliert. Dadurch können die Änderungen zu den verantwortlichen Kollaborateuren zurückverfolgt werden. So können beispielsweise Fehleranalysen durchgeführt werden, die zukünftigen Fehlern vorbeugen. Eine Versionsverwaltung kann auch bei Softwareproblemen in der zuvor beschriebenen simultanen Erstellung von Maßnahmentypen unterstützen. So steht den Kollaborateuren jederzeit eine funktionsfähige Version des Maßnahmentyps zur Verfügung. Die Umsetzung einer solchen Versionsverwaltung betrifft die gespeicherten Maßnahmentypen. Somit ist hierfür eine Erweiterung oder des Maßnahmentypenverzeichnisses beziehungsweise des Maßnahmentypdesigners, über den diese abgerufen werden, notwendig. Alternativ ist eine Einbindung in das vorgeschlagene Kanban-Board möglich. Diese besitzt allerdings den Nachteil, dass eine Einsicht in den Quellcode nur über die Verknüpfung zum Maßnahmentypdesigners vorgesehen ist. Folglich müssten die Versionen der Maßnahmentypen auch über diesen abgerufen werden. Unabhängig von der Art der Umsetzung ist eine Rückverfolgbarkeit jeglicher Änderungen, wie sie in Etherpad in Form des Timesliders implementiert ist, nicht notwendig (siehe 5.1.1). Für die Entwicklung, Verwendung und Verwaltung von Maßnahmentypen ist im Allgemeinen die Rückverfolgbarkeit der manuellen Speicherstände ausreichend. Bei Bedarf besteht jedoch aufgrund der im vorherigen Absatz beschriebenen geringen Datenmengen die Möglichkeit, eine detailliertere Rückverfolgbarkeit zu implementieren. Mit Blick auf die Arbeit mit dem untersuchten LAS stellen sich die Vorteile einer solchen Versionsverwaltung mit der Einschränkung der Problematiken durch die Bearbeitung relevanter Maßnahmentypen dar. Bei Bedarf können die Kollaborateure in zukünftigen Projekten stets die gewünschte Version abrufen. Weiterhin können mithilfe der Versionsverwaltung Konflikte zwischen Nutzern und der Anwendung, wie sie in 4.1.4 erörtert wurden, gelöst werden. Da vorherige Versionen archiviert sind, ist es möglich, dem LAS unabhängig vom Bearbeitungsstatus eine Kopie der letzten von der Kontrollinstanz überprüften Version des Maßnahmentyps zur Verfügung zu stellen.

Eine Funktion, die bereichsübergreifend ihre Anwendung in den untersuchten, bestehenden Kollaborationswerkzeugen gefunden hat, ist die Einführung von *Benutzerrechten*. Hierbei werden den Nutzern entsprechend ihrer Rollen Benutzerrechte zugeordnet. Mithilfe der Benutzerrechte wird darüber bestimmt, welche Aktionen die Nutzer im Rahmen der Erstellung, Verwendung und Verwaltung von Maßnahmentypen durchführen können. Benutzerrechte unterstützen die Einhaltung der Aufgabenbereiche durch die Nutzer. Funktionen, die für ihre Ausführung Benutzerrechte erfordern können, sind beispielsweise die Datenoperatoren Erstellen, Lesen, Bearbeiten und Löschen (siehe Abschnitt 4.1.4). Die Benutzerrechte entscheiden nur über den Zugriff auf die Programme oder Funktionalitäten. Eine Priorisierung bestimmter Nutzergruppen ist nicht vorgesehen. Weiterhin sind Benutzerrechte für die Umsetzung der Kontrollinstanz erforderlich. So darf die Zulassung von Maßnahmentypen zur Verwendung nur von Nutzern, die als Kontrollinstanz fungieren, vollzogen werden. Dies lässt sich durch entsprechende Benutzerrechte absichern. Die Einführung von Benutzerrechten betrifft besonders bestehende Systeme, in denen die restriktierten Funktionen angewendet werden. Beispielsweise wären Restriktionen für unberechtigte Nutzer bei der Bearbeitung von Maßnahmen im Maßnahmentypdesigner notwendig. Eine Verwaltung der Nutzerrechte lässt sich in das eingangs vorgestellte Kanban-Board einbinden, da hier bereits die Ersteller und Verwender der Maßnahmentypen in einer Sektion aufgeführt sind. Hilfreich sind die Benutzerrechte in den Bereichen des kollaborativen Erstellens, Verwendens und Verwaltens von Maßnahmentypen. Benutzerrechte tragen dazu bei, dass nur qualifiziertem Personal Zugang zu diesen Bereichen erlaubt wird. Somit werden kompetenzbasierte Problematiken reduziert (siehe Abschnitt 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3). Auch wenn hierdurch Potentiale der Kollaboration verloren gehen können, zeigt die Verbreitung dieser Funktionalität, dass die Vorteile in kollaborativen Anwendungen oftmals überwiegen (siehe Abschnitt 2.6, 5.1).

Zugrundeliegende Problematik	Kanban-Board	Kommentarfunktion	Einführen einer Kontrollinstanz	Simultane Entwicklung im Maßnahmentypendesigner	Versionsverwaltung	Benutzerrechte
Erstellung redundanter Maßnahmentypen	X		X	X	X	X
Erstellung nicht funktionsfähiger Maßnahmentypen	X	X	X	X	X	X
Erstellung nicht umsetzbarer Maßnahmentypen		X	X	X	X	X
Verwenden nicht vollständiger, veralteter oder fehlerhafter Maßnahmentypen	X					X
Falsche Parametrierung und Filterung von Maßnahmentypen		X	X			X
Löschen oder Bearbeiten zukünftig relevanter Maßnahmentypen	X				X	X
Nicht erkennbare Bearbeitung der Maßnahmentypen				X	X	
Konkurrierende Zugriffe durch Nutzer und das LAS				X	X	X

Tab. 3 Zuordnung der Konzeptkomponenten zu den Problematiken der Anforderungsliste

In Tab. 3 sind die in Komponenten des Konzepts aus diesem Abschnitt zusammengefasst und den Problematiken der Anforderungsliste aus Abschnitt 4.3 zugeordnet, auf die sie Auswirkungen haben. Hierdurch wird deutlich, dass alle identifizierten Problematiken durch mindestens zwei Konzeptbausteine eingeschränkt werden. Weiterhin zeigte sich bei der Ausarbeitung des Konzeptes in diesem Abschnitt, dass einige Komponenten aufeinander aufbauen. Die Einführung einer Kontrollinstanz wird beispielsweise durch die lässt sich beispielsweise nicht

6 Evaluation des Konzepts

In diesem Kapitel wird das entwickelte Konzept evaluiert. Hierzu werden zwei verschiedene Szenarien, die in kollaborativen Arbeitsumgebungen auftreten können skizziert. Daran wird gezeigt, wie die Nutzer mit den neuen sowie den erweiterten bestehenden Systemkomponenten interagieren. Dadurch soll die Effizienz der Steuerung von Entwicklungs-, Verwendungs- und Verwaltungsprozessen, auf die diese Arbeit abzielt, nachgewiesen werden. Diese Szenarien werden unter der Voraussetzung untersucht, dass die agierenden Nutzer die erforderlichen Benutzerrechte besitzen.

6.1 Evaluierung des ersten Szenarios

In dem ersten Szenario, anhand dessen die Evaluierung des Konzepts durchgeführt wird, wird ein Maßnahmentyp von einem Nutzer bearbeitet. Dazu wird dieser Maßnahmentyp im Kanban-Board in die Spalte für Maßnahmentypen in Bearbeitung verschoben. Daraufhin kann der Nutzer über die Kanban-Karte oder direkt über den Maßnahmentypdesigner auf den Quellcode des Maßnahmentyps zugreifen und diesen bearbeiten. Während der Bearbeitung dieses Maßnahmentyps wird der Maßnahmentyp von einem zweiten Nutzer für ein Simulationsdurchlauf benötigt. Aus der Auswahl dieses Maßnahmentyps im Szenariokonfigurator resultiert ein Zugriff auf den Maßnahmentyp durch das LAS. Da der Maßnahmentyp in Bearbeitung ist, würde der Abruf einer aktuellen Version des Maßnahmentyps unter Umständen zu einer Simulation mit einem fehlerhaften Maßnahmentypen führen (siehe Abschnitt 4.1.4). Weiterhin erfolgt bei einer solchen Version die vorgeschlagene Überprüfung durch eine Kontrollinstanz nicht. Somit können die Problematiken, die durch die Überprüfung umgangen werden, auftreten (siehe Abschnitt 5.2). Daher ist hierfür der Abruf der letzten funktionsfähigen, überprüften Version des Maßnahmentyps aus der Versionsverwaltung vorgesehen. Diese wird dann dem zweiten Nutzer für die Parametrisierung und Filterung im Szenariokonfigurator zur Verfügung gestellt. So kann er eine Simulation mit den gewünschten Randbedingungen durchführen, obwohl ein weiterer Nutzer den gleichen Maßnahmentyp zeitgleich bearbeitet. Weitere Nutzer können in diesem Szenario simultan in der gleichen Weise wie der verwendende Nutzer den fraglichen Maßnahmentypen nutzen. Während dieser Nutzung bleibt der erste Nutzer bei der Bearbeitung des Maßnahmentyps unbeeinflusst. Nach Abschluss der Bearbeitung kann er den Maßnahmentyp genauso in der Spalte des Kanban-Boards ablegen, die für zu überprüfende Maßnahmentypen vorgesehen ist.

6.2 Evaluierung des zweiten Szenarios

In dem zweiten Evaluierungsszenario wird ein Maßnahmentyp, der in der Realität nicht umsetzbar ist, entwickelt. Dabei wird zunächst ein neuer Maßnahmentyp erstellt. Im Maßnahmentypdesigner wird dieser Maßnahmentyp von einem oder mehreren Nutzern bearbeitet, bis er funktionsfähig ist. Eine Entwicklung durch mehrere Nutzer sorgt durch die Einbindung verschiedener Expertisen bereits für eine reduzierte Anzahl an nicht umsetzbaren Maßnahmentypen. Daraufhin wird er im Kanban-Board in die Spalte für zu prüfende Maßnahmentypen verschoben (siehe Abb. 16). Hier befindet sich die zweite Möglichkeit die nicht vorhandene Umsetzbarkeit des Maßnahmentyps zu identifizieren und diesen für eine Überarbeitung im Kanban-Board zu verschieben. Sofern dies nicht geschieht, wird er für die Verwendung zugelassen. Somit können die Nutzer des LAS den Maßnahmentyp für ihre Untersuchung

genutzt werden. Falls sie sich die abgeleiteten Maßnahmen im Rahmen dieser Untersuchung als vielversprechend herausstellen, werden sie als Maßnahmvorschläge über das Berichtsmodul an die Entscheidungsträger weitergeleitet (siehe Abb. 6). An dieser Stelle können nicht umsetzbare Maßnahmen mithilfe der Expertise der Entscheidungsträger ebenfalls erkannt und mithilfe von Feedback über das Berichtsmodul gekennzeichnet werden. Gesetzt dem Fall, dass auch dies nicht geschieht, besteht die Möglichkeit für die Fachleute in den betroffenen Abteilungen über die Kommentarfunktion auf die nicht vorhandene Umsetzbarkeit der Maßnahmen aufmerksam zu machen (siehe 4.2.3). So können nicht umsetzbare Maßnahmentypen im kollaborative gesteuerten Arbeitsumfeld durch multiple Instanzen identifiziert werden.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Zielsetzung der vorliegenden Ausarbeitung war es, die Prozesse der kollaborativen Entwicklung, Verwaltung und Nutzung von nutzergenerierten Maßnahmen zu steuern und somit zu verbessern. Dazu wurden zunächst Szenarien identifiziert, in denen Problematiken bei der kollaborativen Entwicklung, Verwendung und Verwaltung von Maßnahmentypen auftreten. Zusätzlich wurden Problematiken durch Mehrfachzugriffe erfasst. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wurden die Nutzerrollen aus vorangegangenen Arbeiten detaillierter diskutiert und deren Aufgabenbereich den zusammengestellten Szenarien zugeordnet. Zusätzlich wurden weitere Nutzerrollen, die in den Nutzungsszenarien auftreten können, untersucht. Anschließend wird aus den Nutzungsszenarien und den Nutzerrollen, die darin von Bedeutung sind, eine Anforderungsliste an das Konzept ermittelt. Im weiteren Verlauf dieser Ausarbeitung werden bestehende Kollaborationswerkzeuge, die für den Anwendungsfall relevant sind verglichen. Aus dem Vergleich haben sich sechs aufeinander aufbauende Funktionalitäten herausgestellt, die für die Eingrenzung der Problematiken der kollaborativen Arbeit mit Maßnahmentypen besonders geeignet sind. So wird hierfür ein Kanban-Board vorgeschlagen, in das eine Kommentarfunktion eingebunden ist. Dadurch wird die Möglichkeit der Einführung einer Kontrollinstanz eröffnet. Weiterhin stellte sich die Erweiterung des Maßnahmentypdesigners mit Funktionalitäten für das simultane Erstellen und Bearbeiten von Maßnahmentypen als vielversprechend dar. Gleichmaßen wird eine Versionsverwaltung und die Einführung von Benutzerrechten vorgeschlagen. Im letzten Schritt wurden zwei Beispielszenarien gewählt, die unterschiedliche Aspekte der kollaborativen Arbeit mit dem LAS betrachten. Anhand dieser Szenarien wird das entwickelte Konzept exemplarisch evaluiert.

Es bieten sich weitreichende Möglichkeiten für weitere Forschungen im Bereich der Kollaborationswerkzeuge an, da diese ein junges Forschungsfeld sind. Anhand der Vielzahl an Kollaborationswerkzeugen, von denen nur eine kleiner Teil in dieser Ausarbeitung genauer untersucht wurde, wird die Relevanz der Thematik deutlich. Eine Erschließung der verschiedenen Potentiale unternehmensübergreifender Kollaboration mithilfe von Kollaborationswerkzeugen ist ein aussichtsreicher Forschungssektor (siehe Abb. 4). Darüber hinaus stellt das konzipierte Kollaborationswerkzeug ein interessantes Feld für aufbauende Forschung dar. Einen großen Punkt hiervon ist die Umsetzung und Erweiterung der konzipierten Funktionalitäten. Sofern die vorgeschlagenen Möglichkeiten zur Minimierung von redundanten Maßnahmentypen sich als nicht ausreichend herausstellen, ist die Entwicklung eines Werkzeugs für die Identifizierung dieser eine Möglichkeit. Hiermit können beispielsweise die Maßnahmen auf das Datenmodell angewendet und deren Effekt verglichen werden. Weiterhin kann eine Schnittstelle für die Anbindung an die ID-Managementsysteme der Unternehmen eingefügt werden. Dadurch können Daten für eine automatisierte Nutzererfassung im Kanban-Board aus bestehenden Unternehmenssystemen abgerufen werden. Benutzerrechte lassen sich ebenso auf Basis der abgerufenen Daten automatisiert vergeben. Auch im vorgeschlagene Kanban-Board lassen sich die Funktionen nach Bedarf erweitern. So können den Maßnahmentypen beispielsweise weitere Daten wie die Auswirkungen der abgeleiteten Maßnahmen auf die KPI integriert werden. Derartige Daten sind interessant für eine statistische Erfassung und Untersuchung der Maßnahmentypen, die ebenso mithilfe einer Erweiterung des Kanban-Board umgesetzt werden kann. Zusätzlich weist das Berichtsmodul weitere Möglichkeiten für eine

Erweiterung des LAS auf. So lassen sich in den Simulationsergebnissen Verweise auf die verwendeten Versionen der Maßnahmentypen und deren Parameter unterbringen, um eine Rückverfolgbarkeit zu ermöglichen. Schlussendlich bietet sich die Möglichkeit die für das LAS nach Dross und Rabe konzipierten Funktionalitäten auf andere LAS zu übertragen.

Literaturverzeichnis

- [AZ19] ARD/ZDF-Onlinestudie: *Entwicklung der Onlinenutzung in Deutschland 1997 bis 2018*. Abgerufen am 13. Februar 2019 von <http://www.ard-zdf-onlinestudie.de/onlinenutzung/entwicklung-der-onlinenutzung/>
- [BBK09] Bause, F.; Beilner, H.; Kriege, J.: ProC/B – eine Modellierungsumgebung zur prozessketten-orientierten Beschreibung und Analyse logistischer Netze. In: Buchholz, P.; Clausen, U. (Hrsg.): *Große Netze der Logistik*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009.
- [Bec08] Becker, T.: *Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren* (2. Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008.
- [BSB15] Bornewasser, M.; Schlick, C. M.; Bouncken, R. B.: *Teamkonstellation und betriebliche Innovationsprozesse*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015.
- [Dem16] Demuth, U.: *Kollaboratives Schreiben*. Abgerufen am 13. Februar 2019 von www.die-bonn.de/wb/2016-kollaboratives-schreiben-01.pdf, 2016.
- [DR14] Dross, F.; Rabe, M.: A SimHeuristic Framework as a Decision Support System for Large Logistics Networks with Complex KPIs. In: Wittmann, J.; Deatcu, C. (Hrsg.): *Proceedings of the 22. Symposium Simulationstechnik (ASIM 2014)*. Wien, Österreich: ARGESIM / ASIM 2014, S. 247-254.
- [Ehr97] Ehrmann, H.: *Logistik*. Ludwigshafen (Rhein): Kiehl, 1997.
- [Gab18] Springer Gabler Verlag (Hrsg.), Gabler Wirtschaftslexikon, <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/logistik-40330/version-263718>.
Revision vom 15.02.2018 - 15:04
- [Gud12a] Gudehus, T.: *Logistik 1 – Grundlagen, Verfahren und Strategien* (4. Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2012.
- [Gud12b] Gudehus, T.: *Logistik 2 – Netzwerke, Systeme und Lieferketten* (4. Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2012.
- [GRR09] Grönniger, H.; Ringert, J. O.; Rumpe, B.: System Model-Based Definition of Modeling Language Semantics. In: Lee, D. et al. (Hrsg.): *Formal techniques for distributed systems. Proceedings of the Joint 11th IFIP WG 6.1 International Conference FMOODS 2009 and 29th IFIP WG 6.1 International Conference FORTE 2009*. Berlin: Springer, 2009, S. 152–166.

- [GRS17] Gutenschwager, K.; Rabe, M.; Spieckermann, S.; Wenzel, S.: *Simulation in Produktion und Logistik – Grundlagen und Anwendungen*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2017.
- [HM14] Henke, M.; Motta, M.: „IT im Supply Chain Management: simulationsgestützte logistische Assistenzsysteme als Ansatz zur Steigerung der Supply Chain Agilität. In: Kille, C. (Hrsg.): *Navigation durch die komplexe Welt der Logistik*. Wiesbaden: Springer Gabler, 2014, S. 153-169.
- [Hor12] Horger-Thies, S.: *100 Minuten für konstruktive Teamarbeit – Gemeinsam erfolgreich! Nicht nur für Techniker, Ingenieure und Informatiker*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2012.
- [HRH07] Hildenbrand, T.; Rothlauf, F.; Heinzl, A.: Ansätze zur kollaborativen Softwareerstellung. In: *Wirtschaftsinformatik 49* (Sonderheft). S. 72–80.
- [ISO11] ISO/IEC 25010:2011 - Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models
- [JR13] Juan, A.A.; Rabe, M.: Combining simulation with heuristics to solve stochastic routing and scheduling problems. In: Dangelmaier, W. et al. (Hrsg.): *Simulation in Produktion und Logistik 2013*. Paderborn: HNI-Verlagsschriftenreihe 2013, S.641-649.
- [MV14] Mattfeld, D.; Vahrenkamp, R.: *Logistiknetzwerke – Modelle für Standortwahl und Tourenplanung* (2. Auflage). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014.
- [Pfo16] Pfohl, H.-C. *Logistikmanagement – Konzeption und Funktionen* (3. Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2016.
- [Pol16] Poluha, R. G.: *The Quintessence of Supply Chain Management – What You Really Need to Know to Manage Your Processes in Procurement, Manufacturing, Warehousing and Logistics*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2016.
- [RAS18] Rabe, M.; Ammouriova, M.; Schmitt, D.: Utilizing Domain-Specific Information for the Optimization of Logistics Networks. In: Rabe, M. et al. (Hrsg.): *Proceedings of the 2018 Winter Simulation Conference*. Piscataway, USA: IEEE 2018, S. 2873-2884
- [RD15] Rabe, M.; Dross, F.: A Reinforcement Learning Approach for a Decision Support System for Logistics Networks. In: Yilmaz, L. et al. (Hrsg.): *Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference*. Piscataway, USA: IEEE 2015, S. 2020-2032.
- [RDS17] Rabe, M.; Dross, F.; Schmitt, D.; Ammouriova, M.; Ipsen, C.: Decision Support for Logistics Networks in Materials Trading Using a Simheuristic Framework and User-generated Action Types. In: Wenzel, S.; Peter, T. (Hrsg.): *Simulation in Produktion und Logistik 2017*. Kassel: kassel university press 2017, S. 109-118.

- [RDW17] Rabe, M.; Dross, F.; Wuttke, A: Combining a Discrete-event Simulation Model of a Logistics Network with Deep Reinforcement Learning. In: Duarte, A. et al. (Hrsg.): *Metaheuristics: Proceeding of the MIC and MAEB 2017 Conferences*, Barcelona, Spanien: 2017, S. 765-774.
- [RSA18a] Rabe, M.; Schmitt, D.; Ammouriova, M.: Utilizing Domain-specific Information in Decision Support for Logistics Networks. In: Freitag, M. et al. (Hrsg.): *Proceedings of the International Conference on Dynamics in Logistics (LDIC) 2018*. Cham, Schweiz: Springer 2018, S. 413–417.
- [RSA18b] Rabe, M.; Schmitt, D.; Ammouriova, M.: Improving the Performance of a Logistics Assistance System for Materials Trading Networks by Grouping Similar Actions. In: Rabe, M. et al. (Hrsg.): *Proceedings of the 2018 Winter Simulation Conference*. Picataway, USA: IEEE 2018, S. 2861-2872
- [RSD17] Rabe, M.; Schmitt, D., Dross, F.: Method to Model Actions for Discrete-event Simulations of Logistics Networks. In: Chan, W.K.V. et al. (Hrsg.): *Proceedings of the 2017 Winter Simulation Conference*. Picataway, USA: IEEE 2017, S. 3370-3381.
- [SFK16] Steglich, M.; Feige, D.; Klaus, P.: *Logistik-Entscheidungen – Modellbasierte Entscheidungsunterstützung in der Logistik mit LogisticsLab* (2. Auflage). Berlin; Boston: De Gruyter Oldenbourg, 2016.
- [Sch08] Schmidt-Volkmar, P.: *Betriebswirtschaftliche Analyse auf operationalen Daten*. Wiesbaden: Gabler Verlag / GWV Fachverlage GmbH, 2008.
- [SJW16] Schnider, D.; Jordan, C.; Welker, P.; Wehner, J.: *Data Warehouse Blueprints – Business Intelligence in der Praxis*. München: Hanser, 2016.
- [VDI14] VDI 3633 Part 1: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen – Grundlagen. Berlin: Beuth, 2014.
- [Wer17] Werner, H.: *Supply Chain Management – Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017.
- [WK16] Wahl, L.; Kitchel, A.: Internet Based Collaboration Tools. In: Kock, N. (Hrsg.): *International Journal of e-Collaboration (IJEC)*, 12.2016, Heft 1. Hershey: IGI Global, S. 27 – 43.
- [WM19] Winterstein, F.; Michalek, R.: *Lieferkettenmanagement – Was ist Supply Chain Management? Definition, Beispiel & Ziele!* Abgerufen am 13. Februar 2019 von MM-Logistik, <https://www.mm-logistik.vogel.de/was-ist-supply-chain-management-definition-beispiel-ziele-a-614558/>

[WS12] Wassermann, O.; Schwarzer, M.: *Das intelligente Unternehmen – Schlummernde Potenziale realisieren* (6. Auflage). Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012

Eidesstattliche Versicherung (Affidavit)

Name, Vorname
(Last name, first name)

Matrikelnr.
(Enrollment number)

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit/Masterarbeit* mit dem folgenden Titel selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erbracht habe. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

I declare in lieu of oath that I have completed the present Bachelor's/Master's* thesis with the following title independently and without any unauthorized assistance. I have not used any other sources or aids than the ones listed and have documented quotations and paraphrases as such. The thesis in its current or similar version has not been submitted to an auditing institution.

Titel der Bachelor-/Masterarbeit*:
(Title of the Bachelor's/ Master's* thesis):

*Nichtzutreffendes bitte streichen
(Please choose the appropriate)

Ort, Datum
(Place, date)

Unterschrift
(Signature)

Belehrung:

Wer vorsätzlich gegen eine die Täuschung über Prüfungsleistungen betreffende Regelung einer Hochschulprüfungsordnung verstößt, handelt ordnungswidrig. Die Ordnungswidrigkeit kann mit einer Geldbuße von bis zu 50.000,00 € geahndet werden. Zuständige Verwaltungsbehörde für die Verfolgung und Ahndung von Ordnungswidrigkeiten ist der Kanzler/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 Abgabe einer falschen Versicherung an Eides statt wird mit Freiheitsstrafe bis zu 3 Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

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

Die oben stehende Belehrung habe ich zur Kenntnis genommen:

Official notification:

Any person who intentionally breaches any regulation of university examination regulations relating to deception in examination performance is acting improperly. This offense can be punished with a fine of up to €50,000.00. The competent administrative authority for the pursuit and prosecution of offenses of this type is the chancellor of TU Dortmund University. In the case of multiple or other serious attempts at deception, the examinee can also be unenrolled, section 63, subsection 5 of the North Rhine-Westphalia Higher Education Act (*Hochschulgesetz*).

The submission of a false affidavit will be punished with a prison sentence of up to three years or a fine.

As may be necessary, TU Dortmund will make use of electronic plagiarism-prevention tools (e.g. the "turnitin" service) in order to monitor violations during the examination procedures.

I have taken note of the above official notification:**

Ort, Datum
(Place, date)

Unterschrift
(Signature)

****Please be aware that solely the German version of the affidavit ("Eidesstattliche Versicherung") for the Bachelor's/ Master's thesis is the official and legally binding version.**