

Forschungsinitiative des BMWi

„ProveIT“



*PRO*duction plan based recovery of *VE*hicle routing plans within
*I*ntegrated *T*ransportnetworks

Gemeinsamer Abschlussbericht

Projektlaufzeit:

01.11.2013 - 31.10.2016

Projektkonsortium:

- **Forschungszentrum Informatik (FZI)**, Haid-und-Neu-Str. 10-14, 76131 Karlsruhe
- **Geis Transport und Logistik GmbH**, Jakob-Panzer-Strasse 1, 97469 Gochsheim
- **Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL)** am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Gotthard-Franz-Str. 8, 76131 Karlsruhe
- **LOCOM Software GmbH**, Stumpfstraße 1, 76131 Karlsruhe
- **PTV Planung Transport Verkehr AG**, Stumpfstraße 1, 76131 Karlsruhe
- **Robert Bosch GmbH**, Robert-Bosch-Platz 1, 70839 Gerlingen-Schillerhöhe
- **ZF Friedrichshafen AG**, Graf-von-Soden-Platz 1, 88046 Friedrichshafen

Stand: 25.04.2017

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis	viii
Abkürzungsverzeichnis	ix
Übersicht über Arbeitspakete und Arbeitspaketleiter	x
1. Einführung	1
1.1 Projektüberblick – Struktur und Arbeitsplan.....	1
1.2 Idee und Zielsetzungen des Projekts.....	3
1.3 Projektmanagement.....	4
2. Projektergebnisse	6
2.1 AP1: Gesamtkonzept und Modellierung der Transportsysteme	6
2.1.1 Gesamtkonzept und Datenmodell	6
2.1.1.1 Taktische Planung.....	7
2.1.1.2 Operative Planung	9
2.1.1.3 Operative Ausführung	10
2.1.2 Untersuchung von Abweichungen und Maßnahmen im Transportlogistik-system mittels Simulation	12
2.1.3 Analytische Modellierung von Transportsystemen in der Beschaffung	15
2.1.3.1 Motivation und Modellierung des Systems.....	15
2.1.3.2 Mathematische Formulierung des Modells	16
2.1.3.3 Quantitative Untersuchungen.....	19
2.1.3.4 Fazit	21
2.1.4 Literatur zu AP1	21
2.2 AP 2: Plattformentwicklung: strategische und taktische Planung und verladerseitige operative Planung.....	23
2.2.1 Strategische Planung.....	23
2.2.2 Taktische Planung	24
2.2.3 Operative Planung.....	26
2.2.4 Unterstützung für das Abweichungsmanagement	27
2.2.5 Generelle Erkenntnisse	28
2.2.5.1 Notwendigkeit der Plattform	28
2.2.5.2 Wichtigkeit der Planungsunterstützung beim Warenempfänger	28

2.2.5.3 Sinnvolle Stufung der Planungshorizonte	29
2.2.5.4 Notwendigkeit der Verbindung zwischen Material- und Transportdisposition.....	29
2.2.5.5 Stammdaten.....	30
2.2.5.6 Kenntnis der Verpackungsinformationen oder die Kommunikation dazu mit dem Lieferanten	30
2.3 AP 3: Taktische und operative Tourenplanung und Steuerung für den Logistikdienstleister	31
2.3.1 Gesamtarchitektur und Systemkomponenten der PTV	31
2.3.2 Entwicklungsergebnisse zur taktischen Gebietsplanung.....	33
2.3.3 Telematik-Service, PTV Smartour track&trace für Plan-Ist-Vergleich.....	34
2.4 AP4: Dienste zum Abweichungsmanagement.....	37
2.4.1 Architekturüberblick	37
2.4.1.1 Front End	37
2.4.1.2 Communication	38
2.4.1.3 Processing	38
2.4.1.4 Data / Service Management.....	39
2.4.1.5 Tactical Replanning.....	39
2.4.2 Automatisierte Eventverarbeitung.....	39
2.4.2.1 Einheitliche Definition relevanter Trackingpunkte	39
2.4.2.2 Eventverarbeitung, Statusberechnung und Speicherung.....	41
2.4.2.3 Störungserkennung und Ansteuerung der Störungsbehebung.....	41
2.4.3 Operative Entscheidungsunterstützung: Eskalierende Störungsbehebung.....	41
2.4.4 Mechanismen zur Stärkung der taktischen Pläne	45
2.4.5 WebFrontend: ProveIT Cockpit	47
2.4.6 Mobile Anwendung: ProveIT App	48
2.4.7 Kernerkenntnisse aus den Feldtests zum Abweichungsmanagement	49
2.4.8 Literatur AP4.....	51
2.5 AP 5: Operativer Pilot der Praxispartner Bosch und ZF Friedrichshafen	52
2.5.1 Einsatz des Systems am Beispiel des Saarpfalz- Milkruns der Robert Bosch GmbH	52
2.5.1.1 Ist-Prozess und Problemstellung	52
2.5.1.2 Einsatz des Systems.....	54
2.5.1.3 Benutzerfreundlichkeit.....	58
2.5.1.4 Analyse: Vorteile und Nachteile	59
2.5.1.5 Evaluierung	60
2.5.2 Einsatz des Systems am Beispiel eines Gebietsspeditionsnetzwerks.....	62
2.5.2.1 Zielsetzung aus Perspektive der ZF Friedrichshafen AG.....	62

2.5.2.2 Themenfelder	63
2.5.2.3 Bearbeitete Inhalte	63
2.5.2.4 Ergebnisse	66
2.6 AP6: Betriebswirtschaftliche und gesamtwirtschaftliche Bewertung.....	75
2.6.1 Analytischer Ansatz	75
2.6.2 Prognostischer Ansatz.....	76
2.6.3 Durchführung von Bewertungsrechnungen	77
2.6.4 Ergebnisse	77
2.6.4.1 Operative Tourenplanung	77
2.6.4.2 Taktische Gebietsplanung.....	78
2.6.4.3 Taktische Bestelloptimierung	78
2.6.4.4 Operative Transportoptimierung	79
2.6.5 Zusammenfassung der Ergebnisse	80
2.7 AP7: Transfer, Umsetzung und Übertragbarkeit.....	81
2.7.1 Verwertungsplan der Softwarepartner	81
2.7.1.1 Planung beim Empfänger.....	81
2.7.1.2 Planung und Steuerung für den Logistikdienstleister	83
2.7.1.3 Dienste zum Abweichungsmanagement, App und Cockpit	83
2.7.2 Potentiale von ProveIT bei den Industriepartnern	85
2.7.2.1 Tracking and Tracing des Transportprozesses RB.....	86
2.7.2.2 Tracking & Tracing bei der ZF Friedrichshafen AG.....	86
2.7.2.3 Eskalationsstufenbezogenes Abweichungsmanagement	87
2.7.2.4 Physische und psychische Belastungsreduzierung der Disponenten	89
2.7.2.5 Potentiale Netzwerkplanung	90
2.7.2.6 Potentiale von ProveIT – Zusammenfassung	92
2.7.3 Verwertungsplan der Industriepartner	94
2.7.3.1 Voraussetzungen für eine Verwertung.....	94
2.7.3.2 Verwertung bei der RB GmbH	94
2.7.3.3 Verwertung bei der ZF Friedrichshafen AG (ZF).....	95
2.7.3.4 Chancen und Risiken einer Verwertung.....	95
2.7.4 Expertise	96
2.7.4.1 Übertragungspotential aus Sicht der Robert Bosch GmbH.....	96
2.7.4.2 Übertragungspotentiale aus Sicht der ZF Friedrichshafen AG.....	96
3. Ergebnisverbreitung	98
3.1 Projektlogo und Projektwebsite	98
3.2 Veröffentlichungen und Präsentationen.....	98

3.3 Abschlussveranstaltung.....	99
4. Zusammenfassung und Ausblick	102

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Arbeitspakete von ProveIT	2
Abbildung 2: Die Idee von ProveIT.....	3
Abbildung 3: Taktische Planung.....	8
Abbildung 4: Operative Planung.....	9
Abbildung 5: Bausteine einer Tour	10
Abbildung 6: Operative Ausführung	11
Abbildung 7: Die Grundstruktur des simulierten Netzwerks	12
Abbildung 8: Integration von OSM-Daten in das Modell	13
Abbildung 9: Kennzahlenübersicht im User Interface	14
Abbildung 10: Transportsystem in der Beschaffung.....	15
Abbildung 11: Das ideale Lagermodell (in Anlehnung an Tempelmeier 2011)	17
Abbildung 12: In der Unternehmenspraxis auftretende Abweichungen vom idealen Lagermodell (Quelle: Nyhuis 2008)	18
Abbildung 13: Berechnung der aggregierten Nachfrage bei einem Bestandsmodell mit stochastischer Wiederbeschaffungszeit	19
Abbildung 14: Planprozess und Transportzeit im Modell des Saar-Pfalz-Milkruns	19
Abbildung 15: Bereitstellungsfehler und Zeitpunkt der Fehlererkennung im Modell des Saar-Pfalz-Milkruns	20
Abbildung 16: Notwendiger Bestand in verschiedenen Szenarien für ein statistisches Sicherheitsniveau von 99% im Bosch Use-Case.....	21
Abbildung 17: Gesamtabläufe der Planungsplattform.....	23
Abbildung 18: Kernablauf der strategischen Planung	23
Abbildung 19: Kernprozess der taktischen Planung.....	24
Abbildung 20: Gesamtablauf der taktischen Planung	24
Abbildung 21: Ergebnis der taktischen Planung.....	25
Abbildung 22: Gesamtablauf der operativen Planung.....	26
Abbildung 23: Übergang aus der operativen Planung in das SCEM.....	27
Abbildung 24: Systemarchitektur des ProveIT-Systems – Interaktions- und Kommunikationsbedarfe der Nutzer	32

ProveIT – Gemeinsamer Abschlussbericht aller Konsortialpartner

Abbildung 25: Systemarchitektur ProveIT Entwicklungen – Planungsverfahren und Komponenten für die LDL-Ebene – AP3, Use Case ZF/ Geis.....	33
Abbildung 26: Taktische Gebietsplanung - Neue Aufteilung der Partnergebiete	34
Abbildung 27: Telematik-Service zur flexiblen Anbindung von Telematik-Systemen.....	35
Abbildung 28: Smartour inkl. track&trace-Modul, Plan-Ist Vergleich der Testtour, Darstellung des GPS-tracks und der Plan-Route	36
Abbildung 29: : Vereinfachte Übersicht über die Architektur des ProveIT Störungsmanagements.....	38
Abbildung 30: Unter den Partnern abgestimmte Trackingpunkte, die von der App entlang der Tourausführung aufgenommen werden.....	40
Abbildung 31: Vergleich planmäßiger Ankunftszeiten (in rot) mit Realdaten (als Boxplot dargestellt)	46
Abbildung 32: Geplante Milkruns und Lieferungen im Gebietsspeditionsnetz mit Auslastungsinformationen	47
Abbildung 33: Screenshot des ProveIT Cockpits	48
Abbildung 34: Screenshot der ProveIT App: Eingabemöglichkeiten während einer laufenden Tour	49
Abbildung 35 Route des Saarpfalz Milkruns	53
Abbildung 36: Netzwerkplanung auf unterschiedlichen Zeithorizonten.....	66
Abbildung 37: Errechnete Einsparpotentiale durch Einsatz der Dienste zur Netzwerkplanung	67
Abbildung 38: Ergebnis der taktischen Netzwerkplanung.....	68
Abbildung 39: Operative Planung - Vergleich vom Planungsergebnis mit der IST-Situation .	69
Abbildung 40: Qualitative Bewertung der Ergebnisse aus der Netzwerkplanung	69
Abbildung 41: Einfluss der Netzwerkplanung auf Kostentreiber des Gesamtprozesses.....	70
Abbildung 42: Automatisierte Erfassung von Daten mittels BLE Tags – Messreihe	71
Abbildung 43: Automatisierte Erfassung von Daten mittels BLE-Tags – Klassifizierung	71
Abbildung 44: Gemessene Beschleunigung der BLE-Tags beim "normalen" und "harten" Aufnehmen eines Ladungsträgers durch einen Gabelstapler.....	72
Abbildung 45: Oberfläche zum Anzeigen von Events in SAP	73
Abbildung 46: Reduktion von Frachtkosten durch Bündelung der Anliefermengen	73

ProveIT – Gemeinsamer Abschlussbericht aller Konsortialpartner

Abbildung 47: Gesamtwirtschaftliche Bewertung der operativen Tourenplanung (Betriebskosten und Emissionen aggregiert).....	78
Abbildung 48: Gesamtbewertung der taktischen Bestelloptimierung	79
Abbildung 49: Gesamtabläufe der Planungsplattform.....	81
Abbildung 50: "Action Points"	88
Abbildung 51: Eskalationsstufen im Abweichungsmanagement	89
Abbildung 52: Ergebnis der taktischen Netzwerkplanung	91
Abbildung 53: Optimierung der Transportkosten.....	92
Abbildung 54: Blackbox Transportprozess.....	93
Abbildung 55: Sollzustand Transportprozess.....	94
Abbildung 56: Screenshot der ProveIT Website mit Logo.....	98
Abbildung 57: Einladung zur Abschlussveranstaltung (Vorderseite).....	99
Abbildung 58: Einladung zur Abschlussveranstaltung - (Rückseite mit Agenda).....	100
Abbildung 59: Begrüßung durch Herrn Andreas Liessem (BMW).....	100
Abbildung 60: Moderation durch Dr. Markus Bauer (Bosch).....	101

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schichtmodell zur Eskalation im Bosch Use Case (Milkrun)	42
Tabelle 2: Schichtmodell zur Eskalation im ZF Use Case (Gebietsspedition).....	43
Tabelle 3: Entscheidungsmodelle zur Eskalation im Bosch Use Case (Milkrun)	44
Tabelle 4: Fahrplan des Saarpfalz-Milkruns	53
Tabelle 5: Einhaltung der vereinbarten Zeitfester im Feldversuch	56
Tabelle 6: Durchschnittliche Beladung pro Lieferant.....	57

Abkürzungsverzeichnis

BLE	Bluetooth Low Energy
ERP	Enterprise Resource Planning
FTL	Full Truck Load
GIS	Geographisches Informationssystem
LTL	Less Than Truck Load
MRP	Material Requirements Planning
OSM	OpenStreetMap
SCEM	Supply Chain Event Management
TMS	Transportmangementsystem
TuT	Track und Trace

Übersicht über Arbeitspakete und Arbeitspaketleiter

Arbeitspaket	Leiter des Arbeitspakets
1	Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL)
2	Locom Software GmbH
3	PTV AG
4	Forschungszentrum Informatik (FZI)
5	Robert Bosch GmbH/ZF Friedrichshafen AG
6	PTV AG
7	Robert Bosch GmbH

1. Einführung

„ProveIT“ steht für eine IT-Plattform zur Beherrschung von Abweichungen in komplexen Transportnetzwerken durch ein eskalierendes Störungsmanagement und der Stärkung der taktischen Ebene durch vorausschauende Planung und kontinuierliche Verbesserungsprozesse. Mit Hilfe der entwickelten Dienste ist es möglich, weitgehend automatisiert auf das stochastische Geschehen einer Lieferkette zu reagieren und ein von Störungen betroffenes System mit möglichst geringen Eingriffen in einen stabilen und wirtschaftlichen Zustand zurückzuführen. Zudem können durch die Planungsdienste Logistiknetzwerke mit stabilen Soll-Plänen aufgebaut werden, so dass Prozesse effizient betrieben und das Auftreten von Störungen vermieden werden können.

Die Herausforderung bei der Entwicklung der Dienste bestand darin, dass einerseits die Prozesse in allen Knoten und Kanten des Transportnetzwerkes so nah wie möglich an ihrem jeweils geplanten Sollbetriebspunkt gehalten werden müssen, andererseits aber auch der Aufwand für die Prozessführung und das Abweichungsmanagement wirtschaftlich bleiben muss. Treten Abweichungen vom Sollzustand ein, muss zunächst beurteilt werden, ob diese kritisch für das System sind und welche Handlungsalternativen bestehen. Die dynamische Bewertung und Filterung von Abweichungsinformationen ist dabei in einem Netzwerk schwierig, da Abhängigkeiten und Wechselwirkungen (etwa Folgeeffekte auf nachgelagerte Prozesse) meist nicht naheliegend sind aber dennoch zeitnah beurteilt werden müssen. Die korrigierenden Eingriffe in die logistischen Prozesse müssen dezentral, also in der Fläche verteilt stattfinden. Die verteilt vorhandenen Informationen müssen gesammelt, aufbereitet und den handelnden Personen vor Ort zur Verfügung gestellt werden.

Die Weiterentwicklung der Dienste erfolgte im Projekt iterativ durch wiederholte Testphasen der Dienste in einer realen Umgebung bei den Praxispartnern im Rahmen von frühen Feldversuchen ab dem zweiten Projektjahr. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde in den Piloten gezeigt, dass das Konzept, mit den voran genannten Zielen, für unterschiedliche Lieferketten funktionsfähig ist und eine praktische Relevanz besitzt. In den betrachteten Anwendungsfällen handelte es sich um eine Inbound-Lieferkette mit den drei Akteuren Empfänger – Logistikdienstleister – Lieferant. Im Falle des Cases bei ZF Friedrichshafen erfolgte die Transportabwicklung durch einen festen Gebietsspediteur, nämlich der Spedition Geis. Dem Robert Bosch-Case lag ein Milkrun-Konzept zugrunde.

1.1 Projektüberblick – Struktur und Arbeitsplan

Das Projektkonsortium vereinte alle Kompetenzen, die für die Entwicklung und den Betrieb der ProveIT-Plattform nötig sind. Die Robert Bosch GmbH leitete das Projekt als Konsortialführer und war zudem, wie auch die ZF Friedrichshafen AG, industrieller Anwender der Plattform. Der Logistikdienstleister Geis übernahm die operative Transportplanung und operative Ausführung im Anwendungsfall des Gebietsspediteurs. LOCOM und PTV als IT-Anbieter entwickelten die Systemlösungen zur Transportplanung und -steuerung. Das Forschungszentrum Informatik (FZI) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) verantwortete die Komponenten für das Abweichungs- und Störungsmanagement. Für das Gesamtkonzept und den wissenschaftlichen Ansatz war das Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) am KIT verantwortlich.

Einführung

Die Abbildung 1 zeigt die Arbeitspakete des Projekts. Im ersten Arbeitspaket wurden unter Leitung des IFL das Gesamtkonzept sowie das dazugehörige Prozess- und Datenmodell entwickelt sowie die Wirkzusammenhänge in einem Logistiknetzwerk mit analytischen und simulativen Methoden untersucht. Das zweite Arbeitspaket bündelt die Plattformentwicklung für die strategische und taktische Planung sowie die Verlader-seitige operative Planung. Die Leitung dieses Arbeitspakets lag bei der Firma LOCOM. Im dritten Arbeitspaket entwickelte die PTV die Dienste zur operativen Transport- und Tourenplanung. Das FZI befasste sich im vierten Arbeitspaket mit der Entwicklung von Diensten zum Abweichungsmanagement. Im fünften Arbeitspaket haben die Praxispartner Robert Bosch, ZF Friedrichshafen und die Spedition Geis die Feldversuche geplant, durchgeführt und evaluiert. Die Bewertung des ProveIT-Ansatzes aus betriebs- und gesamtwirtschaftlicher Sicht wurde im sechsten Arbeitspaket durch die PTV geleistet. Im siebten Arbeitspaket wurden, unter der Leitung von Robert Bosch, Transfer, Umsetzung und die Übertragbarkeit auf weitere Standorte sowie weitere Unternehmen und Branchen untersucht. Abhängigkeiten zwischen den Arbeitspaketen bestanden auf der konzeptionellen Ebene zwischen allen Arbeitspaketen des Projekts. Auf der Entwicklungsebene waren die Arbeitspakete der Dienstentwicklung (AP2 – AP4) eng miteinander verbunden.

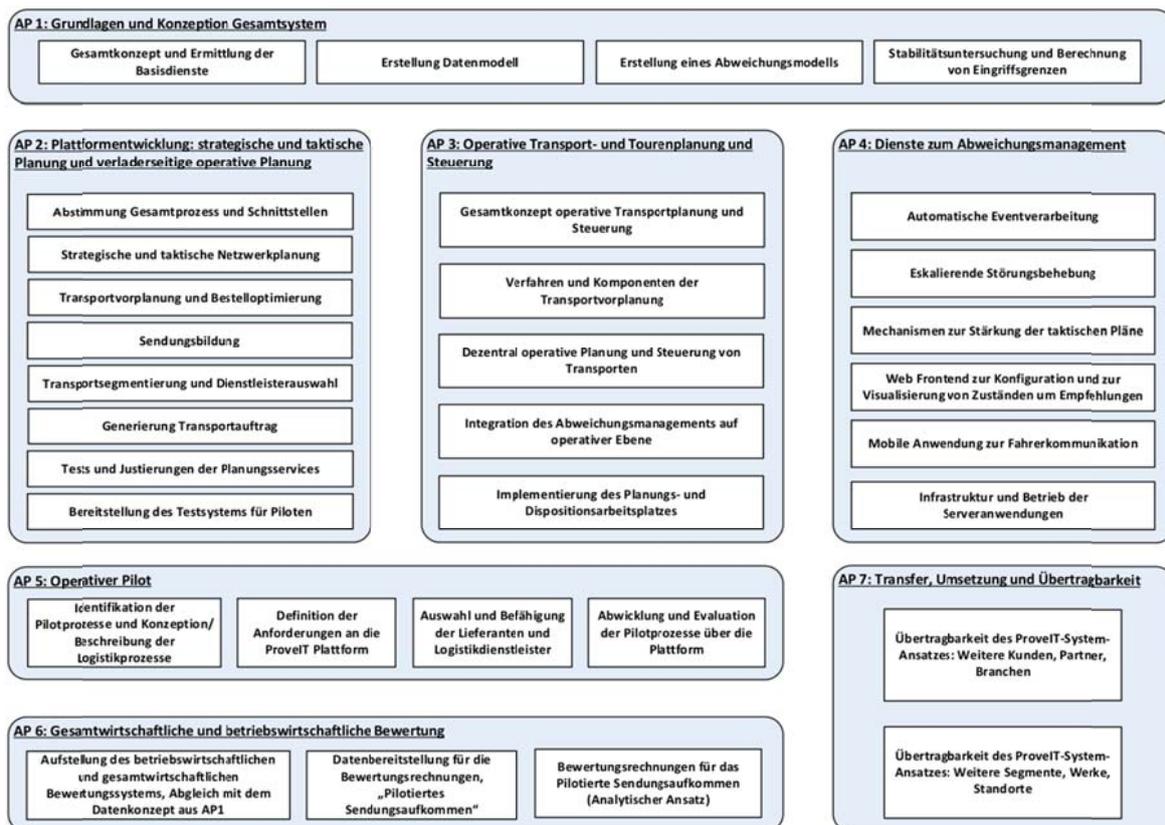


Abbildung 1: Die Arbeitspakete von ProveIT

Das Projekt hatte eine Laufzeit von 36 Monaten und wurde im Zeitraum von November 2013 bis Oktober 2016 durchgeführt. Dabei hat sich das Projekt in zwei grobe Projektphasen gegliedert. In der ersten Phase wurden zunächst grundlegende Planungs- und

Steuerungsverfahren als Dienste für die ProveIT-Plattform zur Verfügung gestellt. Das Ziel war die Bereitstellung demonstrationsfähiger Komponenten für die identifizierten Pilotprozesse binnen einen Jahres ab Projektbeginn. Den Abschluss der ersten Projektphase bildete der Meilenstein M2 nach 16 Monaten, der die Abwicklung von pilotierten Prozessen über das Basissystem vorsah. In der zweiten Phase des Projekts wurden schließlich die Erkenntnisse aus der ersten Projektphase für den Ausbau der Plattform genutzt. Dazu wurden die „Basisdienste“ im zweiten Projektjahr bei den Praxispartnern in Feldversuchen zum Einsatz gebracht und iterativ weiterentwickelt. Dabei lag der Fokus auf der Verbesserung der Planungsqualität hinsichtlich definierter Kennzahlen, der operativen Durchführbarkeit der Vorschläge aus den Planungs- und Steuerungsdiensten für das Abweichungsmanagement sowie einer guten Bedienbarkeit von Plattform und mobilen Anwendungen für die Disponenten und Fahrer im Feld.

1.2 Idee und Zielsetzungen des Projekts

ProveIT verfolgt das Ziel, auf Störungen in der Lieferkette angemessen zu reagieren und eine Entscheidung über Handlungsalternativen zum Wohle des Gesamtsystems zu treffen. Die Abbildung 2 zeigt das Beispiel einer Milkrun-Tour, die aufgrund einer Teilspernung einer Autobahn in zeitlichen Verzug geraten ist. Auf Grundlage der zur Verfügung stehen verteilten Informationen (etwa Lagerbestände, Planzeiten und Verkehrsprognosen) soll nun eine Empfehlung hinsichtlich der alternativen Handlungsmöglichkeiten „Abwarten“, „Umfahren des Staus“ und „Auslösen einer Sonderfahrt“ ausgesprochen werden.



Abbildung 2: Die Idee von ProveIT

ProvelT zielt darauf ab, die Disponenten darin zu unterstützen, angemessene Maßnahmen zu treffen, die im Sinne eines regelungstechnischen Eingriffs das System stabilisieren und nicht durch falsche Reaktionen destabilisieren. Grundlage dieses Systems sind eine gemeinsame IT-Plattform sowie ein dazugehöriges Prozessmodell. Dabei berücksichtigt eine angemessene Reaktion nicht nur die Lösung des aktuellen Problems, sondern auch die Rückführung des Systems zu einem späteren Zeitpunkt auf den Sollzustand.

Es wurden dabei bei der Entwicklung eines solchen Systems vier Faktoren als Zielvorgabe berücksichtigt:

- Integration und Bereitstellung der relevanten Soll- und Ist-Zustände des Produktions- und Logistiknetzwerkes,
- eine geeignete, d.h. dynamische Bewertung der Abweichung zwischen Ist- und Soll-Zustand,
- die weitgehend automatisierte Ableitung geeigneter Korrekturmaßnahmen, um das Netzwerk wieder auf den Soll-Pfad zurück zu führen,
- Stärkung der taktischen und strategischen Ebene, um mittel- und langfristig eine weitere Stabilisierung der Prozesse zu erreichen.

Das Vorhaben liefert einen Beitrag zu den folgenden übergeordneten förderpolitischen Zielen:

- Verbesserung der Planbarkeit durch die Möglichkeit zur objektiven Entscheidung über das Eingreifen in gestörte Abläufe innerhalb eines Logistiknetzwerks auf Grundlage von nach Relevanz gefilterten Eingangsdaten. Durch die Stärkung der taktischen Ebene wird zudem ein Beitrag zum Ziel der Verkehrsverlagerung geleistet.
- Reduktion oder Beseitigung von technischen und organisatorischen Störungen durch das Sammeln von Informationen in der ProvelT-Plattform über Unternehmensgrenzen hinweg und das sichtbar machen von relevanten Ereignissen.
- Erhöhung der Wirtschaftlichkeit durch die rasche Identifizierung von Störungen sowie die automatisierte Entwicklung von Handlungsvorschlägen. Durch die Umsetzung kontinuierlicher Verbesserungsprozesse in der Transportlogistik werden zudem systematische Probleme schneller erkannt und die Beschaffungsprozesse nachhaltig verbessert.

1.3 Projektmanagement

Zur Entwicklung der Konzepte sowie zur Abstimmung der Arbeiten der einzelnen Arbeitspakete fanden regelmäßig Workshops und Arbeitstreffen zwischen einzelnen Partnern sowie Gesamtprojekttreffen aller Partner statt. Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der wichtigsten Abstimmungen entlang der Projektlaufzeit. Es hat sich gezeigt, dass die Kombination aus Regelkommunikation auf unterschiedlichen Ebenen und weiteren Abstimmungs- und Arbeitstreffen nach Bedarf ein wichtiger Baustein bei der erfolgreichen Entwicklung des Projekts war.

Einführung

<i>Datum, Zeitraum</i>	<i>Teilnehmer</i>	<i>Themen</i>
Gesamttreffen		
21.-24.01.2014, 4-Tages-Kickoffworkshop, Karlsruhe	Alle Projektpartner, BMWi und Projektträger (PT)	Kennenlernen der Partner, Abstimmung Zielsetzung, Aufnahme der Zielprozesse und IT-Systeme, Hinweise durch den PT für die Projektarbeit
04.-05.06.2014, 2-Tages-Gesamttreffen, Karlsruhe	Alle Projektpartner	Abstimmung Gesamtkonzept, Ausarbeitung der Use Cases und Prozessmodell
30.06.-01.07.2015, 2-Tages-Gesamttreffen, Stuttgart	Alle Projektpartner	Ausarbeitung der weiteren Feldversuche bei Bosch und ZF/Geis
Präsentation von Projektergebnissen		
29.09.2014, Zwischenpräsentation, Homburg	Alle Projektpartner und BMWi	Vorstellung aktueller Stand der Projektarbeit
02.12.2014, Zwischenpräsentation, Karlsruhe	Alle Projektpartner und Projektträger	Vorstellung Gesamtkonzept, Abnahme Meilenstein M1
05.02.2015, Zwischenpräsentation, Karlsruhe	Alle Projektpartner und Projektträger	Vorstellung der Basisdienste an einem Demonstrator, Abnahme Meilenstein M2
27.01.2016, Zwischenpräsentation, Karlsruhe	Alle Projektpartner und Projektträger	Vorstellung aktueller Stand der Projektarbeit
23.11.2016, Abschlussveranstaltung, Karlsruhe	Alle Projektpartner, BMWi und Projektträger (PT), weitere Gäste	Projektabschluss, Vorstellung der Projektergebnisse (siehe Kapitel 3.2)
Regelmeetings		
Feb. 2014 – Okt. 2016, insgesamt 16 Arbeitspaketleiter-Sitzungen	Arbeitspaketleiter der Projektpartner	Abstimmung des aktuellen Projektstands und der nächsten Schritte im Zyklus von ca. 6-8 Wochen
Nov. 2014 – Feb. 2016, insgesamt 4 Steuerkreis-Sitzungen	Steuerkreis (Eskalationsebene oberhalb der Arbeitspaketleiter)	Bericht des aktuellen Projektstands an den Steuerkreis, Beschluss von Maßnahmen/Empfehlungen für die weitere Projektarbeit

2. Projektergebnisse

2.1 AP1: Gesamtkonzept und Modellierung der Transportsysteme

Gegenstand des AP1 waren die Erstellung des Gesamtkonzepts, die Sicherstellung eines einheitlichen, durchgängigen Datenmodells, eine simulative Untersuchung zur Untersuchung von Abweichungen Maßnahmen sowie eine analytische Modellierung von Transportsystemen zur Untersuchung der Stabilität.

2.1.1 Gesamtkonzept und Datenmodell

Im Rahmen der Arbeitspakete 1.1 „Gesamtkonzept“ und 1.2. „Datenmodell“ wurden die Prozessabläufe der Use Cases aus Sicht der Anwender ermittelt sowie sichergestellt, dass Informationen für die Berechnungen von Kennzahlen und Inputs für Dienste zur Verfügung stehen.

Der Einsatz von ProvelT ist in der Beschaffung vorgesehen. Die Komplexität besteht darin, dass bis zu drei Parteien in den Prozess eingebunden sind: Empfänger, Spediteur und Lieferant. Diese setzen möglicherweise auch drei verschiedene IT-Systeme ein.

ProvelT ändert den gewöhnlichen Bestellprozess. Üblicherweise wird eine SAP-MRP Planung im Zusammenhang mit einem Gebietsspeditionskonzept eingesetzt. In diesem Fall führt der Empfänger der Waren einen MRP-Lauf durch und sendet eine Bestellung mit gewünschtem Lieferzeitpunkt an den Lieferanten. Der Lieferant setzt sich mit dem Spediteur in Verbindung und teilt ihm – unter Berücksichtigung der gewöhnlichen Transportzeit – ein ausreichend frühes Abholdatum (er „avisiert“ den Spediteur). Dies wird so gewählt, dass die Ware zum gewünschten Liefertermin beim Empfänger eintrifft.

Dieser Prozessablauf hat verschiedene Nachteile. Sobald die Bestellung an den Lieferanten versendet wurde, ist der Empfänger der Waren „out of the loop“. Er bekommt keine Statusmeldung, ob die Ware abgeholt wurde. Im Falle einer reduzierten Lieferfähigkeit des Lieferanten fällt ein etwaiger Materialengpass erst im Wareneingang auf. Dies ist sehr spät und erfordert unter Umständen teure Korrekturmaßnahmen.

Weiterhin hat der Empfänger keine Transparenz darüber, welche Leistung er durch den Spediteur erhält. Es ist beispielsweise möglich, dass der Empfänger mehrere Bestellungen des Segments LTL („Less than truck load“) absendet. Der Spediteur kann jedoch die kleinen LTL Bestellungen zu einem Full Truck Load bündeln. Da der Empfänger jedoch nicht weiß, wie hoch das totale Transportvolumen ist, könnte der Spediteur einen einzigen FTL leisten, aber mehrere LTL abrechnen und sich so auf Kosten des Empfängers, der die Fracht zahlt, bereichern.

Dieser Prozessablauf wird durch ProvelT sowohl erweitert als auch geändert. Einerseits hat der Empfänger bzw. Verloader nun die Möglichkeit, auf einem taktischen Zeithorizont seine Bestellungen räumlich als auch zeitlich zu bündeln, um kostengünstige Transporte zu ermöglichen. Dazu werden Informationen über die benötigten Mengen („Bedarfe“) mit den Verpackungsinformationen verknüpft, um die benötigte Transportkapazität in einem bestimmten Zeitraum zu berechnen. Es werden Bestellvorschläge erzeugt, die der Disponent verwenden kann, um die Dispositionsparameter manuell anzupassen. Dies ist ein Planungsschritt, der vorher noch nicht existierte bzw. vom Verloader nicht durchgeführt wurde.

Weiterhin ändert sich der operative Prozess. Wie oben beschrieben, erfolgt die Beauftragung des Spediteurs in der Ist-Situation durch den Lieferanten. Im ProvelT-Fall ändert sich dies dahingehend, dass der Empfänger nun den Spediteur beauftragt. Dazu lässt sich der Empfänger nun nach Absenden die Machbarkeit der Bestellung bestätigen. Anschließend erstellt er aus Verpackungsinformationen und Bedarfen nun einen Transportauftrag, den er an den Spediteur sendet.

Eine weitere Erweiterung stellt die Überwachung der operativen Ausführung dar. Eine Kernidee von ProvelT ist es, die Einhaltung von Plänen zu überwachen. Dazu werden Soll- und Ist-Zustand gegenübergestellt. Auf diese Weise wird es möglich, Pläne von geringer Güte zu identifizieren und die Planung, basierend auf den gewonnenen Informationen über die Planausführung, in zukünftigen Perioden zu verbessern.

Nachfolgend werden die o.g. Sollprozesse zur taktische und operativen Planung sowie der Prozess zur Überwachung der operativen Ausführung im Detail beschrieben.

2.1.1.1 Taktische Planung

Die taktische Planung ist ein neuer Prozess, der aktuell nicht durchgeführt wird und daher für ProvelT neu entworfen wurde. Sie kann sowohl beim Empfänger im Rahmen Materialdisposition als auch beim Spediteur im Rahmen der Transportplanung durchgeführt werden. Die Prozessschritte sind in Form eines Swimlane Diagramms in Abbildung 3 dargestellt.

Eingangsdaten der taktischen Planung beim Empfänger sind die Netzwerkdaten (siehe u.a. Abschnitt 2.2) und die Teilebedarfe des Empfängers. Letzteres ist häufig das Ergebnis einer SAP-MRP-Planung, bei der die Teilebedarfe mittels Stücklistenauflösung aus den Bedarfen der fertigen Produkte gewonnen werden. Diese werden in das ProvelT-Modul „Materialdisposition“ importiert, um einen Vorschlag zur kostengünstigen räumlichen und zeitlichen Bündelung von Bestellungen zu erstellen („Bestellvorschläge“). Der Disponent begutachtet diesen Vorschlag und hat daraufhin die Möglichkeit, die Dispositionsparameter seines ERP-Systems so einzustellen, dass die vom ERP erstellten Bestellungen den ProvelT Bestellvorschläge entsprechen.

Weiterhin hat der Disponent die Möglichkeit, sich eine Transportvorschau über zukünftig auftretende Transporte zu erstellen. Dazu werden geplante Bestellungen (häufig die aus den Sekundärbedarfen erzeugte Lieferplaneinteilung) mit den Verpackungsdaten verknüpft und sog. Transportsegmenten (FTL oder LTL) zugewiesen.

Die taktische Planung wird allein vom Empfänger durchgeführt. Eine Kommunikation mit den anderen beteiligten, d.h. Spediteur und Lieferant, findet nicht statt. Ziel der taktischen Planung ist es, das ERP so einzustellen, dass sich Bestellungen intelligent und kostengünstig bündeln lassen. Die eigentliche Bestellung ist Teil der operativen Planung.

Neben dem Empfänger der Waren hat auch der Spediteur die Möglichkeit, eine taktische Planung für sein Netzwerk durchzuführen. Hierzu werden historische Transportdaten mit Fuhrparkdaten verknüpft. Ergebnis ist eine taktische Vorausschau über Ort und Zeitpunkt zukünftiger Bedarfe nach Transportkapazität (Wann werden wo wie viele LKW benötigt?).

AP1: Gesamtkonzept und Modellierung der Transportsysteme

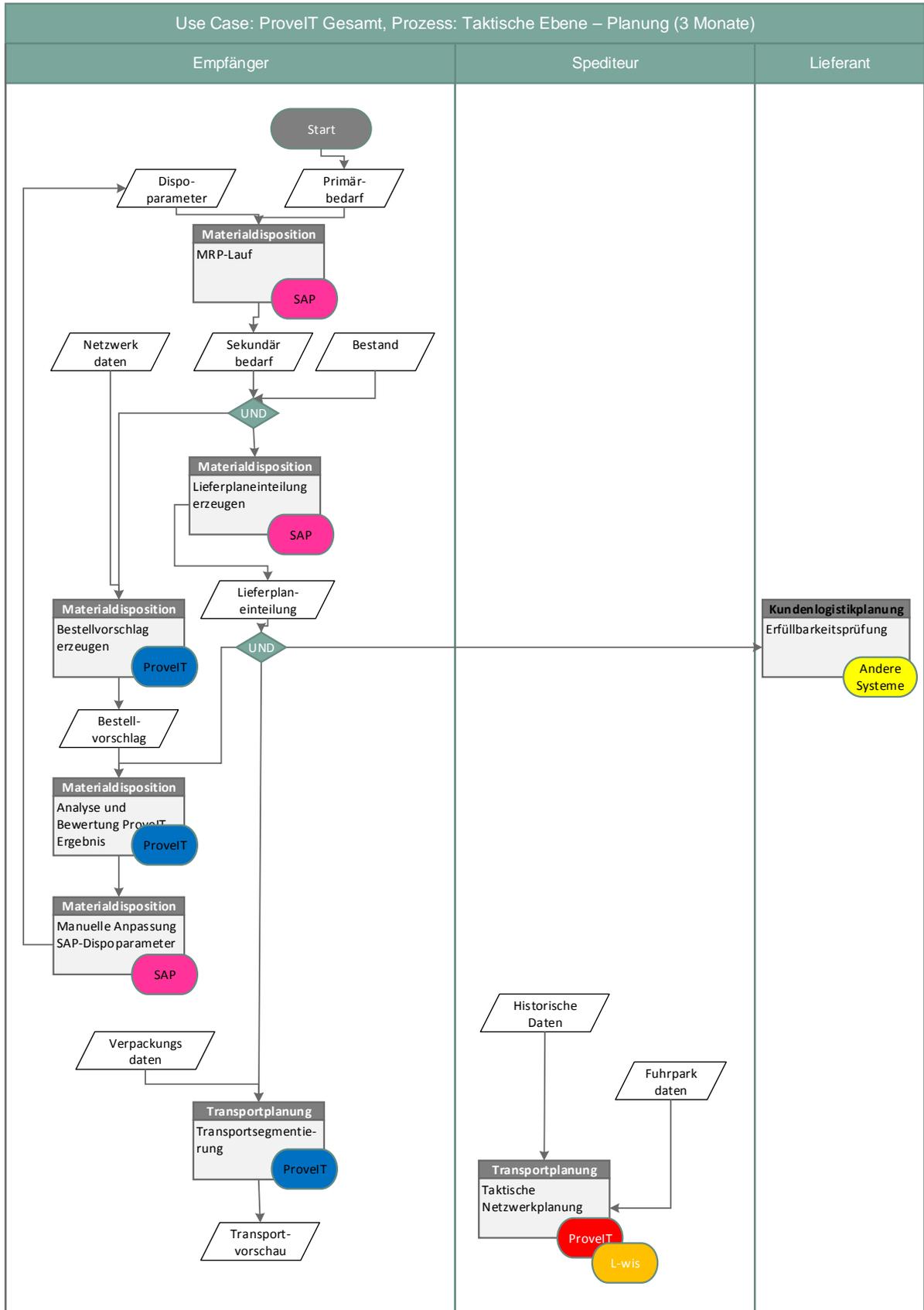


Abbildung 3: Taktische Planung

2.1.1.2 Operative Planung

Neben der Möglichkeit, die Pläne auf taktischem Zeithorizont zu verbessern, bietet ProvelT auch die Möglichkeit, die Bestellungen operativ an die Lieferanten zu versenden. Der Ablauf ist in Abbildung 4 dargestellt.

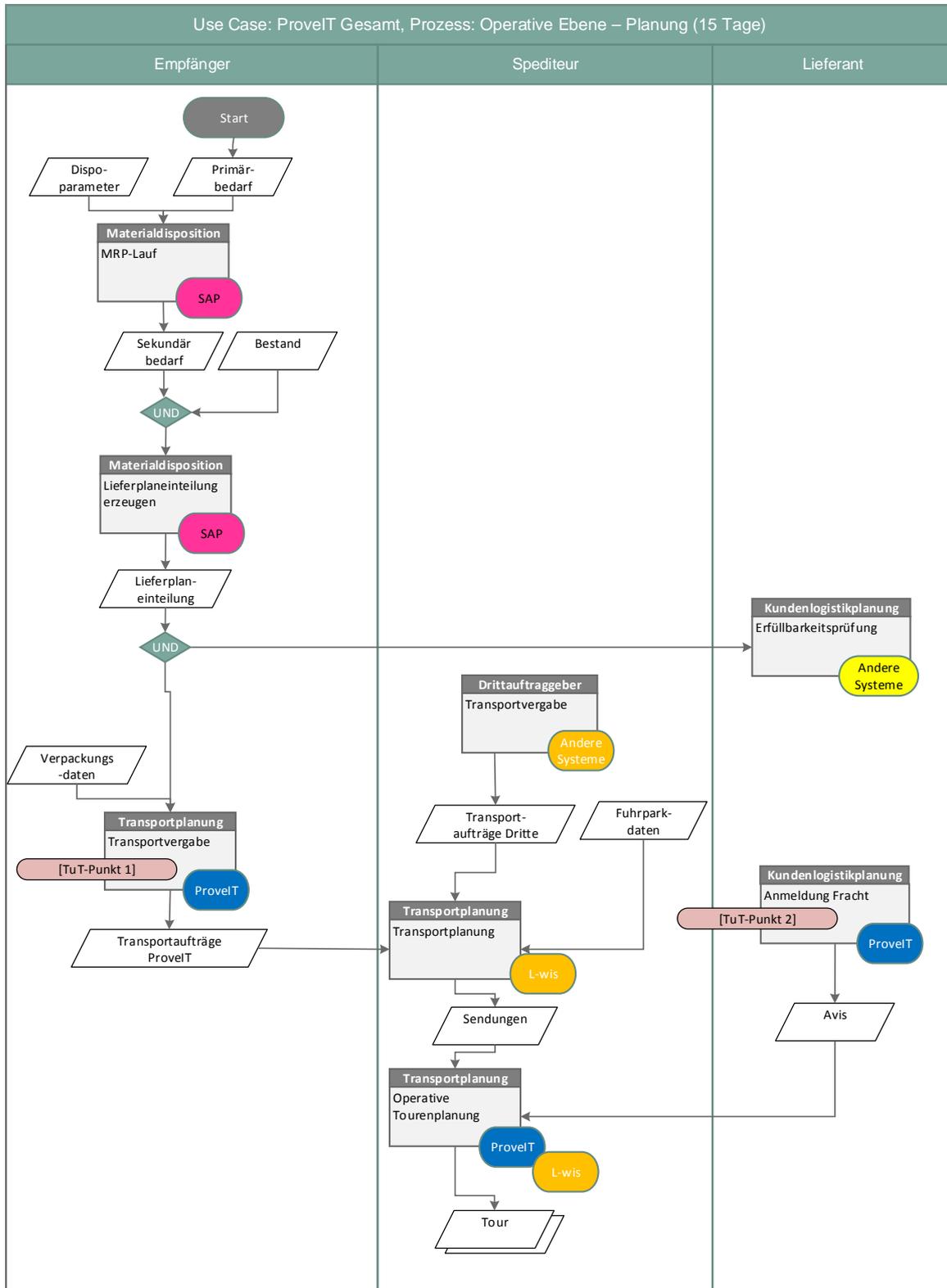


Abbildung 4: Operative Planung

Eingangsdaten für das ProvelT TMS (siehe Abschnitt 2.2.3) sind Bestellungen des ERP-Systems. Häufig sind dies Lieferplaneinteilungen, die durch einen SAP-MRP-Lauf erzeugt wurden. Diese werden im TMS miteinander verknüpft, sodass daraus ein Transportauftrag erzeugt wird. Dieser wird direkt in das System des Spediteurs übergeben.

Der Spediteur sammelt in seinem System die Aufträge des Empfängers, der mit dem ProvelT TMS arbeitet, sowie Aufträge von Drittanbietern, die nicht mit dem ProvelT TMS arbeiten. Dies sind die Eingangsdaten für Tourenplanung. Dort werden die einzelnen Transportaufträge Fahrzeugen aus dem Fuhrpark des Spediteurs zugeordnet und für jedes Fahrzeug die wegminimale Reihenfolge für die Anfahrt der Tourstops berechnet.

Die Tour ist das Ergebnis der operativen Tourenplanung des Spediteurs. Diese wird über eine Schnittstelle (Transferdatenbank) an die Smartphone App (siehe Abschnitt 2.4.6) übergeben und somit dem Fahrer der Tour verfügbar gemacht.

2.1.1.3 Operative Ausführung

In Abbildung 6 ist der Prozessablauf der operativen Ausführung dargestellt. Eingangsdatum ist die Tour, die zuvor im Rahmen der operativen Planung erstellt wurde. Der Disponent des Spediteurs erstellt aus der Tour einen Fahrauftrag. Dieser wird dem Fahrer auf der ProvelT App angezeigt.

Mittels des „Start Tour“ Senslets (zur Erklärung des Begriffs „Senslet“ sei an dieser Stelle auf Abschnitt 2.4.1.3 verwiesen) kann der Fahrer der App mitteilen, dass er die Tour beginnen möchte. Nach der Bestätigung tritt er seine Tour an und fährt zum ersten Tourstop.

Jede Tour besteht dabei aus den drei sich wiederholenden Bausteinen „Fahren“, „Warten“, und „Laden“ (siehe Abbildung 5). Vor und nach jedem Prozessschritt übermittelt der Fahrer per Eingabe über das Smartphone, dass ein Schritt vollendet ist und der nächste beginnt. Durch die Zeitpunkte, die in einer Datenbank gespeichert werden, lassen sich die Prozesszeiten bestimmen. Dies ist beispielsweise nützlich für den Verbesserungsprozess, da sich durch eine Analyse der gesammelten Daten identifizieren lässt, ob bei einem Lieferanten die Wartezeiten überdurchschnittlich hoch sind.

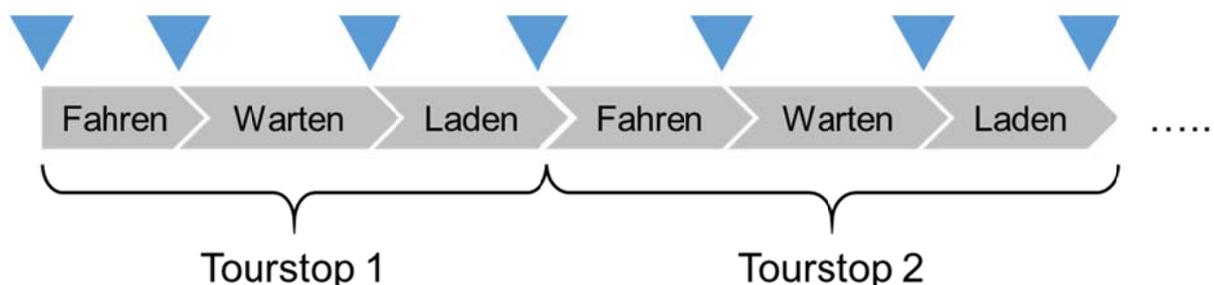


Abbildung 5: Bausteine einer Tour

AP1: Gesamtkonzept und Modellierung der Transportsysteme

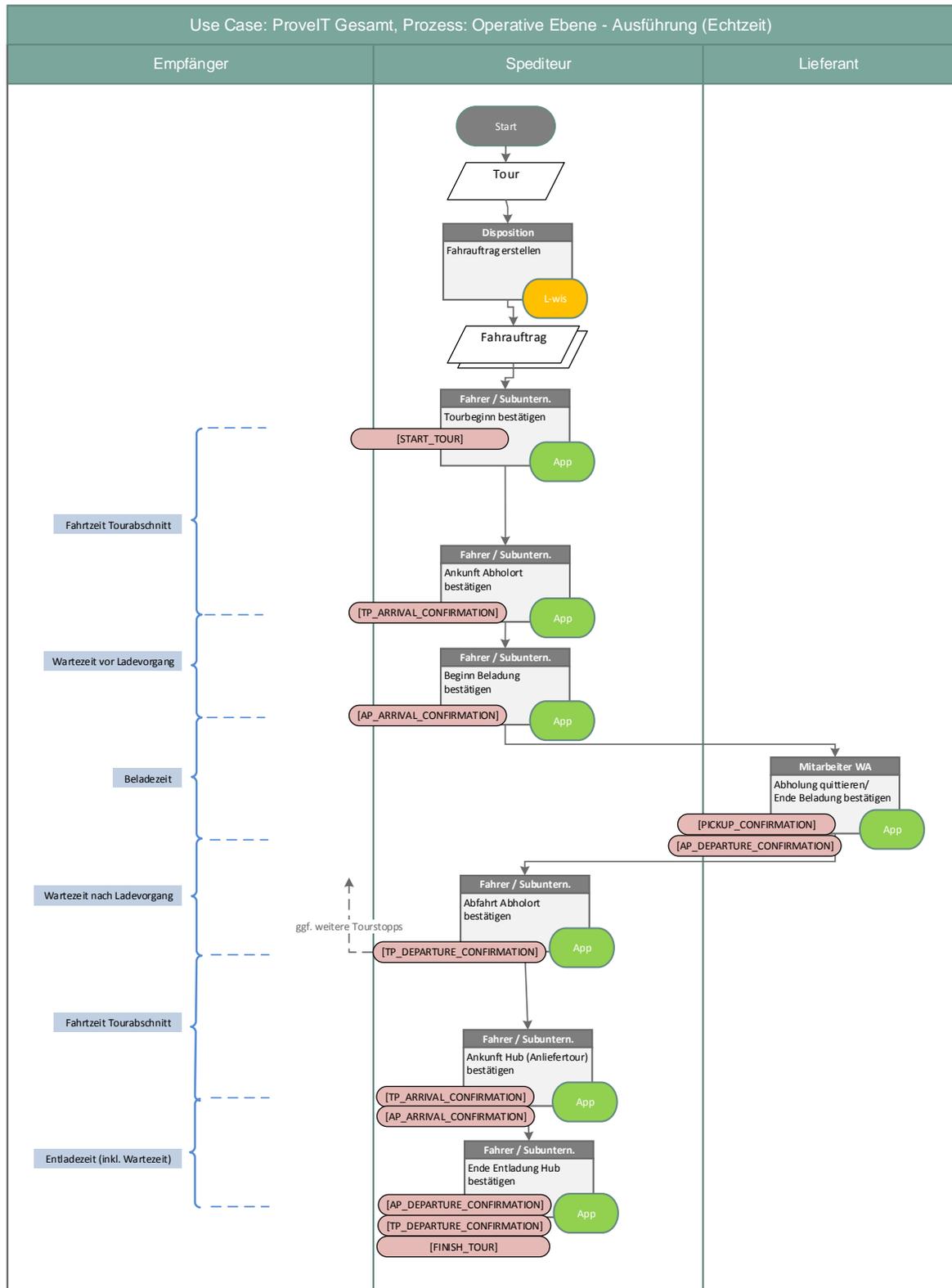


Abbildung 6: Operative Ausführung

2.1.2 Untersuchung von Abweichungen und Maßnahmen im Transportlogistiksystem mittels Simulation

Es erfolgte im Rahmen des Projekts die Untersuchung von Lieferketten unter stochastischen Einflüssen sowie der Wirksamkeit von ausgesuchten Maßnahmen zur Reaktion auf Abweichungen in der Ausführungsebene von den ursprünglich geplanten Abläufen mittels Simulation. Dazu wurde die Prozesskette eines produzierenden Unternehmens von der Produktion, über die Bedarfsermittlung und Bestellung bis hin zu den Bereitstellungs- und Transportprozessen bei den Lieferanten und Logistikdienstleistern abgebildet und simuliert. Dabei wurden die in den Feldversuchen relevanten Transportkonzepte eines Gebietsspediteurs mit Vorholgebieten und Hubs für die Konsolidierung und den Umschlag sowie eines Milkruns als Regelverkehr für geringe bis mittlere Entfernungen umgesetzt (vgl. Abb. 7).

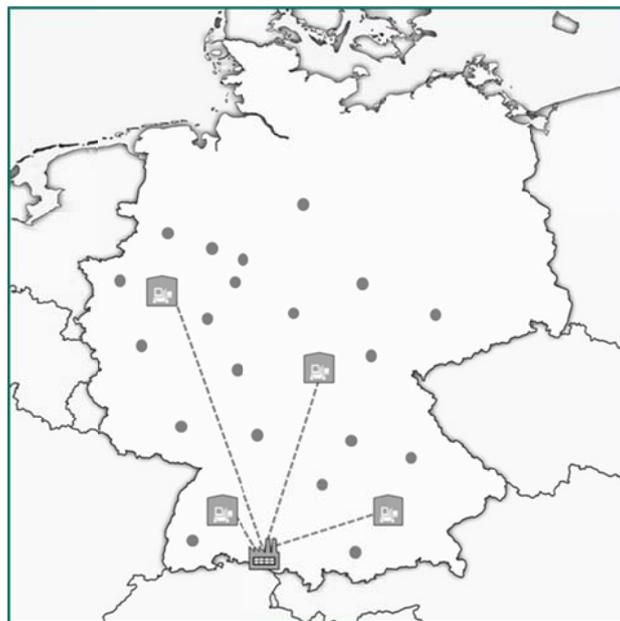


Abbildung 7: Die Grundstruktur des simulierten Netzwerks

Es wurde dabei der Frage nachgegangen, wie sich das abgebildete Transportnetzwerk unter stochastischem Einfluss anhand definierter Kennzahlen verhält und ab wann Abweichungen von den Planzuständen auch zu tatsächlich kritischen Systemzuständen führen, messbar etwa an der Anzahl der Produktionsausfälle durch fehlendes Material. Im Anschluss wurde untersucht, wie verschiedene Maßnahmen mit unterschiedlichen Eingriffsgrenzen auf der taktischen und operativen Ebene auf das Gesamtsystem wirken und welche Kennzahlen langfristig bei den verschiedenen Akteuren beeinflusst werden. Das Ziel war an dieser Stelle die Suche nach guten Systemzuständen aus Gesamtkostensicht über die gesamte Prozesskette vom Lieferant bis zum Empfänger.

Die Modellierung der Lieferkette erfolgte agentenbasiert in der Simulationsumgebung AnyLogic. Dazu wurden die beteiligten Akteure Lieferant, Logistikdienstleister und Empfänger als Softwareagenten abgebildet und das individuelle Prozessverhalten implementiert. Das stochastische Geschehen der Supply Chain ist über Verteilungsfunktionen zu Prozess- und Wartezeiten sowie Wahrscheinlichkeitsverteilungen zum Eintritt bestimmter Ereignisse (etwa Stau oder Fehler bei der Bereitstellung von

AP1: Gesamtkonzept und Modellierung der Transportsysteme

Material) in das Modell eingeflossen. Die Transportprozesse finden im Modell in einem Abbild des realen Verkehrsnetzes mithilfe der GIS-Funktionen in AnyLogic auf der Grundlage von OpenStreetMap-Daten statt (vgl. Abb. 8).

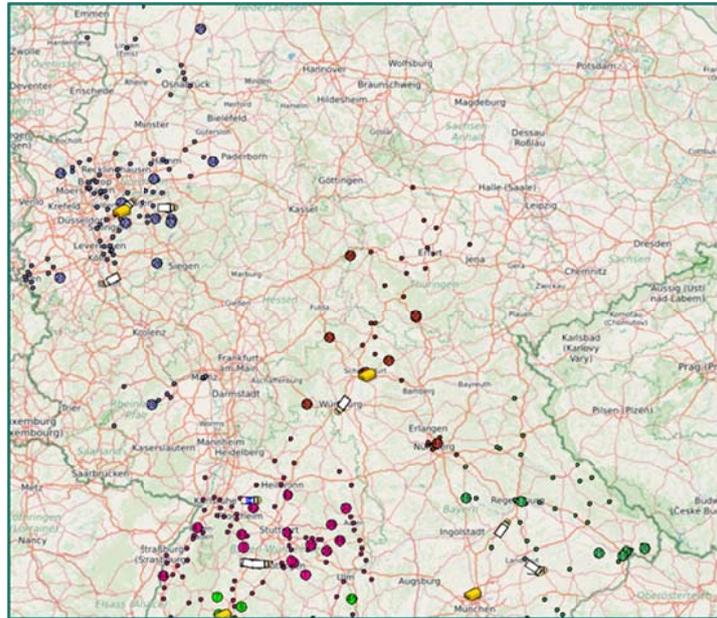


Abbildung 8: Integration von OSM-Daten in das Modell

Der Aufbau des Modells erfolgte in modularer Bauweise, so dass die einzelnen Simulationsbausteine je nach Anwendungsfall bis zu einem gewissen Grad flexibel kombiniert und auch für spätere Untersuchungen eingesetzt und erweitert werden können. Zusätzlich zum eigentlichen Ablaufmodell erfolgte im Rahmen des Projekts die Entwicklung einer Infrastruktur zum datenbankbasierten Austausch der Eingangs- und Ausgangsdaten mit weiteren Anwendungen wie MS Excel, MS Access und IBM SPSS. Im Rahmen einer Experimentplanung wurden die statistischen Grundlagen gelegt, um eine zielgerichtete Durchführung der Simulationsexperimente sicherzustellen.

Zur Visualisierung des Modellablaufs wurde ein User Interface aufgebaut, das die geographisch verteilten Prozesse in der Karte darstellt und einen Überblick über die relevanten Kennzahlen der einzelnen Agenten in Form von Übersichten und Histogrammen gibt (vgl. Abb. 9). Dies diente zum einen im Rahmen des Modellbildungsprozesses der Kontrolle des Modellverhaltens und zum anderen ermöglicht das entwickelte User Interface im fertigen Modell eine detaillierte Betrachtung und Analyse von einzelnen Simulationsläufen bereits in der Simulationsumgebung.

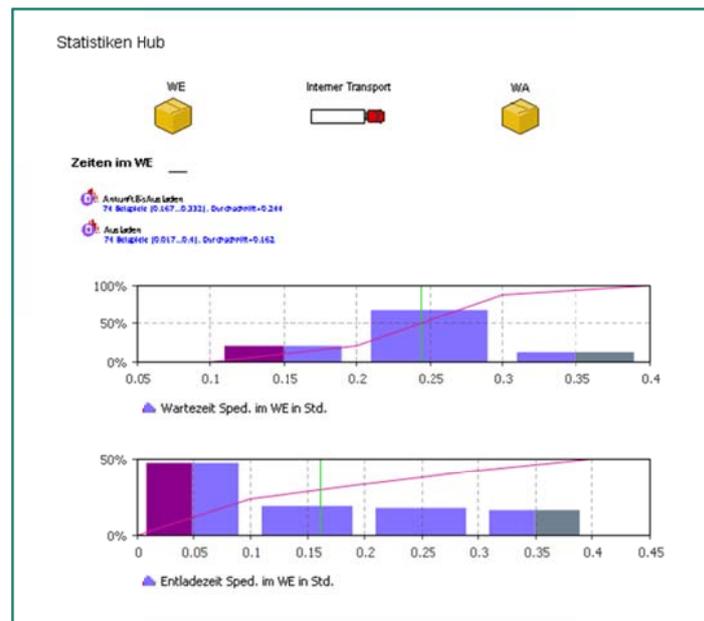


Abbildung 9: Kennzahlenübersicht im User Interface

Es wurden in der Simulationsumgebung Maßnahmen zur Steuerung und Überplanung der Lieferkette sowohl auf der taktischen als auch auf der operativen Ebene implementiert, um daran verschiedene Eingriffsgrenzen untersuchen zu können. Um transportrelevante Handlungsalternativen ansteuern zu können wurde ein Plan-Ist-Vergleich implementiert, der das Auslösen von Maßnahmen beim Über- oder Unterschreiten von Schwellwerten ermöglicht. Folgende Maßnahmen wurden im Rahmen der Studie in Hinblick auf Wirkkorridore und Wechselwirkungen im Gesamtsystem untersucht:

- Tourbezogene Maßnahmen: Änderung der Toursequenz und Änderung der Tourzuordnung innerhalb der Betrachtungsperiode
- Priorisierung von Aufträgen: Vorziehen von Aufträgen anhand von Verspätungsmerkmalen, Dringlichkeitsmerkmalen und fixen (material- oder lieferantenbezogenen) Merkmalen
- Einsatz zusätzlicher Ressourcen: Auslösen einer Sonderfahrt anhand der voran genannten Merkmale
- Alternativer Werkstoffeinsatz: Verwendung von gleich- oder höherwertigem Material von anderen Lieferanten
- Bestandsmanagement: Anpassung der Bestellparameter
- Ressourcenallokation: Anpassung von Transportkapazitäten sowie Fahrplänen und Öffnungszeiten

Im Rahmen der Untersuchungen hat sich gezeigt, dass die voran beschriebenen Fragestellungen mit simulativen Methoden grundsätzlich in geeigneter Weise abgebildet und untersucht werden können. Vor allem die Analyse von Auswirkungen auf eine Vielzahl von Zielkriterien in unterschiedlichen Abschnitten des Beschaffungsprozesses und für eine Vielzahl unterschiedlicher Eingangsdaten ist mit den entwickelten Modellen möglich. Es ist jedoch zu beachten, dass die Erkenntnisse der simulativen Untersuchungen in der Regel nicht verallgemeinert werden können, sondern vielmehr eine Aussage über die

Wirkzusammenhänge für die abgebildeten Anwendungsfälle zulassen. Es konnten für die untersuchten Abweichungsszenarien Aussagen über die Kritikalität aus Gesamtsystemsicht getroffen werden. Für den voran genannten Maßnahmenkatalog konnte die Wirksamkeit für variierende Eingriffsgrenzen und -strategien aufgezeigt werden.

2.1.3 Analytische Modellierung von Transportsystemen in der Beschaffung

Nachdem im vorhergehenden Kapitel Transportsysteme simulativ untersucht wurden, erfolgt in diesem Kapitel eine analytische Modellierung der Systeme. Es wird zunächst die Motivation erläutert. Anschließend erfolgen die Modellierung des Systems und die Anwendung auf zwei Fallbeispiele. Abschließend folgen quantitative Untersuchungen zu den untersuchten Systemen.

2.1.3.1 Motivation und Modellierung des Systems

Ein Transportsystem in der Beschaffung, dargestellt in Abbildung 10, besteht typischerweise aus einem Empfänger, der Waren bestellt, und einem Lieferanten, der Material versendet. Beide Einheiten sind durch den Transport miteinander verbunden, der das Material physisch vom Standort des Lieferanten zum Standort des Empfängers transportiert.

Der Transport ist mit Unsicherheit behaftet, d.h. die Dauer des Transports ist in der Regel nicht immer exakt dieselbe, sondern die Dauer des Transports streut zufällig. Die Ursache liegt in der stochastischen Natur des Verkehrsgeschehens, die dazu führt, dass regelmäßig Abweichungen auftreten. Diese sind jedoch nicht vorherzusehen, sondern treten zufällig mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auf, wie beispielsweise eine durch einen Verkehrsunfall verursachte Straßensperrung.

Diese Unsicherheit kann je nach geographischer Verteilung des Lieferantennetzwerks stärker oder schwächer ausgeprägt sein. Bei regionaler Belieferung und geringen Transportdistanzen sind die möglichen Abweichungen und damit auch die Unsicherheit gering. Bei überregionaler, internationaler oder gar transkontinentaler Belieferung sind die zu bewältigenden Distanzen und damit auch die Unsicherheiten größer.

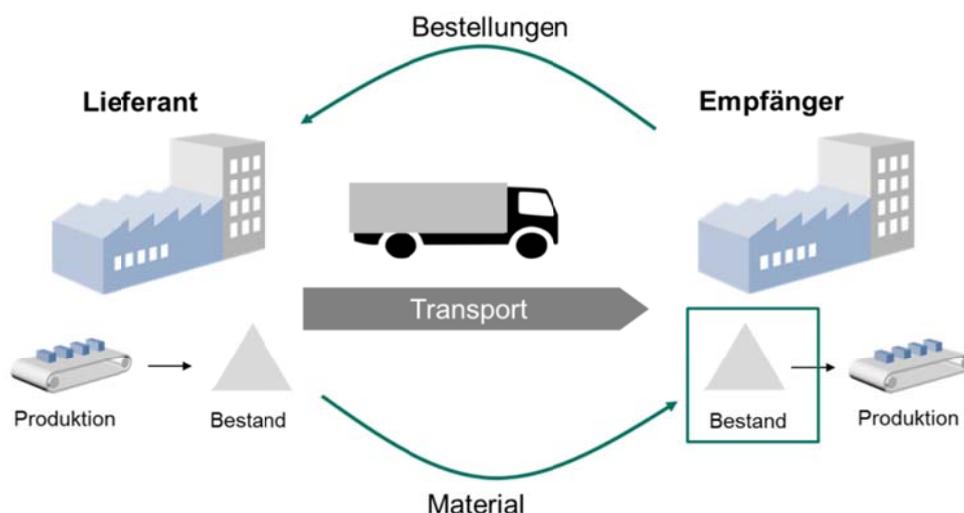


Abbildung 10: Transportsystem in der Beschaffung

Wenn beispielsweise bei einem Übersee-Transport durch eine Verspätung im Vorlauf ein Schiff verpasst wird und nun auf das nächste gewartet werden muss, werden aus wenigen Stunden Verspätung plötzlich mehrere Tage Verspätung. Diese Verzögerung kann im Empfangswerk zu einem Materialengpass führen.

Um einen solchen Engpass zu vermeiden, muss sich die Unsicherheit des Transports (und die Zuverlässigkeit des Lieferanten) in Sicherheiten in Form von Bestand beim empfangenden Werk widerspiegeln. Erfolgt die Lieferung stets zuverlässig und pünktlich, so ist weniger Bestand erforderlich. Kommt es jedoch häufig zu größeren Verzögerungen, so ist mehr Bestand erforderlich.

Aktuell erfolgt die Dimensionierung des Bestands häufig auf der individuellen Erfahrung des Planers. Dies ist jedoch eine subjektive Entscheidung und hängt von der Erfahrung des Planers ab. Ein unerfahrener Planer ist häufig nicht in der Lage, eine zufriedenstellende Entscheidung zu treffen.

Die wissenschaftliche Literatur liefert bereits einige mathematische Modelle zur stochastischen Modellierung von Transportsystemen (Furmans, 2003) sowie stochastische Bestandsmodelle (Tempelmeier, 2011), die sich dafür eignen, den erforderlichen Bestand objektiv zu berechnen. In der Praxis haben Sie sich jedoch noch nicht durchgesetzt.

Dies ist teilweise darin begründet, dass die benötigten Daten schwierig oder gar nicht zu beschaffen sind. Häufig hat der Empfänger keine Informationen darüber, auf welchen Verkehrsträgern und auf welchen Routen das Material unterwegs ist, bevor es beim ihm eintrifft.

Durch die Einführung von Supply Chain Event Management (SCEM) Systemen und der damit einhergehenden Möglichkeit zur Überwachung von Transporten (Tracking&Tracing) entfällt diese Barriere nun. Informationen, die vorher schwer zu beschaffen waren, sind nun deutlich einfacher zu beschaffen und liefern dem Planer wertvolle Informationen über das Ausmaß an Unsicherheit, mit der die Beschaffung eines konkreten Teils behaftet ist.

Nachfolgend wird daher dargelegt, wie stochastische Bestands- und Transportmodelle miteinander verknüpft werden müssen, um die erforderlichen Sicherheiten in einem Logistiksystem der Beschaffung objektiv zu bestimmen. Dazu werden Messdaten, die im Rahmen der ProvelT Feldversuche ermittelt wurden, verwendet um das stochastische Verhalten des Verkehrsgeschehens abzubilden. Es wird hergeleitet, welche Abweichungen in der Realität auftreten können und wie diese in stochastischen Bestandsmodellen abgebildet werden können.

2.1.3.2 Mathematische Formulierung des Modells

Um ein Beschaffungssystem zu modellieren, ist es zunächst erforderlich, den Bestand des empfangenden Werkes zu analysieren. Dieser ist in Abbildung 10 mit einem grünen Kasten markiert. Der Verlauf des Bestandes in Abhängigkeit von der Zeit ist in Abbildung 11 dargestellt.

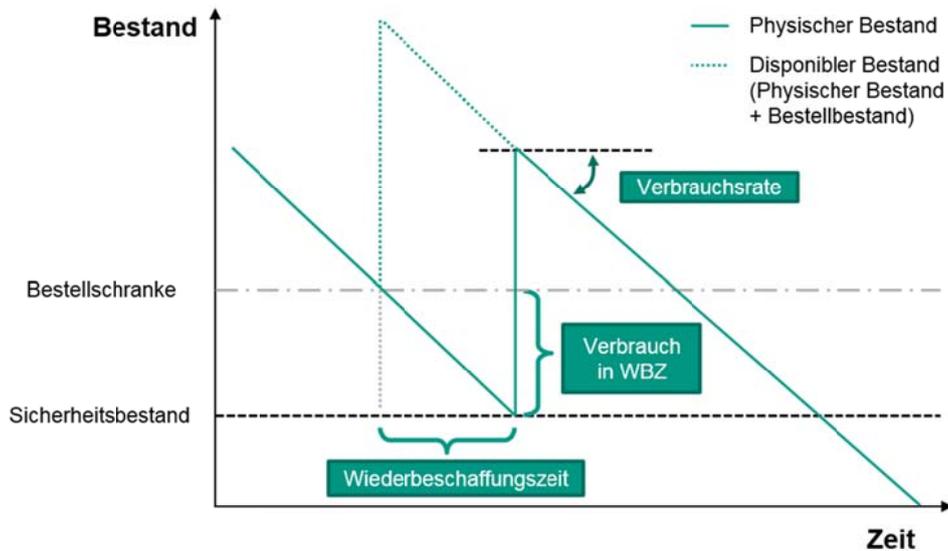


Abbildung 11: Das ideale Lagermodell (in Anlehnung an Tempelmeier 2011)

Der Bestand hat im idealen Lagermodell einen sägezahnartigen Verlauf. Mit zunehmender Zeit sinkt der Bestand. Die Steigung der Gerade entspricht dabei der Rate des Verbrauchs (Mengeinheiten pro Zeiteinheit). Unterschreitet der Bestand eine Bestellschranke wird einer Bestellung ausgelöst. Nach einem definiertem Zeitintervall, der Wiederbeschaffungszeit, trifft die bestellte Menge beim Empfänger ein und die Bestandskurve bewegt sich senkrecht nach oben.

Die Idee des idealen Lagermodells ist es, die Bestellschranke bei bekannter Verbrauchsrate und bekannter Wiederbeschaffungszeit so zu wählen, dass der Bestand im Zeitraum der Wiederbeschaffungszeit nicht unter null (oder einen definierten Sicherheitsbestand) fällt.

Das ideale Lagermodell ist jedoch eine stark vereinfachte Idealisierung der Realität. Sowohl die Wiederbeschaffungszeit als auch die Verbrauchsrate nehmen in der Realität keinen festen, deterministischen, Wert an, sondern sind Zufallsvariablen. Dies bedeutet, dass beide Größen verschiedene Werte mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten annehmen.

Die Abweichungen, die in der Realität auftreten können, sind in Abbildung 12 dargestellt. Im Lagerzugang kann es zu einer Lieferterminabweichung und einer Liefermengenabweichung kommen. Bei einer Lieferterminabweichung trifft die bestellte Ware mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit vor oder nach dem geplanten Zeitpunkt des Eintreffens ein. Im Falle einer Liefermengenabweichung stellt der Lieferant mehr oder weniger Einheiten einer bestellten Sachnummer bereit.

Im Lagerabgang kann eine Bedarfsabweichung auftreten. Dies bedeutet, dass der Verbrauch einer bestimmten Sachnummer höher oder niedriger ist, als der geplante Verbrauch.

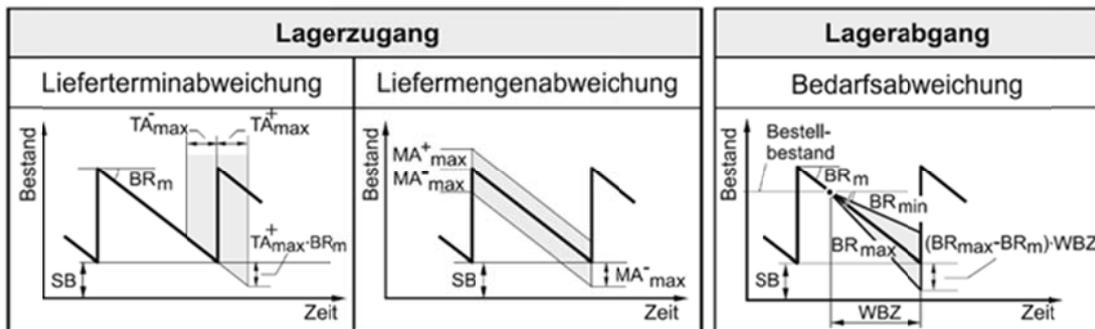


Abbildung 12: In der Unternehmenspraxis auftretende Abweichungen vom idealen Lagermodell (Quelle: Nyhuis 2008)

Mit Hilfe der ProvelT-App (siehe Abschnitt 2.4) lassen sich zu den o.g. Abweichungen Daten aus dem Feld sammeln. Aus diesem empirischen Datensatz lässt sich ableiten, welche Abweichungen (d.h. Art und Intensität der Abweichung) in welcher Häufigkeit auftraten.

Aus den Häufigkeitsverteilungen der empirisch gemessenen Abweichungen in Lagerzugang und Lagerabgang lassen sich diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilungen zu Wiederbeschaffungszeit und Nachfrage ableiten. Diese können dann als Input für ein Bestandsmodell mit stochastischer Wiederbeschaffungszeit verwendet werden.

Mit Hilfe dieses Modells lässt sich der Bestand berechnen, der für die Einhaltung eines gewünschten statistischen Sicherheitsniveaus erforderlich ist. Das Prinzip, nach dem vorzugehen ist, ist in Abbildung 13 dargestellt.

Im Beispiel kann die Wiederbeschaffungszeit entweder die Werte „1 Schicht“, „2 Schichten“ oder „3 Schichten“ einnehmen. Alle Werte sind mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit behaftet. Weiterhin ist die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Nachfrage für eine Schicht bekannt. Da die Wiederbeschaffungszeit bis zu drei Schichten dauern kann, müssen wir auch für diese Fälle die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Nachfrage berechnen. Wenn nun die drei Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Nachfrage mit den Wahrscheinlichkeiten der Wiederbeschaffungszeit gewichtet und aufsummiert werden, ergibt sich eine aggregierte Wahrscheinlichkeitsverteilung der Nachfrage in der Wiederbeschaffungszeit. Aus dieser lässt sich der notwendige Bestand für ein gewünschtes Sicherheitsniveau berechnen.

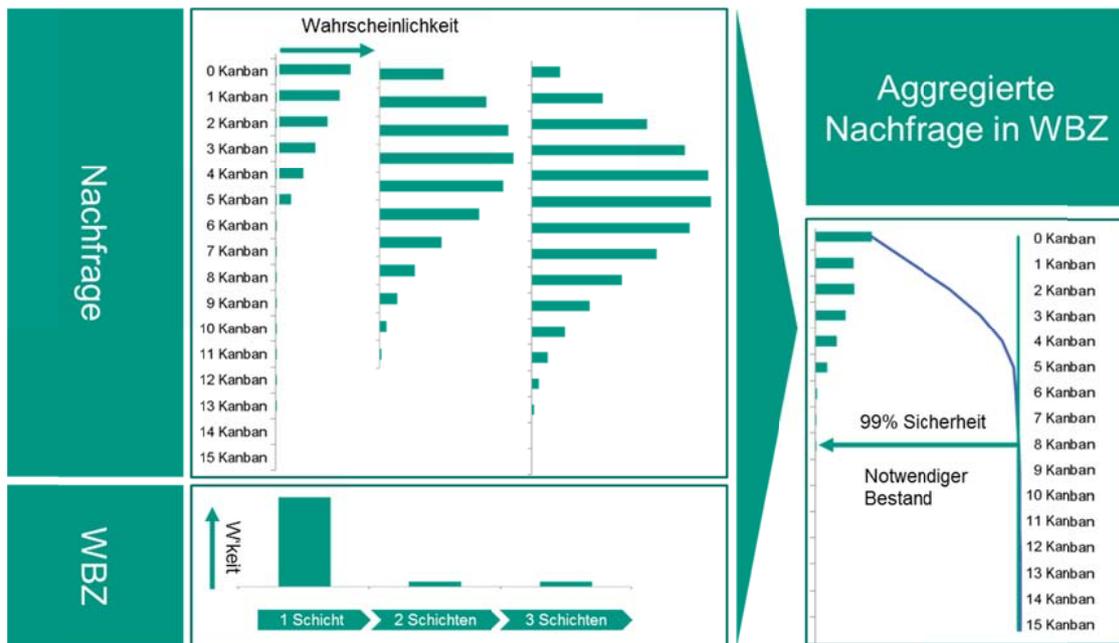


Abbildung 13: Berechnung der aggregierten Nachfrage bei einem Bestandsmodell mit stochastischer Wiederbeschaffungszeit

In ProveIT wurden im Rahmen der Feldversuche (siehe Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) empirische Daten der Wiederbeschaffungszeit ermittelt. Im Folgeabschnitt soll die Verwendung des hier beschriebenen Modells illustriert werden, in dem es auf das Beispiel des „Saar-Pfalz“ Milkruns der Firma Bosch angewendet wird.

2.1.3.3 Quantitative Untersuchungen

Zur Modellierung des Systems im Falle des Bosch Milkruns sind einige vereinfachende Annahmen erforderlich, die in Abbildung 14 dargestellt sind.

Planprozess und Transportzeit [Schichten]	<ul style="list-style-type: none"> Bestandsüberprüfung und Bestellung alle drei Schichten Lieferant stellt Ware am nächsten Tag bereit Transport zum Empfänger Vereinnahmung im Wareneingang 	$P(0 \leq T < 1)$	$P(1 \leq T < 2)$	
		Feldversuch	$\frac{1}{11}$	$\frac{10}{11}$
		Verbesserungsszenario 1	$\frac{4}{11}$	$\frac{7}{11}$
		Verbesserungsszenario 2	$\frac{7}{11}$	$\frac{4}{11}$

Abbildung 14: Planprozess und Transportzeit im Modell des Saar-Pfalz-Milkruns

Das System wird nur zu diskreten Zeitpunkten alle acht Stunden (=1 Schicht) betrachtet. Es wird angenommen, dass der Bestand täglich zum gleichen Zeitpunkt überprüft wird. Direkt darauf wird die Bestellung an den Lieferanten gesendet. Der Lieferant benötigt einen Tag, um die Bestellung zu verarbeiten und stellt das Material am Folgetag für den Milkrun bereit. Der Milkrun benötigt in 1/11 der Fälle weniger als eine Schicht, in 10/11 der Fälle mehr als eine Schicht, bis er beim Empfänger eintrifft. Weiterhin wurden zwei Verbesserungsszenarien betrachtet, in denen angenommen wird, dass der Milkrun seine

AP1: Gesamtkonzept und Modellierung der Transportsysteme

Tour schneller vollenden kann (Verkürzung der Tourdauer). Wenn das Material beim Empfänger eingetroffen ist, beginnt die Vereinnahmung. Es wird angenommen, dass die Durchlaufzeit der Vereinnahmung immer exakt eine Schicht beträgt.

Von diesem geplanten, idealisierten Prozessablauf können in der Realität Abweichungen auftreten. Diese sind in Abbildung 15 zusammenfassend dargestellt.

Bereitstellungsfehler	<ul style="list-style-type: none">▪ Mit einer Wahrscheinlichkeit von X% wird nur eine Teilmenge der Bestellung bereitgestellt▪ Die Restmenge wird an einem Folgetag bereitgestellt
Zeitpunkt der Fehlererkennung	<ul style="list-style-type: none">▪ „Spät“ - Wareneingang des Empfängers<ul style="list-style-type: none">▪ Der Fehler in der Bereitstellung wird im Rahmen des Wareneingangskontrolle beim Empfänger bemerkt▪ Die fehlenden Waren werden „übermorgen“ bereitgestellt▪ „Früh“ - Warenausgang des Versenders<ul style="list-style-type: none">▪ Der Fehler in der Bereitstellung wird bereits durch den Fahrer im Warenausgang beim Lieferanten bemerkt▪ Die fehlenden Waren werden „morgen“ bereitgestellt

Abbildung 15: Bereitstellungsfehler und Zeitpunkt der Fehlererkennung im Modell des Saar-Pfalz-Milkruns

Die Abweichung, die im Modell betrachtet wird ist der sog. Bereitstellungsfehler. Dieser bezeichnet eine fehlerhafte der Bereitstellung einer Bestellung einer Sachnummer durch den Lieferanten. Dies bedeutet, dass der Lieferant eine bestellte Sachnummer nicht bereitstellt. Der Fehler kann mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit von X% auftreten.

Die Erkennung des Fehlers kann zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfolgen, „früh“ oder „spät“. Eine späte Fehlererkennung bedeutet, dass die fehlende Sachnummer erst bei der Vereinnahmung im Wareneingang des Empfängers bemerkt wird. Es wird in diesem Fall sofort reagiert. Auf Grund der Reaktionszeit des Lieferanten – es wird immer ein Tag zur Verarbeitung einer Bestellung benötigt – können die fehlenden Waren allerdings erst „übermorgen“ bei der nächsten Milkrun-Tour mitgenommen werden.

Ein Fehler kann jedoch auch „früh“ erkannt werden. Dies bedeutet, dass der Fahrer genau weiß, wie viele Packstücke von welcher Sachnummer mitgenommen werden müssen. Dadurch ist er in der Lage, direkt im Warenausgang des Lieferanten eine Kontrolle auf Vollständigkeit durchzuführen. Eine Fehlmenge wird sofort bemerkt und kann bereits „morgen“ bei der nächsten Milkrun Tour mitgenommen werden.

In Abbildung 16 sind die Ergebnisse einer quantitativen Analyse dargestellt, die mit Hilfe des in Abschnitt 16 beschriebenen Verfahrens am Beispiel des „Saar-Pfalz“ Milkruns der Firma Bosch durchgeführt wurden. Es wurde eine frühe und späte Fehlererkennung betrachtet. Weiterhin wurden Auftrittswahrscheinlichkeiten des Bereitstellungsfehlers von 5% und von 1% angenommen.

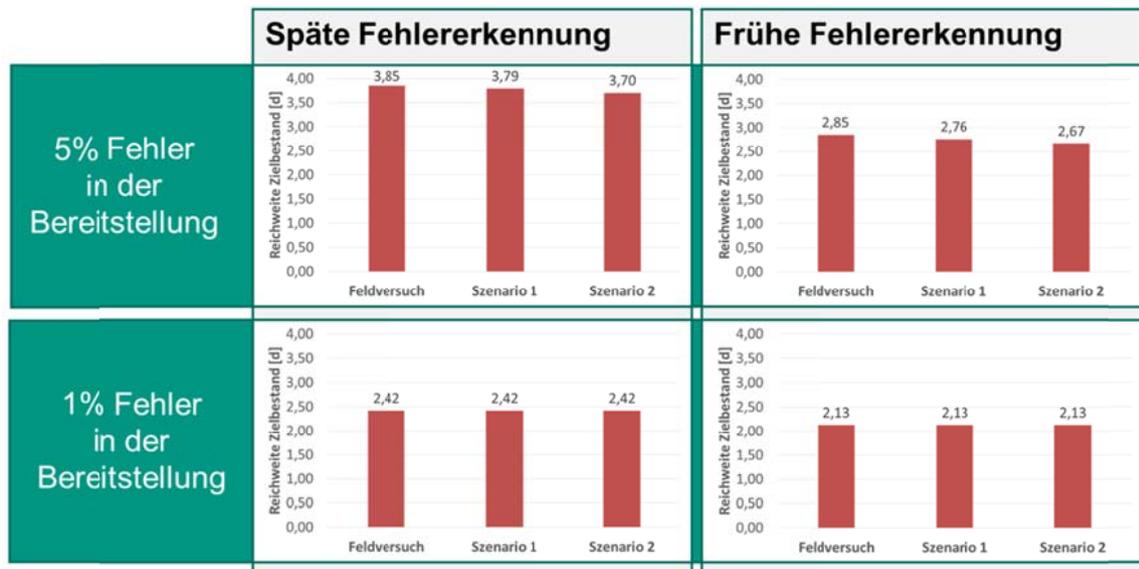


Abbildung 16: Notwendiger Bestand in verschiedenen Szenarien für ein statistisches Sicherheitsniveau von 99% im Bosch Use-Case

Anhand des einfachen Modells lässt sich erkennen, dass eine Verkürzung der Tourdauer des Milkruns nur einen geringen Einfluss auf den notwendigen Bestand hat. Weiterhin ist erkennbar, dass das Modell eine hohe Sensitivität in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Bereitstellungsfehlers und den Zeitpunkt der Fehlererkennung hat. Um den notwendigen Bestand höchstmöglich zu senken ist also eine Zuverlässige Bereitstellung besser geeignet, als eine Verkürzung der Tourdauer des Milkruns.

2.1.3.4 Fazit

Stochastische Bestandsmodelle sind geeignet, um den für eine statistische Sicherheit notwendigen Bestand objektiv zu ermitteln. Die bisher bestehende Barriere, die schwierige Datenbeschaffung, die eine quantitative Bewertung der in den operativen Abläufen auftretenden Abweichungen erschwert, wird durch SCEM-Systeme geringer.

Die Modelle lassen sich auf sämtliche in der Realität auftretenden Transportsysteme übertragen. Besonders großes Potenzial für den Nutzen der Modelle liegt in der Anwendung bei langen globalen Lieferketten. Diese sind sehr komplex und für einen Planer sehr schwer zu überblicken. Auf Grund der langen Transportzeiten fällt es einem menschlichen Planer schwer, ein „Bauchgefühl“ zu entwickeln, das ihn in die Lage versetzt, den Bestand angemessen zu wählen. Es liegt die Vermutung nahe, dass hier der notwendige Bestand auch am stärksten überschätzt wird. Durch den Einsatz von SCEM-Systemen lassen sich die Abweichungsdaten nun mit geringerem Aufwand sammeln und somit auch der objektiv erforderlich Bestand bestimmen.

2.1.4 Literatur zu AP1

Nyhuis, Peter (2008) – Beiträge zu einer Theorie der Logistik. Springer-Verlag.

Furmans, Kai (2003) – Zeitdiskrete stochastische Modelle von Logistiknetzwerken am Beispiel mehrstufiger Sammeltransporte. 9. Magdeburger Logistik-Tagung.

Tempelmeier, Horst (2011) – Inventory Management in Supply Networks. Books on Demand

2.2 AP 2: Plattformentwicklung: strategische und taktische Planung und verladerseitige operative Planung

Ziel des Arbeitspaketes war es, für die Transportplanung und –steuerung optimierende Funktionen zur Verfügung zu stellen, die im Hause des einkaufenden Unternehmens Transporte reduzieren helfen und andererseits für das zusammen mit dem FZI entwickelte System zum Abweichungsmanagement (AP4) Mechanismen zur Störungsbehebung zur Verfügung zu stellen.

Außerdem sollten Funktionen für die strategische Netzwerkplanung zur Verfügung gestellt werden, die die Optimierung des bestehenden Netzwerks unterstützen und die Möglichkeit bieten, für die Transportplanung günstige Vorgaben zu erstellen.

Der im Projekt abgebildete Gesamtprozess der Planungsplattform umfasst folgende Anteile:

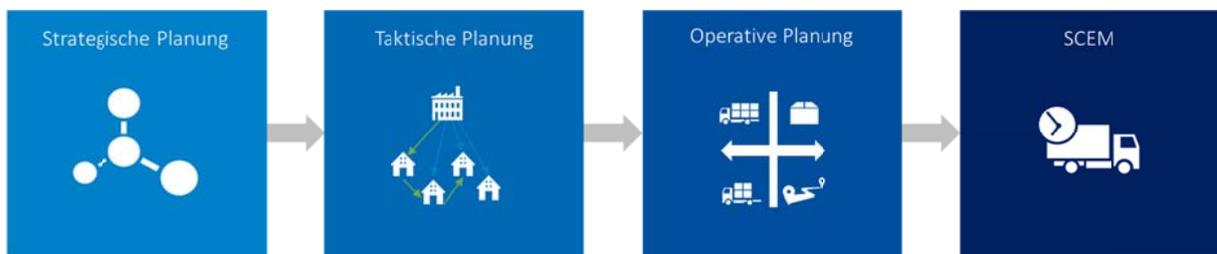


Abbildung 17: Gesamtabläufe der Planungsplattform

2.2.1 Strategische Planung



Abbildung 18: Kernablauf der strategischen Planung

Im Projekt wurde ein Modell für eine strategische Optimierung des Lieferantennetzes der ZF Friedrichshafen erarbeitet. Es wurden Möglichkeiten zur Definition von Abholgebieten evaluiert.

Hierfür wurden Module des bestehenden Systems „Logistics Designer“ eingesetzt.

Das Datenmodell wurde konfiguriert und die für die logistische Bewertung der Daten wurde der Ist-Tarif des derzeitigen Dienstleisters in einer speziellen Systemkomponente konfiguriert. Modelltarife für die Belieferung aus Abholgebieten wurden ebenfalls konfiguriert und es wurden szenario-basierend verschiedene Lösungsmöglichkeiten simuliert. Im

AP 2: Plattformentwicklung: strategische und taktische Planung und verladerseitige operative Planung

detaillierten Vergleich der Ergebnisse konnten mögliche Verbesserung der Strategie für Belieferungstransporte erarbeitet werden.

Die Verbesserungen wurden innerhalb der Projektlaufzeit noch nicht umgesetzt, so dass noch keine Vorgaben für Netzwerk, Routing und Tarife an die nachfolgenden Planungsstufen übergeben wurden.

2.2.2 Taktische Planung



Abbildung 19: Kernprozess der taktischen Planung

In der neu erstellten TMS Plattform wurden Abläufe zur taktischen Planung konfiguriert. In spezifischen Komponenten wurden Abbildungen für folgende Elemente vorgenommen:

- Netzwerkdefinition (Stufen)
- Routing (Verbindungen der Netzwerkstufen) und deren Regeln
- Tarife (Kostendefinition für die Nutzung der Routen)
- Transportkanäle (ausgezeichnete und mit Vorrangregeln und Tarifen versehene Routen)

Es wurden Stammdatentabellen konfiguriert, die auf Basis des frei definierbaren Datenmodells der Plattform die notwendigen Daten für die beiden Praxispartner aufnehmen. Im vorliegenden Fall z.B. Verpackungsvorschriften je Lieferant.

Damit waren die Vorbereitungen für den folgenden logischen Workflow geschaffen:

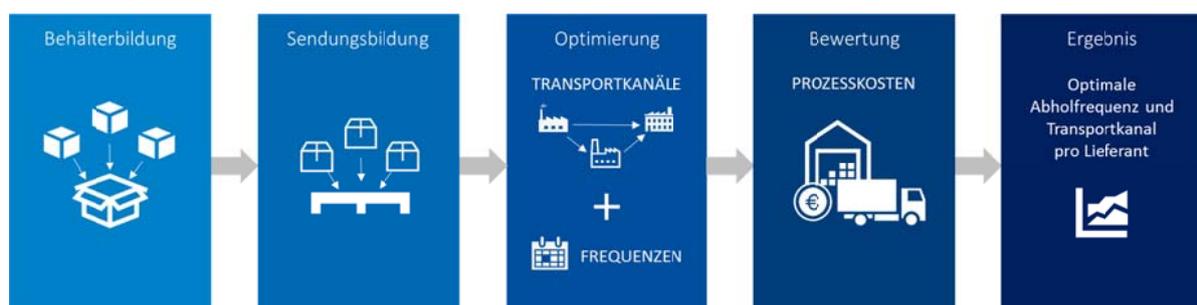


Abbildung 20: Gesamtablauf der taktischen Planung

AP 2: Plattformentwicklung: strategische und taktische Planung und verladerseitige operative Planung

Die Ablaufschritte sind aus Basiskomponenten zusammengesetzt, so dass flexible Services entstanden sind.

Kernstück ist die Optimierung der Transportkanäle und Frequenzen.

Ergebnis einer taktischen Planung ist kein absolutes Optimum. Es werden verschiedene Szenarien vergleichend analysiert. Ziel ist ein Pareto-Optimum:

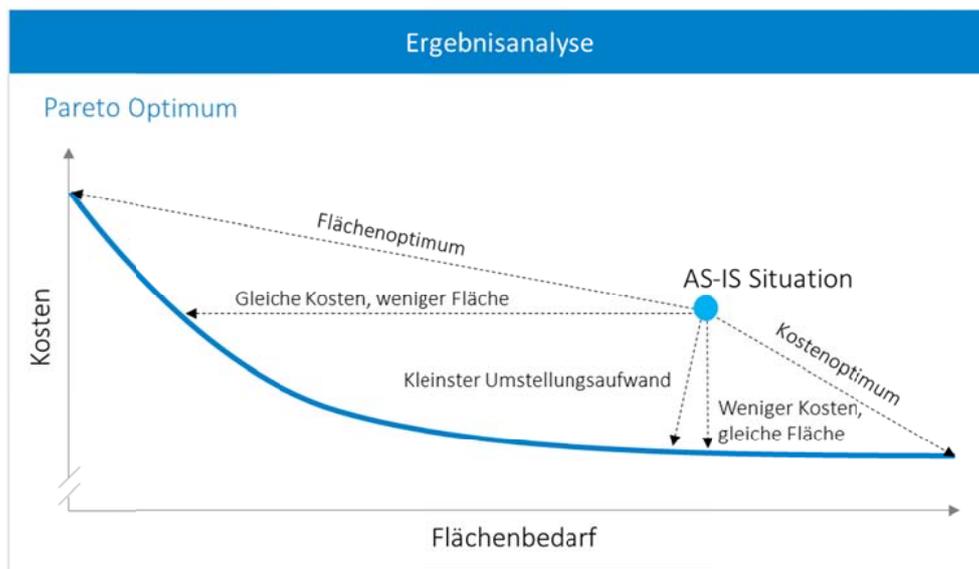


Abbildung 21: Ergebnis der taktischen Planung

Es muss mit dem Nutzer ein angestrebtes Optimum ermittelt werden, das den Trade zwischen Transportkosten und Flächenbedarf berücksichtigt. Wesentlicher Parameter ist auch der Umstellungsaufwand für den Warenempfänger.

Werden bspw. Lieferfrequenzen ermittelt, die ein für den Warenempfänger positives Verhältnis zwischen Transportkosten und Flächenbedarf ergeben würden, bedingen diese neuen Lieferfrequenzen i.A. Änderungen in der Zusammenarbeit mit dem Lieferanten. Hier entsteht Änderungsaufwand. Dieser muss zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Umstellungen ebenfalls berücksichtigt werden.

Der Praxispartner ZF nimmt die taktische Planung in Anspruch, in dem er Lieferfrequenzoptimierungen in Zusammenarbeit mit LOCOM Software simuliert und deren Auswirkungen auf Transport- und Lagerkosten evaluiert.

Es zeigen sich wesentliche Optimierungspotentiale.

Basierend auf den historischen operativen Daten werden also Dienste zur strategischen Planung von Netzen integriert. Dazu sind einerseits die Daten aus der Plattform in einer geeigneten Form aufzubereiten, zu aggregieren und für die strategische Planung bereit zu stellen und andererseits die Bewertungs- und Optimierungsmodelle passend zum Anwendungsfall zu konfigurieren.

AP 2: Plattformentwicklung: strategische und taktische Planung und verladerseitige operative Planung

Die Ergebnisse aus der strategischen und taktischen Planung werden als Netzwerk festgehalten und gehen als gegeben in die Transportvorplanung und Bestelloptimierung sowie in die Taktische Segmentierung ein.

2.2.3 Operative Planung

Analog zur taktischen Planung wurden für die operative Planung Komponenten konfiguriert, die Basis für die Planung darstellen:

- Netzwerkdefinition (Stufen)
- Routing (Verbindungen der Netzwerkstufen) und deren Regeln
- Tarife (Kostendefinition für die Nutzung der Routen)
- Transportkanäle (ausgezeichnete und mit Vorrangregeln und Tarifen versehene Routen)

Die Konfiguration ist dabei teilweise identisch mit der für die taktische Planung, jedoch können in der taktischen Planung naturgemäß simulative Routings, Tarife etc. eingestellt werden, deren Wirkung auf das Transportgeschehen untersucht werden soll.

In der operativen Planung werden die „Echtdaten“ abgebildet.

Folgender Workflow ist dann möglich:

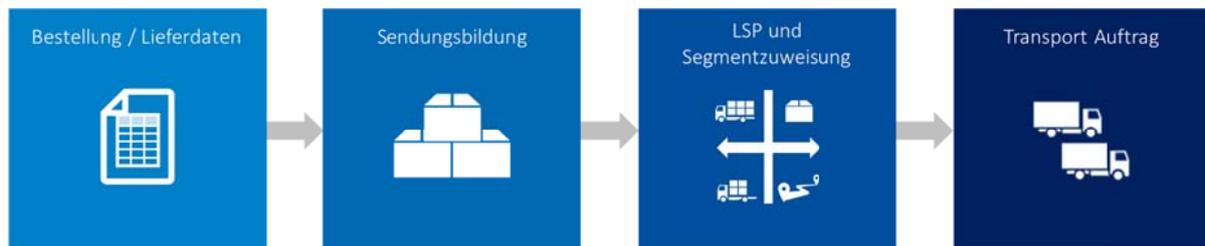


Abbildung 22: Gesamtablauf der operativen Planung

Die Planung stützt sich auf Bestellpositionen für die kommende Planungsperiode (z.B. 1 Woche). Ziel ist die möglichst optimale Zuordnung zu Transportkanälen und Transportdienstleistern.

Hierbei können vordefinierbare und in den Stammdaten hinterlegbare Varianzen der Abliefertermine genutzt und Bündelungseffekte gesucht werden.

Die Transportdisposition erzeugt Vorschläge für Transportaufträge in Form visualisierbarer Transporte und deren KPIs. Der Anwender kann die Transporte dann freigeben oder wieder auflösen. Freigegebene Transportaufträge sind über einen Web-Zugang für den betreffenden Transportdienstleister sichtbar.

Besondere Abläufe mussten für die Sendungsbildung abgebildet werden. Hierbei werden aus den Bestellpositionen Packstücke erzeugt, die wiederum in Verbindung mit Ladungsträgern zu einer Sendung werden. Sendungen können auf Transporte verplant werden.

AP 2: Plattformentwicklung: strategische und taktische Planung und verladerseitige operative Planung

Die Schritte sind für die spätere Unterstützung des Abweichungsmanagement essentiell, da sie die Voraussetzungen für die Identifizierbarkeit der Packstücke und deren Rückbezug auf die Bestellpositionen schaffen.

Der Lieferant erhält durch einen Webzugang Einblick auf die ihn betreffenden Sendungen und kann die Verpackungsinformationen ändern.

2.2.4 Unterstützung für das Abweichungsmanagement

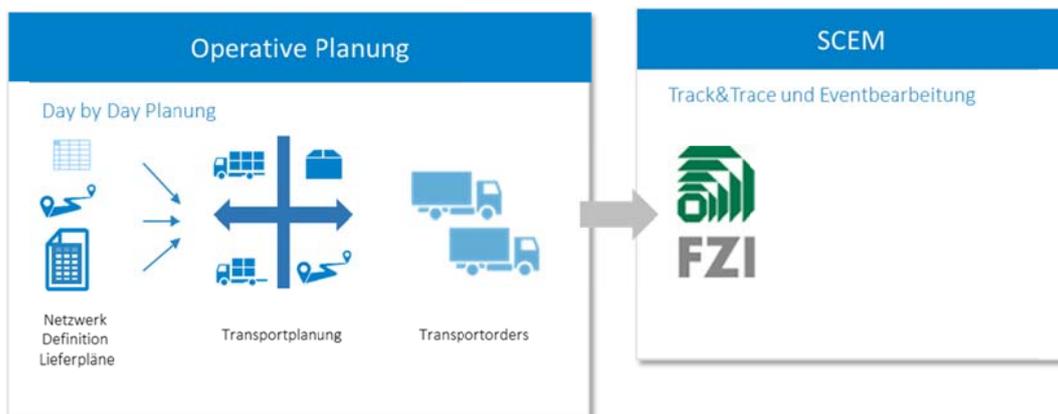


Abbildung 23: Übergang aus der operativen Planung in das SCEM

Wie im Abschnitt zur operativen Planung dargestellt, liefert die operative Planung Informationen für das Abweichungsmanagement.

Zunächst kann eine Sendungsverfolgung über Identifikationsmerkmale erfolgen, die im Haus des Warenempfängers Transportaufträgen, Sendungen und damit Bestellungen zugeordnet werden können. Damit ist eine wesentliche Voraussetzung für ein Supply Chain Event Management nämlich die Identifikationsmöglichkeit der Bestellung und damit der Kritikalität gegeben.

Für die beiden Praxispartner haben sich Reaktionsmöglichkeiten auf Events, die über die reine Meldung einer Verspätung hinausgehen, wesentlich in Bereichen ergeben, die keine Neuplanung nach sich ziehen. Damit wurde ein Zyklus aus einem Event bis in die operative Planung nicht umgesetzt. Dieser ist jedoch durch die Möglichkeiten die Services, die die Planung bilden flexibel zu konfigurieren und Ablaufketten via Webservice anzusprechen, umsetzbar.

2.2.5 Generelle Erkenntnisse

Folgende generelle Erkenntnisse können aus der Projektbearbeitung gefolgert werden:

- Notwendigkeit der Plattform
- Wichtigkeit der Planungsunterstützung für den Warenempfänger
- Sinnvolle Stufung der Planungshorizonte

Folgende besondere Herausforderungen ergeben sich:

- Notwendigkeit der Verbindung zwischen Material- und Transportdisposition
- Stammdaten
- Kenntnis der Verpackungsinformationen oder die Kommunikation dazu mit dem Lieferanten

Sowohl die Erkenntnisse wie auch die Herausforderungen sollen im Folgenden erläutert werden.

2.2.5.1 Notwendigkeit der Plattform

Die Planung von Transporten insbesondere operativ ist eine Inter-Company Aufgabe. Es sind hieran mindestens der Warenempfänger, der Lieferant und der Logistikdienstleister beteiligt. Alle Beteiligten haben unterschiedliche Aufgabenstellungen, unterschiedliche Prozesse und unterschiedliche Ziele.

Darüber hinaus ist Transport für den Warenempfänger eine reine Kostenstelle. Damit dürfen für die Abbildung der Planung keine erheblichen Aufwände notwendig sein.

Diese Rahmenbedingungen ergeben die Notwendigkeit der funktionalen Zusammenarbeit der Beteiligten im Gegensatz zur Datengetriebenen.

Die Beteiligten müssen einen leichten Zugang zu Kollaborationsfunktionen haben und es darf sich nicht die Notwendigkeit ergeben umfangreiche oder gar redundante Datenschnittstellen zu schaffen.

Die funktionale Zusammenarbeit wird durch die Abbildung der kollaborativen Abläufe auf der Plattform gewährleistet. Der Datenbestand wird durch den Warenempfänger gehalten und durch Funktionen der externen Beteiligten direkt im Bestand verändert.

Der Warenempfänger nimmt zunächst seine Planung vor. Die externen Beteiligten (Lieferant und Logistikdienstleister) erhalten Systemfunktionen zur Sichtung und zur Bearbeitung der sie betreffenden Daten. Damit kann einerseits ein aufwändiger Datenaustausch vermieden werden und andererseits eine Steuerung erfolgen, welche Änderungen oder Ergänzung die externen Beteiligten ausführen sollen.

2.2.5.2 Wichtigkeit der Planungsunterstützung beim Warenempfänger

Bisher wird die Planung für den Transport durch den Warenempfänger nicht oder nur ansatzweise vorgenommen.

AP 2: Plattformentwicklung: strategische und taktische Planung und verladerseitige operative Planung

Bei der Untersuchung der Auswirkungen der Planung haben sich deutliche Potentiale für den Warenempfänger ergeben.

Der Praxispartner ZF hat allein aus den Bündelungseffekten über die operative Planung für ein singuläres Werk ein Potential von 13,8% ermittelt.

Darüber hinaus sind wie oben bereits dargelegt, die operativen Planungsschritte beim Warenempfänger Voraussetzung für ein wirkungsvolles Supply Chain Event Management.

2.2.5.3 Sinnvolle Stufung der Planungshorizonte

Die Nutzung der Möglichkeiten für strategische Planungen zur Verbesserung der Ausgangssituation im Netzwerk sowie der strategischen Planung zur Nutzung des Netzwerks haben weitere erhebliche Potentiale aufgezeigt.

Die Planungen können sowohl inhaltlich als auch zeitlich unabhängig voneinander erfolgen. Dies ist ebenfalls eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz der Planungsplattform. Unternehmen befinden sich zu jeder Zeit in unterschiedlichen Planungsphasen ihrer Supply Chain. Diesem Umstand trägt die Plattform Rechnung.

Darüber hinaus ist durch die Konfigurierbarkeit von Datenmodell und Prozessen gewährleistet, dass die Planungsschritte funktional und datentechnisch entkoppelt erfolgen können.

2.2.5.4 Notwendigkeit der Verbindung zwischen Material- und Transportdisposition

Für die Warenempfänger stellt die Notwendigkeit der eigenen Transportplanung eine Neuerung dar. Bisher wird allein der Materialdisposition Gewicht beigemessen.

Würde ein aktives Transportmanagement eingeführt, müssen die Potentiale aufgezeigt werden, damit ein Warenempfänger hiervon überzeugt werden kann.

Zusätzlich darf nicht der Eindruck entstehen, der Materialdisponent werde in seiner Arbeit eingeschränkt.

Die Bereitschaft ein eigenes Transportmanagement in Angriff zu nehmen muss dementsprechend durch

- Aufzeigen von Potentialen
- Ease of Use im Tool
- Einfachheit der Systemintegration

unterstützt werden.

Für das Aufzeigen des Potentials sind Simulationsmöglichkeiten im System gegeben.

Auf den Ease of Use vor allem für die zeitkritische Bearbeitung der operativen Transportplanung ist ein innovatives Oberflächenkonzept geschaffen worden, das außerdem an die Benutzerbedürfnisse durch erhebliche Konfigurationsmöglichkeiten gut angepasst werden kann.

Die Einfachheit der Systemintegration wird durch das frei konfigurierbare Datenmodell sowie die funktionale Bearbeitung der Abläufe im Gegensatz zu einer Datengetriebenen unterstützt.

2.2.5.5 Stammdaten

Da der Warenempfänger Aufgabenstellung aus der Transportplanung übernimmt, die bisher nicht in seinem Fokus standen, kommt der Analyse notwendiger Stammdaten nicht unerhebliche Bedeutung zu.

Es können sich hierbei Herausforderungen ergeben, dem die Plattform wiederum durch das frei konfigurierbare Datenmodell sowie durch umfangreiche Funktionen zur Datenaufbereitung Rechnung trägt.

Zudem können Funktionsabläufe wiederum aus Basiskomponenten zur Services gebündelt werden, die auf verschiedene Datenverfügbarkeiten Rücksicht nehmen. Als Beispiel sei hier die Bildung von Sendungen in der operativen Transportplanung genannt. Der Ablauf ist konfigurierbar je nachdem aus welchen Quellen Verpackungsinformationen erhalten werden. Der Warenempfänger kann also selbst definieren, ob er Verpackungsinformationen aus eigenen Stammdaten je Artikel, je Lieferant oder als generelle Vorgabe verwenden oder die Sendungsbildung über den Lieferanten vornehmen lassen möchte. Andere Regelungen sind ebenfalls möglich, da die Systemabläufe im Wesentlichen durch regelbasierte Workflows erzeugt werden.

2.2.5.6 Kenntnis der Verpackungsinformationen oder die Kommunikation dazu mit dem Lieferanten

Wesentlicher Faktor für die erfolgreiche Planung und ein effektives Supply Chain Event Management ist durchgängige Identifikation von Material zu Transporten. Dies wird über die eigene Planung der Sendungen aus Materialbestellungen unterstützt. Damit wird es möglich jederzeit wiederum durch Funktionen innerhalb der Plattform für eine kontextbezogene Identifikation von Transporten, Sendungen, Verpackungseinheiten und Materialbestellungen zu sorgen.

Hierzu ist häufig die Einbeziehung des Lieferanten notwendig, da der Transfer von Material zu Packstück im Wesentlichen in dessen Verantwortung liegt.

Hierzu wird in der Plattform der Webzugang angeboten, der über die funktionale Anbindung des Lieferanten für eine wirkungsvolle Informationsweitergabe an den Warenempfänger bereitsteht.

2.3 AP 3: Taktische und operative Tourenplanung und Steuerung für den Logistikdienstleister

2.3.1 Gesamtarchitektur und Systemkomponenten der PTV

Die Entwicklungen der PTV im Rahmen von ProveIT umfassten im Rahmen von AP3 insbesondere die Aufgabenstellungen des operativen Transports der Waren als Bestandteil der logistischen Prozesskette. Schnittstellen bilden in der Regel die physischen Ereignisse der Beauftragung, Abholung, Auslieferung und Abrechnung. Bei höherer datentechnischer Prozessintegration werden diese Ereignisse in Form von elektronischen Daten- und Statusinformationen zwischen den Systemen ausgetauscht.

Lösungsansatz war es, über ein integriertes Planungs- und Steuerungssystem alle im Umfeld des operativen Transports verfügbaren Planungs- und Durchführungsinformationen direkt oder über Schnittstellen den Systembeteiligten zur Verfügung zu stellen.

Die Transportaufträge wurden aus der operativen Planung zur Transportdurchführung an ein Telematiksystem übergeben. Die darüber verfügbaren Statusinformationen zur tatsächlichen Durchführung bildeten durch den Vergleich mit den Ergebnissen aus der operativen Planung die Grundlage für das operative Abweichungsmanagement (Detektion und Generierung von Vorschlägen).

Die in der VHB definierten sowie in der frühen Projektphase erarbeiteten Nutzer mit ihren Rollen im Gesamtprozess und die daraus abgeleiteten Interaktions- und Kommunikationsbedarfe waren Basis der für das Projekt implementierten Systeminfrastruktur, wobei PTV für den Teil Transportplanung, -durchführung und Abweichungsmanagement verantwortlich zeichnete. Die einzelnen Komponenten wurden dabei in sukzessiven Iterationsschritten entwickelt und zur Verfügung gestellt.

AP 3: Taktische und operative Tourenplanung und Steuerung für den Logistikdienstleister

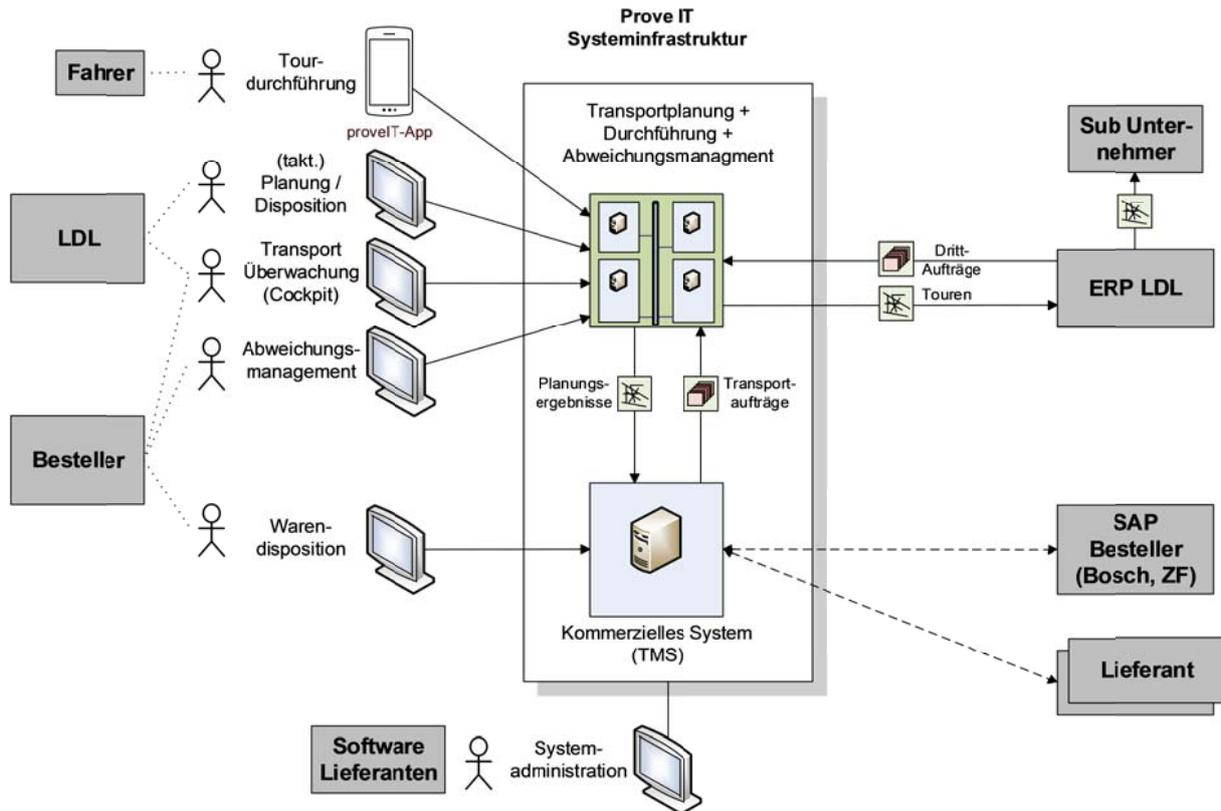


Abbildung 24: Systemarchitektur des ProveIT-Systems – Interaktions- und Kommunikationsbedarfe der Nutzer

Die Entwicklungen im AP3 erstreckten sich insbesondere auf die Planungsverfahren für taktische Planung, die Erweiterung der Smartour Applikation für operationale Tourenplanung sowie die Schnittstellen zu Telematik-Einheiten bzw. die Komponenten zur Unterstützung der Störungserkennung und ETA-Berechnung.

Im Folgenden werden die Systemarchitektur sowie die Entwicklungsergebnisse für die Use-Cases in Bezug auf die Projektphasen dargestellt. Die im Projekt abschließend realisierten Kernelemente der PTV sind dabei die Planungsumgebung Smartour, die mit den Basiskomponenten Planung, insb. einer Erweiterung für die taktische Gebietsplanung und Tourdurchführung sowie dem track&Trace-Modul aufgesetzt wurden. Als separate Komponente zur Unterstützung der Störungsmanagementebene kommt eine xServer-Komponente zum Einsatz zur Berechnung der erwarteten Ankunftszeiten (ETA). Entsprechende Schnittstellen zu den Systemen der LOCOM bzw. des FZI wurden realisiert. In die Systeme/Prozesse beim Logistikdienstleister wurde dabei nicht eingegriffen, es wurden jedoch Schnittstellen geschaffen zur Anbindung der Drittaufträge.

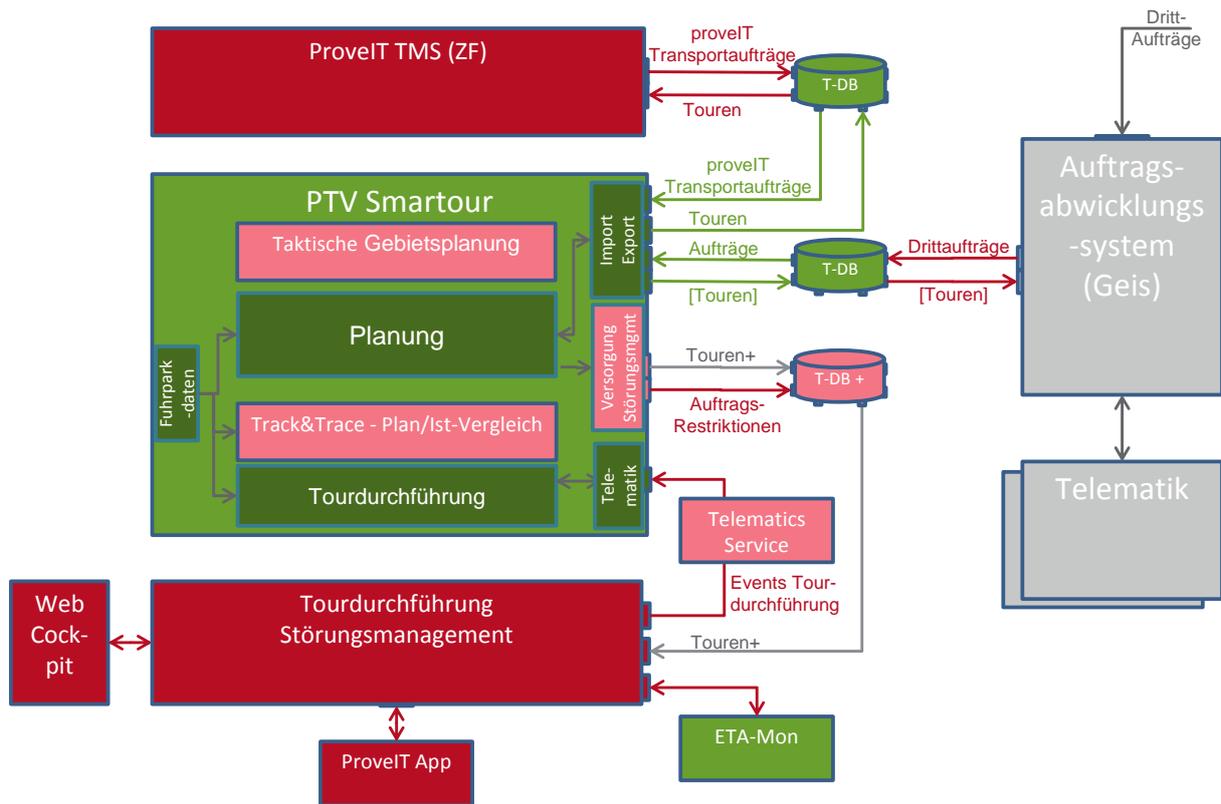


Abbildung 25: Systemarchitektur ProvelT Entwicklungen – Planungsverfahren und Komponenten für die LDL-Ebene – AP3, Use Case ZF/ Geis

2.3.2 Entwicklungsergebnisse zur taktischen Gebietsplanung

Der LDL arbeitet bei der Feinverteilung und Sammlung mit Partnern zusammen, die Kunden in den Partnergebieten sind üblicherweise grob auf PLZ Basis zugeteilt. Dabei ist die Länge der Sammel- und Verteiltouren proportional zu den Abständen der Kunden zu den Partnerdepots. Als Entwicklungsergebnis auf taktischer Planungsebene ist eine Planungskomponente entstanden, mit der die Zuordnung der Kunden zu den Partnerhubs optimiert werden kann. Als mögliche Parameter können die relative Kapazität der Partnerhubs oder auch das Maß für Gleichauslastung der Partner verwendet werden. In beispielhaften Planungsrechnungen konnten etwa 5% Verbesserung bzgl. der Depotabstände ermittelt werden. Dabei ist eine proportionale Verringerung der Tourkilometer der Sammeltouren nachweisbar.

AP 3: Taktische und operative Tourenplanung und Steuerung für den Logistikdienstleister

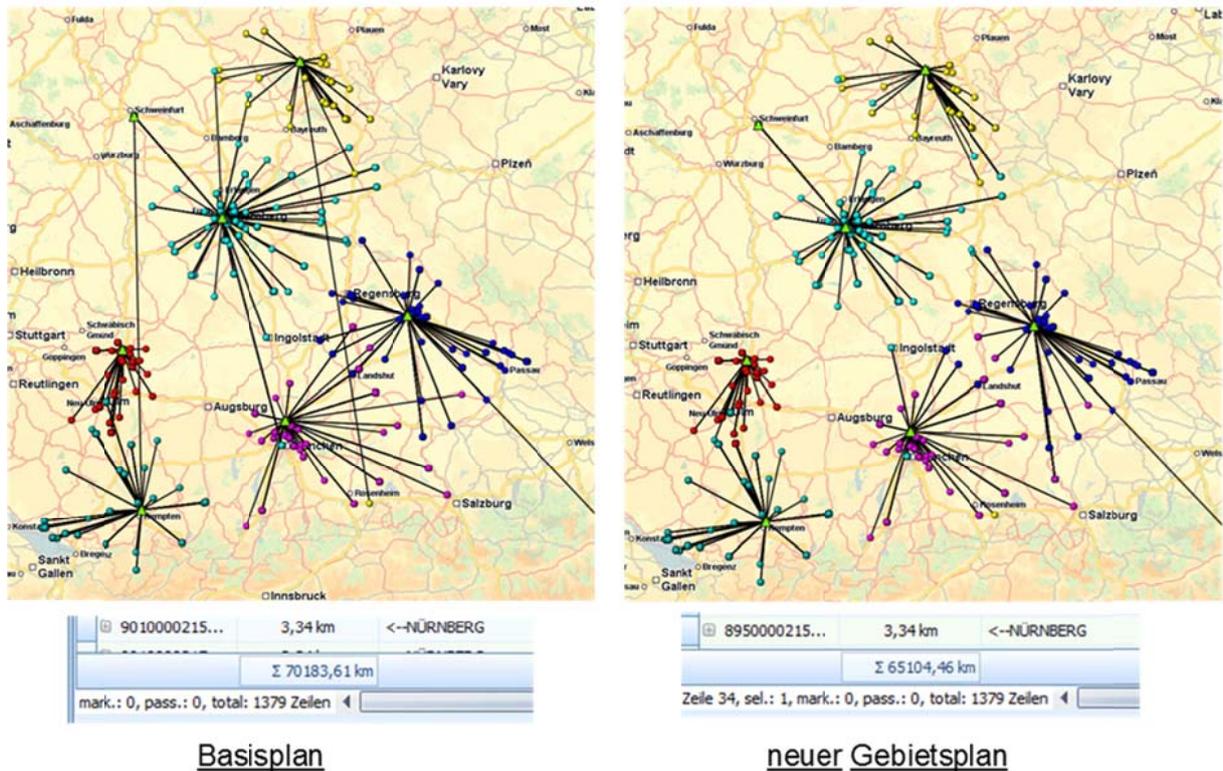


Abbildung 26: Taktische Gebietsplanung - Neue Aufteilung der Partnergebiete

2.3.3 Telematik-Service, PTV Smartour track&trace für Plan-Ist-Vergleich

Das Aufsetzen und Entwickeln des track&trace-Moduls sollte auf Standard-Strukturen der aktuellen Version von Smartour aufbauen.

Folgende Funktionalitäten bzw. Planungsergebnisse wurden realisiert:

- Übernahme der Aufträge des Logistikdienstleister in die ProvelT Planungsumgebung (Smartour)
- Tourenplanung, Generierung von gültigen Touren (inkl. Drittaufträge) für die im use case ZF ausgewählten Tourgebiete bzw. Lieferanten
- Übergabe der Touren an 1) TMS des LDL Geis; an 2) Middleware Störungsmanagement
- Übernahme der events der ProvelT App bzw. Telematikeinheit über die Telematikchnittstelle in Smartour
- Verarbeitung der events aus der Tourdurchführung in Smartour in der track&trace Komponente
- Aktuelle Berechnungen der entsprechenden ETA (Ankunftszeiten) im ETA-Monitor auf Basis der Events bzgl. der einzelnen Stops für das Störungsmanagement

Folgende zusätzliche Anforderungen sollten für den Plan-Ist Vergleich erfüllt werden:

- Graphischer Plan / Ist Vergleich Touren
 - Plan – Ist Stoppfolge
 - Plan – Ist Routenverlauf
- Vergleich ausgesuchter Kennzahlen auf Tourebene
 - Plan – Ist Tourstart / Tourende

AP 3: Taktische und operative Tourenplanung und Steuerung für den Logistikdienstleister

- Plan – Ist Tourlänge
- Plan – Ist Tourdauer
- Plan – Ist Tourservicezeit
- und weitere
- Vergleich ausgesuchter Kennzahlen auf Stoppebene
 - Plan – Ist Ankunft / Abfahrt
 - Plan – Ist Servicezeit
 - und weitere

Im Rahmen der Systementwicklungen, die in den technischen Arbeitspaketen erfolgt sind, wurden folgende technische Erweiterungen realisiert und zusätzliche Funktionalitäten für den Nutzer geschaffen:

- Anpassung des track&trace Anwendungsfalls auf Smartour
- Versorgung des Anwendungsfalls über Telematik-Service
- Erweiterungen des Anwendungsfalls:
 - Herstellen der Standard Grid-Funktionalität in Smartour (Filter, Gruppierung, Mehrfachselektion, u.v.m)
 - Integrierter Aufruf Plantour-Routing
 - Fahrzeugbezogene Anzeige der GPS Tracks (Positionsmeldungen) als Polygonzug
 - Anzeige von Planwerten für Tourstart, Tourende, Tourlänge, Tourdauer, Summenwerte für Servicezeit, Pausenzeit, Wartezeit im Grid der Ist-Tour, um über berechnete Felder graphische Hervorhebungen zu ermöglichen.
 - Erstellung eines Vergleichs-Controls (Plan <-> Ist-Stopps)
 - Berechnung der Ist-Tour anhand der gefahrenen Stationsfolge (Ist-Routing).
 - Für jede Tour können manuell folgende Zusatzfunktionen aktiviert werden:
 - Route berechnen (der zugehörigen Plan-Tour)
 - Anzeige der Spur auf Basis der vorhandenen Positionsmeldungen
 - Anzeige aller Meldungen zur Selektierten Tour

In folgendem Schaubild ist der offene Telematik-Service dargestellt. Dieser ermöglicht unabhängig von Smartour eine universelle, parametrierbare Kopplung an Telematik-Provider.

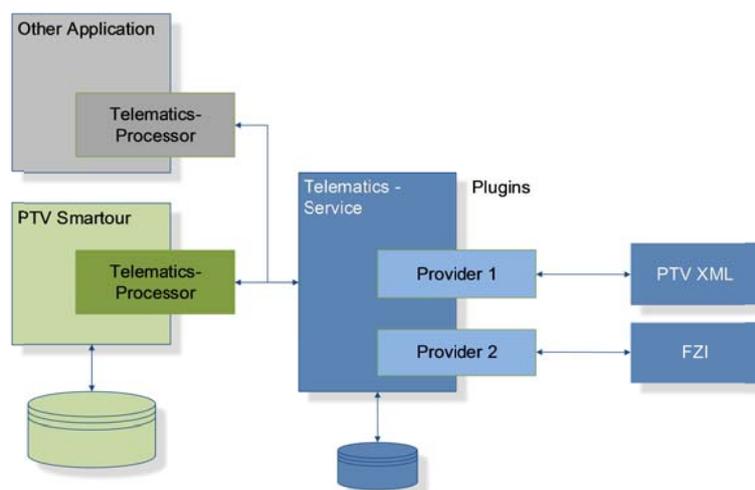


Abbildung 27: Telematik-Service zur flexiblen Anbindung von Telematik-Systemen

AP 3: Taktische und operative Tourenplanung und Steuerung für den Logistikdienstleister

In der Planungsoberfläche für den Disponenten auf Basis der PTV Smartour-Applikation wurden somit einige Erweiterungen und Anpassungen vorgenommen, um die Funktionalitäten dem Planer nutzerfreundlich bereitstellen zu können. Bspw. sollen Plan-Stationen und Ist-Stationen der Tour in der Kartenansicht dargestellt werden.

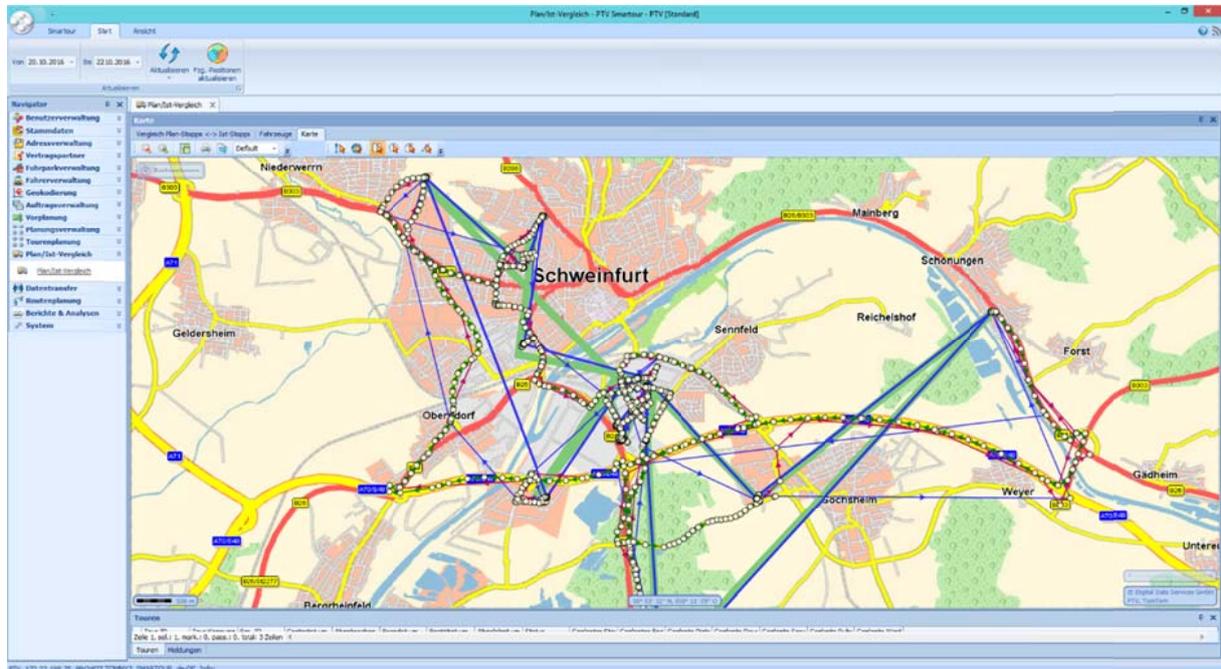


Abbildung 28: Smartour inkl. track&trace-Modul, Plan-Ist Vergleich der Testtour, Darstellung des GPS-tracks und der Plan-Route

Die Entwicklungen im Projekt haben gezeigt, dass dem Planer auf unterschiedlicher Ebene und an verschiedenen Stellen der Supply Chain Systemkomponenten bereitgestellt wurden, die wichtige zusätzliche Informationen zur Entscheidungsunterstützung im Planungsprozess und bei der Reaktion auf Abweichungen zur Verfügung stellen können. Die Durchgängigkeit der Datenverfügbarkeit sowie der performante Datenfluss über standardisierte Schnittstellen sind dabei wichtige Aspekte. Für künftige kommerzielle Anwendungen werden dann die Themen Datensicherheit und stabiles Rechtemanagement von großer Bedeutung sein. Mit Hilfe der Projektergebnisse aus ProvelT werden die PTV-Produkte für zukünftige Fragestellungen und Anwendungsfälle in Logistiknetzwerken weiterentwickelt und bieten damit einen wesentlichen Mehrwert für die Kunden aus den verschiedenen Branchen.

2.4 AP4: Dienste zum Abweichungsmanagement

Maßgebliches Ziel des AP4 war die Entwicklung dynamischer Verfahren zur Störungserkennung und Störungsbehebung in Transportnetzwerken. Die entwickelten Dienste ermöglichen es, Störungen im Transportverlauf automatisiert zu erkennen, zu bewerten und ausgehend von der aktuellen Situation Reaktionsvorschläge zur Behebung der Abweichung zu generieren, die sich so gering wie möglich auf das Transportnetz auswirken. Die gewonnenen Echtzeitdaten aus dem operativen Abweichungsmanagement dienen darüber hinaus der Identifikation häufiger auftretender Problem und werden für eine mittelfristige Stabilisierung taktischer Pläne verwendet. Die Leistungsfähigkeit der vorgeschlagenen Verfahren wurde am Beispiel zweier Use Cases – Milkruns und Gebietsspedition – erprobt.

Im Folgenden wird zunächst die am FZI entwickelte Architektur zum operativen Störungsmanagement überblicksweise beschrieben. Im Anschluss werden die integrierten Komponenten zur Störungserkennung, Störungsbehebung ebenso wie die Dienste zur Kommunikation mit Transportdienstleistern und Disponenten detaillierter vorgestellt. Das Kapitel endet mit einer Zusammenfassung der zentralen Erkenntnisse, die sich in der Erprobung des Abweichungsmanagements in mehreren Feldversuchen im Projektverlauf ergaben.

2.4.1 Architekturüberblick

Abbildung 29 bietet eine vereinfachte Übersicht über die entwickelte Architektur des Störungsmanagements. Die Dienste sind in fünf Schichten strukturiert, auf die im Folgenden kurz eingegangen wird. Dieses Schichtmodell erlaubt eine hohe Flexibilität hinsichtlich der unterschiedlichen Anforderungen im Praxiseinsatz. Dabei können einzelne Komponenten spezifisch an die Bedürfnisse der eingebundenen Praxispartner angepasst werden. Ebenso ermöglichen die Schnittstellen zu anderen Diensten (beispielsweise Planungsverfahren auf taktischer Ebene) eine flexible Anbindung an die in verschiedenen Unternehmen verwendeten Softwaresysteme.

2.4.1.1 Front End

Das Front End enthält im Wesentlichen zwei Komponenten, die der Interaktion mit den Anwendern dienen: Das ProvelT Cockpit und die ProvelT App. Das ProvelT Cockpit ist eine auf Basis des JavaServer Faces-Standards implementierte Webanwendung, die das Monitoring von Transportprozessen in nahe Echtzeit ermöglicht. So ist es zum Beispiel möglich, alle aktuell aktiven Touren und die zugehörigen, eintreffenden Echtzeit-Informationen einzusehen. Darüber hinaus ist das User Management für das Störungsmanagement über das Cockpit möglich. Die ProvelT App ist eine Applikation für Android Smartphones und wird vom Fahrer während der Tourdurchführung verwendet. Sie ermöglicht es dem Fahrer, den Transportfortschritt im gewünschten Detaillierungsgrad zu dokumentieren. Die eingegebenen Informationen werden wiederum im ProvelT Cockpit in aggregierter Form angezeigt, sodass dem Nutzer eine schnelle Einschätzung des aktuellen Tourverlaufs ermöglicht wird.

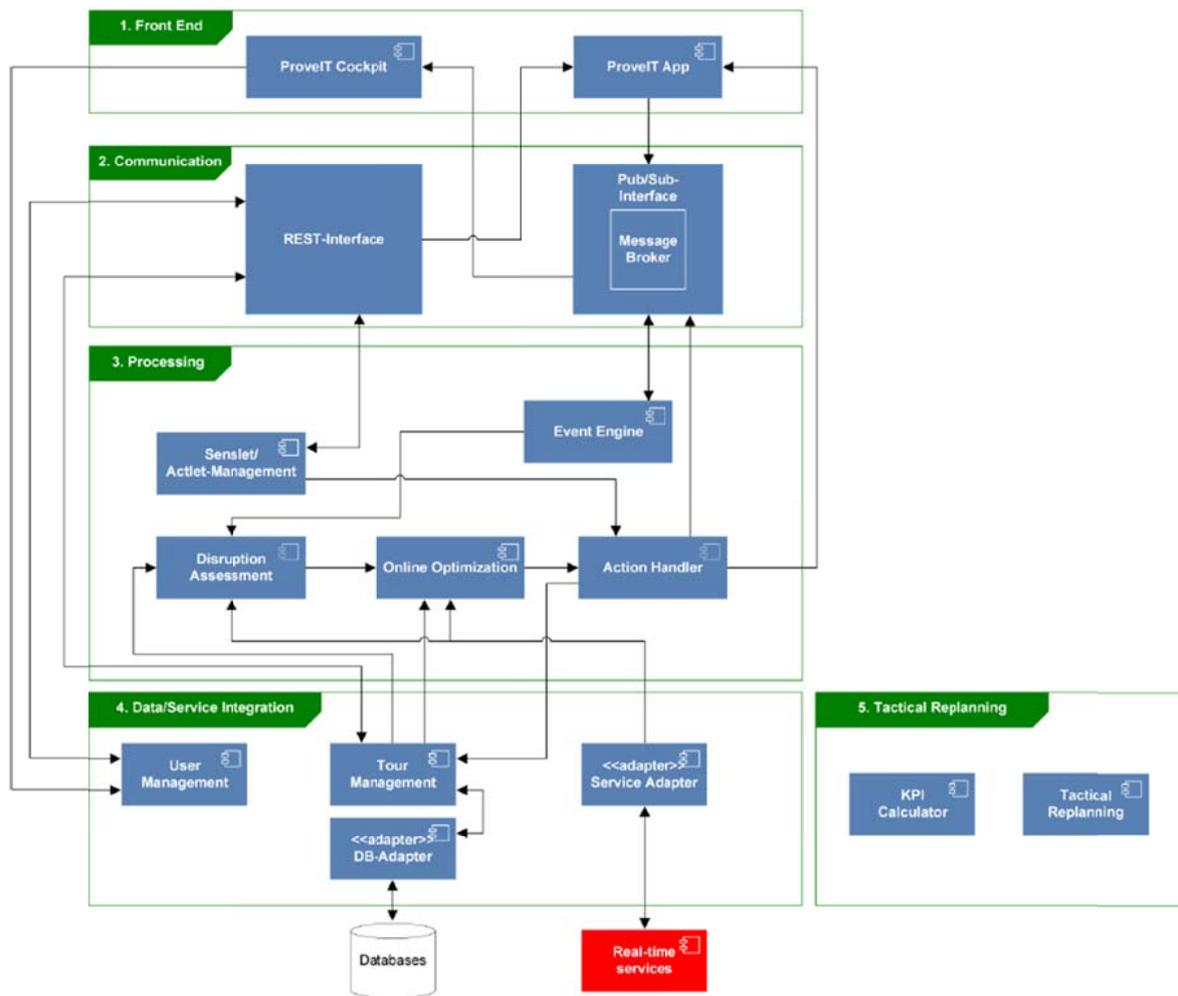


Abbildung 29: Vereinfachte Übersicht über die Architektur des ProveIT Störungsmanagements

2.4.1.2 Communication

Die Kommunikationsschicht enthält zwei Komponenten, die die meisten Kommunikationsaufgaben übernehmen: Auf der einen Seite dient eine REST-Schnittstelle als zentraler Zugangspunkt für Informationen zu Touren oder User Daten. Auf der anderen Seite dient eine auf ActiveMQ basierende Komponente als zentraler Zugangspunkt für alle Echtzeitdaten. Letztere wird von mehreren Komponenten als Message Broker verwendet, um zum Beispiel Echtzeitdaten wie GPS-Daten, Senslet Reports oder Analyseergebnisse zu veröffentlichen oder zu konsumieren.

2.4.1.3 Processing

Die Processing-Schicht beinhaltet die zentralen Komponenten, die die Datenverarbeitungsprozesse des Störungsmanagements implementieren:

- Die Event Engine (Ereignisverarbeitung) analysiert die eintreffenden Datenströme – beispielsweise die über die ProveIT App übermittelten Informationen zum Stand der laufenden Touren – und identifiziert sogenannte „Situations of Interest“ (SOI), d.h. Situationen, die vom Planzustand des Systems abweichen und somit potentiell Störungen charakterisieren.

- Die Disruption Assessment Komponente bewertet und klassifiziert die in der Event Engine erkannten Situationen.
- Im Falle einer Störung (beispielsweise einer nicht aufholbaren Verspätung) wird die Online-Optimierungskomponente angesteuert, die Lösungsvorschläge unter Berücksichtigung der verfügbaren Echtzeitinformationen generiert.
- Das Senslet/Actlet Management ermöglicht die Übermittlung von Informationen zwischen der Verarbeitungsschicht und den Nutzeroberflächen im Front End über die Definition eines abstrakten Senslet/Actlet Modells. Ein Senslet repräsentiert eine Art leicht konfigurierbarer Software Sensor, der dazu genutzt werden kann, relevante Daten zu sammeln, die entweder vom Bediener zurückgemeldet werden oder die automatisch von den Sensoren des Smartphones generiert werden (z.B. GPS). Ein Actlet basiert auf demselben Prinzip und wird dazu verwendet, Instruktionen an den Fahrer zu senden.

2.4.1.4 Data / Service Management

Die vierte Schicht enthält Komponenten für das Datenmanagement und Adapter zu externen Diensten und Datenbanken.

2.4.1.5 Tactical Replanning

Die letzte Schicht enthält Komponenten, die dazu dienen, ex-post Analysen auf Basis der Durchführungsdaten vorzunehmen und im Falle immer wiederkehrender Störungen die Planungsgrundlage sowie die Pläne selbst zu verbessern.

2.4.2 Automatisierte Eventverarbeitung

Die automatisierte Eventverarbeitung sammelt und verarbeitet alle in Echtzeit generierten Daten, die den Tourfortschritt beschreiben und über die ProveIT App übermittelt werden. Darüber hinaus werden zusätzlich zu den Eventdaten Echtzeitkomponenten der PTV abgefragt, die die geschätzten Ankunftszeiten anhand der aktuellen Verkehrsprognosen sowie der gegenwärtigen Fahrzeugposition berechnen. Diese geschätzten Ankunftszeiten werden im Störungsmanagement dazu verwendet, mögliche Verspätungen frühzeitig zu erkennen.

2.4.2.1 Einheitliche Definition relevanter Trackingpunkte

In den im ProveIT-Projekt betrachteten Anwendungsfällen der Milkrounddurchführung sowie der Gebietsspedition unterscheiden sich die während der Tourausführung zu berücksichtigenden Trackingpunkte nur unwesentlich. Diese Tatsache ermöglicht die Erarbeitung eines einheitlichen Schemas relevanter Trackingpunkte und die einheitliche Behandlung der Komponenten in der Eventverarbeitung.

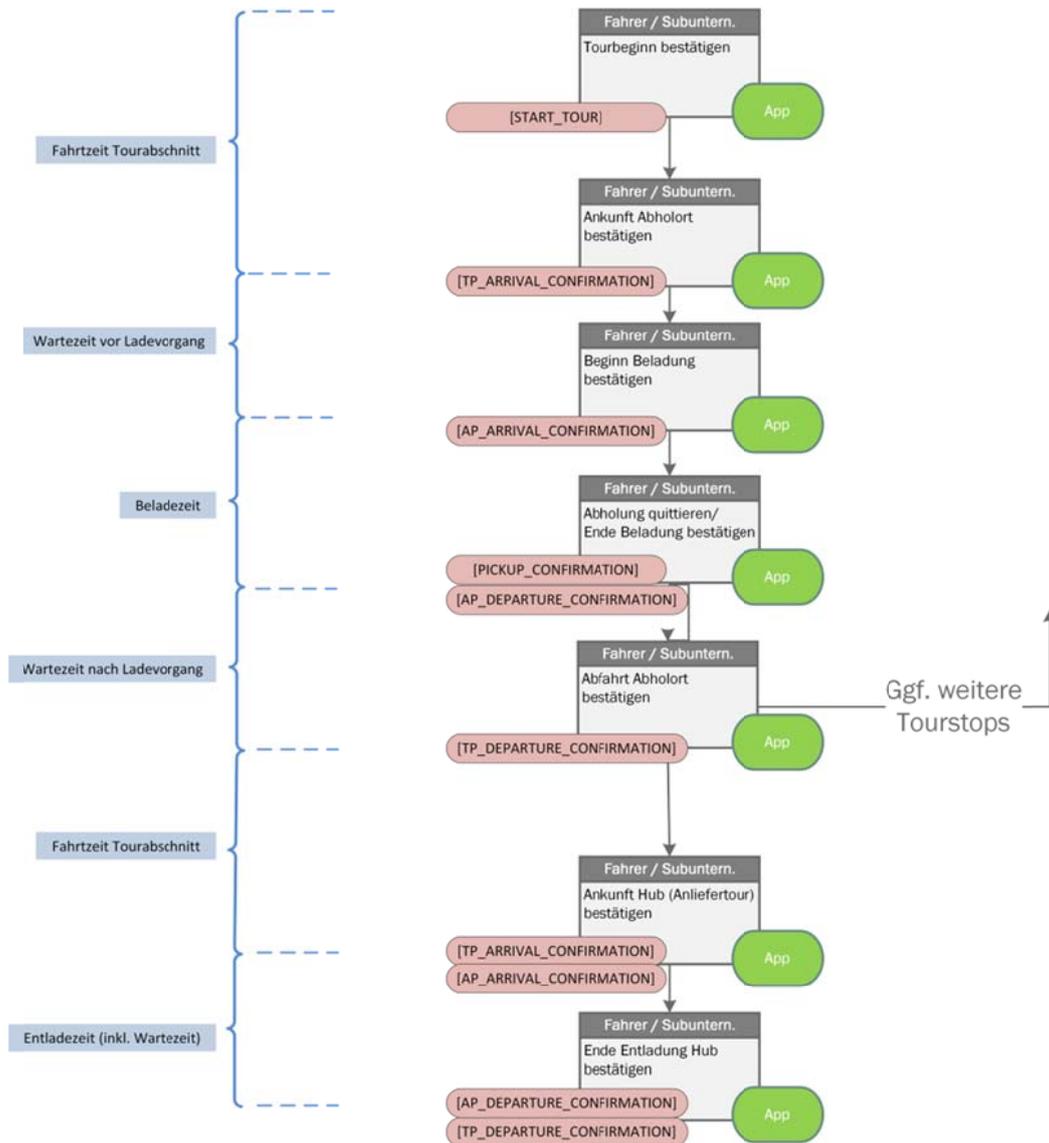


Abbildung 30: Unter den Partnern abgestimmte Trackingpunkte, die von der App entlang der Tourausführung aufgenommen werden

Die so zusammengefassten maßgeblichen Trackingpunkte in einer laufenden Tour sind in Abbildung 30 dargestellt. Sie ermöglichen insbesondere die Übermittlung inhaltlicher Informationen, die über automatisierte Reports wie beispielsweise GPS-Daten hinausgehen. So erlauben die explizite Benennung von Ankunfts- und Bedienzeitpunkten die Bestimmung von Wartezeiten und Zuordnung von Verzögerungen im Tourablauf; Be- und Entladungsbestätigen bieten Echtzeiteinschätzungen zum Zustand der Waren.

Die Disponenten bei Bosch, ZF und Geis sind interessiert an aggregierten Informationen, die eine fehlerfreie Ausführung der aktuell ausgeführten Tour anzeigen, und an Detailinformationen zu kritischen Abweichungen vom Plan, die zu Störungen in den nachgelagerten Prozessen führen. Um dies zu gewährleisten, erfüllen die Komponenten Event Engine und das Disruption Assessment die folgenden beiden Aufgaben:

2.4.2.2 Eventverarbeitung, Statusberechnung und Speicherung

Eintreffende Events werden beobachtet, um Statusänderungen an denjenigen Objekten vorzunehmen, die sie zum Inhalt haben. Wenn zum Beispiel eine Abfahrtsbestätigung für einen Stop eintrifft, wird der Status des betroffenen Stops auf ‚beendet‘ gesetzt. Zugehörige Abweichungen, in diesem Fall positive oder negative Abweichungen von der geplanten Abfahrtszeit, werden ebenfalls für ex-post Analysen gespeichert.

Darüber hinaus werden aggregierte Status berechnet, von der niedrigsten Ebene der Objekthierarchie, zum Beispiel der Ladeinheit, auf die höchste Ebene, der Tour: Wenn zum Beispiel alle bisher beendeten Stops ohne Abweichung in Menge und Qualität abgewickelt wurden, so ist der vergangenheitsbezogene aggregierte Tourstatus ‚ok‘. Falls nicht, werden die Abweichungen auf aggregierter Ebene angezeigt.

Der vorausschauende Status einer Tour beruht auf den geschätzten Ankunftszeiten (estimated time of arrival, ETA) aller geplanten, offenen Stops, die kontinuierlich im Hintergrund auf Basis des Echtzeitservice PTV Drive & Arrive berechnet wird: Falls alle ETAs an diesen Stops konform sind mit den zugehörigen Zeitfenstern, ist der Tourstatus ‚ok‘, andernfalls wird die maximale Verspätung über alle Stops in Rot auf der Ebene der Tour gemeldet.

Alle Statusinformationen werden mit Zeitstempel persistiert und sind für ex-post Analysen verfügbar. Sie werden außerdem im ProvelT Cockpit für die Echtzeitüberwachung angezeigt.

2.4.2.3 Störungserkennung und Ansteuerung der Störungsbehebung

Neben der Detektion der Abweichungen, die auch für die Statusberechnung nötig ist, ist die Klassifikation der Abweichungen in Echtzeit eine weitere Kernfunktion der beschriebenen Komponenten: Alle Abweichungen in Qualität und Menge, d.h. zum Beispiel fehlendes oder defektes Material, werden als Störung klassifiziert. Falls ein hartes Zeitfenster eines der Stops verletzt wird, gilt das ebenso als Störung und die Online Optimierungskomponente wird automatisch ausgelöst. Darüber hinaus wird die Information per E-Mail unmittelbar an die betroffenen Disponenten kommuniziert.

2.4.3 Operative Entscheidungsunterstützung: Eskalierende Störungsbehebung

Falls eine Abweichung als Störung klassifiziert wird, ist ein Eingriff in die laufende Tour vonnöten, um beispielsweise noch offene Stops einer verspäteten Tour pünktlich zu bedienen oder im Falle einer Fehlmenge rechtzeitig zu reagieren, bevor sich negative Auswirkungen in der Produktion bemerkbar machen.

Abhängig vom Transportkonzept und der konkreten Vertragsgestaltung zwischen Empfänger und Logistikdienstleistern unterscheiden sich der Entscheidungsspielraum und die Verantwortlichkeit, wer eine Reaktion zur Störungsbehandlung bestätigt und ausführt. Folglich unterscheiden sich auch die Optimierungsmodelle, die diese Situation repräsentieren müssen. Um dennoch eine größtmögliche Wiederverwendbarkeit der Modelle und Lösungsansätze zu erreichen, wurden basierend auf den Ideen aus Pulter (2010) ein generalisierbares Schichtmodell entworfen: Jede Schicht repräsentiert dabei ein grundlegendes Reaktionsmuster und das zugehörige Optimierungsmodell.

AP4: Dienste zum Abweichungsmanagement

Die Schichten sind dabei derart angeordnet, dass die Auswirkungen einer Reaktionsmaßnahme so lokal wie möglich erfolgt, d.h. dass die Störwirkungen auf das Transportnetzwerk minimal bleiben. Auf Basis dieser Annahme wird das Modell als Eskalationsstufenmodell verwendet: Falls eine Reaktion auf einer unteren Ebene die Störung nicht beheben kann, probiert das System so lange auf die jeweils nächsthöhere Schicht zu steigen bis die Störung behoben werden kann oder bis die Disponenten aus der Produktion darüber informiert werden müssen, dass eine Störung nicht vermieden werden kann.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über das Schichtmodell, das auf den Milkrun Use Case von Bosch zugeschnitten ist:

Tabelle 1: Schichtmodell zur Eskalation im Bosch Use Case (Milkrun)

<i>Schicht</i>	<i>Reaktionsspielraum</i>	<i>Verantwortlichkeit</i>
7. Produktion	Information der Produktion über Störung	Bosch
6. Flotte Bosch	Verschieben eines oder mehrerer Transportaufträge der gestörten Tour auf eine Sonderfahrt mit einem Fahrzeug eines Bosch Vertragsspediteurs, der Notfallkapazitäten zur Verfügung stellt	Bosch
5. Flotte LDL*	Verschieben eines oder mehrerer Transportaufträge der gestörten Tour auf eine Sonderfahrt mit einem freien Fahrzeug des LDLs	LDL
4. Auftrag	Auslassung eines oder mehrerer Transportaufträge der gestörten Tour zu Gunsten einer Verschiebung: <ul style="list-style-type: none">▪ auf die nächste Milkrun Tour▪ ins Gebietsspeditionsnetz	LDL / Bosch
3. Tour	Verschieben eines oder mehrerer Transportaufträge der gestörten Tour auf Touren in der Nähe	LDL
2. Fahrzeug	Änderung der Stopsequenz der gestörten Tour	LDL
1. Fahrzeug	Änderung der Route der gestörten Tour bei gleichbleibender Stopsequenz	Fahrer

* LDL: Logistikdienstleister

AP4: Dienste zum Abweichungsmanagement

Analog stellt die folgende Tabelle das Schichtmodell dar, das auf den Fall einer Gebietsspedition angepasst ist. Deutlich ist die Verwendung äquivalenter Eskalationsstufen, um die Auswirkung einer Entscheidung zu charakterisieren. Die Flexibilität, die in den einzelnen Schichten verbleibt, unterscheidet sich teils deutlich.

Tabelle 2: Schichtmodell zur Eskalation im ZF Use Case (Gebietsspedition)

<i>Schicht</i>	<i>Reaktionsspielraum</i>	<i>Verantwortlichkeit</i>
7. Produktion	Information der Produktion über Störung	ZF
6. ZF	Deckung des Bedarfs über alternative Bezugsquellen	ZF
5. LDL / ZF	Verschieben eines oder mehrerer Transportaufträge der gestörten Tour auf eine Sonderfahrt des LDLs bzw. einer ZF Vertragsspedition	LDL / ZF
4. Auftrag	Verschiebung eines Transportauftrags außerhalb des von ZF gesetzten Toleranzfensters nach Prüfung der Bestandssituation	LDL / ZF
3. Auftrag	Verschieben eines Transportauftrags auf den Folgetag innerhalb des erlaubten Zeitfensters am Zielort	LDL
3. Auftrag	Verschieben eines Transportauftrags auf den Folgetag innerhalb des erlaubten Zeitfensters am Zielort	LDL
2. Fahrzeug	Änderung der Stopsequenz der gestörten Tour	LDL
1. Fahrzeug	Änderung der Route der gestörten Tour bei gleichbleibender Stopsequenz	Fahrer

AP4: Dienste zum Abweichungsmanagement

Exemplarisch am Milkrun Use Case führt die folgende Tabelle die wesentlichen verwendeten Entscheidungsmodelle des eskalierenden Modells auf. In der zweiten Spalte werden die wichtigsten Inputs, die von den Inputs für das ursprüngliche offline Planungsproblem abweichen, aufgeführt.

Tabelle 3: Entscheidungsmodelle zur Eskalation im Bosch Use Case (Milkrun)

<i>Schicht</i>	<i>Eingangsdaten, die sich vom Offline Planungsproblem unterscheiden</i>	<i>Entscheidungsmodell</i>
7. Produktion	--	--
6. Flotte Bosch	Gleicher Input wie Schicht 2, Verfügbarkeit und aktuelle Position des Fahrzeuges für die Sonderfahrt	Dynamic Time-Dependent Vehicle Routing Problem with Time Windows
5. Flotte LDL	Gleicher Input wie Schicht 2, Verfügbarkeit und aktuelle Position des Fahrzeuges für die Sonderfahrt	Dynamic Time-Dependent Vehicle Routing Problem with Time Windows
4. Auftrag	Fahrplan für nächsten relevanten Milkrun, Durchlaufzeit des Gebietsspeditionsnetzwerkes	Vorhersage der Lagerreichweite durch den Echtzeitservice der LOCOM
3. Tour	Liste aller beendeten und begonnenen Transportaufträge der gestörten Tour und der Touren in der Nähe, Menge aller offenen Transportaufträge der gestörten Tour und der Touren in der Nähe, aktuelle Fahrzeugpositionen, Fahrzeitschätzung basierend auf aktueller Verkehrslage	Dynamic Time-Dependent Vehicle Routing Problem with Time Windows
2. Fahrzeug	Liste aller beendeten und begonnenen Transportaufträge der gestörten Tour, Menge aller offenen Transportaufträge der gestörten Tour, aktuelle Fahrzeugposition, Fahrzeitschätzung basierend auf aktueller Verkehrslage	Dynamic Time-Dependent Travelling Salesman Problem with Time Windows
1. Fahrzeug	Aktuelle Fahrzeugposition, Fahrzeitschätzung basierend auf aktueller Verkehrslage	Dynamisches Routing durch Fahrzeugnavigation oder Fahrer

Dynamisches Routing auf Basis der aktuellen Verkehrslage wird bereits in vielen Navigationslösungen angeboten, so auch in der in die ProveIT App integrierten Lösung unseres Partners PTV Navigator Truck. Darüber hinaus haben die Fahrer speziell im Falle von regelmäßigen Milkruns viel Erfahrung im entsprechenden Milkrungebiet und treffen selbstständig sehr gute Entscheidungen, um Verkehrsstörungen zu umgehen.

Die Entscheidungsmodelle von Schicht 2, 3, 5 und 6 enthalten alle Tourenplanungsprobleme mit Zeitfenstern (vehicle routing problems with time windows, VRP) oder das Handlungsreisendenproblem mit Zeitfenstern (traveling salesman problem with time windows) bei denen dynamische, zeitabhängige Fahrzeiten (dynamic time-dependent) berücksichtigt werden müssen. Dynamisch bedeutet, dass die Fahrzeiten basierend auf aktuellen Verkehrssituationen regelmäßig neu geschätzt werden. Zeitabhängig bedeutet,

dass die Fahrzeiten über den Tag unterschiedlich sind, d.h. dass zum Beispiel während des Berufsverkehrs die Fahrzeiten als länger angenommen werden.

In der Online Optimierungskomponente werden für die Schichten 2, 3, 5 und 6 die gleichen Verfahren eingesetzt wie für die Offline Planung der Touren. Das gewährleistet, dass sämtliche Anforderungen wie Lenk- und Ruhezeiten oder Fahrzeugqualifikationen berücksichtigt werden und dass eine gewisse Stabilität hinsichtlich der speziellen Lösungscharakteristika, die durch heuristische Verfahren entstehen, erhalten bleibt.

Da aktuell das Planungswerkzeug unseres Projektpartners PTV zeitabhängige Fahrzeiten nicht berücksichtigt, wird der Überplanung stattdessen eine Momentaufnahme der aktuellen Fahrzeiten bei der Planung zu Grunde zu legen. In einem iterativen Verfahren wird anschließend sichergestellt, dass die Lösungen auch hinsichtlich der zeitabhängigen Fahrzeiten aus dem PTV Drive & Arrive zulässig sind. Das Vorgehen riskiert eine frühzeitige Eskalation auf die nächste Schicht nach obigem Modell, falls Fahrzeitreduktionen, die beispielsweise das Aufholen einer Verspätung ermöglichen, nicht in ausreichendem Maße berücksichtigt werden. Dieser Nachteil ist jedoch gerechtfertigt, berücksichtigt man die erzielte Stabilität durch die Verwendung des gleichen Planungsverfahrens wie im Offline-Fall. Zudem erlaubt die vereinfachte Betrachtung eine signifikante Reduktion der Laufzeit der Online Optimierung, die im Praxiseinsatz von hoher Bedeutung ist.

Parallel zur Implementierung der echtzeitfähigen Heuristiken dient ein Gemischt Ganzzahliges Modell, das sämtliche Eskalationsstufen ebenso wie die dynamischen zeitabhängigen Fahrzeiten berücksichtigt, dem Benchmarking des heuristischen Ansatzes auf kleineren Instanzen. So lässt sich beispielsweise die Häufigkeit einer Fehleinschätzung durch die mangende Berücksichtigung dynamischer Fahrzeiten einschätzen.

Eine Detailliertere Beschreibung der entworfenen Heuristik sowie der den Schichten zu Grunde liegenden Tourenplanungsmodellen ist der Arbeit (Meyer – under Review) zu entnehmen, die aktuell noch nicht öffentlich zugänglich ist, da sie sich gerade im Review Prozess bei einer wissenschaftlichen Zeitschrift befindet.

2.4.4 Mechanismen zur Stärkung der taktischen Pläne

Ziel des ProvelT Projektes ist es nicht nur, die Entscheider kurzfristig dabei zu unterstützen, bessere Entscheidungen im Falle operativer Störungen zu treffen, sondern ihnen auch mittelfristig Daten und Werkzeuge zur Verfügung zu stellen, um taktische Pläne im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses anzupassen. Die entwickelten Komponenten können auf die Realisierungsdaten abgewickelter Touren zugreifen, sind abgesehen davon allerdings funktional von den ProvelT Komponenten zur operativen Störungsbehandlung getrennt.

Im Folgenden werden zwei Mechanismen des taktischen Abweichungsmanagements vorgestellt: Die expertengetriebene Prozessverbesserung und die situationsgerechte Anpassung von taktischen Plänen.

Im ersten Fall werden Experten durch eine verbesserte Transparenz über die Transportprozesse, die auf Basis der Plan- und Durchführungsdaten entsteht, in die Lage versetzt, deutlich besser informiert Prozesse anzupassen und deren Durchführung wieder zu verfolgen. Um diese Entscheidungen zu unterstützen, wurden in einem ersten Schritt relevante Kennzahlen und Eingangsgrößen für operative und taktische Planungen definiert und geprüft, ob die gewünschten Kennzahlen und Inputdaten mit den erhobenen Eventdaten

AP4: Dienste zum Abweichungsmanagement

berechnet werden können. Diese Kennzahlen lassen sich über alle verfügbaren Durchführungsdaten vergangener Touren automatisiert bestimmen und mit Plandaten abgleichen. Zur besseren Interpretation der Ergebnisse werden zusammenfassende Grafiken verwendet. Exemplarisch bietet Abbildung 31 einen Abgleich von planmäßigen Ankünften an verschiedenen Lieferanten in einer Tour mit den realisierten Ankünften. Der Vergleich ermöglicht nun beispielsweise die Identifikation unterschätzter Fahrzeiten in weiten Teilen der Tour sowie die Feststellung, dass ein Stop oftmals in abweichender Reihenfolge angefahren wurde. Die Verwendung der Kennzahlen im Use Case ist auch in Abschnitt 2.5.1.2 dargestellt.

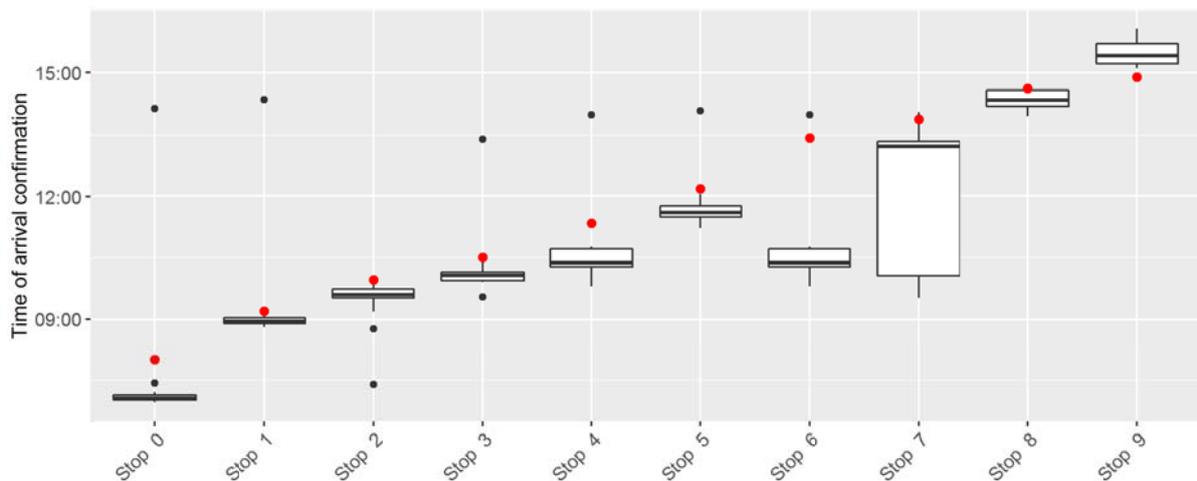


Abbildung 31: Vergleich planmäßiger Ankunftszeiten (in rot) mit Realdaten (als Boxplot dargestellt)

Die komplexere Form des Verbesserungsprozesses stellt der automatisierte Vorschlag einer situationsgerechten Anpassung von taktischen Plänen dar. In diesem Fall wird auf Basis der Modelle und Verfahren, mit denen taktische Pläne im Unternehmen erzeugt werden, geprüft, ob eine Anpassung der aktuellen taktischen Pläne sinnvoll ist und wenn ja, ein Vorschlag für die Anpassung generiert.

Die situationsgerechte Anpassung von taktischen Plänen wurde in ProveIT am Beispiel von Milkrun Plänen gezeigt. Da diese Milkruns im Anwendungsfall aktuell händisch geplant werden, war es zunächst nötig, ein Planungsmodell und das zugehörige Lösungsverfahren für Milkruns bei Bosch abzustimmen und zu entwickeln. Dazu wurden im RAN Projekt entstandene Verfahren auf die Bedingungen bei Bosch angepasst und auf Basis historischer Transportdaten evaluiert. Eine ausführliche Dokumentation der Verfahren, Analysen und Ergebnissen ist in der Dissertation (Meyer 2015) zu finden.

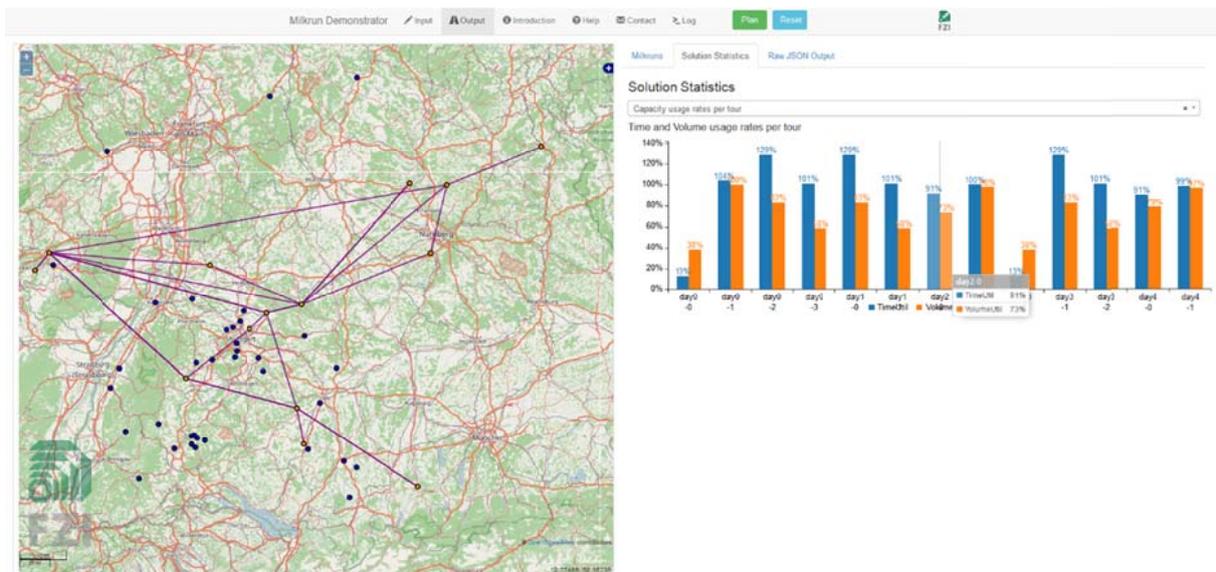


Abbildung 32: Geplante Milkruns und Lieferungen im Gebietsspeditionsnetz mit Auslastungsinformationen

Um diesen Schritt für Anwender nachvollziehbar zu machen, wurde eine Oberfläche entwickelt, die die optimal bestimmten Regeltouren darstellt und über zusammenfassende Statistiken die wesentlichen Charakteristika dieser Pläne kommuniziert. Ein Beispiel ist in Abbildung 32 zu sehen. Im Rahmen des taktischen Abweichungsmanagements werden diese Pläne regelmäßig bezüglich ihrer Stabilität und Effizienz überprüft. Dazu wird zum Beispiel täglich oder wöchentlich geprüft, ob alle in der ursprünglichen Planung verwendeten Planungsparameter korrekt sind oder ob sich regelmäßige Abweichungen von den Plandaten ergeben, die beispielsweise den häufigeren Einsatz von Sonderfahrzeugen erfordern. Lassen sich entsprechende Abweichungen feststellen, wird ein Überplanungsprozess angestoßen und auf prognostizierten Abrufen simulativ geprüft, ob die Anpassung des Milkrunplanes eine Verbesserung der Situation bedeuten würde. Ist dies der Fall, kann ein Disponent über die Annahme des neuen Plans entscheiden - ein angenommener Plan dient dann wieder als Grundlage für die operative Umsetzung und Überwachung.

2.4.5 WebFrontend: ProvelT Cockpit

Neben den bereits vorgestellten automatisierten Diensten der Eventverarbeitung bietet das ProvelT Cockpit die Möglichkeit, Anwendern in (nahe) Echtzeit überblicksweise Informationen zu geplanten und aktuell laufenden Touren grafisch zu übermitteln.

Zusammenfassend gesagt stellt das ProvelT Cockpit eine Webanwendung dar, in der alle am Prozess Beteiligten eine rollenspezifische Ansicht auf die aktuellen Durchführungsdaten, d.h. Statusmeldungen und Störungen, haben. In Abbildung 33 ist zum Beispiel ist der Screenshot einer Ansicht zu sehen, die auf der linken Seite aggregierte Informationen zu aktuellen und laufenden Touren liefert. So werden Zeit-, Mengen- und Qualitätsprobleme über ein Ampelsystem kommuniziert und die maximalen voraussichtlichen Abweichungen der Ankunftszeit von den Zeitfenstern bzw. dem geplanten Ankunftszeitpunkt über alle Stops berechnet und angezeigt. Auf der rechten Seite bietet eine Karte die Möglichkeit, den Tourverlauf einer ausgewählten Tour anzuzeigen.

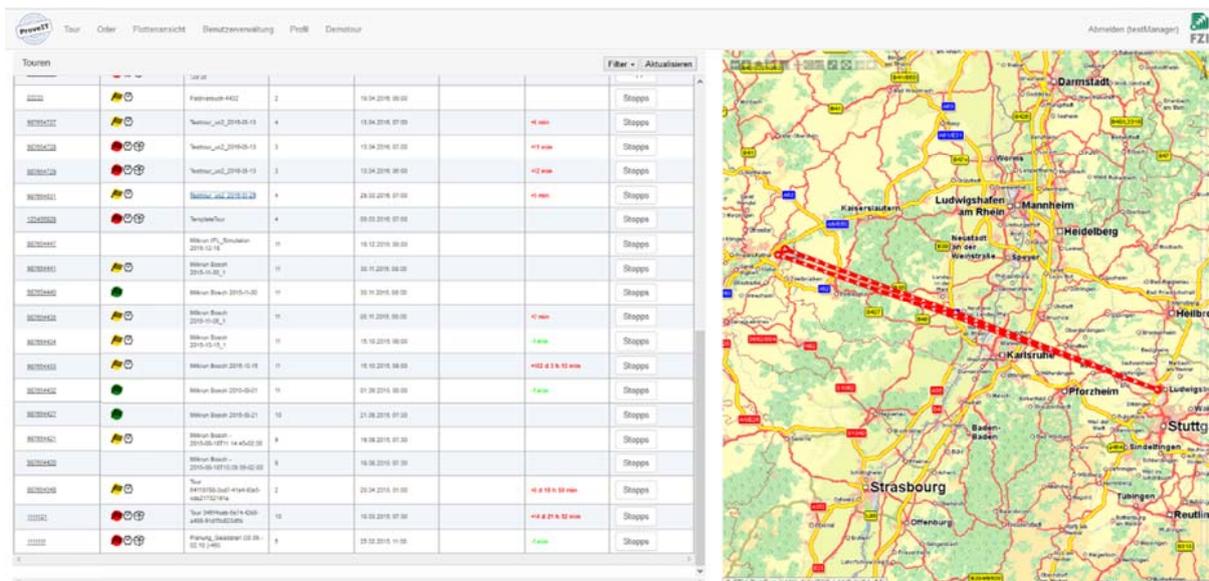


Abbildung 33: Screenshot des ProvelT Cockpits

Weitere Oberflächen bieten die Möglichkeit, Informationen zu einzelnen Touren in detaillierterer Form darzustellen. In dieser Ansicht ist es möglich, sämtliche über die ProvelT App übermittelten Informationen anzuzeigen, um so die gegenwärtige Situation informiert beurteilen zu können.

Neben den Funktionalitäten zur Darstellung laufender und vergangener Touren ist das ProvelT Cockpit auch für die serverseitige Verwaltung von Nutzeraccounts verantwortlich und beinhaltet eine Schnittstelle, die die Übermittlung von Daten zwischen App und Cockpit ermöglicht, insbesondere die Authentifizierung der angemeldeten Fahrer und die Übermittlung ausgefüllter Senslets.

2.4.6 Mobile Anwendung: ProvelT App

Die ProvelT App ermöglicht das zielgerichtete Erfassen von Statusupdates laufender Touren und dient der Übermittlung relevanter Informationen durch den Fahrer. Die über die App übermittelten Daten lassen sich in der Event Engine automatisiert verarbeiten und bilden neben Echtzeitinformationen aus Drittsystemen (z.B. Echtzeit-Fahrzeitvorhersagen) die zentrale Entscheidungsgrundlage für die Störungserkennung und -behandlung.

Aufgrund der im Detail unterschiedlichen Anforderung an die Erhebung von Daten entlang des Transportprozesses wurde die Entwicklung eines flexiblen Konzeptes zur Aufnahme von Daten mittels Android-Endgeräten nötig. Dazu wurde das in Abecker (2012) vorgestellte und am FZI in Vorprojekten entwickelte Senslet Konzept erweitert. Ein Senslet kann als konfigurierbare Maske verstanden werden, die der standardisierten Eingabe und Übermittlung von Daten dient. So lassen sich in einem Senslet unterschiedliche Grundbausteine, wie GPS-Updates, Texteingaben oder Fotos, zu Fragebögen zusammenbauen.

Senslets werden in der App genutzt, den Transportfortschritt zu dokumentieren. Im ProvelT-System werden sowohl manuelle als auch automatische Senslets verwendet. Manuelle Senslets werden passend zur Tour erstellt und dem Anwender der App angezeigt, der manuelle Eingaben und Bestätigungen durchführen kann. Automatische Senslets erfordern

AP4: Dienste zum Abweichungsmanagement

keine Bedienung des Geräts durch den Nutzer oder eine explizite Bestätigung einer Handlung. Ein Beispiel für derartige Statusmeldungen ist beispielsweise die regelmäßige Übermittlung der aktuellen GPS-Position des Geräts.

Um den vereinbarten Prozess abzubilden, wurde im ProvelT Projekt zu jedem vereinbarten Trackingpunkt ein Senslet definiert. Für die Bestätigung einer Beladung werden so beispielsweise über das entsprechende Senslet die Plandaten – z.B. die Anzahl der Ladungsträger – übermittelt und dem Fahrer angezeigt, der die Information mit der konkret aufgefundenen Ware abgleicht und in vordefinierten Eingabefeldern Abweichungen eintragen kann.

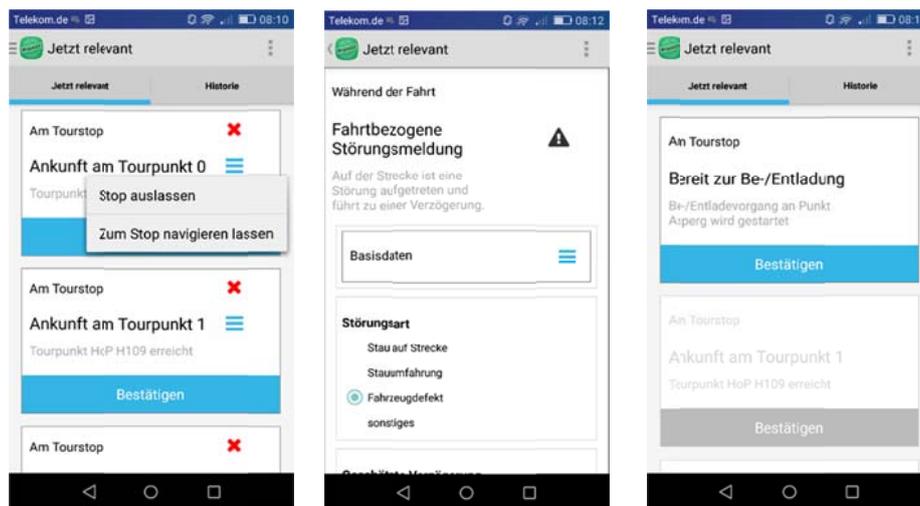


Abbildung 34: Screenshot der ProvelT App: Eingabemöglichkeiten während einer laufenden Tour

Die ProvelT App ermöglicht die dynamische Anzeige von Senslets. Dabei fragt das Gerät für eine konkrete Tour die relevanten Senslets ab, die anschließend serverseitig anhand der Plandaten generiert werden. Die verschiedenen Senslets werden in einheitlicher Form dargestellt, um eine intuitive Bedienung der App zu ermöglichen. Eine enge Benutzerführung und die Vermeidung von Fehleingaben werden dadurch erzielt, dass nur die relevanten Senslets dem Nutzer zur Verfügung stehen, also nur die Senslets wählbar sind, die zum jeweiligen Zeitpunkt sinnvoll ausgefüllt werden können. Darüber hinaus stellt die Anwendung Schnittstellen zu Drittsystemen wie beispielsweise dem PTV Navigator bereit. Sie umfasst anwendungsspezifische Funktionen, beispielsweise das Auslassen von Stops in einem Milkrun, die als optional angesehen werden. Die so entwickelte Anwendung wurde im Rahmen mehrerer Feldtests ausführlich erprobt und laufend verbessert. Details hierzu sind exemplarisch für den Milkrun Use Case in Abschnitt 2.5.1.3 zu finden.

2.4.7 Kernerkenntnisse aus den Feldtests zum Abweichungsmanagement

Die Anwendbarkeit und Leistungsfähigkeit der entwickelten Systeme wurde im Projektverlauf in mehreren Dauertests erprobt. Eine enge Begleitung der Tests ermöglichten die unmittelbare Aufnahme von unvorhergesehenen, anwendungsspezifischen Anforderungen an die Oberflächen und Lösungsverfahren ebenso wie die iterative Verbesserung der App hinsichtlich Bedienbarkeit und Übersichtlichkeit.

AP4: Dienste zum Abweichungsmanagement

In einem Use Case wurden zwei Regeltouren aus der Milkrun-Abwicklung eines Bosch-Werks in Homburg, Saarland, über jeweils mehrere Wochen über das System abgewickelt. Der zweite Anwendungsfall waren Gebietsspeditionstouren, die Geis für ZF im süddeutschen Raum durchführt. Die Planung der Touren wurde über Systeme der Projektpartner durchgeführt und automatisiert an die Backendsysteme für die operative Störungserkennung überspielt. Fahrer waren mit einem Smartphone mit installierter ProveIT App ausgestattet und die Touren wurden über die Webanwendung begleitet und überwacht.

In den Dauertests wurde die App über mehrere Wochen hinweg täglich bedient. Alle entlang des Transportprozesses abgestimmten manuellen oder automatischen Events wurden an das System geschickt. Die Backendsysteme liefen, die rückblickenden Statusmeldungen und die vorwärts gerichtete ETA Berechnung konnten auf dem ProveIT Cockpit verfolgt werden und die Events sowie die aggregierten Status wurden für ex-post Analysen persistiert.

Die Rückmeldungen der Fahrer und Disponenten wurden genutzt, um die App und das Cockpit sowohl funktional als auch in ihrer Bedienbarkeit zu verbessern und beispielsweise die übermittelten Informationen an die Bedürfnisse der Anwender anzupassen. Als zentral haben sich die folgenden zwei Punkte erwiesen:

- Hinsichtlich der Nutzerführung in der App wurde eine deutlich engere Steuerung erwünscht. So werden nun stets nur die Senslets aktiviert, die in der aktuellen Situation relevant sind. Eingaben werden über haptisches Feedback bestätigt und eine direkte Schnittstelle zur PTV Navigation für LKW ermöglicht eine unmittelbare Ansteuerung der Zielführung zum nächsten Tourstop.
- Disponenten erhalten ein angepasstes, aggregiertes und einheitliches Feedback über die Cockpit-Oberfläche und zudem in spezifizierbaren Situationen wie beispielsweise hohen Verspätungen eine E-Mail-Benachrichtigung in Echtzeit, die einen direkten Zugriff (Link) auf die detaillierten Informationen der Tourausführung bietet.

Die Feldtests zeigten die Stabilität der Basisdienste und die Adaptierbarkeit an die unterschiedlichen Prozesse und Prozessschritte. Die Rückmeldungen der Nutzer waren positiv. Insbesondere war die App für die Fahrer intuitiv und ohne ausführliches Training verwendbar; die enge Benutzerführung vermied Fehleingaben und erhöhte die Akzeptanz durch die Vermeidung zusätzlichen Aufwands.

Die wichtigsten Erkenntnisse und Herausforderungen über beide Use Cases hinweg werden im Folgenden kurz dargestellt:

- Wie erwartet ist der Aufwand für die Integration der Daten aus den IT-Systemen von verschiedenen Firmen für eine große Menge an Zulieferern, Gebieten oder für unterschiedliche Transportkonzepte erheblich. Ebenso ist der Extraaufwand für extensive Tests für die beteiligten Disponenten und die Fahrer – neben der Erledigung der täglichen Aufgaben und der Bedienung der Produktivsysteme – erheblich.
- Das Urteil der Fahrer zur Nutzbarkeit der App fiel positiv aus. So bestätigte der Fahrer eines Milkruns, dass die App seinen Tagesablauf bereits gut abbildet.
- Seitens der Disponenten wurden Echtzeit-Benachrichtigungsfunktionen geschätzt, die beispielsweise die unmittelbare Information über Fehlmengen erlauben.
- Da die durch die App erhobenen Daten auch für Leistungsmessungen des Fahrers genutzt werden können, war es wichtig, deutlich zu machen, dass die Daten nicht zu diesem Zweck erhoben werden. Nach einigen Testtagen hat der Fahrer die Tatsache

geschätzt, dass transparent wird, an welchen Stellen es durch zu lange Standzeiten bei Zulieferern zu Verspätungen kommt.

- Die Feldtests haben gezeigt, dass alle Touren, die über unser System abgewickelt wurden, mit großen zeitlichen Puffern geplant werden, d.h. ein Test der Störungsbehebungskomponenten im Feld war nicht möglich. Aus diesem Grund wurden die analytischen und simulativen Untersuchungen des Partners KIT-IFL intensiviert.
- Der Nutzen eines Störungsmanagementsystems ist nicht gleichmäßig auf die Supply Chain Partner verteilt. Heutige Verträge schaffen keine Anreize, ein solches System zum Einsatz zu bringen. Hier besteht sowohl aus Sicht der Forschungs- als auch aus Sicht der Praxispartner weiterer Forschungsbedarf.
- Auch wenn der Mehrwert eines Störungsmanagementsystems unter den Praxispartnern gesehen wird, ist die Integration von Daten aus unterschiedlichen Systemen ist – insbesondere im Falle agiler sich stets ändernder Supply Chains – immer wieder mit hohem Aufwand verbunden. Um Integrationsaufwände zu vermindern und so auch in sich wandelnden Netzwerken ein Störungsmanagement möglich zu machen, wurde zusammen mit den Partnern IFL und Bosch ein Forschungsvorhaben beantragt, in dem eine Datenerfassung über optische Sensorik zumindest teilweise die volle Integration der IT-Systeme ablösen soll („KogniServPro – Kognitive optische Services für hocheffiziente Logistikprozesse in agilen Produktionsnetzwerken“, Förderlinie „Photonik für die flexible, vernetzte Produktion – Optische Sensorik“ (BMBF)). Um Konzepte zur weiteren Flexibilisierung des Systems auch gegenüber sich stetig wandelnden Anwendungsfällen und Prozessen zu verbessern wurde zusammen mit dem Partner LOCOM das Vorhaben „MicroLogNet – Flexible, echtzeitfähige Microservice-Plattform für Logistiknetzwerke“ (Förderlinie KMU Innovativ (BMBF)) beantragt.

2.4.8 Literatur AP4

(Abecker 2012) Abecker, A., Braun, S., Valikov, A., Zacharias, V.: Towards a technology for participatory sensing applications. P. & M. Cunningham (Hrsg.): eChallenges.

(Meyer 2015) Meyer, A.: Milk run design: Definitions, concepts and solution approaches. Doktorarbeit, Karlsruher Institut für Technologie.

(Meyer – under Review) Anne Meyer, Suad Sejdovic, Katharina Glock, Matthias Bender, Natalja Kleiner, Dominik Riemer: A Disruption Management System for Automotive Inbound Networks Concepts and Challenges.

(Pulter 2010) Pulter (Kleiner), N., Nimis, J., Lockemann, P.C.: Managing contingencies in timed transportation networks by agent technology. In: Proceedings of the Workshop on Artificial Intelligence and Logistics (AILog-2010).

2.5 AP 5: Operativer Pilot der Praxispartner Bosch und ZF Friedrichshafen

2.5.1 Einsatz des Systems am Beispiel des Saarpfalz- Milkruns der Robert Bosch GmbH

Im Rahmen des Forschungsprojekts ProveIT wurde festgelegt, dass zwei unterschiedliche Transportkonzepte getestet werden sollen. Dafür wurde für die Robert Bosch GmbH festgelegt, dass ein Milkrun-System und für die ZF AG die Gebietsspedition getestet werden soll.

Daher wurde anfangs mit der von Locom entwickelten Plattform gestartet, um zu analysieren ob potenzielle Milkruns im Homburger Werk vorhanden waren. Ziel war es mögliche Milkrun Routen zu identifizieren. Dafür wurden 80% des Homburger Volumens mit der Datenbank von Locom verarbeitet und eine strategische Überplanung des Netzwerkes vorgenommen. Das Resultat ergab drei potenzielle Routen. Diese wurden mit den jeweiligen Disponenten durchgesprochen, ob eine tatsächliche Umstellung auf eine Milkrun Route möglich sei. Da kurzfristig aus verschiedenen Gründen eine Umstellung nicht möglich war einigte man sich im Nachgang auf den bereits bestehende Saarpfalz- Milkrun der Bosch Rexroth AG am Standort Homburg

Der Vorteil der Nutzung des Systems am Beispiel eines Milkrun besteht durch die Fokussierung definierter Lieferanten und somit auch einem gleichbleibenden Mix von Sachnummern. Durch den täglichen Bedarf bestimmter Mengen und der täglichen Beschaffung können Zwischenlagerungen beim Empfänger vermieden werden. Dazu muss vor Nutzung des Transportkonzepts eine Abstimmung zwischen Produktion, Lager und Logistik erfolgen. Durch den synchronen Prozess des Verbrauchs und der Beschaffung sollen nur die Mengen an Sachnummern wiederbeschafft werden, die verbraucht wurden. Der fixierte Zeitplan ermöglicht durch feste Zeitfenster zur An- und Abfahrt des LKW zum einen eine Prozesstransparenz und zum anderen eine Kontrolle der Effizienz der ProveIT App. Abweichungen zum System während der Transporte können durch die Bestätigungen anhand der App an den Empfänger übermittelt werden. Während der Testphasen, können die Analysen und Konfigurationen des Systems mit der bisherigen Planung verglichen werden. Die Effizienz und Funktionalität durch ProveIT wird somit bewertet. Die Prozesstransparenz erfolgt durch die Datensammlung bei Nutzung der App. Für die Fahrer erfolgte eine Schulung zum Aufbau von Kompetenzen bezüglich einer Nutzung der App. Durch die Erfahrung der Fahrer, hinsichtlich der Route, können mögliche Fehler die durch das System in der Testphase verursacht werden, das Tagesgeschäft nicht beeinflussen.

2.5.1.1 Ist-Prozess und Problemstellung

Der Saarpfalz- Milkrun besteht aus täglichen Lieferungen von insgesamt fünf Lieferanten: Erka / Bruchmühlbacher Galvanotechnik (BG) GmbH, Klaus Backes GmbH Maschinen und Werkzeugbau, Metronic Grünenwald Produktionsgesellschaft m.b.H., Robert Ellenberger Präzisionsteile e.K. und Wegener Härtetechnik GmbH. Ein Faktor bei der Auswahl der Lieferanten ist die Lieferfrequenz. Zum Zeitpunkt des ersten Feldversuchs im September 2015 umfasst das Gesamttransportvolumen ca. zehn Prozent aller Anlieferungen an Bosch Rexroth in Homburg. Die Konsolidierung der Lieferungen scheint vor allem sinnvoll, da die

AP 5: Operativer Pilot der Praxispartner Bosch und ZF Friedrichshafen

Lieferanten eine geringe geografische Distanz aufweisen. Die Gesamtstrecke der Route beträgt 117 km.

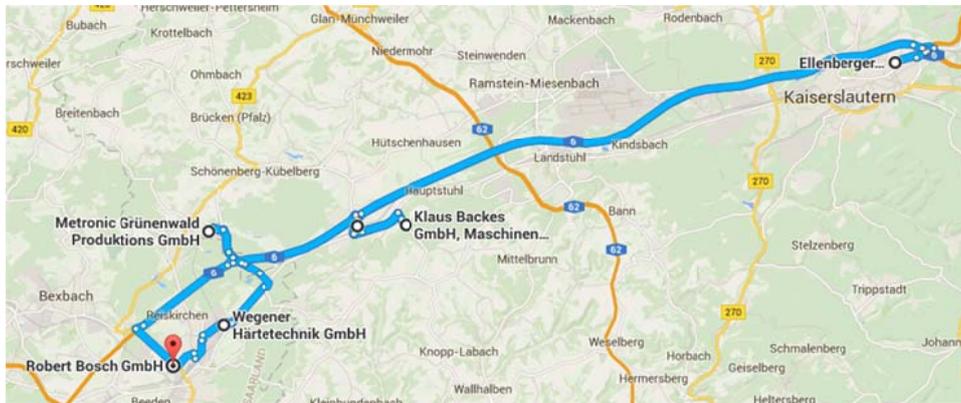


Abbildung 35 Route des Saarpfalz Milkruns

Jeder Lieferant wird mindestens einmal angefahren. Jede Tour beginnt und endet am Robert Bosch Werk in Homburg. In welcher Reihenfolge die Lieferanten angefahren werden, ist durch fixierte Zeitfenster definiert. Bei den Tourstops wird Leergut entladen und neue Ware beladen. Nachdem die fünf Lieferanten angefahren wurden, kehrt der Fahrer zu zwei bereits angefahrenen Netzwerkpunkten zurück, um die neue Ware abzuholen. Der letzte Tourstop ist das Robert Bosch Werk in Homburg. Dort wird das Fahrzeug entladen.

Tabelle 4: Fahrplan des Saarpfalz-Milkruns

Tourpunkt	Tourstop	an	ab	Aktion
0	HoP2	7:00	9:00	Beladen
1	Wegener	9:15	9:45	Be- und Entladen
2	Metronic	10:10	10:30	Entladen
3	Erka Galvano	10:50	12:00	Be- und Entladen
4	Backes	10:50	12:00	Entladen
5	Ellenberger	12:30	13:15	Be- und Entladen
6	Backes	13:45	14:00	Beladen
7	Metronic	14:15	14:45	Beladen
8	HoP1 (LZ)	15:00	17:00	Entladen
9	HoP2	15:00	17:00	Entladen

Die Übertragung der täglichen Bedarfe an den Lieferanten erfolgt auf Basis der SAP-Lieferplaneinteilungen. Diese werden dem Lieferanten zugeschickt. Eine Kontrolle der gelieferten Materialien kann erst nach Wareneingang durch den Abgleich mit den Lieferpapieren vorgenommen werden. Störungen während der Transporte können ausschließlich über Nachfrage bei dem Milkrunfahrer oder dem Spediteur erfasst werden.

Anlass zur Optimierung des Saarpfalz- Milkrun besteht aufgrund der undurchsichtigen Prozesse. Als komplexes Transportnetzwerk mit einer Vielzahl von Anfahrtpunkten fällt die Verfolgung der Ware schwer. Gerade in Bezug auf Engpassteilen bedarf die Abstimmung über die Lieferung eine Vielzahl von manuellen Maßnahmen der Beteiligten. Um die Information über den dringenden Bedarf mitzuteilen, muss der Empfänger bei dem Lieferanten anrufen. Ob die Ware tatsächlich geladen wurde, erfährt der Empfänger nur von dem Spediteur, der zunächst den Fahrer kontaktieren muss. Im Falle einer Planabweichung, wie z.B. Stau, muss der Fahrer angerufen werden, um den dringenden Bedarf mitzuteilen. Bei einer verspäteten Anlieferung muss der Fahrer ebenfalls kontaktiert werden, damit der Spediteur dem Empfänger die Verzögerung mitteilen kann. Die hohe Anzahl von telefonischen Maßnahmen ist zeitaufwendig und trotz des Informationsflusses besteht keine Transparenz innerhalb der Supply Chain. Ein weiterer Faktor stellt die Auslastung dar. Da der Saarpfalz- Milkrun keine konstante Menge an Leergut transportiert, kann eine variable Menge an Bestellungen eine zu niedrige oder zu hohe Auslastung auslösen. Wird beim ersten Stop eine hohe Anzahl von Leergut beladen, kann ein steigendes Bestellvolumen bei dem letzten Lieferanten ein räumliches Problem im LKW entstehen. Eine Einschätzung über die Menge des Leerguts kann vor dem Transport nicht geleistet werden.

Hinsichtlich dieser Problemstellung kann die Anwendung des ProvelT Systems eine kompetente Alternative zum bisherigen Prozess darstellen. Vor allem der manuelle Aufwand kann weitestgehend durch eine Automatisierung ersetzt werden. Durch eine verbesserte und planbare Auslastung kann eine Bestelloptimierung stattfinden.

Derzeit ist keine Überprüfung der Bedingungen des Saarpfalz- Milkrun möglich. Der Verlauf des Milkrun wird einmalig ausgelegt und nicht regelmäßig kontrolliert. Ob die Zeitfenster und Tourstops gemäß des Bedarfs sind, muss manuell überprüft werden. ProvelT bietet eine automatische Alternative die Tour täglich aufgrund von Kennzahlen zu bewerten. Bei zu niedriger Auslastung kann dadurch z.B. zu einer Gebietsspedition geraten werden, da ein Kostenvorteil besteht. Der Zeitplan könnte durch die erfassten Daten gestrafft oder gelockert werden. Generell wird durch ProvelT einen Kostenvergleich geboten, der die Prozesse vor und während der Transporte transparent gestaltet und Kostenalternativen bietet.

Ein markantes Problem stellt der Umgang mit Störfaktoren dar. Gegenwärtig bestehen wenig bis keine Aufzeichnungen über vorgekommene Planabweichungen. Im Fall einer Abweichung erfolgt ausschließlich eine spontane Reaktion des Zuständigen. Bei einer Anwendung von ProvelT können Störungen dokumentiert werden und somit das Abweichungsmanagement stärken. Eine Stabilisierung der Supply Chain kann durch das Lernen anhand einer Ursachenhistorie gewährleistet werden, sodass Kosten-, Zeit- und Aufwandseinsparungen möglich sind.

2.5.1.2 Einsatz des Systems

Der Einsatz der App im Rahmen des Saarpfalz- Milkrun wurde anhand von Feldversuchen getestet. Eine direkte Anbindung zu der Plattform konnte im Rahmen der Feldversuche nicht geleistet werden. Um die Touren unabhängig vom Tagesgeschäft zu planen, wurde ein Parallelsystem verwendet. Zu den wichtigsten Informationen zählen feste Stammdaten, sowie Bewegungsdaten. Stammdaten sind wichtige Grunddaten eines Unternehmens die periodisch aktualisiert werden. Bewegungsdaten hingegen beschreiben eine Zustandsänderung und ändern sich oft mehrmals täglich. Der Lieferumfang des Milkrun beläuft sich auf ca. 120 Sachnummern. Zu diesen Artikeln werden zum einen Stammdaten

vermerkt, die zu einer Identifikation der Sachnummer in Verbindung mit Lieferant und Spedition dienen. Dazu wurden folgende Daten festgehalten: Lieferantenummer, Name und Anschrift des Lieferanten, Material bzw. Sachnummer. Eine Identifikation des zuständigen Spediteurs erfolgt durch die eindeutige Lieferantenummer. Diese wird einem Rahmenvertrag mit einem Spediteur zugeordnet.

Stammdaten, die der Bestelloptimierung beitragen, geben organisatorische und deskriptive Informationen an und werden auf der ProvelT Plattform verarbeitet. Dazu zählen: Mindestbestellgröße, zuständiger Disponent, Warenwert, Produktbereich und Kostenstelle, Art der Bestellungen, der Buchungskreis, Werk, Abladestelle im Werk. Eine wichtige Rolle spielen die Verpackungsstammdaten. Als Basis zur Transportplanung, werden diese Daten verarbeitet, um eine optimierte Auslastung der Transporte zu leisten. Es sind folgende Stammdaten notwendig: Sachnummer, Gewicht pro Sachnummer, Maße der Sachnummer, zugeordnete KLT- bzw. Packmittelnummer, Maße und Gewicht des Packmittels, zulässige Menge pro Packmittel. Da jedem KLT eine Palette zugeordnet ist, werden die Verpackungsdaten durch folgende Informationen ergänzt: eindeutige Paletten Nummer, Maße und Gewicht der Palette, die zulässige Höchstanzahl an Lagen pro Palette und Anzahl der KLT pro Lage. Anhand dieser Angaben werden das Gewicht und das Volumen des gesamten Transports, inklusive der Ware und deren Verpackung, ermittelt und mit den Fahrzeug Vorschriften in Relation gesetzt. Um die Kosten des Transports zu berechnen, greift ProvelT auf die Stammdaten der Tarife zu. Diese werden anhand von Entfernungskilometer pro Gebiet und frachtrelevantem Gewicht definiert. Die Gebiete sind wiederum in Postleitzahlenbereiche untergliedert. Im Zusammenhang mit dem Milkrun kann der Fahrplan als Stamminformation dienen.

Bewegungsdaten sind zeitabhängig und müssen im Rahmen der Feldversuche manuell eingespeist werden. Darunter zählen Bestellungen, die in Form von Lieferplaneinträgen über das ProvelT Cockpit importiert werden. Zu diesen Daten zählen: Einkaufsbelegnummer, Lieferdatum, Einteilungsmenge, bereits gelieferte Menge und die offene Menge. Durch die Verarbeitung dieser Daten kann ein Transport generiert werden, der anschließend als Ausgangspunkt für die App dient. Weil die korrekte Nutzung der App entscheidend für das Resultat der Feldversuche ist, wird der Fahrer des Saarpfalz- Milkrun vor der ersten Nutzung geschult. Die Versuche fokussieren zum einen die Funktionalität der App und zum anderen die Effizienz des realen Milkrun. Dazu wird insbesondere die tatsächliche Auslastung aufgenommen. Zudem stellt die Einhaltung des Zeitplans eine wesentliche Information für beide Kriterien dar. Versuche sollen zeigen, ob die Daten tatsächlich übermittelt werden und ob die Auslegung des Fahrplans aktualisiert werden kann. Insgesamt wurde die App zwei Mal getestet. Der erste durchgängige Feldversuch lief im September 2015, der Zweite im Februar 2016. Der Fahrer bestätigte während der Touren alle Ankunfts- und Abfahrtszeiten, sowie den Zeitpunkt des Be- und Entladens. Auf Basis der Konfigurierung der Touren konnten Events zu bestimmten Zeitpunkten abgegriffen werden und somit die Transparenz des Netzwerks steigern. Die Erkenntnisse wurden in drei Kategorien von Kennzahlen gegliedert.

Die erste Kategorie bezieht sich auf die Lieferererfüllung durch den LDL. Die Bedienung der App erfasste Ankunftszeitpunkte und des Abfahrtszeitpunkte der Tourpunkte, bis zur Rückkehr an das Werk Robert Bosch. Durch diese Daten können die Bedingungen des Milkrun reflektiert werden. Die Abholung der Ware oder des Leerguts gibt an, ob das vorgesehene Zeitfenster in der Mehrheit der Fälle eingehalten wurde oder eine Anpassung empfehlenswert ist. Im Vergleich mit dem Zeitpunkt des Beladens kann die Wartezeit des

AP 5: Operativer Pilot der Praxispartner Bosch und ZF Friedrichshafen

LKW gemessen werden. Dies kann vor allem für den Fahrer einen Vorteil bewirken. In Absprache mit den Lieferanten haben Boschtransporte offiziell keine Wartezeit. In der Praxis müssen die Fahrzeuge oft trotzdem eine Wartezeit berechnen. In diesem Fall kann die Unterstützung des Empfängers eingeholt werden, mit dem Nachweis der Wartezeit über ProvelT. Auch die Fahrtzeiten können durch die Bestätigungen der Abfahrt beim Tourpunkt eins und Ankunft beim Tourpunkt zwei schnell ermittelt werden. Eine der wichtigsten Kennzahlen stellt die Anlieferungen bei Bosch dar. Bei rechtzeitiger Anlieferung an das Werk, kann die Weiterverarbeitung laut Planprozess vollzogen werden. Zeigt die App Nutzung jedoch eine wiederholte Verspätung auf, kann das Abweichungsmanagement eingreifen, um die nachstehenden Prozesse zu optimieren. Eine Analyse dieser Kennzahlen kann eine Anpassung des Fahrplans bewirken, wodurch ein Kostenvorteil und eine optimierte Ressourcenverteilung entstehen können.

Die zweite Kategorie von Kennzahlen beschäftigt sich mit der Zuverlässigkeit von Belieferungen. Dabei wird eine Soll- Ist Analyse der Warenmenge vorgenommen. Dem Fahrer wird deshalb die Möglichkeit geboten, eine andere Anzahl von Paletten einzugeben, als das System vorgesehen hat. So kann die Liefertreue bewertet werden und eine Abweichung der angefragten Mengen wird verzeichnet.

Die letzte Kategorie misst die Effizienz des Milkrun. Dazu zählen die Parameter der Auslastung, die Gesamtfahrtzeit, die Be- und Entladezeit und logistikrelevante Ereignisse wie z.B. Stau. Die Verfolgung dieser Kennzahlen bildet eine Grundlage des Projekts ProvelT. Um Defizite in dieser Kategorie zu mindern, soll die ProvelT Plattform einerseits Alternativtransporte erstellen. Andererseits kann, durch die Erkenntnisse aus den Defiziten der operativen Durchführung, die taktische Planung iterativ angepasst werden, um die Prozesse kontinuierlich zu verbessern.

Die Vorgehensweise und Kategorisierung fällt bei beiden Feldversuchen gleich aus. Um eine erste Bewertung des Milkrun zu erarbeiten, werden zunächst die An- und Abfahrtszeiten erfasst und mit dem Fahrplan verglichen. Insgesamt wurden bei dieser Analyse 376 Tourpunkte betrachtet (Tabelle 2). Von den 188 Anfahrtspunkten wurde keiner zu spät erreicht. Das Eintreffen innerhalb des Zeitfensters konnte 37 Mal vermerkt werden. Der Großteil der Anfahrtsziele wurde jedoch zu früh und somit außerhalb des Zeitfensters angefahren.

Tabelle 5: Einhaltung der vereinbarten Zeitfester im Feldversuch

Event Status	Anfahrt	Abfahrt
Zu früh	151	99
Innerhalb des Zeitfensters	37	79
Zu spät	0	10
Summe	188	188

Zehn Abfahrtspunkte wurden nach dem vorgesehenen Zeitfenster verlassen. Bei 79 der 188 angefahrenen Tourpunkten konnte der LKW Fahrer das Gelände des Lieferanten wie vorgesehen verlassen. Die Mehrzahl der Aktionen bei den Lieferanten war schon vor der

maximal geplanten Zeit beendet. Die frühzeitige Abwicklung der Prozesse weist auf ein zu großzügiges Zeitfenster hin. Um den Prozess zu optimieren, könnten die Zeitfenster schmaler gefasst werden. Ein zweites Fazit kann auf eine zu lange Wartezeit deuten. Obwohl der LKW 80% der Tourpunkte früher als geplant erreicht hat, können 42% der Lieferanten nur innerhalb des Zeitfensters verlassen werden. Diese Wartezeiten entstehen dadurch, dass die Lieferanten noch andere Speditionen bedienen und erst danach die Ware des Saarpfalz- Milkrun zusammenstellen. Durch eine Anbindung der Lieferanten an das ProvelT System, kann die Wartezeit insofern reduziert werden, als das der Warenausgang über die voraussichtliche Ankunft des LKW informiert wird und somit die Ware frühzeitig bereitgestellt wird.

Die Kategorie „Zuverlässigkeit der Belieferung“ kann durch die Nutzung der historischen Bestelldaten während der Feldversuche nur manuell erfolgen. Dazu wurden die Wareneingänge des Zeitraums der Feldversuche in SAP ermittelt. Anschließend werden die angegebenen Mengen mit den Daten aus ProvelT verglichen. Im Rahmen der Auswertung der Feldversuche wurden stichprobenartige Vergleiche unternommen. Dabei konnten keine Abweichungen festgestellt werden.

Bezüglich der dritten Kategorie „Effizienz“ wurde die Auslastung des Transports gemessen. Dazu wurden die entladenen und beladenen Paletten nach jedem Tourstop miteinander verrechnet. Die durchschnittliche Beladung bei den Lieferanten bis zum zweiten Tourstop steigt immens. Anschließend wird der Durchschnitt von 13 Paletten nicht mehr überschritten. Als 24- Tonner hat der LKW insgesamt 64 Stellplätze. Die Tabelle „Durchschnittliche Beladung pro Lieferant“ zeigt die durchschnittliche Beladung nach Anfahrt der Lieferanten. Bewertet werden die gesamten Beladungen, also sowohl Hinweg als auch Rückweg. In Hinblick auf die Beladungsmenge könnte eine Anpassung des LKW erfolgen. Ein kleinerer LKW kann bei täglichen Fahrten eine Kosteneinsparung bieten.

Tabelle 6: Durchschnittliche Beladung pro Lieferant

Lieferant	Mittelwert von LoadAct [Paletten]
Backes	9
Ellenberger	18
Erka Galvano	10
HoP2	13
Metronic	8
Wegener	13
Gesamtergebnis	12

Bezüglich der Gesamtfahrzeit konnte eine zu großzügige Einplanung ermittelt werden. Obwohl die Planung eine Gesamtfahrzeit von zehn Stunden vorsieht, benötigte der Fahrer durchschnittlich nur sechs Stunden und 54 Minuten. Die durchschnittliche Be- und Entladezeit beträgt 32, 96 Minuten, sodass die dafür vorgesehenen Zeitfenster sinnvoll erscheinen. Bei Anbindung der Lieferanten an das ProvelT System könnte auch diese Kennzahl reduziert werden. Logistikrelevante Ereignisse wurden während der Feldversuche keine verzeichnet.

Des Weiteren wurde ein zweiter Use Case aufgebaut. Die Feldversuche des Collini Milkrun werden unter den gleichen Bedingungen wie der Saarpfalz Milkrun durchgeführt. Dazu wurden zunächst Produktions- und Transportinformationen, sowie Verpackungsdaten ermittelt. Die Transportdaten wurden vorläufig überprüft, um den Verlauf des Feldversuchs zu optimieren. Optimierungspotentiale vor allem im Bereich der Auslastung wurden bei beiden Use Cases festgestellt.

2.5.1.3 Benutzerfreundlichkeit

Ob die ProvelT App einen Nutzen erzielt, hängt, abgesehen von der Funktionalität, auch von der Usability ab. Eine Anwendung im Alltag bedeutet, dass jeder LKW Fahrer mit der Handhabung vertraut sein muss, um ein effektives Ergebnis zu erhalten. Daher ist eine benutzerfreundliche Oberfläche erforderlich. In Bezug auf Usability werden Softwareprodukte auf die Bedürfnisse des Endbenutzers zugeschnitten. Dabei werden Bedürfnisse, Vorbildung und Intention des Benutzers beachtet. Inhalte, ob Text oder Bild, sollen die Handhabung erleichtern. Eine Methode, um die Benutzerfreundlichkeit der App festzustellen, ist der durchgängige Kontakt zu dem Fahrer des Saarpfalz- Milkrun. Aus diesem Grund wird im Rahmen des Projekts ein Fragebogen entwickelt, der einerseits eine Bewertung der App hinsichtlich der Usability darstellt und andererseits eine persönliche Einschätzung des Fahrers zu der Plausibilität der Daten zulässt. Ziel ist es, Verbesserungspotenzial aufzuweisen, um den Umgang mit der App zu erleichtern und die Ergebnisse des Feldversuchs zu bewerten. Damit die Systematik des Fragebogens übersichtlich gestaltet ist, wurde dieser in drei Bereiche gegliedert: Verfolgung der Kennzahlen, User Experience und technische Beschaffenheit.

Die „Verfolgung der Kennzahlen“ beinhaltet alle Kennzahlen aus dem Abschnitt „Einsatz des Systems“. Mit einer Bewertung von eins bis zehn soll der Fahrer die eigene Echtzeitbedienung bewerten. Da das System ausschließlich auf der Anwendung der App basiert, spielt die Bedienung in Echtzeit eine entscheidende Rolle für eine zuverlässige Transparenz. Zu den befragten Kennzahlen zählen: Ankunftszeit beim Tourpunkt, Start der Be- oder Entladung, Einhaltung des Zeitfenster durch den Lieferant, Wartezeit beim Lieferant, Abfahrtszeit beim Lieferanten, Warenmenge und logistikrelevante Ereignisse. Laut Angaben der Fahrer wurde diese Kennzahlen überwiegend erfasst und mit Acht und Neun benotet. Die Erfassung der Ware wurde mit Zehn bewertet. Um eine Ausfallquote zu erfassen, sollten die Fahrer eine prozentuale Einschätzung leisten. Hier gaben sie eine zehnpromtente Ausfallquote bei der Erfassung des Starts der Be- und Entladezeit. Diese Angaben basieren auf Handlings Fehler, in denen eine Bestätigung zu spät vorgenommen wurde. Dabei betrifft die Abweichung laut Angaben der Fahrer ca. fünf bis zehn Minuten. Eine Ausfallquote von fünf Prozent gaben die Fahrer bei der Einhaltung des Zeitfensters durch den Lieferanten an. Dabei handelte es sich um eine geringe Anzahl von Minuten zwischen der Aussage, das die Aktion nun von statten gehen kann und des tatsächlichen Vorgangs. Jedes Transportnetzwerk hat verschiedene Kriterien. Um die Plausibilität der Kennzahlen des Saarpfalz- Milkrun zu erhalten, sollten die Fahrer eine Angabe zu der Plausibilität der Eingaben machen. Dazu wird ausschließlich zwischen hoch und niedrig unterschieden. Laut Einschätzung der Fahrer ist jede Kennzahl als hoch plausibel zu bewerten. Vor allem der Vergleich zwischen Ankunft bei dem Lieferanten und Start der Be- und Entladezeit wäre für die Entwicklung der Tour wichtig. Stellt sich heraus das die Wartezeit zu lange ist, erhofft sich der Fahrer die Unterstützung der Koordinatoren.

Der zweite Bereich der Bewertung befasst sich mit der User Experience, also mit der Usability der App. Es soll eine Benotung der folgenden Punkte vorgenommen werden: Übersichtlichkeit der Oberfläche, Verständlichkeit der Piktogramme, Intuitive Verwendung, Aktion Tourstop auslassen, Anwendung während der Tour und Aktion bei falscher Eingabe. Hier werden die Punkte „Tourstop auslassen“ und „Anwendung während der Tour“ als sehr gut eingestuft. Bei der Einschätzung des Zeitaufwands in Minuten schätzten die Fahrer keine Minute zum Auslassen des Tourstops. Hinsichtlich der Bedienung während der Tour gaben die Fahrer ebenfalls die Einschätzung, dass die Bedienung unter einer Minute liegt, ab. Diese Angabe, betonte ein Fahrer, ist jedoch bei der fehlerfreien Anwendung nach einer Probephase der Fall. Bei der Einschätzung des gesamten täglichen Zeitaufwands gaben sie in beiden Fällen „niedrig“ an. Die Bedienung während der Tour bezieht sich auf die gesamte Nutzung und somit auf jede Bestätigung. Da die Montage des Smartphones innerhalb des LKW erforderlich ist, muss ein zeitlicher Aufwand zur Entnahme aus der Halterung eingerechnet werden. Daher ist ein ausschließliches Bestätigen der Tourpunkte nicht möglich. Diesen Vorgang haben die Fahrer bei der Bewertung nicht berücksichtigt. Vor allem in Bezug auf die Usability spielt der Punkt „intuitive Verwendung“ eine zentrale Rolle. Hier benotet der Fahrer die App mit Sechs Punkten, sodass dieser Punkt im befriedigenden Bereich liegt. Laut Fragebogen wird der Zeitaufwand in Minuten auf eine Minute geschätzt und somit als „niedrig“ eingestuft. Der Kommentar „Unerfahren mit Smartphones“ lässt darauf schließen, dass die Haptik der App benutzerfreundlich gestaltet ist, jedoch weitere Schulungen zum Umgang benötigt werden. Hinsichtlich der „Verständlichkeit der Piktogramme“ schätzten die Fahrer einen Zeitaufwand von einer Minute. Den täglichen Aufwand schätzten sie dadurch als niedrig ein und vergaben im Schnitt die Note Sieben. Die Übersichtlichkeit der Oberfläche benoteten die Fahrer mit acht Punkten und schätzten den Zeitaufwand auf weniger als eine Minute. Der letzte Punkt im Bereich Usability „Aktion bei fehlerhafter Eingabe“, benoteten die Fahrer mit Fünf und schätzten den Zeitaufwand auf eine bis zwei Minuten und deutet somit auf einen geringen täglichen Zeitaufwand.

Ob eine App den Anforderungen des Benutzers entspricht, entscheidet nicht nur die Optik und Haptik, sondern auch die technische Beschaffenheit. Darauf konzentriert sich der dritte Bereich des Fragebogens. Die Fragen nach Ladezeit der Applikation, der automatischen Aktualisierung und der Zuverlässigkeit des Navigationssystems werden im Notenbereich „Gut“ angeordnet und mit Acht und Neun benotet. Der Zeitaufwand in Minuten wird bei Punkt eins bis drei auf weniger als eine Minute geschätzt und fällt daher unter einen niedrigen täglichen Zeitaufwand. In Bezug auf die Benutzerfreundlichkeit und der technischen Beschaffenheit konnte die App durchgehend „gute“ Ergebnisse erzielen. Der Zeitaufwand zur Nutzung wurde durchgehend mit „niedrig“ bewertet. In Hinblick auf die intuitive Nutzung können bei Einführung des Systems ProvelT weitere Schulungen erfolgen, sodass die Erfahrung mit Smartphones steigt. Eine Anpassung des Menüs, sodass nur noch zwei Auswahlmöglichkeiten bestehen, ist im Rahmen des Projekts möglich, ohne die Funktionalität einzuschränken.

2.5.1.4 Analyse: Vorteile und Nachteile

Der Einsatz von ProvelT, als Industrie 4.0 Projekt, bietet viel Optimierungspotenzial. Anhand der Bedienung der App durch die Fahrer, werden die Prozesse bei dem Lieferanten und während des Transports transparent. Durch die Übermittlung von Kennzahlen kann eine stetige Überprüfung der Effizienz des Milkrun stattfinden. Die Angaben der Fahrer, zu Abweichungen in Echtzeit, können ein frühzeitiges Störungsmanagement fördern und damit

die Kernfunktion des Internet of Things erfüllen. Zudem kann durch das Abweichungsmanagement eine Kosteneinsparung in Bezug auf Sonderfahrten entstehen.

Bisheriger Nachteil, in Hinblick auf die Realisierung des Systems im Alltagsgeschäft, ist der manuelle Aufwand für den Fahrer des LKW. Aufgrund der Ergänzungsmöglichkeit in Form von Beacons, RFID-Reader und Geofencing kann dieser Aufwand durch automatische Übermittlung reduziert werden. Ein grundsätzliches Problem von Industrie 4.0 Systemen, in Verbindung zum Internet der Dinge, ist die Kombination aus allgegenwärtiger Präsenz und dem Datenschutz. Intelligente Objekte generieren kontinuierlich Informationen, die in Fabriken, Produktionsräumen und auch über Firmengrenzen hinweg übermittelt und ausgewertet werden. Diese Auswertungen können auch, wie im Beispiel des Milkrun, personenbezogene Daten enthalten. Daher darf das Thema Datenschutz nicht vernachlässigt werden. Im Fall von ProvelT, wurde der Betriebsrat über die Intention des Projekts informiert, sodass dieser den Absichten des Projekts zustimmen konnte. Ein weiterer Nachteil ist, die bisher nicht entstandene Anbindung der Lieferanten. Dadurch konnte bisher keine durchgehende Transparenz entlang der gesamten Wertschöpfungskette getestet werden.

2.5.1.5 Evaluierung

Die Evaluierung beschäftigt sich mit einer Bewertung der Arbeit und des Projekts, hinsichtlich der angewandten Methoden zur Erreichung der Zielsetzung. Dabei wird auf die folgenden Punkte eingegangen: Kontexterfüllung, Struktur, Aufwand und die Ergebnisse.

Die Bewertung der Kontexterfüllung erfolgt einerseits anhand Kriterien zur Erfüllung des Grundgedankens von Industrie 4.0. Andererseits wurde das Projekt zur Optimierung von logistischen Prozessen entwickelt. Daher ist der Kontext nur dann erfüllt, sofern Optimierungspotenziale erkannt wurden. Es stellt sich die Frage, ob durch das System Kriterien des Grundgedanken von I4.0 erfüllt werden. Zu diesen zählen: Vernetzung, Digitalisierung von Informationen und Transparenz.

Ein Kriterium zur Einordnung eines Projekts zu Industrie 4.0, ist die entstandene Vernetzung der Prozessteilnehmer. Im Fall der Anwendung von ProvelT an einem externen Milkrun entsteht eine Vernetzung von Lieferant, LDL und Empfänger. Die gemeinsame Basis wird anhand einer Plattform gewährleistet, die eine unternehmensübergreifende Kommunikation ermöglicht.

Neben der Vernetzung stellt die Verfügung über digitale Informationen einen zentralen Bestandteil von Industrie 4.0 dar. Die einfachste Methode, Daten von logistischen Prozessen zu verarbeiten, ist eine Digitalisierung der Inhalte. Um diese zu verarbeiten, ermöglicht das System ProvelT die Informationsübertragung auf elektronischer Basis. Dazu werden Informationen, beispielsweise Aufträge und Beladungen, über die ProvelT App an die Plattform übermittelt.

Für das erfolgreiche Tracking von logistischen Prozessen muss das Kriterium der Transparenz erfüllt werden. Die Transparenz innerhalb Transportnetzwerke und dessen Strukturen stellen einen repräsentativen Anlass zur Nutzung des ProvelT Systems dar. In der dargestellten Einsatzmöglichkeiten können Informationen zu dem Status der Transporte und des Standorts der Ware über die Plattform ermittelt werden.

Durch die Nutzung des Systems während des Feldversuchs konnten Optimierungspotenziale in Bezug auf den Saarpfalz- Milkrun gefunden werden. Die Auswertung der Daten konnte ein

Einsparungspotenzial aufzeigen. So wurde zum Beispiel festgestellt, dass die Auslastung des Milkruns nicht optimal war und auch die Dauer der Transporte im Soll-Fahrplan zu großzügig kalkuliert worden waren. Daraus ableitend wurde geprüft, ob entweder ein kleineres Fahrzeug genutzt werden konnte oder weitere Ware von einem nahen Lieferanten mit in die Milkrun-Route integriert werden könnte. Leider gab es keinen passenden anderen Lieferanten und ein kleineres Fahrzeug hätte für die Spitzenzeiten nicht ausgereicht. Die Soll-Fahrtzeiten konnten hingegen um drei Stunden verkürzt werden.

Als Voraussetzung der Zielerfüllung des Systems zählt auch die Anpassung des Systems an die IT- Strukturen und die Transportnetzwerke der Robert Bosch GmbH. Das Forschungsprojekt ProvelT wurde als Standardsoftware entwickelt und anhand von zwei Praxispartnern getestet. In Hinblick auf die Transportstrukturen des Saarpfalz- Milkrun wurde das System auf die der Robert Bosch GmbH angepasst. Bisher wurden keine weiteren Transportnetzwerke der Robert Bosch GmbH berücksichtigt. In Hinblick auf den zweiten Praxispartner, ZF Friedrichshafen, beschäftigt sich das Projekt mit der Nutzung des Systems bezüglich einer Gebietsspedition. Eine Anpassung des Systems zu weiteren Transportnetzwerken der Robert Bosch GmbH ist demnach möglich. Eine Ausrichtung des Systems auf die IT- Strukturen der Robert Bosch GmbH ist im Rahmen des Projekts erfolgt.

Um die Zielsetzung des AP6 zu erfüllen, muss ein ausreichender Aufwand eingesetzt werden. Ein ausreichender Aufwand wurde eingebracht, wenn die Ergebnisse als plausibel bezeichnet werden können. Dabei spielt der Aussagewert des Ergebnisses keine Rolle, sondern der Wahrheitswert. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden Aufwände u. a. in den folgenden Bereichen unternommen: Mitarbeiterschulungen, Betreuung während der Feldversuche, Datenerfassung, Datenverwertung. Die Ergebnisse des Feldversuchs des externen Milkrun konnten erzielt werden, sodass ein ausreichender Aufwand während des Projekts stattgefunden hat.

In Bezug auf die Quantität der Ergebnisse konnte die Zielsetzung des AP6 erfüllt werden. Während der Projektlaufzeit wurde der Aufwand an die Zielsetzung angepasst. Diese definierte bezüglich der Ergebnisse während der Feldversuche eine durchgängige Datenbasis von mindestens zwei Wochen. Der beschriebene Feldversuch kann diese Bedingung erfüllen. Es wurden mehrere Feldversuche zur Zielerfüllung durchgeführt. Hinsichtlich der Qualität der Ergebnisse wurde zusätzlich ein Fragebogen erarbeitet, der eine Einschätzung über die Plausibilität der Ergebnisse liefern sollte. Im Rahmen des AP6 konnte die Zielsetzung bezüglich der Ergebnisse erfüllt werden.

Die Erreichung der Ziele wird durch den Aufbau des 2. Use Cases unterstützt. Die Erweiterung des Projekts durch einen zweiten Milkrun bietet eine breitere Datenbasis und die Möglichkeiten die durch ProvelT ermittelten Kennzahlen zu bewerten. Erkenntnisse aus dem ersten Feldversuch wurden dabei miteinbezogen. Die technischen Voraussetzungen zur Übermittlung der Bewegungsdaten wurden gewährleistet. Damit wurde die vollständige Verknüpfung zwischen Plattform und App dargestellt und ausreichend getestet.

In Bezug auf die Kennzahlen der Vorhabensbeschreibung lässt sich sagen, dass die strategische, taktische und operative Planung sowie die Überwachung und die Störungsbehandlung durchgängiger Milkruns jederzeit im Mittelpunkt standen. Die Ergebnisse der strategischen Planung von Locom konnten zwar anfangs aufgrund verschiedener Restriktionen nicht umgesetzt werden und somit für ProvelT direkt genutzt werden. Seit einigen Woche sind die Routen jedoch jetzt umgestellt. Weitert man die

Anwendung zudem werksübergreifen aus, können noch größere Transportvolumen gebündelt werden, wodurch sich die Transportleistung um mind. 5% reduzieren könnte. Dadurch würden sich ebenfalls die CO₂-Emissionen weiter verringern. Die Durchführung der Milkruns konnte mit der Hilfe der Provelt-Plattform sowie der ProveIT App direkt überwacht werden. Dies führte zu einer guten Datengrundlage, die zum kontinuierlichen Verbesserungsprozess beigetragen hat. Auch für Störungen wurde das Konzept des eskalierenden Störungsmanagements aufgebaut, welches den Planern direkt eine frühe und transparente Information zur Verfügung stellt.

Das weitere Ziel, die 5%ige Reduktion der Sonderfahrten und der mit ihnen verbundenen Kosten, konnte bisher nicht erreicht werden. Allerdings muss hier differenziert werden. Bisher wurde der Scope von ProveIT auf Transporte innerhalb Deutschlands festgelegt. Hier sind die Transportzeiten und damit die Reaktionszeiten sehr kurz. Die Transparenz zwischen den ausgewählten Milkrun-Lieferanten, den Spediteuren und Bosch ist bereits sehr hoch. Deswegen gab es wenige Einsparungen bei den Sonderfahrten die direkt ProveIT zugeschrieben werden konnten. Im Nachgang an das Forschungsprojekt hat sich die Robert Bosch GmbH jedoch z.B. dafür ausgesprochen, ProveIT auch für Landtransporte der Türkei weiter zu testen. Transporte in oder aus der Türkei dauern ca. 10 Tage (inkl. gesamter Abwicklung) und besitzen derzeit keine vergleichbare hohe Transparenz. Allein die Tatsache dass Bosch ProveIT auch außerhalb des Forschungsprojektes testet zeigt, dass die 5%ige Reduzierung weiterhin als realistisch angesehen wird.

Darüber hinaus ist festzustellen, dass durch die konsequente Anwendung von ProveIT weltweit weitaus mehr Verbesserungen zu erwarten sind. Durch die saubere und nachvollziehbare Datenbasis ergeben sich z.B. folgende weitere Optimierungen:

- Aufwandsreduzierung durch transparente & digitale Informationsbereitstellung
 - Transportverfolgung in Echtzeit
 - Digitaler Proof of delivery
 - Verbesserte Qualität durch digitale Lieferscheine
 - Avisierung der Ware auch von Lieferanten ohne Systemanschluss an Bosch-Systeme
- Einsparung von Transportkosten/Personalkosten durch Zeitenreduzierung von Milkruns (z.B. 3Std bei Saar-Pfalz-Milkrun)
- Bessere Weiterbelastung von Qualitätskosten durch direkte Dokumentation von beschädigter Ware (speziell für wichtig für mehrstufige Prozesse)
- Genaueres Zeitfenstermanagement für Anlieferungen durch gute Datenbasis/Vorhersagen der Ankunftszeit
- Bestandsreduzierung durch Transparenz in der Lieferkette und durch Stabilität in der Wiederbeschaffungszeit

2.5.2 Einsatz des Systems am Beispiel eines Gebietsspeditionsnetzwerks

2.5.2.1 Zielsetzung aus Perspektive der ZF Friedrichshafen AG

Ausgehend von der Zielsetzung, die ausführlich in der Vorhabensbeschreibung beschrieben wurde, sollen hier nochmal die wichtigsten Punkte erwähnt werden.

Im Rahmen eines Use-Cases zwischen Zulieferern der ZF Friedrichshafen AG, dem Dienstleister Geis und dem Anlieferwerk Friedrichshafen der ZF Friedrichshafen AG sind Optimierungspotentiale im Netzwerk herauszuarbeiten.

Die folgenden zwei Hauptziele sind besonders hervorzuheben, nämlich

- Aussagen hinsichtlich des scheinbaren Zielkonflikts von Frachtkostenoptimierung vs. einer Bestandsoptimierung sind herausgearbeitet und bewertet worden.
- Eine Prozesskostenreduzierung durch Entwicklung von effizienten Prozessen über die gesamte Beschaffungs- und Transportkette ist analysiert worden.

2.5.2.2 Themenfelder

Abgeleitet aus den Zielen wurden die folgenden Themenfelder bearbeitet:

- Strategische Netzwerkplanung
- Taktische Netzwerkplanung
- Operative Netzwerkplanung
- Vernetzung der Planungsebenen
- Tracking and Tracing – Openmatics
- Berücksichtigung von Frachtabrechnung und –prüfung
- Dynamische Bewertung von Abweichungen und die Rückkopplung in die Planung zur kontinuierlichen Planverbesserung

2.5.2.3 Bearbeitete Inhalte

Abgeleitet von den Themenfeldern wurden die folgenden Inhalte erarbeitet:

1) Datengrundlage

Grundvoraussetzung für die Erarbeitung des Use-Cases war die Erstellung einer geeigneten Datengrundlage. Dafür hat ZF anhand der Anforderungen und Zielsetzungen für die unterschiedlichen Planungsebenen die notwendigen Daten von ca. 60 Lieferanten entsprechend aufgearbeitet. Dies bedeutet konkret, dass die SAP - Stammdatenfelder definiert wurden, aus SAP extrahiert und über MS Access und MS Excel Anwendungen eine Aufbereitung der Daten vorgenommen wurde und dann die Daten validiert und bei Bedarf verbessert wurden. Anschließend wurden die Daten täglich manuell auf die LOCOM Plattform hochgeladen, importiert, verarbeitet und an die Transferdatenbank für die weitere Bearbeitung durch den Dienstleister Geis übergeben. Aufgrund einer Aufwandsbetrachtung wurde dieser aufwändigere manuelle Weg im Forschungsprojekt gewählt, da ansonsten größere Erweiterungen der EDI-Prozesse vorgenommen hätten werden müssen.

2) Strategische Netzwerkplanung

Als Nächstes wurde eine strategische Netzwerkplanung für ca. 60 Lieferanten durchgeführt. Für diese 60 Lieferanten ist der betrachtete Bereich (Standort Friedrichshafen) verantwortlich für die Fracht (INCOTERM FCA). Die simulative Netzwerkplanung wurde von ZF mit dem LOCOM Logistics Designer durchgeführt. Die Zielsetzung der strategischen Netzwerkplanung war durch die Optimierung der Anlieferfrequenz eine Kostenoptimierung herbeizuführen.

3) Taktische und operative Netzwerkplanung

Im Sinne einer durchgängigen Planung wurde dann für die o.g. 60 Lieferanten Betrachtungen mit der LOCOM SupplyChain Suite hinsichtlich der taktischen und operativen Planung durchgeführt und bewertet. Der Betrachtungszeitraum der taktischen Netzwerkplanung erstreckte sich ca. drei Monate in die Zukunft und beinhaltet die detaillierten Lieferpläneinteilungen (Menge und Termin) der Lieferanten. Anhand einer Optimierung der Anlieferfrequenzen sowie der Transportart (FTL, Stückguttransport oder Milkrun) sollten mögliche Kosteneinsparungen aufgezeigt werden.

Die operative Netzwerkplanung schaut ebenfalls auf die Lieferpläneinteilungen in der nahen Zukunft, allerdings nur einen Monat. Durch das Ausnutzen der materialabhängigen Toleranzgrenzen (Anlieferung ± 1 Tag) sollten weitere Kostenpotentiale aufgedeckt werden.

4) Durchführung des End-to-End-Prozesses

Kernaufgabe innerhalb des Forschungsvorhabens war die Durchführung des Gesamtprozesses ausgehend von der operativen Planung des Transports bis hin zur Transportbestätigung des Lieferanten auf der programmierten WEB-basierten Oberfläche. Dabei hat die ZF Friedrichshafen AG die tägliche Transportplanung aus Sicht des Empfängerwerkes und in Zusammenarbeit mit dem Lieferanten die tägliche Transportbestätigung aus Sicht des Lieferanten durchgeführt. Dies konnte aufgrund der definierten Rahmenbedingungen der Partner leider nur für einen Lieferanten durchgeführt werden.

5) Pilot mit geänderten Transportrhythmus bei Lieferanten

Im Laufe des Forschungsvorhabens wurde festgestellt, dass aufgrund der Ergebnisse aus strategischer und operativer Planung die Frachtbündelung eine Handlungsoption darstellt (Verringerung des Transportrhythmus). Dieser Erkenntnis wurde damit Rechnung getragen, dass der Transportrhythmus dreier Lieferanten umgestellt (von täglichem Transport auf 1 x wöchentlich) sowie deren Bewertung vorgenommen wurde.

6) Automatisches Erfassen von Transitionen während des Transportvorgangs

Für ein nachgelagertes Störungsmanagement ist das exakte Erfassen von Transitionen während des Transportprozesses eine wichtige Vorbedingung. Zusätzlich ist es wichtig kritische Umwelteinwirkungen auf das Transportgut zu erfassen und dem Störungsmanagement zur Verfügung zu stellen. Die Qualität der vom Störungsmanagement abgeleiteten Handlungsempfehlungen hängt dabei direkt von der Aktualität und Qualität dieser erfassten Eingangsdaten ab.

Um ein automatisches Erfassen dieser Daten darzustellen, wurde in den ZF Werken in Friedrichshafen ein Pilot aufgesetzt. Bei diesem Piloten wurden Transportgestelle mit batteriebetriebenen Datenerfassungs- und Kommunikationsgeräten (sogenannte Tag's) ausgerüstet. Diese Tag's sind mit Sensoren (3-Achsen Beschleunigung, Temperatur, Licht) ausgerüstet, welche es ermöglichen kritische Einflüsse während des Transports zu

detektieren. Ein lokaler Speicher auf dem Tag ermöglicht es diese Daten auf dem Tag zu puffern. Zusätzlich wurden stationäre Lesegeräte an den Transitionspunkten des Transportprozesses installiert welche automatisch Tag's in ihrer Reichweite erfassen, auslesen und die Daten mit einem Zeitstempel versehen.

Um den Installations-und Handlingaufwand in Grenzen zu halten, aber trotzdem genug Datenmaterial für eine qualitative Auswertung der Daten zur Verfügung zu haben, wurde ein interner Transportkreislauf mit begrenzter Anzahl an Transportgestellen aber hoher Taktrate ausgewählt. Da bei diesem Warenkreislauf auch ein Werks- Pendel-LKW zum Einsatz kommt, ist dieser auch repräsentativ für einen externen Warentransport. Der Pendel-LKW wurde hierzu mit einer Onboard Unit ausgerüstet, welche die von den Tag's erfassten Daten empfängt. Bei diesem Piloten wurden Tag's verwendet, welche die „Bluetooth Low Energy“ (BLE)- Technology als Kommunikationsprotokoll verwenden. Durch den Einsatz dieser Technologie soll eine hohe Erfassungsrate bei gleichzeitiger langer Lebensdauer sichergestellt werden. Die erfassten Daten werden von den stationären Lesegeräten und der Onboard Unit an eine Cloud-Plattform übertragen und gespeichert. Nachfolgend werden die Daten automatisiert mit den im ERP-System erfassten Transaktionen evaluiert. Zusätzlich wurden typische Transportvorgänge analysiert und die Grenzwerte für die Erkennung kritischer Transporteinflüsse daraus abgeleitet.

Die so erfassten Daten werden über eine implementierte Schnittstelle in das ERP-System übertragen und dienen als Input für das Störungsmanagement.

Durch diesen Aufbau ist es möglich die Daten beliebiger Zeiträume zu evaluieren und statistisch auszuwerten.

7) Qualitative Beschreibung der Kostentreiber

Als letzter Punkt wurde im Rahmen eines Workshops die qualitative Beschreibung der Kostentreiber im gesamten Beschaffungs- und Transportprozess bis hin zur Einlagerung beim Empfänger (ZF Werk) erarbeitet und dargestellt.

2.5.2.4 Ergebnisse

In den Kapiteln 2.5.2.2 und 2.5.2.3 wurden die Themenfelder und die Arbeitsinhalte dargestellt. Davon abgeleitet sind nun in diesem Kapitel die wesentlichen Ergebnisse aus Sicht der ZF Friedrichshafen AG dargestellt.

Zunächst sei darauf hingewiesen, dass der Fokus der Simulationsstudien rein auf den Transportkosten lag. Es fand keine (stellenweise nur qualitative) Bewertung von Bestandsveränderungen statt. Außerdem wurden evtl. auftretende Kapazitätsverschiebungen im Wareneingang und sonstigen Prozessen im ZF Werk nicht berücksichtigt.

Des Weiteren fand die Bewertung der Stückgut-Transporte mit marktüblichen Tarifen der Fa. Geis statt. Diese spiegeln nicht immer die tatsächlich, von der ZF Friedrichshafen AG verhandelten Einkaufspreise wider. Von daher kann im Einzelfall eine andere Entscheidung wirtschaftlich sinnvoll sein.

Abgeleitet von den Vorbemerkungen und den dargestellten Inhalten zeigt die folgende Übersicht (siehe Abbildung 36) die durchgeführten Netzwerkplanungen, deren Zielsetzungen (braune Rechtecke) sowie deren Betrachtungszeiträume.

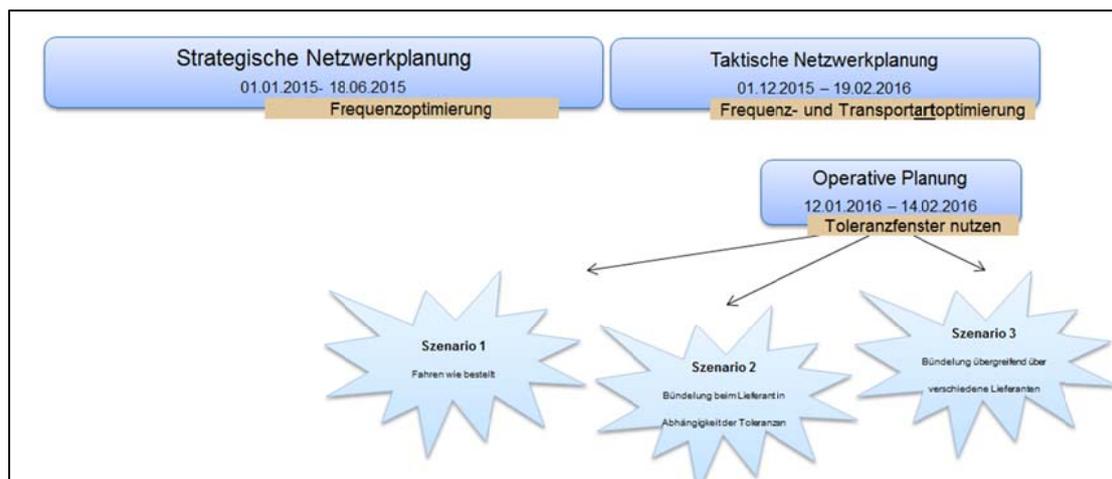


Abbildung 36: Netzwerkplanung auf unterschiedlichen Zeithorizonten

Die Durchführung der Planung ergab in der Übersicht dann die folgenden Ergebnisse, die anschließend interpretiert werden. An dieser Stelle sei nochmals der Hinweis wiederholt, dass mit den vereinbarten Preisen bei ZF das Einsparpotential (teilweise deutlich) geringer ausfällt:

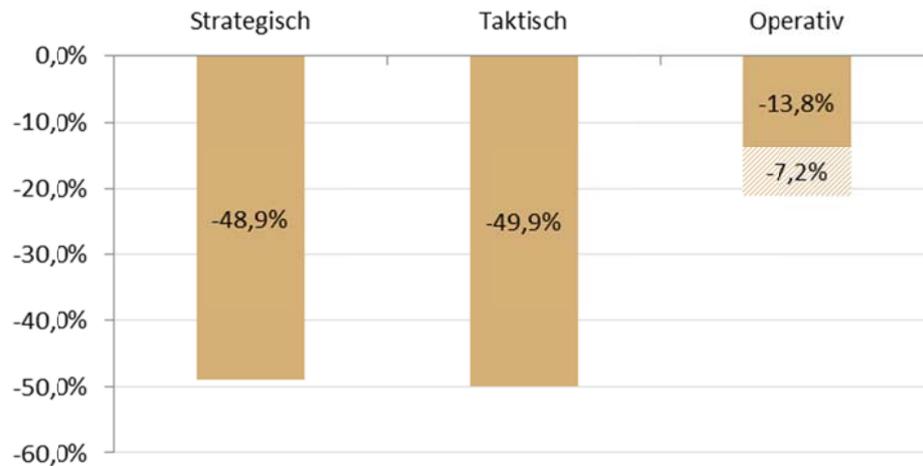


Abbildung 37: Errechnete Einsparpotentiale durch Einsatz der Dienste zur Netzwerkplanung

1) Ergebnisse der strategischen Netzwerkplanung

Der Fokus bei der strategischen Netzwerkplanung lag ausschließlich auf der Frequenzoptimierung, es fand also keine Veränderung der Transportart statt (ausschließlich Gebietsspediteurskonzept). Der Grund hierfür lag im Design des Forschungsvorhabens sowie an den begrenzten Möglichkeiten des LOCOM Logistics Designers.

Als Ergebnis konnte über alle Lieferanten (60 Lieferanten / Incoterm FCA) eine Frachtkosteneinsparung von -48,9% nachgewiesen werden. Die Auswirkungen auf andere Prozesse wurden monetär nicht berechnet. Des Weiteren fand auch keine Kapazitätsbetrachtung statt.

Es ist darauf hinzuweisen, dass entgegen der ursprünglichen Hypothese (Vgl. auch Fazit) nicht eine gleichmäßige Verteilung der Volumen vorgenommen wurde, sondern eine Bündelung der Frachten auf weniger Anliefertage. Grund dafür ist, dass im IST-Prozess bereits häufig täglich angeliefert wird (dafür aber nicht immer mit optimaler Transportauslastung) und durch die Bündelung die Volumen in einer optimaleren, günstigeren Preis-/Gewichtskategorie gefahren werden würde.

Des Weiteren wurde die strategische Netzwerkplanung auch über alle Lieferanten (ca. 350), die das ZF Werk Friedrichshafen beliefern, simuliert. Hier konnte eine Frachtkostenreduzierung von -31,2% gezeigt werden. Die Selektion der ca. 60 Lieferanten fand anhand definierter PLZ Gebiete innerhalb Deutschlands statt. Außerdem wurden ausschließlich FCA Lieferanten ausgewählt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich durch die konsequente Anwendung und Umsetzung einer regelmäßigen strategischen Netzwerkplanung durchaus Einsparpotentiale bei den Frachtkosten realisieren lassen. Die Hinzunahme von weiteren Frachtarten (KEP, Milkrun, FTL,...) könnte weiteres Potential generieren. Jedoch müssen konträre Rahmenbedingungen (Bestände, Prozesskosten, Kapazität) berücksichtigt werden (das gleiche gilt auch für die taktische Netzwerkplanung).

2) Taktische Netzwerkplanung:

Im Rahmen der taktischen Netzwerkplanung wurde im Gegensatz zur strategischen Planung neben der Frequenzoptimierung noch die Optimierung der Transportart (Stückgut, FTL oder Milkrun) als Parameter hinzugefügt.

Als Grundlage für die Kostenberechnung wurde für den Transportmodi FTL marktübliche Tarife der Fa. Geis herangezogen. Für die Kostenberechnung von Milkruns wurden Tarife von LOCOM verwendet.

Die Verteilung der Lieferanten auf die Transportarten nach der Optimierung sieht wie folgt aus:

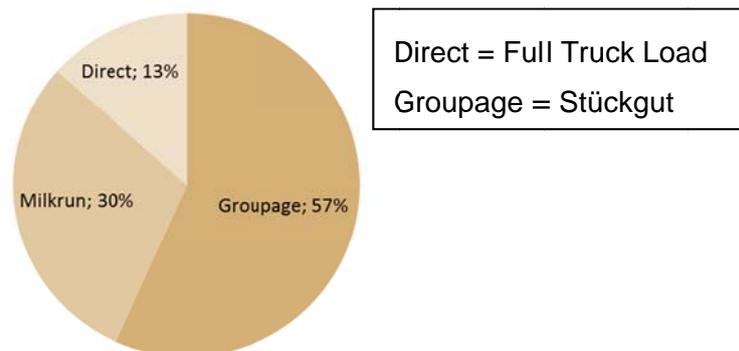


Abbildung 38: Ergebnis der taktischen Netzwerkplanung

Zusammenfassend lässt sich hinsichtlich der taktischen Netzwerkplanung das folgende Fazit ziehen:

Aufgrund der ähnlichen Datengrundlage wie bei der strategischen Netzwerkplanung ist die Verbesserung der Kosteneinsparung von zusätzlich 1% auf die Optimierung der Transportmodi zurückzuführen.

Auch hier wurde das Ergebnis mit ZF-internen Frachttarifen nachgerechnet. Damit reduziert sich das Potential, aber die Umstellung ist doch rentabel.

Aufgrund der Tatsache, dass sich die Marktsituation nicht laufend verändert ist eine kurzzyklische taktische Netzwerkplanung nicht notwendig. Vielmehr müssen bei der strategischen Netzwerkplanung zusätzlich zur Frequenzoptimierung auch verschiedene Frachtmodi der Betrachtung hinzugefügt werden.

3) Ergebnisse der operativen Netzwerkplanung

Die Idee der operativen Netzwerkplanung ist es, im Kurzfristbereich durch die Ausnutzung von vorhandenen Beständen, Handlungsspielraum für die Frachtoptimierung zu eröffnen. Aufgrund der im Rahmen des Forschungsvorhabens nicht realisierbaren Integration in das ERP-System konnten „nur“ Spielräume im Rahmen der bei ZF definierten Toleranzfenster für die Anlieferung (z.B. +/- 1 Tag bei Teilen im Deterministischen Dispositionsverfahren) berücksichtigt werden.

Bei ZF in Friedrichshafen werden ca. 77% der Lieferungen am eingeteilten Lieferdatum geliefert. Die Toleranzgrenzen werden nur in 12% der Lieferungen angewendet. Das

AP 5: Operativer Pilot der Praxispartner Bosch und ZF Friedrichshafen

Ergebnis der Simulation zeigt eine Gleichverteilung (Vgl. hierzu die beiden unten abgebildeten Diagramme in Abbildung 39).

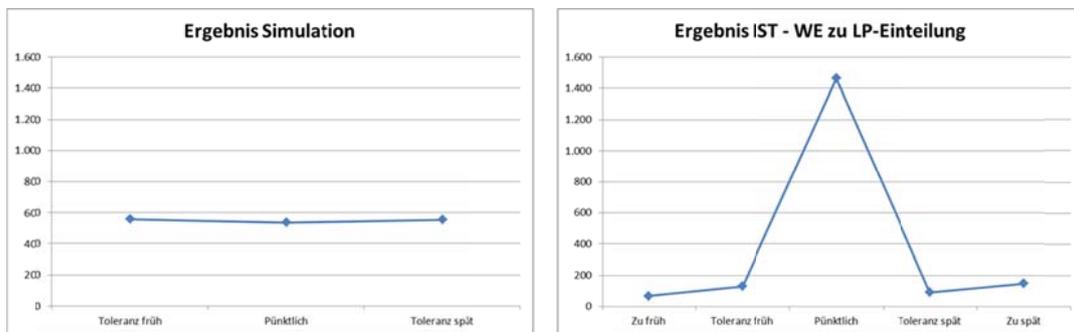


Abbildung 39: Operative Planung - Vergleich vom Planungsergebnis mit der IST-Situation

Bei der operativen Netzwerkplanung wurde versucht auf der Tagesscheibe in Abhängigkeit der Toleranzen (abhängig vom Dispomerkmal) noch Bündelungseffekte bei der Transportplanung zu holen. Dies wurde mit der vorhandenen Datenbasis simulativ überprüft.

Hinsichtlich der Frachtkosteneinsparung kann auch hier eine positive Bilanz gezogen werden. Jedoch sind die personellen Aufwände hier nicht zu vernachlässigen. Vor einer Einführung muss dies noch näher betrachtet werden. Die Anwendung der Toleranzgrenzen führt dazu, dass es für die gebündelten Materialien keine tägliche Anlieferung mehr gibt, d.h. der Disponent muss sich bei der Materialstammpflege noch intensiver mit der Einstellung des Dispomerkmals beschäftigen und sich dessen Konsequenzen bewusst sein.

4) Kommerzielle Bewertung:

Eine umfangreiche kommerzielle Bewertung des Gesamtprozesses war nicht Gegenstand der Untersuchungen. Jedoch wurde, wie bereits oben erwähnt, eine qualitative Bewertung der Ergebnisse vorgenommen. Die folgenden zwei Schaubilder zeigen die Ergebnisse im Überblick. Die Richtung der Pfeile zeigt die erwartete Entwicklung der entsprechenden Kennzahl durch Umsetzung der Ergebnisse aus der Netzwerkplanung an.

Lagerkennzahlen		Transportkennzahlen	
Kennzahl	Erwartete Auswirkung ProvelT	Kennzahl	Erwartete Auswirkung ProvelT
Ø Bestand	↗	Transportkosten	↘
Kapitalbindungskosten	↗	Sendungsgewicht pro Sendung eines Lieferanten	↗
Umschlagshäufigkeit	↘	Liefertreue	→
Bestandsreichweite [Tage]	↗	Gefahrenre Km	↘
Anzahl SNR	→		

Abbildung 40: Qualitative Bewertung der Ergebnisse aus der Netzwerkplanung

Prozessbeschreibung / Kostentreiber



Abbildung 41: Einfluss der Netzwerkplanung auf Kostentreiber des Gesamtprozesses

5) Ergebnis der mit Hilfe von BLE-Tags automatisiert erfassten Daten

Es wurde ein Zeitraum von 4 Wochen für die Evaluierung der Daten definiert. Während dieses Zeitraums wurden 77 Warentransportaufträge im ERP-System generiert. Davon wurden alle Aufträge automatisch durch alle Lesegeräte auf dem Transportweg erfasst. Dadurch ergibt sich eine Erfassungsrate von 100%. Beim automatischen Vergleich der im ERP-System erfassten Transaktionszeitstempel mit den automatisiert erfassten Zeitstempeln ergab sich eine sehr gute Überdeckung. Einzelne Abweichungen sind durch den manuellen Prozess (verspätetes manuelles Scannen) erklärbar. Alle aufgenommenen Daten und Events können zur „Big Data“ Analyse herangezogen werden.

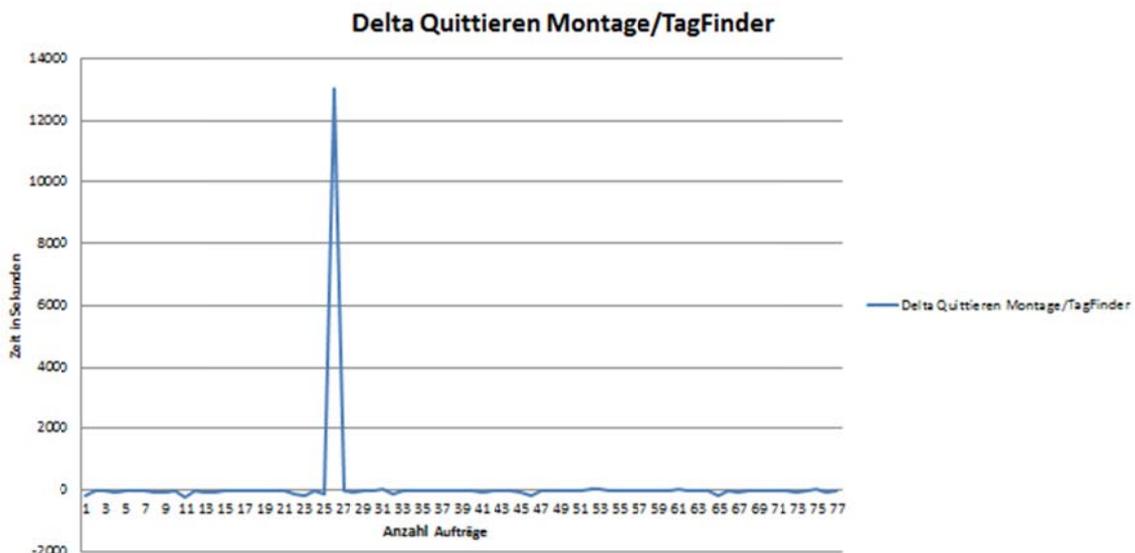


Abbildung 42: Automatisierte Erfassung von Daten mittels BLE Tags – Messreihe

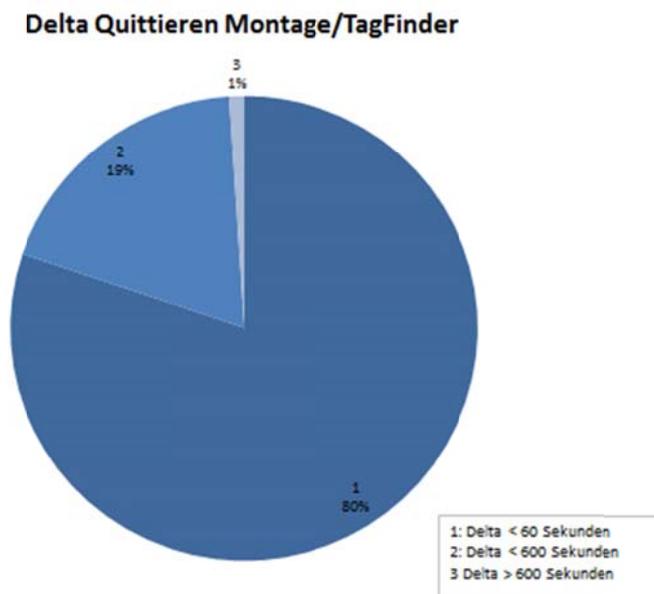


Abbildung 43: Automatisierte Erfassung von Daten mittels BLE-Tags – Klassifizierung

Dadurch ist der Nachweis erbracht, dass ein automatisiertes Erfassen der Zeitstempel mindestens dieselbe Qualität wie ein manueller Scanvorgang hat. Zusätzlich werden potentielle Fehler eines manuellen Prozess ausgeschlossen.

Weiteres Potential ergibt sich durch das Einsparen einer manuellen Tätigkeit.

Die Temperaturschwelle wurde zusammen mit der Fachabteilung definiert. Eine Temperatur von $< 10^{\circ}\text{C}$ führt zu Problemen bei der Montage einzelner Getriebekomponenten. Diese Schwelle wurde in den Tag's konfiguriert. Ein Unterschreiten dieser Schwelle wird nun als Temperaturevent detektiert und über die Schnittstelle in das ERP-System übertragen.

Weitaus komplexer gestaltete sich die Definition der Schockschwelle. Um diese zu ermitteln wurden Versuche mit einem Gabelstapler gemacht. Dabei wurden typische

Transportvorgänge mit unterschiedlicher Sorgfalt durchgeführt und die aufgenommenen Beschleunigungswerte in allen 3 Achsen aufgenommen.

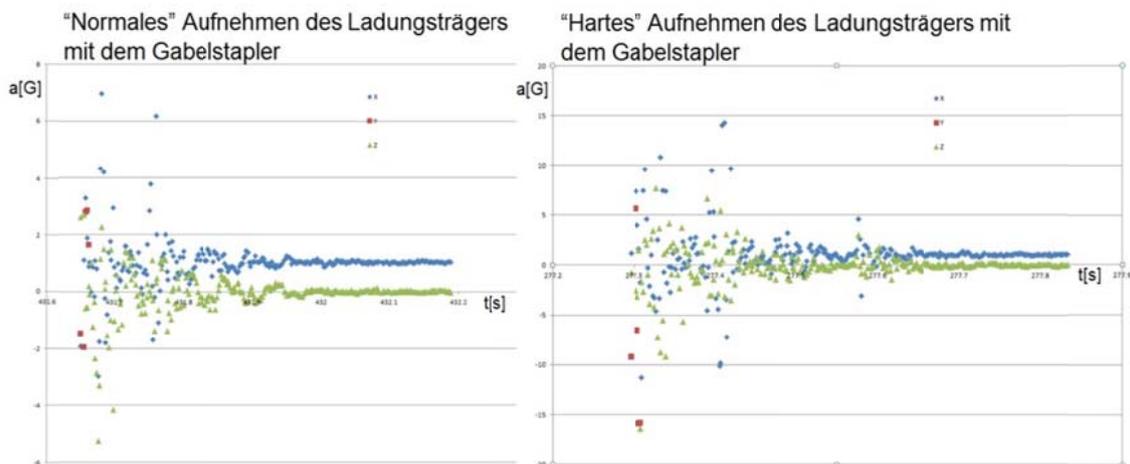


Abbildung 44: Gemessene Beschleunigung der BLE-Tags beim "normalen" und "harten" Aufnehmen eines Ladungsträgers durch einen Gabelstapler

Wie man erkennen kann, treten schon beim „normalen“ Aufnehmen des Ladungsträgers hohe Beschleunigungswerte auf. Zusätzlich sind hochfrequente Schwingungen erkennbar, welche beim Fahren auftreten und in den Ladungsträger übertragen werden. Grundsätzlich lässt sich aber feststellen, dass der Absolutwert der Beschleunigung beim „harten“ Aufnehmen mit 14 G in einer Achse deutlich höher ist als beim „normalen“ aufnehmen mit 7 G. Deshalb wurde der Schwellwert für die Schockschwelle auf 10 G gesetzt. In beiden Fällen hat aber eine nachgelagerte Befundung ergeben, dass die transportierten Komponenten durch das Ereignis nicht beschädigt wurden. Auch die detektierten Schock-Events werden über die Schnittstelle in das ERP-System übertragen.

In Summe sind während des Zeitraums nur sehr wenige (5) Temperaturevents aufgetreten. Ursache hierfür ist, dass während des Erfassungszeitraums (10/2016) Umgebungstemperaturen $> 10^{\circ}\text{C}$ vorgeherrscht haben.

Aber nahezu bei jedem Transportvorgang wurde ein Schockevent generiert. Deshalb muss hier noch eine weitere Analyse und Adaption des verwendeten Algorithmus erfolgen um exaktere Aussagen bezüglich einer potentiellen Schädigung des Transportguts zu treffen.

Durch die Möglichkeit Events im ERP-System anzeigen zu lassen, können Regelungen getroffen werden die früher nicht möglich waren z.B. Warnsignal bei Unterschreitung der Temperatur. Dadurch könnte das Bauteil vor der Montage ausgeschleust, bzw. aufgewärmt werden. Auch können die Logistikmitarbeiter anhand der Warn- Visualisierung schnell eingreifen und entsprechende Maßnahmen einleiten um einen Produktionsausfall zu vermeiden.

Ansicht im SAP:

JIS-Kreislauf	JID	Char80	Datum	Uhrzeit	Material	SerialNr	Komm.	Temp.	Shock	Batterie	Licht	Feucht
▼ JIS400WEL001	00WEL001			00:00:00								
▶ ✓ 5076	00WEL001		25.10.2016	20:42:00								
▶ 5077	00WEL001		03.11.2016	11:57:00								
▶ 5078	00WEL001		03.11.2016	15:07:00								
▶ 5079	00WEL001		03.11.2016	18:23:00								
▶ 5080	00WEL001		04.11.2016	05:36:00								
▶ 5081	00WEL001		04.11.2016	08:43:00								

Abbildung 45: Oberfläche zum Anzeigen von Events in SAP

6) Fazit

Im Vergleich zur ursprünglich festgelegten Zielsetzung im Forschungsvorhaben lässt sich feststellen, dass sich die Ausgangssituation bei ZF abweichend zur Hypothese darstellte - nämlich dass kleine Anliefermengen heute schon realisiert sind. Jedoch zeigt sich, dass diese nicht zu einer optimalen Bündelung aus Frachtkostensicht führt. Aus diesem Grund wurde der Optimierungspfad der Frachtbündelung gewählt. Das folgende Schaubild (Abbildung 46) soll dies nochmals verdeutlichen:

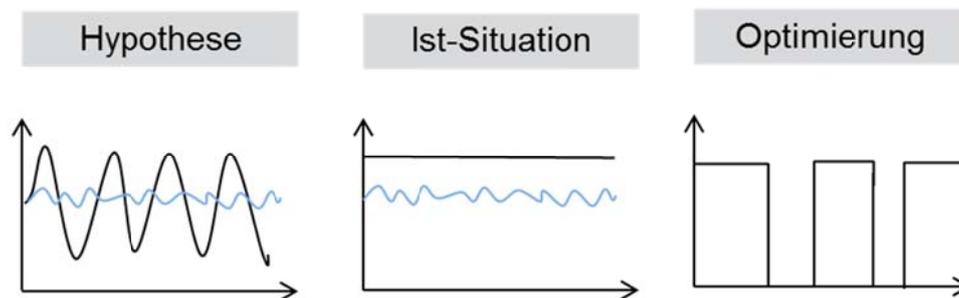


Abbildung 46: Reduktion von Frachtkosten durch Bündelung der Anliefermengen

Im Folgenden sind nochmals die wesentlichen Punkte aus der Netzwerkplanung zusammengefasst:

Bezogen auf die quantitativen Ziele aus der Vorhabensbeschreibung lässt sich dies wie folgt beschreiben:

- *Reduzierung des Anteils der Logistikkosten am Umsatz von 6,2% auf 5% u.a. durch Reduzierung der internen Prozesskosten und ausgabewirksamen Frachtkosten:* Diese strategische Zielsetzung von 5% Logistikkosten des Umsatzes beinhaltet zur Zielerreichung sehr viele verschiedene Maßnahmen aus diversen Kostenarten. Durch die Potentiale aus der Frachtkostenoptimierung, den Analysen der Netzwerkplanung und den Vertragsverhandlungen mit dem Spediteur konnten die Frachtkosten am Standort über die drei Jahre deutlich reduziert werden. Damit hat ProvelT einen Beitrag (Reduzierung der Frachtkosten -0,1 % vom Umsatz) geleistet, das strategische Ziel von 5% Logistikkosten zu erreichen. Insgesamt ist der Standort

aktuell dem angestrebten Ziel deutlich näher gekommen. Die Reduzierung des Anteils der Logistikkosten am Umsatz resultiert allerdings hauptsächlich aus organisatorischen Änderungen. Die Reduzierung ohne organisatorische Änderungen lag bei ungefähr -0,5% Logistikkosten vom Umsatz.

- *Prozesskostenreduzierung um 5% und dadurch Einsparungen beim Spediteur:* In den anstehenden Vertragsverhandlungen mit dem Spediteur wurde eine Maßnahme zur Reduzierung der administrativen Kosten vereinbart. Aufgrund dieser Kostenreduzierung werden die Frachtraten für ZF insgesamt günstiger.
- *Erhöhung der Anlieferfrequenz und dadurch erhöhter Aufwand im Wareneingang (+2-3 %):* Wie in Abbildung 46 dargestellt ist, war die Ausgangssituation des Use Cases anders als angenommen. Die Bündelung der Anliefermengen führt zu vereinzelt Peaks im Wareneingang, die durch erhöhte Personalproduktivität abgewickelt werden. Insgesamt hat sich der Aufwand im Wareneingang aber durch ProveIT nicht verändert.

Im Folgenden sind nochmals die wesentlichen Punkte aus der Netzwerkplanung zusammengefasst:

- Strategische und Taktische Netzwerkplanung zeigen ähnlich hohes Potential; Unterscheidung der beiden Studien durch das Hinzufügen weiterer Transportarten (Milkrun und FTL).
- Alle Simulationen basieren auf der gleichen Ausgangslage (IST-Situation der ZF Friedrichshafen AG). Es fand also keine durchgehende Untersuchung statt, die aufgezeigt hätte, wie sich die Anwendung der Ergebnisse der strategischen oder taktischen Netzwerkplanung auf die operative Netzwerkplanung ausgewirkt hätte.
- Aus der Optimierung der Anlieferfrequenzen ergibt sich ein größeres Potential, als durch die Anwendung der Toleranzfenster.
- Hypothese zur Vernetzung der Planungsebenen: Strategische Netzwerkplanung wird einmal pro Quartal durchgeführt mit dem Ziel, die Anlieferfrequenz eines Lieferanten optimal an die zukünftigen Volumina anzupassen. Sollte anschließend mit diesem Ergebnis eine operative Netzwerkplanung durchgeführt werden, ist davon auszugehen, dass die gefundenen Optimierungspotentiale nur noch sehr gering sind. Begründet wird dies damit, dass die mögliche Optimierungsmenge deutlich geringer ist, da die Transporte als Ergebnis der strategischen Netzwerkplanung bereits gebündelt wurden. Somit gibt es nur noch für eine geringe Anzahl Lieferanten die Möglichkeit, mögliche Toleranzfenster des Anlieferages zu nutzen. Aufgrund fortgeschrittener Zeit im Forschungsprojekt konnte diese Hypothese simulativ nicht mehr untersucht werden.

Allgemein: Sobald zu den Transportkosten konträre Einflussfaktoren mit berücksichtigt werden (z.B. Kapitalbindung, Lagerkosten) werden die Einsparpotentiale entsprechend geringer.

2.6 AP6: Betriebswirtschaftliche und gesamtwirtschaftliche Bewertung

Zur Bewertung der im Projekt durch unterschiedliche Maßnahmen erzielten Wirkungen wurde im Arbeitspaket 6 ein zweistufiger Ansatz verfolgt. Zunächst wurden mit Hilfe des analytischen Ansatzes die durchgeführten Maßnahmen bewertet. Anschließend wurden im prognostischen Ansatz mögliche Wirkungen von Maßnahmen z.B. im Gütertransportmarkt hochgerechnet. Bewertung und Hochrechnung berücksichtigten sowohl betriebswirtschaftliche als auch gesamtwirtschaftliche Effekte. Hierzu wurde ein umfangreiches System von Kennzahlen erstellt, die entweder direkt gemessen oder aus gemessenen Größen abgeleitet wurden.

2.6.1 Analytischer Ansatz

Der Schwerpunkt der Arbeiten lag im analytischen Teil, der im Sinne einer Prozessevaluation verwendet wurde. Dazu wurde parallel zur Implementierung des ProveIT-Systems selbst das Bewertungssystem in seinen Indikatoren festgelegt und programmiert.

Der analytische Ansatz setzt sich aus einer betriebswirtschaftlichen und einer gesamtwirtschaftlichen Bewertungssicht zusammen. Sofern es keine Kosteneinsparungen oder zusätzlichen Gewinne für Produzenten, Spediteure oder Verlader gibt, werden sich keine Unternehmen finden, die mit einem solchen System arbeiten. Andererseits ist es der legitime Anspruch des Staates, dass von ihm geförderte Forschung und Entwicklung auch einen Beitrag zum Gemeinwohl im Sinne eingesparter Ressourcen der Gemeinschaft leistet.

Im Einzelnen wurden die folgenden Arbeitsschritte durchgeführt:

1. Analyse der zu optimierenden Prozesse

Dazu gehörte insbesondere die Definition des jeweils betrachteten (Teil-)Prozesses:

- im Falle der Tourenoptimierung etwa die Abgrenzung des optimierten Nahverkehrs (Abholung bzw. Lieferung ausgehend vom Depot) vom nicht optimierten Shuttleverkehr zwischen Depot und Werk,
- die Unterscheidung zwischen Aufträgen der ProveIT-Partner und Dritt-Aufträgen
- oder im Fall der Gebietsoptimierung die Abgrenzung des Netzes des an ProveIT beteiligten Logistikdienstleisters von den Netzen der Partnerspeditionen.

2. Festlegung bewertungsrelevanter Aspekte und Aufbau eines Kennzahlensystems

Zunächst wurden für jeden optimierten Prozess bewertungsrelevante Aspekte wie Auftragsmenge, Termintreue, Transporteffizienz, Wirtschaftlichkeit oder Umweltwirkung identifiziert.

Anschließend wurden den einzelnen Bewertungsbereichen quantitative Kennzahlen zugeordnet, wobei zwischen

- Struktur- und Rahmenkennzahlen (z.B. mengenmäßiges Transportvolumen in [t] oder zurückgelegte Transportstrecken in [km]),
- Produktivitätskennzahlen (z.B. mittlere maximale Auslastung in [%]),
- Wirtschaftlichkeitskennzahlen (z.B. mittlere Transportkosten je Transportauftrag in [€] oder Kosten je Tonnenkilometer [€/t km]) und
- Qualitätskennzahlen (z.B. Termintreue in [%])

unterschieden wurde.

3. Erfassung des IST-Zustands

In diesem Schritt wurde der Zustand ohne ProvelT-System als Referenz bzw. Baseline für die Bewertung der erreichten Verbesserungen erfasst. Die Erfassung der Baseline beinhaltete dabei nicht nur die Durchführung von Messungen, sondern auch die (Nach-)Modellierung bzw. Rekonstruktion nicht direkt messbarer Daten.

Sofern Daten erst im Rahmen der Realisierung des ProvelT-Systems verfügbar wurden, etwa durch Einführung der App zur Störungserkennung, wurden als Baseline-Daten Ergebnisse aus dem ProvelT-Basissystem (ohne Optimierungen) verwendet. Für verschiedene Prozesse musste die Erfassung des IST-Zustandes mehrfach wiederholt werden, bevor Datenumfang und Datenqualität ausreichend waren.

Ein wichtiges Ergebnis der Baseline-Erfassung bestand neben der Bereitstellung der für die Bewertung benötigten Daten in einer Erhöhung der Transparenz der untersuchten Prozesse, welche von den beteiligten Praxispartnern als äußerst wertvoll eingeschätzt wurde.

4. Erfassung des Zustands mit ProvelT

Entsprechend dem Projektplan begann das ProvelT-System mit einer Basisversion, die dann im Verlauf des Projekts um verschiedenste Module mit neuen Funktionalitäten erweitert wurde. Das Bewertungssystem wurde so konzipiert, dass es ab der Basisversion eingesetzt werden konnte und so Verbesserungen, die sich aus der Weiterentwicklung des Systems ergaben, kontinuierlich gemessen werden konnten.

Praktische Schwierigkeiten bei der Anwendung des ProvelT-Systems führten jedoch zu Einschränkungen beim Umfang der durchgeführten Feldversuche. Insbesondere erwiesen sich die Umstellung einer großen Anzahl von Lieferanten auf eine geänderte Avisierung und der flächendeckende Einsatz der App beim LDL als nicht realisierbar, so dass letztlich nur für wenige Module ein echter quantitativer Vergleich des optimierten Zustands mit dem IST-Zustand (Baseline) durchgeführt werden konnte.

5. Bewertung der Prozessverbesserungen

Die Bewertung der durch ProvelT erzielten Wirkungen erfolgte zunächst separat für die einzelnen Prozesse bezogen auf einzelne Kennzahlen bzw. Bewertungsbereiche durch Vergleich der Werte des IST-Zustands mit denen des Zustands mit ProvelT (Vorher-Nachher-Messung). Anschließend wurden Kennzahlen aus unterschiedlichen Bereichen aggregiert und dabei ggf. monetisiert.

Dabei wurden sowohl betriebswirtschaftliche Verbesserungen, etwa bei Transportzeiten und Betriebskosten, als auch gesellschaftlich relevante Wirkungen bei Luftschadstoffen, klimaschädlichen Gasen und Unfällen berücksichtigt. Ein positiver gesellschaftlicher Nutzen entsteht immer dann, wenn im jeweils betrachteten Prozess die Menge der jeweils verbrauchten Ressourcen reduziert wird (Ressourceneinsparung). Für die konkrete Bewertung wurden die Methodik und die Wertansätze der Bundeverkehrswegeplanung 2030 verwendet.

2.6.2 Prognostischer Ansatz

Nach Implementierung der Verfahren und Abschluss der Feldversuche sowie der Analyse der im Projekt erreichten Wirkungen bzw. Berechnung der erzielten Verbesserungen erfolgte im prognostischen Ansatz eine deutschlandweite Betrachtung.

D.h. während im analytischen Ansatz nur Veränderungen in den jeweiligen konkreten Transportrelationen oder Teilnetzen untersucht und bewertet wurden, wurden anschließend die Verkehre identifiziert, für die das ProvelT-Konzept in Frage käme. Für diese Verkehre wurden dann die beobachteten Reaktionen unterstellt und damit eine deutschlandweite Hochrechnung der erzielbaren Wirkungen durchgeführt. Diese Arbeiten bilden auch die Grundlage für die Übertragbarkeit des Konzeptes.

Auch im prognostischen Ansatz wurden nicht nur betriebswirtschaftliche (z.B. eingesparte Transportkosten aufgrund vermiedener Sonderfahrten), sondern auch gesamtwirtschaftliche Wirkungen (z.B. Reduktion der CO₂-Emissionen) untersucht.

2.6.3 Durchführung von Bewertungsrechnungen

Ein quantitativer Vergleich des IST-Zustands mit durch das ProvelT-System erreichbaren Werten wurde für die folgenden vier Module durchgeführt:

1. Operative Tourenplanung LDL,
2. Taktische Gebietsplanung LDL,
3. Taktische Planung Empfänger (Bestelloptimierung) und
4. Operative Planung Empfänger (Transportoptimierung).

Gebiets- und Tourenplanung wurden von der PTV AG realisiert bzw. an das ProvelT-System angebunden und dienen der Verbesserung der Prozesse beim Logistikdienstleister. Die taktische Bestelloptimierung die operative Transportoptimierung dienen der Optimierung der Bestellprozesse beim Verlager und wurden von der Locom GmbH umgesetzt.

Eine quantitative Bewertung des Störungs- und Abweichungsmanagements konnte nicht durchgeführt werden, da hierzu keine Daten für einen Vorher-Nachher-Vergleich vorlagen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass dazu eine Umstellung des Produktivbetriebs bei Verlager, Logistikdienstleistern und Lieferanten notwendig gewesen wäre, was innerhalb des Projektes nicht realisierbar war. Die Feldtests mussten sich deshalb auf die Echtzeiterfassung von (Abweichungs-) Daten mit Hilfe der entwickelten App und die technische Weiterverarbeitung in der ProvelT-Plattform beschränken.

Vor diesem Hintergrund hat das IFL ein Modell zur Abschätzung des Verbesserungspotentials entwickelt, mit dem die aus einem optimierten Abweichungsmanagement, bei dem Abweichungen im Prozessablauf früher erkannt und darauf schneller reagiert wird, resultierenden Wirkungen auf die zu erwartende Wiederbeschaffungszeit und den notwendigen Lagerbestand berechnet werden können. Die Ergebnisse der Modellierung sind im Schlussbericht des IFL dokumentiert.

2.6.4 Ergebnisse

2.6.4.1 Operative Tourenplanung

Die Einbindung einer automatisierten Tourenplanung auf der operativen Ebene (operative Tourenplanung) bildet nicht nur die Voraussetzung für das schnelle, ereignisabhängige Neuplanen von Touren im Fall von Störungen (Reaktion auf Abweichungen), sondern ermöglicht dem LDL gleichzeitig auch eine Steigerung der Transporteffizienz bzw. die Einsparung von Transportkosten.

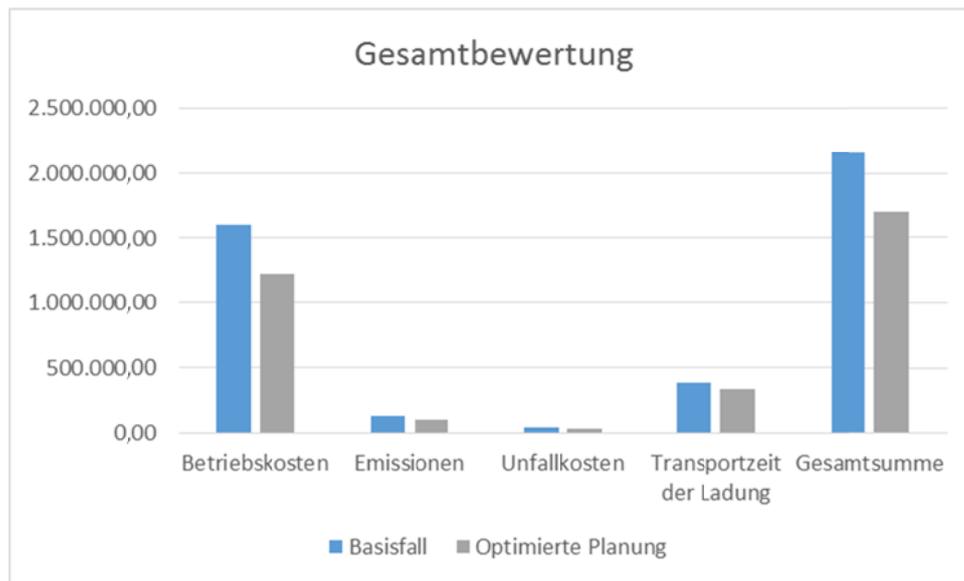


Abbildung 47: Gesamtwirtschaftliche Bewertung der operativen Tourenplanung (Betriebskosten und Emissionen aggregiert)

Durch eine Optimierung der Touren unter rein betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten (Kostenminimierung) konnte für den betrachteten Zeitraum rechnerisch eine Verringerung der Transportkosten in Höhe von 23% erreicht werden.

Dies korrespondierte in der gesamtwirtschaftlichen Bewertung mit einer Reduktion der gemäß BVWP-Methodik berechneten Betriebskosten (Nutzenkomponente „Betriebskosten“ (NB)) in Höhe von etwa 24%. Die im Rahmen der Optimierung erzielte Reduktion der Fahrleistung führte zu einem Rückgang der Emissionen und der Unfallkosten um jeweils ca. 18%. Außerdem bewirkte die Verkürzung der Transportdauern eine Verringerung der Kapitalbindung, was zu einer Verringerung der in der Bewertungskomponente „Transportzeit der Ladung“ (NTZ) erfassten gesamtwirtschaftlichen Kosten um ca. 13% führte.

2.6.4.2 Taktische Gebietsplanung

Ziel der taktischen Gebietsplanung ist die möglichst optimale Festlegung der Einzugsbereiche der Depots, um insgesamt eine Reduktion von Tourlängen und Transportdauern bei der Abholung oder Lieferung von Waren im jeweiligen Einzugsbereich und somit eine Reduktion der Kosten des LDL zu erzielen.

In der gesamtwirtschaftlichen Bewertung ergab sich für den betrachteten Zeitraum eine Reduktion von Emissionen und Unfallkosten um 7% und es konnte eine Reduktion der Betriebskosten um immerhin 4,5 % erzielt werden.

2.6.4.3 Taktische Bestelloptimierung

Die taktische Bestelloptimierung dient der (betriebswirtschaftlichen) Minimierung der Summe aus Transport- und Lagerkosten des Verladens.

Für den untersuchten Datenbestand kann im Optimalfall eine Reduktion der Kosten um 15% erreicht werden, wobei dieses Ergebnis durch eine Senkung der Transportkosten um 25% auf Kosten einer Erhöhung der Lagerkosten aufgrund des zeitlichen Vorziehens von Bestellungen in Höhe von 26% erreicht wird.

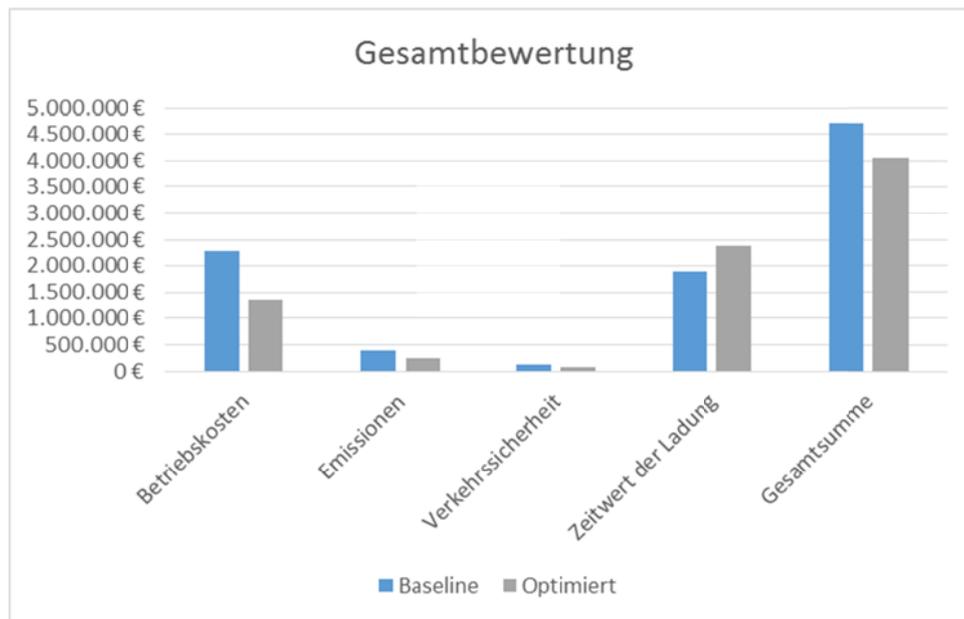


Abbildung 48: Gesamtbewertung der taktischen Bestelloptimierung

In der gesamtwirtschaftlichen Bewertung ergab sich eine Verbesserung von Betriebskosten, Emissionen und Unfallkosten proportional zur durch die Optimierung erreichten Reduktion der Verkehrsleistung um ca. 41%. Demgegenüber wirkten sich zusätzliche Lagerzeiten ähnlich wie eine Verlängerung der Transportdauer aus und führten zu einer Verschlechterung der Bewertungskomponente „Transportzeit der Ladung“, in der u.a. die mit der Lagerhaltung verbundene Kapitalbindung bewertet wird, um 26%.

Da die Vorteile aber deutlich überwiegen, ergibt sich insgesamt eine Verbesserung der gesamtwirtschaftlichen Kosten um ca. 14%.

Anzumerken ist allerdings, dass das Ergebnis der gesamtwirtschaftlichen Bewertung der Bestelloptimierung aufgrund der in der Bewertung zu treffenden Annahmen bezüglich der Transportkanäle mit großen Unsicherheiten verbunden ist.

2.6.4.4 Operative Transportoptimierung

Zur operativen Transportoptimierung lagen zwar quantitative Daten vor, die auch ausgewertet wurden. Da es sich dabei aber um eine reine Tarifoptimierung handelt und sich aus den Daten weder Verkehrsleistungen noch Transportzeiten ableiten ließen, konnte hier nur eine qualitative gesamtwirtschaftliche Bewertung vorgenommen werden.

Durch Ausnutzung des vorhandenen Potenzials zur zeitlichen Konsolidierung von Transportaufträgen konnte mit der operativen Transportoptimierung im Untersuchungszeitraum eine Reduktion der Transportkosten um mehr als 10% erreicht werden, wobei der aktuelle Transporttarif unterstellt wurde.

Diese betriebswirtschaftliche Verbesserung war mit einer Reduktion der Anzahl der Transportaufträge bzw. Abholvorgänge um etwa 28% verbunden und führte somit mit hoher Wahrscheinlichkeit auch zu einer gesamtwirtschaftlichen Entlastung. In einem weiteren, fiktiven Szenario mit zusätzlicher räumlicher Konsolidierung und Bildung dynamischer Abholtouren konnten die Transportkosten gegenüber der Baseline sogar um mehr als 20% und die Anzahl der Transportaufträge um 67% reduziert werden.

Zu berücksichtigen ist jedoch, dass aus einer Reduktion der Anzahl der Transportaufträge des Verladers an den LDL nicht zwingend auf einen Rückgang der Verkehrsleistung beim LDL in vergleichbarer Höhe geschlossen werden kann. Im Extremfall würde dieser die jeweiligen Lieferanten aufgrund der Aufträge anderer Verlager ohnehin anfahren, so dass sich überhaupt keine gesamtwirtschaftlichen Vorteile ergäben.

2.6.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die obigen Ergebnisse beschreiben das theoretisch mögliche Optimierungspotenzial der untersuchten Module weitgehend unabhängig vom Einsatz innerhalb des ProveIT-Systems. Leider konnten den Nutzen keine Kosten im Sinne einer Nutzenkostenanalyse gegenübergestellt werden, da die Kosten größtenteils aus organisatorischen Veränderungen bei den beteiligten Unternehmen resultieren würden (z.B. Umstellung von Bestellprozessen, Einführung neuer Software) und sich deshalb nur unzureichend quantifizieren ließen.

Jedoch haben Berechnungen der Locom GmbH zur taktischen Bestelloptimierung gezeigt, dass entsprechend dem Paretoprinzip bereits durch eine Umstellung relativ weniger Lieferanten ein großer Nutzen erreicht werden kann. Auch zeigen Erfahrungswerte, dass durch Einführung einer modernen Tourenplanung schon ohne weitere Optimierungen normalerweise betriebswirtschaftliche Verbesserungen in der Größenordnung von mindestens 10% der Transportkosten erzielt werden können. Insgesamt ergibt sich aus den Untersuchungen, dass bei Einbindung der Optimierungen in das ProveIT-System und insbesondere das konzipierte Abweichungs- und Störungsmanagement die mit dem Projekt anvisierten Verbesserungen in Höhe von ca. 5% der Transportkosten erreicht werden können.

Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht viel wichtiger ist jedoch, dass die betriebswirtschaftlichen Vorteile auch zu positiven gesamtwirtschaftlichen Wirkungen, insbesondere bei Emissionen und Unfallkosten führen.

2.7 AP7: Transfer, Umsetzung und Übertragbarkeit

Durch das AP 7 soll untersucht werden, wie die Ergebnisse aus den vorherigen Arbeitspaketen auch auf andere Kunden, Partner, Branchen, Netzwerke usw. übertragen und umgesetzt werden können. . Dieser Aspekt hat als Leitschnur die Arbeiten des gesamten Projektes begleitet. Bereits bei der Definition der benötigten Daten, bei den Schnittstellen zwischen den Systemen und dem Zuschnitt der operativen Piloten wurde auf Übertragbarkeit und Repräsentativität geachtet.

2.7.1 Verwertungsplan der Softwarepartner

Im Folgenden werden zunächst alle wesentlichen Aspekte der Übertragbarkeit und der Verwertbarkeit der im Projekt eingesetzten bzw. erarbeiteten Software-Module aufgezeigt. Nachfolgend stellen dann die Praxispartner Robert Bosch GmbH und ZF Friedrichshafen die Verwertungsmöglichkeiten aus ihrer Sicht sowie die notwendigen Voraussetzungen dar.

2.7.1.1 Planung beim Empfänger

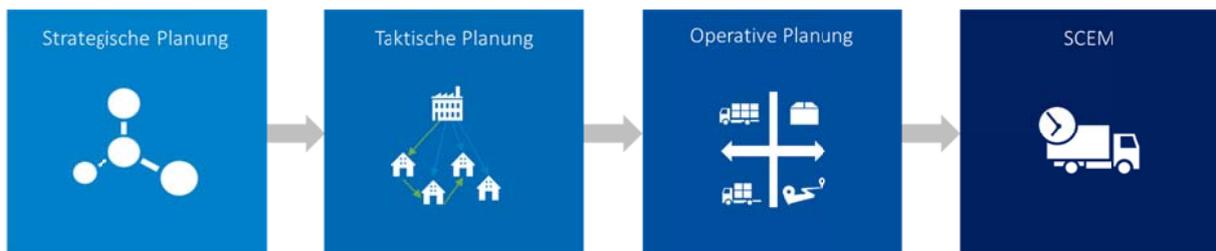


Abbildung 49: Gesamtabläufe der Planungsplattform

1) Strategische Planung

Für die strategische Planung sind folgende Rahmenparameter relevant:

Es wird eine Mittel- bis Langfristplanung eines Transportnetzwerks oder Änderungen an einem Transportnetzwerk erstellt.

Für diese Funktionen sind Module des LOCOM Logistics Designer zum Einsatz gekommen. Der Import der Daten erfolgt über eine konfigurierbare Schnittstelle und die Steuerung der Abläufe ist nicht auf ein spezifisches Datenmodell festgelegt.

Der Logistics Designer stellt Einzelfunktionen wie die logistische Bewertung, das Routing und die Analyse zur Verfügung, die auf auswählbare Daten angewendet werden können.

Über eine Szenarienvverwaltung können Daten, Berechnungen und Ergebnisse zusammengehalten werden.

Der Logistics Designer ist weder auf das im Projekt verwendete Datenmodell noch auf die Abläufe festgelegt, die z.B. bei ZF für die Findung von Netzwerkveränderungen mit Einsparungspotential verwendet wurden.

Einer Verwertung für andere Branchen oder Anwendungsfälle steht damit nichts im Wege.

In der Version 3.0 des Logistics Designers, die Ende Oktober zur allgemeinen Verfügung steht, wurden die Software-Anteile auch bereits verwendet.

2) Taktische Planung

Ziel der taktischen Planung ist die Ermittlung optimaler Abholfrequenzen und Transportkanäle für die zukünftig geplanten Belieferungen.

Die Funktionalitäten für die taktische Planung wurden über Komponenten erstellt, die in einer generellen Plattform zusammengefasst werden. Diese Plattform wird mit LOCOM Supply Chain Suite bezeichnet. Es stellt Komponenten zur Verfügung, die dann in Kombination mit einem Workflow-Designer zu logistischen Funktionsabläufen zusammengestellt werden können. Die im Projekt erstellten und verprobten Komponenten zur Sendungsbildung, der Bildung von Verpackungseinheiten, sowie die Ermittlung von optimalen Transportkanälen und Anlieferfrequenzen werden als Standardkomponenten in die LOCOM Supply Chain Suite aufgenommen.

Für den Import wurden allgemeingültige Definitionen verwendet. Die Daten werden in einem konfigurierbaren Datenmodell abgelegt, so dass im Projekt keine Festlegung auf spezifische Dateninhalte oder -formate erfolgt ist.

Für die Ermittlung der empfohlenen Lieferfrequenzen und Transportkanäle werden ebenfalls konfigurierbare Elemente verwendet. Für die logistische Bewertung wird ein Modul zur freien Konfiguration von Transport- oder anderen Logistiktarifen eingesetzt. Für die Transportkanäle ist eine freie Definition der Routen und deren Bewertung und Priorität erstellt worden.

Die Komponenten sind nicht auf die im Projekt verwendeten Tarife oder Daten festgelegt und können für andere Datenmodelle, Tarifarten und Transportkanaldefinitionen verwendet werden.

Die Verwertung der erstellten Module ist innerhalb der LOCOM Supply Chain Suite vorgesehen.

3) Operative Planung Empfänger

Die operative Transportplanung erstellt unter Nutzung vordefinierbaren Freiheitsgrade Transportaufträge für die Logistikdienstleister. Ziel ist die optimale Zuordnung der Bestellungen zu Transportkanälen und Dienstleistern.

Die operative Planung bedient sich für die Sendungs- und Transportbildung identischer Module, wie die taktische Planung. Als Freiheitsgrad der Planung wird jedoch nur die für die zu verplanenden Lieferungen eingestellte Varianz (z.B. +/- 1 Tag) genutzt.

Hieraus ist bereits ersichtlich, dass die Planungskomponenten konfigurierbar gestaltet sind, so dass sie der taktischen wie der operativen Planung dienen können.

Für die operative Planung kommen noch Module für die Dispositionsoberfläche und die Web-GUIs für Lieferanten und Logistikdienstleister hinzu.

Die Oberflächen sind generisch und können daraufhin für andere Branchen, Kunden oder Bereiche eingesetzt werden.

AP7: Transfer, Umsetzung und Übertragbarkeit

Die operative Planung bezieht ihre Daten, wie die taktische Planung über ein konfigurierbares Datenmodell, so dass weder die Schnittstellen noch die Datenformate spezifisch ausgelegt wurden.

Die Transportaufträge sind ebenfalls in Format und Inhalt generisch, so dass eine Weitergabe an andere Systeme als das im Projekt eingesetzte Smartour konfiguriert werden kann.

Die Module der operativen Planung sind wie die der taktischen Planung als Teil der LOCOM Supply Suite vorgesehen.

2.7.1.2 Planung und Steuerung für den Logistikdienstleister

Der Aufbau der Systemarchitektur sowie die Entwicklungen bzw. Weiterentwicklung der Systeme und Komponenten, die in proveIT zum Einsatz kamen, wurden nicht projektspezifisch geplant und umgesetzt. D.h. die Verwertbarkeit der Ergebnisse in Bezug auf andere Anwendungsfälle, weitere Kundenbranchen sowie zukünftige Anforderungen in der Logistik ist uneingeschränkt gegeben.

Konkret wurde die Systemarchitektur mit den verschiedenen Backend- und Frontend Applikationen sowie die Schnittstellen zwischen den Komponenten und zu den Partnersystemen unter Verwendung von state-of-the-art- Technologien und Business-Prozessen aufgebaut und für die umfangreichen Testläufe dauerhaft und performant zur Verfügung gestellt. Eine Nutzung bzw. Transfermöglichkeit auf andere VerladertMS oder LDL-TMS-Systeme ist somit gegeben. Anpassungen müssten dann ggf. hinsichtlich anderer Anforderungen an Schnittstellen oder auch Prozessabläufe vorgenommen werden.

Dieses Vorgehen entspricht den Implementierungsprozessen bei konventionellen Kundenprojekten.

Die Entwicklungsergebnisse in Bezug auf die taktische Gebietsplanung für den LDL werden im Rahmen von Smartour weiterverwendet und können auch für andere Branchen verwendet werden, in denen bspw. auch größere Gebiete verplant werden (bspw. Außendienststeuerung und Aufteilung von Vertriebsgebieten).

Das in Smartour entwickelte track & trace Modul inkl. der Soll-Ist Vergleichsmöglichkeit wurde von Anfang an unabhängig vom Telematikanbieter ausgelegt. Die Schnittstellen zur FZI-App sowie auch an die mobile Navigation wurden für proveIT realisiert, gleichzeitig wurden beispielhaft weitere Telematikanbieter angebunden und erfolgreich getestet.

Somit sind die technischen Komponenten in Richtung mobiler Applikationen/ Telematiksysteme für weitere Anwendungsfälle und Anbieter zukunftssicher aufgestellt.

2.7.1.3 Dienste zum Abweichungsmanagement, App und Cockpit

Im Folgenden werden die wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Verwertungsmöglichkeiten der Projektergebnisse, die im Rahmen des AP 4 am FZI entwickelt wurden, dargestellt. Dies umfasst die backendseitigen Verfahren zur Störungserkennung und Störungsbehandlung sowie die ProveIT App und das zugehörige Cockpit.

1) Wissenschaftliche Verwertung

Die zentralen Ergebnisse des AP4, insbesondere die Systemarchitektur und die integrierten Komponenten zum Abweichungsmanagement, wurden in einem übergreifenden Paper dargestellt und sollen so der Fachwelt zugänglich gemacht werden (Meyer – under Review). Die teilweise im Rahmen des Projekts erstellte Dissertation (Meyer 2015) stellt die zentralen Verfahren zur Planung von Milkruns vor. Die im Rahmen des operativen Piloten gewonnenen Daten dienen darüber hinaus der Evaluierung der entwickelten Komponenten und bieten Benchmarks, an denen sich auch zukünftige Verfahren messen können.

Auf Basis der Projektergebnisse aus AP4 haben sich mit unterschiedlichen Partnern des Konsortiums weitere Forschungsthemen ergeben, die in die Beantragung weiterer Forschungsvorhaben gemündet sind: „MicroLogNet – Flexible, echtzeitfähige Microservice-Plattform für Logistiknetzwerke“ ist ein Vorhaben, das in der Förderlinie KMU Innovativ (BMBF) gemeinsam mit der Firma LOCOM eingereicht worden ist. Das Vorhaben „KogniServPro – Kognitive optische Services für hocheffiziente Logistikprozesse in agilen Produktionsnetzwerken“ wurde im Rahmen der Förderlinie „Photonik für die flexible, vernetzte Produktion – Optische Sensorik“ (BMBF) gemeinsam mit den Partnern aus dem ProvelT Konsortium IFL und Bosch eingereicht. In beiden Fällen ist mit den Ergebnissen der Evaluation der Skizzen Anfang 2017 zu rechnen.

(Meyer 2015) Meyer, Anne (2015): Definitions, Concepts and Solution Approaches. Dissertation am Karlsruher Institut für Technologie.

(Meyer – under Review) Anne Meyer, Suad Sejdovic, Katharina Glock, Matthias Bender, Natalja Kleiner, Dominik Riemer: A Disruption Management System for Automotive Inbound Networks Concepts and Challenges. In: EURO Journal on Transportation and Logistics.

2) Wirtschaftliche Verwertung

Die entwickelten Komponenten stellen am FZI eine prototypische Grundlage für künftige Forschungsvorhaben und Industriekooperationen dar, die auf den Projektergebnissen aufbauen, diese weiter vertiefen oder auf andere Anwendungsfelder übertragen. Die modulare Architektur des entwickelten Systems erlaubt dabei die unabhängige Nutzung der einzelnen Komponenten; Schnittstellen lassen sich flexibel an die unterschiedlichen Softwaresysteme verschiedener Partner anpassen. Neben den softwareseitigen Komponenten lassen sich ebenso die im Projektverlauf gewonnenen Erfahrungen hinsichtlich der Prozessüberwachung und Störungsbehandlung übertragen und Kunden des FZI insbesondere im Umfeld von Produktion und Logistik zielgerichteter beraten und unterstützen.

3) Industriekooperation zur Weiterentwicklung des Transportmonitorings

Aufbauend auf den vielversprechenden Ergebnissen, die sich bereits im Projektverlauf abzeichneten, läuft seit Mai 2016 eine Industriekooperation zwischen dem FZI und der Robert Bosch GmbH, in der Robert Bosch das FZI dazu beauftragt hat, Teile der in AP4

entstandenen Forschungsprototypen zum leichtgewichtigen Monitoring von Transportprozessen inhaltlich um Bosch-spezifische Anforderungen zu erweitern, für den Produktivbetrieb vorzubereiten und die Einführung und das Ausrollen der Lösung weltweit zu begleiten.

Das Projekt adressiert insbesondere die Komponenten zur Fahrerkommunikation und Datenerfassung (ProveIT App) sowie die serverseitig implementierten Funktionen zum Verfügbarmachen von Tour-Informationen für Fahrer und die Echtzeitverarbeitung von eingehenden Events. Die Einsatzfähigkeit dieser prototypischen Komponenten konnte bereits ab Mitte 2015 im Projekt nachgewiesen werden.

In der zunächst auf ein Jahr ausgelegten Kooperation mit Bosch übernimmt das FZI basierend auf den prototypischen Implementierungen aus ProveIT folgende Aufgaben:

- Es werden funktionale Erweiterungen hinsichtlich der von Bosch adressierten Anwendungsfälle vorgenommen. Hier werden insbesondere neue Schnittstellen realisiert, die Erstellung von Touren aus Standard EDI Nachrichten realisiert sowie ein Konzept zur Berücksichtigung von Bosch unbekanntem Hubumschlägen erstellt und realisiert.
- Die prototypischen Komponenten aus ProveIT werden einem umfassenden Refactoring unterzogen. Es werden systematische Tests, eine systematische Dokumentation sowie ein umfassendes Qualitätsmanagement eingeführt. Security, Skalierbarkeit, Performance und Versionskompatibilität werden sichergestellt.
- Die Inbetriebnahme der Lösung durch ein Operations-Team des Auftraggebers und gemeinsame Testreihen mit Anwendern des Auftraggebers werden durch das FZI begleitet. Basierend auf den Erfahrungen werden iterative Verbesserungen der Lösung und schrittweise, featurebasierte Erweiterungen der Lösung angestrebt.

Mit dieser Kooperation konnte das im Verwertungsplan des FZI verankerte Ziel, die prototypischen Implementierungen den beteiligten Partnern zur Verfügung zu stellen, um zukünftige Produkte zu entwickeln, erreicht werden. Dem FZI bietet sich dadurch nicht nur die Chance, die entwickelten Prototypen für Bosch als Dienstleistung zur Produktreife zu bringen, sondern darüber hinaus wertvolle Erfahrungen beim Ausrollen der Lösung in anderen Geschäftsbereichen von Bosch sowie in anderen Weltregionen (z.B. Indien und China) zu sammeln. Das erweitert die Wissensbasis für Beratungsprojekte im Auftrag anderer Industriekunden und für zukünftige Forschungsvorhaben im Bereich „flächendeckender und Unternehmens-übergreifender Supply Chain Event Management Systeme“ (siehe Verwertungsplan FZI) erheblich. Solche Echtzeitsteuerungssysteme sind eine der aktuellen Herausforderungen für Praxis und Forschung gleichermaßen.

2.7.2 Potentiale von ProveIT bei den Industriepartnern

Ganzheitlich betrachtet bietet ProveIT verschiedene wirtschaftliche und technische Vorteile von denen Unternehmen nach einer erfolgreichen Implementierung profitieren können. Diese Vorteile resultieren aus den Potentialen welche ProveIT durch unterschiedliche Funktionen mit sich bringt. Im Nachfolgenden sollen diese Potentiale genauer betrachtet und erläutert werden, so dass der Nutzen einer Implementierung deutlich dargelegt werden kann.

2.7.2.1 Tracking and Tracing des Transportprozesses RB

„Track & Trace“ bedeutet die inner- und außerbetriebliche Sendungsverfolgung von Ladeeinheiten. Dabei bezeichnet Tracking den aktuellen Standort und Status der Ware, während Tracing alle einzelnen Informationen zusammenfügt und somit längerfristige Entwicklungen deutlich macht.¹ Dadurch wird, falls notwendig, eine nachträgliche Rückverfolgung des Versandprozesses sowie des Herstellungsprozesses ermöglicht. Ziel ist es, jederzeit den Aufenthaltsort der Sendung abrufen zu können, schneller auf Abweichungen reagieren zu können, Transparenz entlang der Supply Chain zu schaffen und langfristig die Transportprozesse der Supply Chain zu stabilisieren.²

ProveIT schafft hierbei neue Möglichkeiten, welche nicht nur Abweichungen von den geplanten Zuständen melden, sondern diese auch mit den aktuellen Bedarfs- und Bestandsinformationen verknüpfen. Diese Vorteile und die Fähigkeit Transportprozesse detailliert und in Echtzeit zu verfolgen stellt eine für die Industriepartner relevante Einsatzmöglichkeit des Systems dar.

Bereits in den ersten Feldversuchen konnten Einsparungspotentiale herausgearbeitet werden, die als Basis für einen unternehmensübergreifenden Einsatz von ProveIT herangezogen werden können. Diese Einsparungspotentiale liegen allerdings nicht nur im Bereich von Kostensenkungen und Effizienzsteigerungen, sondern betreffen vor allem auch Energieeinsparungen, wodurch CO₂-Emissionen deutlich verringert werden können. In Zeiten des Klimawandels wird der zuvor erläuterte Aspekt zunehmend an Bedeutung gewinnen. Dank ProveIT kann demnach nicht nur eine effizientere, sondern auch eine nachhaltigere Logistikkette gestaltet werden, welche den CO₂-Ausstoß und die damit verbundene Umweltbelastung verringert. Dies ist ein erster Schritt in Richtung „Green Logistics“, welche die ganzheitliche Umwandlung von logistischen Strukturen und Prozessen zur Schaffung umweltgerechter und ressourceneffizienter Logistikprozesse bezeichnet. Ziel dabei ist es, ein Gleichgewicht zwischen ökonomischer und ökologischer Effizienz zu erreichen, wodurch ein nachhaltig hoher Unternehmenswert geschaffen wird.

2.7.2.2 Tracking & Tracing bei der ZF Friedrichshafen AG

Im ZF-Werk in Friedrichshafen wurden das Tracking und die Zustandserfassung der transportierten Ware auf den Innentransport ausgedehnt und erweitert. Hierfür wurde ein repräsentativer, geschlossener Warenkreislauf ausgewählt und mit auf Bluetooth Low Energy (BLE) basierten Tags ausgerüstet. Diese Tags erfassen den Warenzustand während des Transports bzgl. Schock und Temperatur. Das Tracking erfolgt an definierten Waren-Übergabepunkten (Auslieferung, Transport im LKW, Wareneingang) durch Lesegeräte.

Durch eine Schnittstelle zum Auftragsmanagement konnten die erfassten Daten mit dem Materialfluss im Warenwirtschaftssystem verifiziert werden:

- Es konnte eine hundertprozentige Erfassungsquote an allen Übergabepunkten nachgewiesen werden.
- Das Tracking wurde deutlich feingranularer und aktueller im Vergleich zum manuellen Scan-Vorgang.
- Kosteneinsparung/Qualitätssteigerung durch Wegfall des manuellen Scan-Vorgangs.

¹ Vgl. <http://www.spedition-transporte.de/logistik-glossar/tracking-and-tracing.html> (6.10.16)

² Vgl. <http://www.logistik-info.net/aktuelle-themen/tracking-and-tracing/> (6.10.16)

AP7: Transfer, Umsetzung und Übertragbarkeit

- Erfassung des Ladezustands beim Transport bzgl. Schock und Temperatur mit anschließender Übermittlung ins Warenwirtschaftssystem.

Durch die automatische Datenerfassung ergeben sich gegenüber einer manuellen Erfassung (z.B. Scannen) folgende Vorteile:

- Nahezu keine Latenz
- Erfassung des kompletten Transportvorgangs möglich
- Vermeiden von manuellen Prozessschritten und damit verbundenen Fehlerquellen

Die erfassten Daten werden in einer Cloud-Plattform gespeichert und können über eine Schnittstelle ausgelesen werden. Dadurch ist es möglich diese Daten für ein nachgelagertes Störungs- und Abweichungsmanagement zu nutzen. Dies wurde auf Grund technischem Aufwand nicht realisiert. So kann auch die Qualität des Störungs- und Abweichungsmanagement verbessert werden.

2.7.2.3 Eskalationsstufenbezogenes Abweichungsmanagement

Entlang der Lieferkette sind Planabweichungen, welche sowohl durch Verkehrsaufkommen, als auch durch technische Störungen und menschliche Eingriffe verursacht werden, oft schwer vermeidbar. Zur Bewältigung dieser Problematik liegt beiden Industriepartnern bislang noch kein standardisierter Reaktionsprozess vor.

Ohne ein eskalationsbezogenes Abweichungsmanagement erfährt der zuständige Mitarbeiter von einer Störung im Transportprozess erst sehr spät und hat nur einen geringen Zeitraum zur Verfügung, um auf diese Abweichung reagieren zu können. Dies hat zur Folge, dass eventuell nicht mehr rechtzeitig in den Prozess eingegriffen werden kann, oder eine falsche, zu diesem Zeitpunkt nicht (mehr) notwendige Entscheidung getroffen wird, die die nachgelagerten Prozessschritte direkt beeinflusst.

Das im ProvelIT-Projekt entwickelte und auf Eskalationsstufen bezogene Abweichungsmanagement besitzt hierbei Potentiale den Transportprozess transparenter und stabiler zu gestalten. Dessen Grundlage bildet die ProvelIT-App, welche die Basisdaten erfasst. Zur Erfassung der Basisdaten sind die in Abb. 50 dargestellten im Projektverlauf definierten Actionpoints nötig.

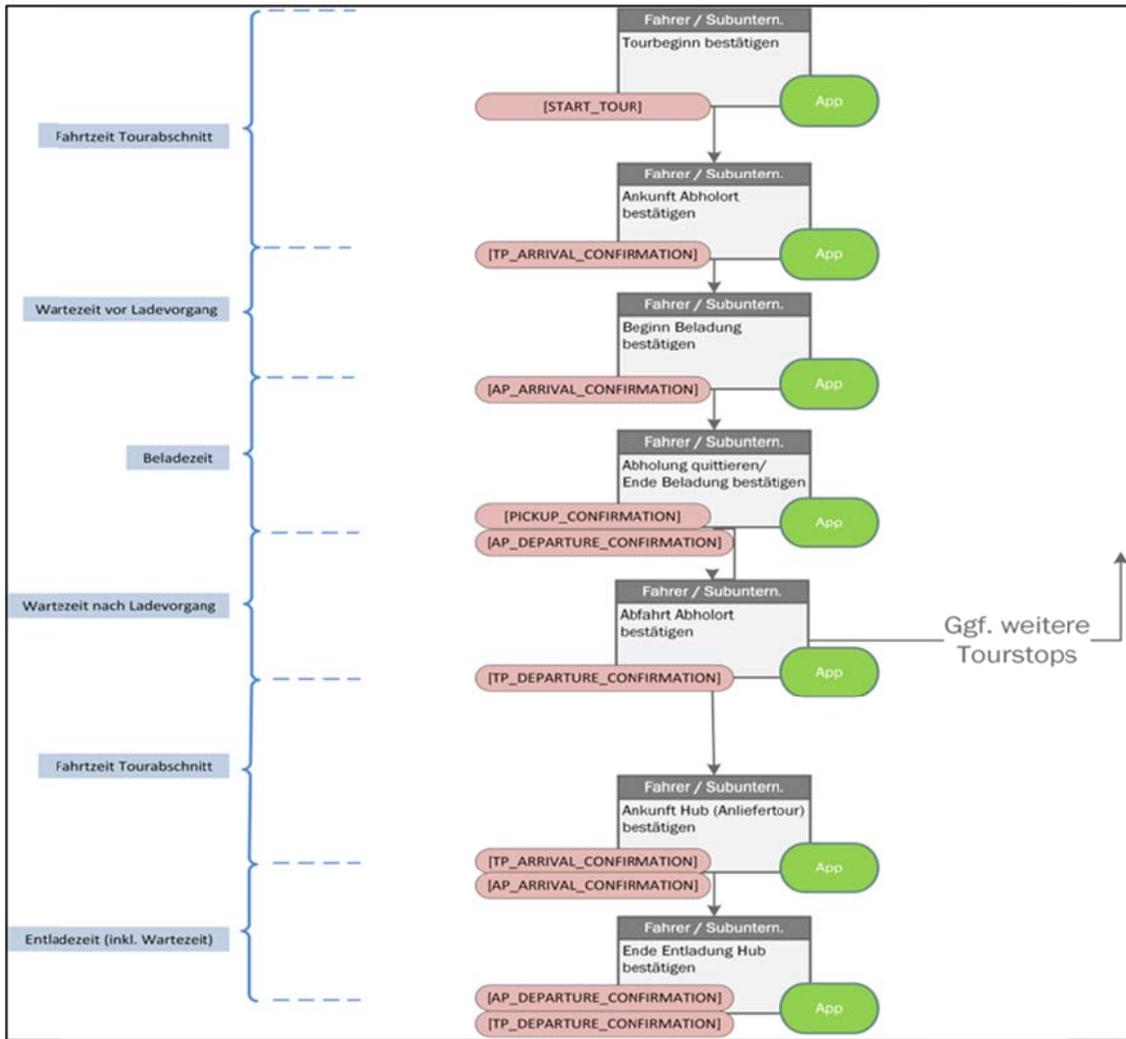


Abbildung 50: "Action Points"

Die Erfassung an den in Abbildung II beschriebenen Actionpoints ermöglicht einen Abgleich von Ist-Daten mit vorgegebenen Soll-Daten, welche aus der ProveIT Plattform zum Vergleich herangezogen werden, um Abweichungen umgehend zu erkennen und eine optimale Reaktion auf diese zu generieren. Hierfür gliedert das Eskalationsstufenmodell des ProveIT-Abweichungsmanagement mögliche Störungsreaktionen in fünf Ebenen. Die Reichweite der Eskalationsstufen, welche in Abb. III beschrieben sind, beginnt von einer simplen Umplanung der Tour auf der untersten Ebene und führt im kritischsten Fall zu einer Änderung des Produktionsplans bzw. des Nivellierungsmusters auf der Produktionsebene.

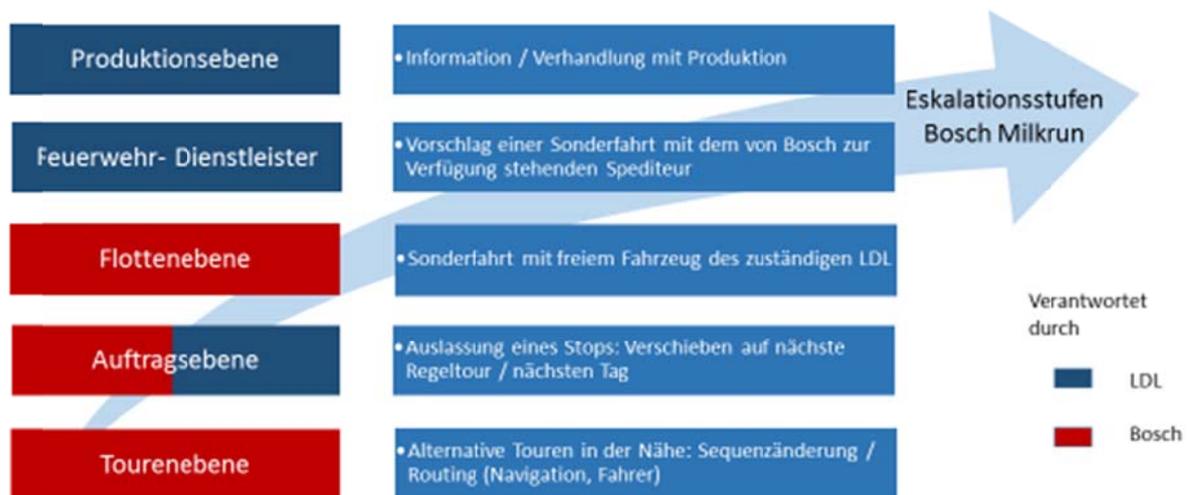


Abbildung 51: Eskalationsstufen im Abweichungsmanagement

Eine Implementierung der Dienste könnte den Industriepartnern zu signifikanten finanziellen Einsparungen verhelfen, da kostenintensive Reaktionsmaßnahmen (wie z.B. Sonderfahrten) nur unternommen werden, wenn die aktuellen Produktionspläne und Restbestände dies zwingend erfordern. Durch die Einführung eines im Hintergrund laufenden und automatisierten Abweichungsmanagements verschiebt sich der Aufgabenbereich der Disponenten von „Troubleshooting“ hin zu gezielt qualitätssteigernden und systemverbessernden Aufgaben. Dadurch kann seine physische und psychische Belastung reduziert werden, worauf im Kapitel 2.5.2. noch weiter eingegangen wird.

2.7.2.4 *Physische und psychische Belastungsreduzierung der Disponenten*

Grundlegend ist eine steigende Belastung der Disponenten im Arbeitsablauf zu erkennen. Gründe dafür können Frachtengpässe, schlechte Koordination oder generelle Arbeitsüberforderung durch sinkende Fehlertoleranz sein. Darüber hinaus müssen sie bestimmte Kennzahlen nicht nur kennen, sondern auch auf Transporte anwenden können um diese flexibel zu steuern. Durch die Nutzung einer automatisierten App wie ProvelT können Disponenten unterstützt werden und somit zeitaufwendige, manuelle Tätigkeiten verringern und den Fokus auf wesentlichere Aufgaben legen. Weiterhin könnte durch die Implementierung von ProvelT in die Transportprozesse eine Reduzierung des Leistungsdrucks auf die am Prozess beteiligten Mitarbeiter erzielt werden. Der zuständige Transportmaterialdisponent sieht sich heute in der Verantwortung, auf Basis einer undurchsichtigen Datenbasis Entscheidungen zu treffen, die weitreichende Folgen hervorrufen können und für die er sich anschließend verantworten muss. Diesem Zustand kann die durch ProvelT geschaffene Transparenz und Übersichtlichkeit entgegenwirken und folglich einen Zeitgewinn sowie psychische Entlastung für den Mitarbeiter herbeiführen und

so zu einer effizienteren Arbeitsweise, sowie einer gesteigerten Mitarbeiterzufriedenheit beitragen. Diese Einsparungen an Arbeitsaufwand bei Störungen in der Supply Chain, sowie die Reduzierung der psychischen Belastung der am Transportprozess beteiligten Entscheidungsträger gehören für die Industriepartner zu den wichtigsten Potentialen zur Weiterverwertung des ProvelT-Verfahrens.

2.7.2.5 *Potentiale Netzwerkplanung*

1) **Strategische Netzwerkplanung**

Die strategische Netzwerkplanung wurde durchgeführt, um die bereits transportierten Sendungen ausgewählter Lieferanten für den Standort Friedrichshafen im vergangenen halben Jahr per Simulation (LOCOM Logistics Designer) zu untersuchen. Im Mittelpunkt stand dabei die Transportfrequenz. War die Häufigkeit der Transporte pro Lieferant transportkostenoptimal oder gibt es noch offene Potentiale durch eine Anpassung der Transportfrequenz? Mit der von der Fa. Geis zur Verfügung gestellten marktüblichen Frachttariftablette ergibt sich für dieses halbe Jahr und für ca. 60 ausgewählte Lieferanten ein Einsparungspotential von -48,9% bei den Frachtkosten. Dieses Potential berücksichtigt keine konträren Kosten wie z.B. erhöhte Kapitalbindungskosten oder erhöhter Flächenbedarf sondern zeigt ausschließlich das Potential der Frachtkosten. Aufgrund des großen Potentials wurde dieselbe Simulation auf alle Lieferanten (Incoterm FCA) des Standorts Friedrichshafen der ZF Friedrichshafen AG ausgeweitet. Auch hier ergibt sich noch ein Potential von -31,2%. Alle Transporte wurden wie in der IST-Situation als Stückgut abgerechnet. Bei der Bewertung der Kosten muss aus Sicht der ZF Friedrichshafen AG berücksichtigt werden, dass die marktübliche Frachttariftablette der Fa. Geis nicht den real existierenden, vereinbarten Frachttarifen entspricht. Deshalb sind die realen Potentiale geringer, aber sie sind vorhanden und Grundlage für weitergehende, detaillierte Untersuchungen der Anlieferfrequenz am Standort Friedrichshafen.

2) **Taktische Netzwerkplanung**

Auch mit der taktischen Netzwerkplanung wurde das vorhandene Frachtkonzept der ZF Friedrichshafen AG auf seine Wirtschaftlichkeit für den Standort Friedrichshafen überprüft. Hierbei wurde für alle Lieferrelationen bezogen auf Liefertermin und Liefermenge mit der LOCOM Supply Chain Suite untersucht, ob die derzeitigen Transportparameter (Frequenz, Transporttag, Transportart) noch optimal sind. Im analysierten Zeitraum (Drei Monate in der Zukunft) konnte per Simulation gezeigt werden, dass durch die Änderung der Frequenz und die Anpassung der Transportart insgesamt **-49,9%** an Frachtkosten eingespart werden könnten. Steigende Kapitalbindungskosten, erhöhter Flächenbedarf oder andere konträre Kosten sind hier nicht berücksichtigt. Auch die Transporte dieser taktischen Netzwerkplanung wurden mit der marktüblichen Frachttariftablette der Fa. Geis bewertet.

Außerdem zeigt die Simulation, dass andere Transportarten für ausgewählte Lieferanten kostenoptimaler sind. Im Vergleich zur heutigen Situation, in der die Sendungen der betrachteten Lieferanten alle als Stückgutverkehre abgerechnet werden, ergeben sich aus der Simulation für 43% der Lieferanten eine geänderte Transportart.

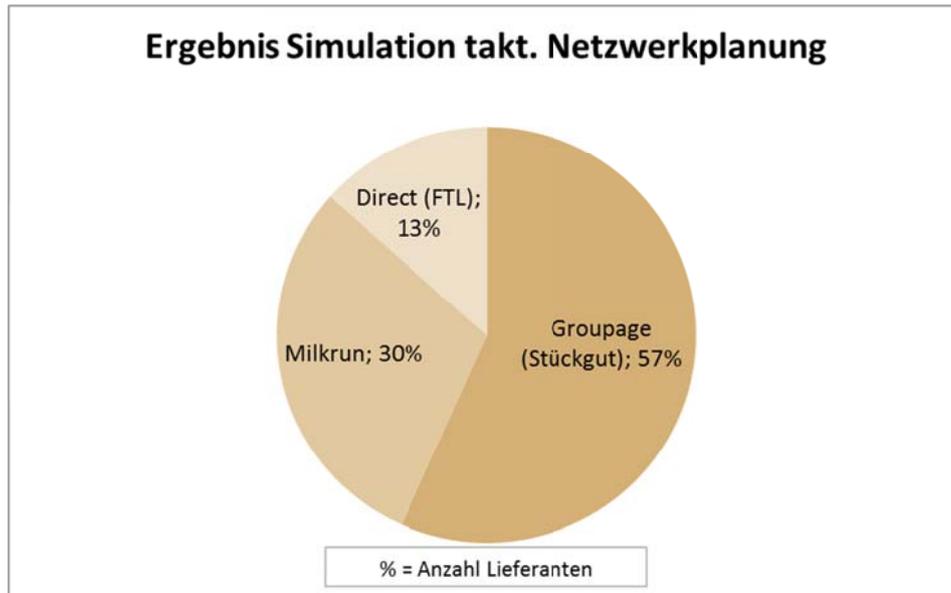


Abbildung 52: Ergebnis der taktischen Netzwerkplanung

Für 13% würde sich ein Direkttransport (FTL = Full Truck Load) lohnen und weitere 30% sind in insgesamt vier verschiedenen Milkrun-Touren, die einmal pro Woche durchgeführt werden, enthalten.

Insgesamt zeigt die taktische Netzwerkplanung Potentiale, um die bestehenden Frachtkonzepte zu überdenken und eventuell neue Transportkonzepte mit Speditionen zu verhandeln / vereinbaren, wohlwissend dass sich die angewandten Frachttarife von den realen Frachttarifen der ZF Friedrichshafen AG unterscheiden.

3) Operative Netzwerkplanung

Bei der operativen Netzwerkplanung wurde untersucht, ob auf der Tagesscheibe in Abhängigkeit der Toleranzen (Dispomerkmal) noch Bündelungseffekte bei der Transportplanung existieren. Für die Lieferanten gibt es materialabhängig die Möglichkeit, nicht am von ZF eingeteilten Lieferdatum anzuliefern, sondern um + / - 1 Tag verschoben. Trotzdem erhalten die Lieferanten in diesen Fällen eine hundertprozentige Liefertreue. Die Ausnutzung dieses Toleranzfensters wurde mit der vorhandenen Datenbasis ausgehend von der IST-Situation bei der ZF Friedrichshafen AG simulativ mit der LOCOM Supply Chain Suite überprüft. Im Vergleich zur IST-Situation zeigen sich auch bei der operativen Netzwerkplanung Potentiale in Höhe von -13,8% (bis zu -22%, wenn lieferantenübergreifend gebündelt wird) bei den Transportkosten. Wie groß diese Potentiale basierend auf einer vorgelagerten strategischen oder taktischen Netzwerkplanung sind, müsste noch analysiert werden. Da die Potentiale der operativen Netzwerkplanung aber nicht so groß sind wie bei einer strategischen oder taktischen Netzwerkplanung, muss der Aufwand / Nutzen für eine operative Netzwerkplanung noch bewertet werden.

4) Erkenntnisse aus der Netzwerkplanung

- Im Vergleich aller durchgeführten Simulationsstudien zur Netzwerkplanung zeigt sich, dass die Optimierung der Transportfrequenzen sowie der Transportart ein größeres Potential beinhaltet als die Ausnutzung der Toleranzfenster.

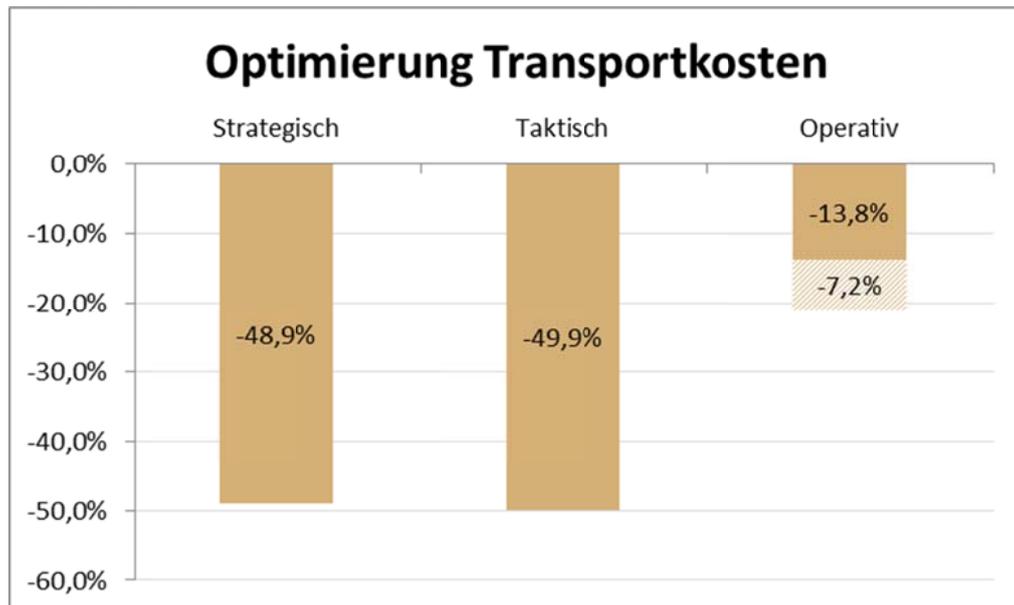


Abbildung 53: Optimierung der Transportkosten

- Die Einsparpotentiale bei den Transportkosten aus der strategischen bzw. aus der taktischen Netzwerkplanung sind ähnlich. Das ist darauf zurückzuführen, dass sich das Transportvolumen in den betrachteten Zeiträumen (6 Monate in die Vergangenheit vs. 3 Monate in die Zukunft) nicht gravierend verändert hat. Es ist anzunehmen, dass sich das etwas höhere Potential bei der taktischen Netzwerkplanung aus der zusätzlichen Optimierung der Transportart ergibt. Alle durchgeführten Simulationen basieren auf der gleichen Ausgangssituation (IST-Situation ZF Friedrichshafen AG am Standort Friedrichshafen), wurden mit der gleichen Frachttariftable bewertet und betrachten keine konträren Kosten oder Bedingungen wie z.B. erhöhte Kapitalbindungskosten, Kapazitäten des Wareneingangs oder Flächenbedarfe.
- Sollte eine operative Netzwerkplanung auf einer strategischen / taktischen Netzwerkplanung aufbauen, so wird vermutet, dass die Potentiale in der operativen Netzwerkplanung nur noch sehr gering ausfallen, da sich das Optimierungsvolumen durch die Frachtbündelung aus der vorgelagerten Netzwerkplanung deutlich verkleinert hat.

2.7.2.6 Potentiale von ProvelT – Zusammenfassung

Die Implementierung der ProvelT-Plattform in Verbindung mit der dazugehörigen App bietet einige Vorteile für Unternehmen. Durch die Nutzung der ProvelT-Dienste können Reaktionen auf Abweichungen frühzeitig gewährleistet werden. Die Verknüpfung von Echtzeitdaten mit allen anderen relevanten Informationen des Transportes und der Produktion ermöglichen eine effiziente, vernetzte Logistik. Dank der dadurch entstehenden durchgängigen

AP7: Transfer, Umsetzung und Übertragbarkeit

Transparenz entlang der gesamten Lieferkette kann der Ressourceneinsatz optimiert und eine Stabilisierung der Prozesse gesichert werden.

Denn viele Unternehmen sehen sich mit Problemen und Ungewissheiten im Transportprozess konfrontiert. Beispielsweise ist nicht bekannt, wo sich die Ware aktuell befindet oder wann sie im Wareneingang eintreffen wird. Meist findet dabei ein lückenhafter und somit unzuverlässiger Datenaustausch statt. Durch die Implementierung von ProvelT wird ein ganzheitlicher Ansatz zur Optimierung von Transportprozessen geschaffen, der eine solche Blackbox eliminiert. Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht die Ungewissheiten, die bei der aktuellen Situation des Transportprozesses vorherrschen.

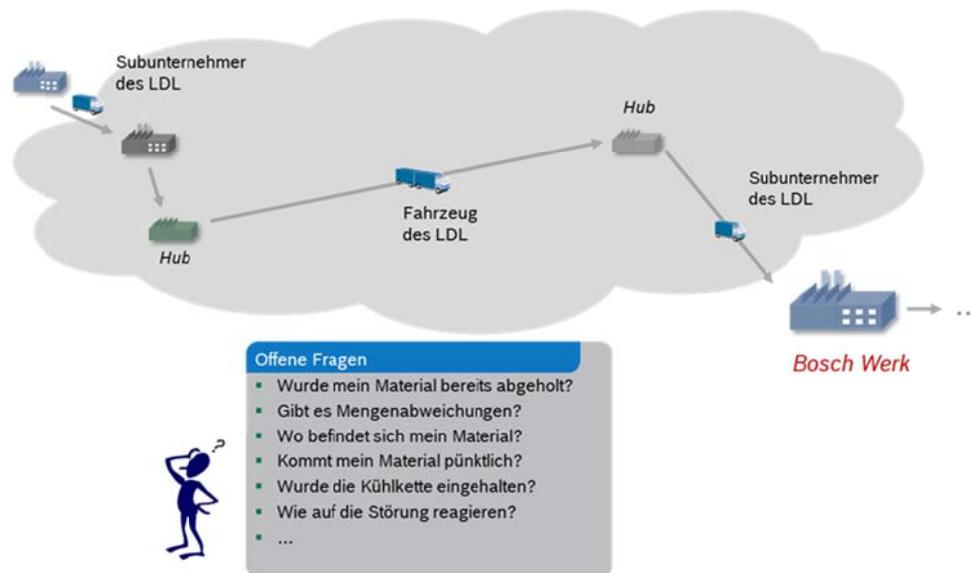


Abbildung 54: Blackbox Transportprozess

ProvelT macht die Blackbox in Form von offenen Fragen während des Transportprozesses sichtbar und trägt so zu einer transparenten und stabilisierten Supply Chain bei. Durch die Verwendung der App werden Daten und Informationen in ein ganzheitliches System integriert und tragen so zu einer Connected Supply Chain bei. Mithilfe dieser Echtzeitdaten und dem integrierten Abweichungsmanagement kann eine Steigerung der Prozessstabilität erzielt werden. Abbildung VI zeigt die Hauptvorteile eines homogenen Systems entlang der Supply Chain.

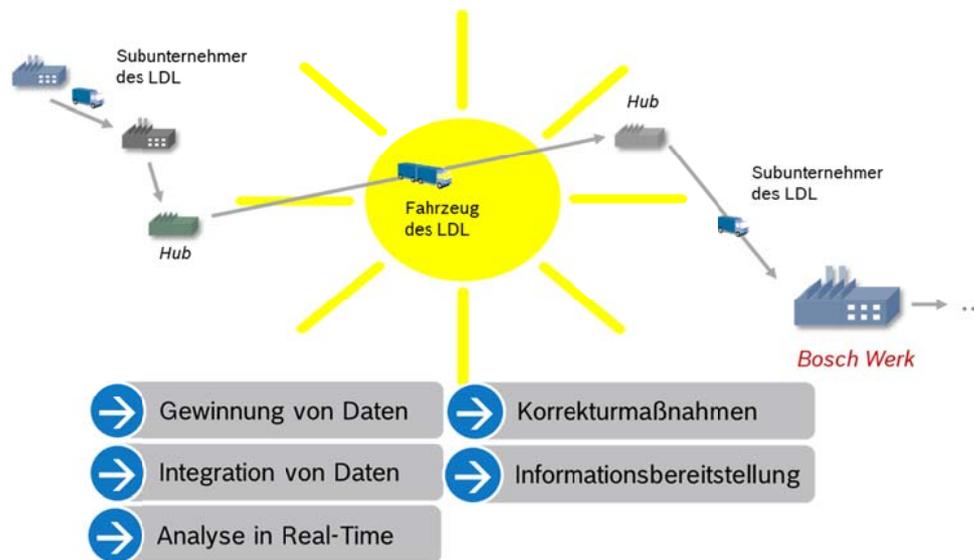


Abbildung 55: Sollzustand Transportprozess

2.7.3 Verwertungsplan der Industriepartner

2.7.3.1 Voraussetzungen für eine Verwertung

Um die Verwertungspläne der Industriepartner im passenden Rahmen zu betrachten, ist es notwendig, die Voraussetzungen festzustellen, die für eine komplette Integration von ProvelT bei den jeweiligen Unternehmen erfüllt werden müssen. Die folgenden Voraussetzungen werden von der Robert Bosch GmbH bzw. der ZF Friedrichshafen AG als erforderlich genannt, um ProvelT in bereits implementierte Transportprozesse zu integrieren:

- Zur Überführung incl. Weiterentwicklung von ProvelT ist eine Anpassung des Dashboards auf Kunden und Lieferanten Spezifika durchzuführen.
- Die zukünftigen Plattform Partner von ProvelT müssen gewillt sein, eine bilaterale Schnittstelle einzurichten. Dies ist Voraussetzung für die Rücksendung von Informationen (Datenaustausch, Lieferplaninfos etc. an die ERP Systeme).
- Die Lieferanten der Empfangswerke müssen über einen Webzugang an die Plattform angebunden werden, da hierdurch die Bestätigung der Transporte erfolgt.
- Es müssen Schnittstellen zwischen den Partnern und der Plattform eingerichtet werden bevorzugt (EDI/ Web EDI Standard)
- Die Verteilung der ProvelT Applikation muss sichergestellt werden, dass Speditionen und Subunternehmer dieses weltweit downloaden können.

2.7.3.2 Verwertung bei der RB GmbH

Die Robert Bosch GmbH hat sich das Ziel gesetzt die positiven Ergebnisse des Forschungsprojektes, als Basis zu nutzen, um diese weiter zu verfolgen bzw. weiter zu entwickeln. Hierbei legt das Unternehmen den Fokus auf die im Forschungsprojekt entwickelte Applikation, zum Erfassen von relevanten Actionpoints entlang der Supply Chain. Hierzu wurde im Anschluss an das Forschungsprojekt eine strategische Partnerschaft zwischen dem Forschungszentrum für Informatik (FZI) und der Robert Bosch GmbH

geschlossen. Der Fokus liegt auf der Weiterentwicklung und Integration der Applikation incl. Backend in die IT Systeme der Robert Bosch GmbH.

Ziel ist es die Applikation in das Bosch Transport Management System (TMS) zu integrieren.

2.7.3.3 Verwertung bei der ZF Friedrichshafen AG (ZF)

Abgeleitet aus den Ergebnissen der Netzwerkplanung stellt sich die Frage, welche Erkenntnisse in die industrielle Praxis der ZF Friedrichshafen AG übernommen werden können und bereits wurden. Hierbei sind drei wesentliche Punkte zu benennen:

- Die Nutzung der strategischen Netzwerkplanung, als regelmäßig wiederkehrende Aktivität, wurde angestoßen und im Rahmen eines konzernweiten Projektes verwendet. Im Rahmen dieses Projektes werden nun detaillierte Analysen auf Lieferantenebene in Bezug auf Beschaffungsverfahren und definierte Abholtagel (Beachtung Kapazität Wareneingang) durchgeführt. Des Weiteren wird untersucht, wie eine mögliche Erhöhung der Kapitalbindungskosten vermieden werden kann. Hierzu werden diverse Konsignationsprojekte angestoßen.
- Neben der laufenden Überwachung der Prozesse haben die BLE-Tags ihren Mehrwert bei der Analyse von Prozessen und die Ableitung von Handlungspotentialen bewiesen. Diese BLE-Tags werden intensiver für die Materialflussoptimierung auf dem Werksgelände (aufgrund geschlossener Kreisläufe) herangezogen. Desweiteren ist es für den Transport, auf Grund der Automatisierung, in ausgewählten Kreisläufen einzuführen.
- Es wurde ein Projekt gestartet, welches die Zielsetzung verfolgt, dass der jeweilige Disponent stärker die Balance zwischen Bestands- und Frachtkostenoptimierung berücksichtigt. Konkret heißt das, dass aufgrund einer Gesamtkostenbetrachtung mögliche Lieferrelationen je Lieferant identifiziert wurden und dort die Transportfrequenz bereits basierend auf den Erkenntnissen der Netzwerkplanung angepasst wurden. Detaillierte Ergebnisse aus diesen Umstellungen werden im Frühjahr 2017 zur Verfügung stehen.

2.7.3.4 Chancen und Risiken einer Verwertung

Die beschriebenen Pläne der Industriepartner zeugen davon, dass eine Weiterverwertung der im ProvelT-Projekt gewonnenen Erkenntnisse/Ergebnisse große Chancen für die Unternehmen bietet. Eine Anwendung von ProvelT auf alle Logistikprozesse wird eine transparente und beruhigte Supply Chain ermöglichen. Durch die Fähigkeit, notwendige Eingriffe zum richtigen Zeitpunkt zu treffen, können erhebliche Kostenreduzierungen geschaffen werden, die Prozessstabilität erhöht, und die Mitarbeiterzufriedenheit gefördert werden. Diese Eigenschaften haben das Potential, ein Alleinstellungsmerkmal für den jeweiligen Industriepartner zu schaffen. Zudem stellt das ProvelT-Konzept einen wichtigen Schritt im Übergang der beiden Unternehmen in die Industrie 4.0 dar. Ferner können die ProvelT-Dienste, eingesetzt bei der Robert Bosch GmbH, zukünftig als Datensammler der Connected Supply Chain Plattform dienen. Somit wird eine Lösung geschaffen, die auf das ganzheitliche Ziel der Connected Supply Chain ausgerichtet und zukunftsorientiert ist. Diese kann sowohl externe als auch interne Transportprozesse optimieren und zukünftig als Benchmark fungieren.

Eine Weiterverwertung von ProvelT bei den Industriepartnern erfordert jedoch auch die Betrachtung von Risiken, die eine Implementierung mit sich bringt. Ein wichtiger Faktor ist hier von zeitlicher Natur. Es ist zu erwarten, dass sich eine ganzheitliche Implementierung des Systems als sehr zeitintensiv gestalten und erhebliche technische, sowie organisatorische Herausforderungen mit sich bringen wird. Zudem besteht eine starke Abhängigkeit der Industriepartner von weiteren Partnern. Diese sind zum einen die Lieferanten, bei welchen eine hohe Verlässlichkeit, sowie die Bereitschaft, sich in die Systemprozesse einzugliedern, erforderlich sind. Zudem ist die technische Verfügbarkeit des ProvelT-Systems an mehrere Partner gekoppelt, was ebenfalls das Fehlerrisiko steigert.

2.7.4 Expertise

Die während des ProvelT-Projektes durchgeführten Feldversuche gaben Auskunft über die Verbesserungspotentiale und Implementierungsmöglichkeiten, die die ProvelT Plattform in der Inbound Logistik der Automotive-Branche bietet. Eines der zentralen Ziele des AP7 beinhaltet jedoch, die durch die Entwicklung der ProvelT Plattform geschaffene Expertise in weiteren Geschäftsbereichen der Industriepartner, sowie externen Industriezweigen anzuwenden. Der folgende Abschnitt liefert Ausblicke, in welchen Bereichen seitens der Robert Bosch GmbH bzw. ZF Friedrichshafen AG Übertragungspotentiale gesehen werden.

2.7.4.1 Übertragungspotential aus Sicht der Robert Bosch GmbH

Der Geschäftsbereich Thermotechnik (TT) der Robert Bosch GmbH liefert ein anschauliches Beispiel, auf welche Art und Weise die ProvelT Dienste sowohl außerhalb der Automobilbranche, als auch der Inbound-Logistik angewendet werden können. Ein Bauunternehmen beauftragt Buderus, eine Tochterfirma der Robert Bosch GmbH im Geschäftsbereich TT, für die Lieferung eines Heizkessels. Da nachgelagerte Prozesse einen Heizungsanschluss erfordern, ist eine pünktliche Lieferung und Montage innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters zwingend notwendig. Mithilfe der ProvelT-Dienste wird der aktuelle Zustand des Transportprozess detailliert verfolgt, und im Verzögerungsfall eine Benachrichtigung an den Kunden gesendet, sodass dieser angemessen reagieren kann. Der beschriebene Anwendungsfall belegt, dass die ProvelT-Dienste mit einem hohen Flexibilitätsgrad gestaltet wurden und in vielfältigen Industriezweigen angewandt werden können. Durch die Fähigkeit, Störungen und Defekte rechtzeitig zu erkennen und wirtschaftlich sinnvoll auf diese zu reagieren, kann die Robert Bosch GmbH konzernweit von Kosteneinsparungen und erhöhter Kundenbindung profitieren. Folglich ist seitens der Bosch Projektpartner eine zukünftige Zusammenarbeit mit verschiedenen Geschäftsbereichen geplant, welche weitere Pilotstufen der Anwendung von ProvelT umfassen wird.

2.7.4.2 Übertragungspotentiale aus Sicht der ZF Friedrichshafen AG

Die ZF Friedrichshafen AG könnte im Bereich der Inbound-Logistik mit geschlossenen Behälterkreisläufen zwischen externem Lieferant und ZF durch die BLE-Tags und Openmatics (Telematik-Plattform von ZF) den Transport einer Ware komplett auf die Einflüssen von Beladung über Transport bis hin zum Wareneingang auf definierte Events überwachen. Zusätzlich zur erhöhten Transparenz durch Tracking, kann mit den BLE-Tag's z.B. bei Überschreiten von definierten Schockgrenzen (Erschütterungen) bei empfindlichen

AP7: Transfer, Umsetzung und Übertragbarkeit

Materialnummern diese Information bereits im Wareneingang der QS bereitgestellt werden, um anschließend sofort eine entsprechende Prüfung anzustoßen. Dies bietet den großen Vorteil, dass die Ware vor dem verbauen in der Montage auf Qualitätsprobleme (z.B. Schlagstellen auf Zahnrädern aufgrund Transport) überprüft werden kann und nicht erst bei einem Geräuschlauf des fertig montierten Produkts am Prüfstand.

Ein weiteres denkbare Anwendungsgebiet der BLE-Tag's wäre z.B. im Bereich der Transporte der Lebensmittelindustrie. Hierbei könnten Temperaturen der transportierten Waren überwacht werden und somit mögliche Unterbrechungen einer Kühlkette sofort erfasst werden.

Erweiterung der Netzwerkplanung auf mehrere Standorte der ZF Friedrichshafen AG, um globales Optimum zu finden.

Durch die Akquisition von TRW haben sich die Standorte der ZF Friedrichshafen AG deutlich vermehrt. Es wäre vorstellbar, die Frachtkonzepte aller Standorte in einer Netzwerkplanung zu betrachten, um daraus geeignete Maßnahmen abzuleiten. Damit liegt der Fokus der Optimierung nicht mehr nur auf einem Standort sondern auf dem gesamten Transportnetzwerk der ZF in bestimmten Regionen.

3. Ergebnisverbreitung

3.1 Projektlogo und Projektwebsite

Im Zuge der Öffentlichkeitsarbeit wurden ein Projektlogo (siehe Abbildung 56) entworfen sowie eine Homepage eingerichtet, die über die Adresse www.prove-it.org zu erreichen ist. Der Vorschlag des Logos wurde von der Firma Locom entworfen und im Konsortium abgestimmt.

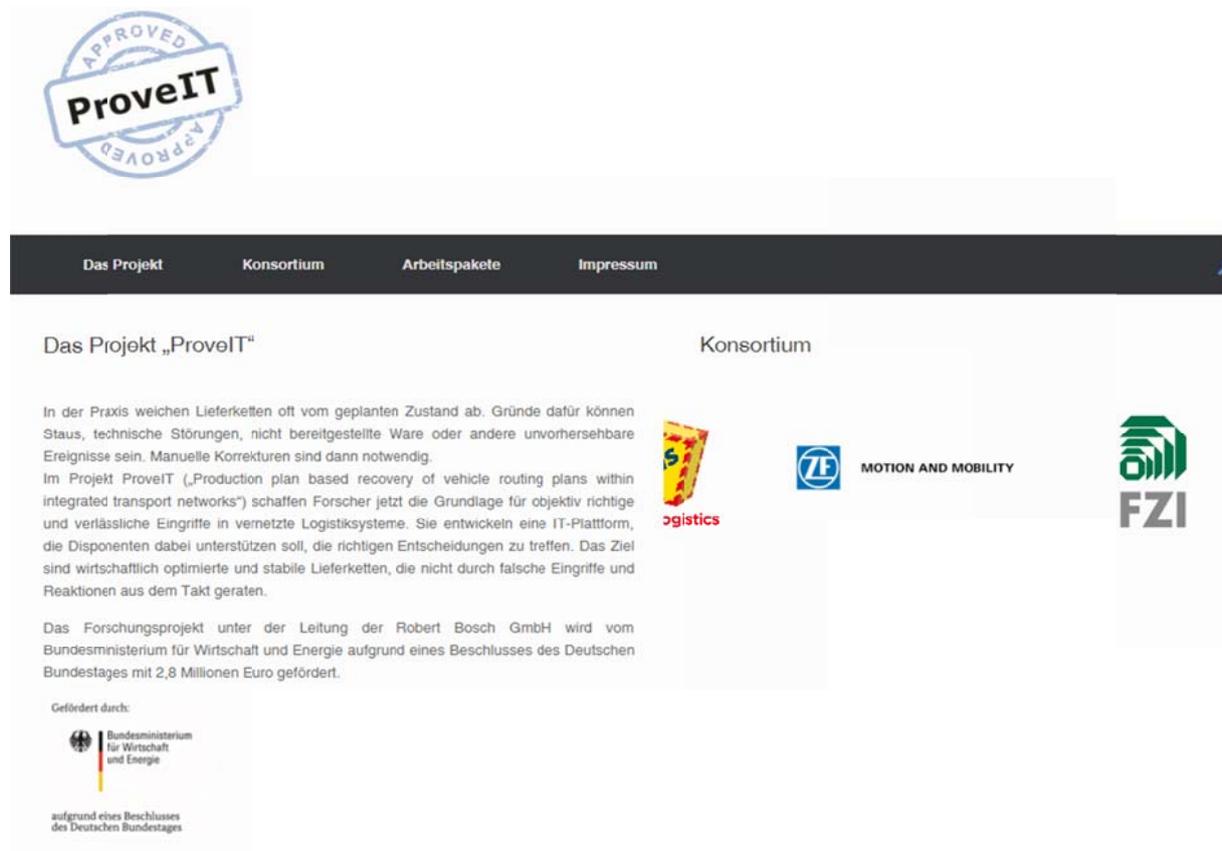


Abbildung 56: Screenshot der ProveIT Website mit Logo

3.2 Veröffentlichungen und Präsentationen

Zu Beginn des Projektes wurde eine Homepage eingerichtet, um Außenstehenden einen Einblick in die Projektarbeit zu ermöglichen. Auf www.prove-it.org sind Ziele, Arbeitspakete und Partner des Projekts beschrieben. Weiterhin finden Interessierte auch Daten, um Kontakt mit dem Konsortium aufzunehmen.

Durch die Firma Bosch wurde eine Pressemitteilung mit dem Titel „IT-gestützte Stabilisierung vernetzter Logistiksysteme“ herausgegeben.

Folgende wissenschaftliche Artikel oder Konferenzbeiträge wurden im Rahmen des Projektes veröffentlicht:

- Schygulla, Michael (2015) - PROduction Plan Based Recovery of VEhicle Routing Plans Within Integrated Transport Networks. Commercial Transport. Proceedings of

the 2nd Interdisciplinary Conference on Production Logistics and Traffic 2015.
Herausgeber: Clausen, U., Friedrich, H., Thaller, C., Geiger, C. (Eds.)

- Bauer, Markus (2016) - Logistics 4.0 – Disruption Management in Inbound Networks. Vortrag im Rahmen des FZI Open House.
- Milk Run Design: Definitions, Concepts and Solution Approaches. Anne Meyer, 2015

3.3 Abschlussveranstaltung

Die Abschlussveranstaltung des Verbundprojekts wurde am 23.11.2016 im House of Living Labs des FZI ausgerichtet. Die Grußworte wurden von Herrn Andreas Liessem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gesprochen. In beeindruckendem Umfeld konnten die ca. 70 Teilnehmer aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik sodann die Fachreferate der Projektpartner hören, sowie direkt an verschiedenen Showcases die technischen Entwicklungen aus dem Projekt erleben und diskutieren. Im Anschluss und in der Mittagspause bestand die Möglichkeit, die Labs des FZI zu besuchen.



Gefördert durch:

 Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

23 | 11 | 16

ProveIT

ABSCHLUSSVERANSTALTUNG

FZI House of Living Labs, Karlsruhe

11.⁰⁰ – 18.⁰⁰ Uhr

www.prove-it.org

Abbildung 57: Einladung zur Abschlussveranstaltung (Vorderseite)

Ergebnisverbreitung

START	PROGRAMMPUNKT	REFERENT
10:30	Eintreffen und Kaffee	
11:00	Begrüßung	Hr. Liessem, BMWI
11:10	Vorstellung Digitales Informationszentrum FZI	Hr. Dr. Hellfeld, FZI
11:20	Impulsvortrag Lean in der Transportlogistik	Hr. Prof. Dr. Furrmans, KIT
11:35	Das BMWI Forschungsprojekt ProveIT	Hr. Dr. Bauer, Bosch
11:45	Integrierter Prozess von der strategischen bis zur operativen Planung aus Sicht des Empfängers	Hr. Haberstroh, ZF Fr. Paepcke, LOCOM
12:15	Operativer Pilot und Weiterentwicklung bei der Robert Bosch GmbH	Fr. Jöring, Hr. Bächle, Bosch
12:35	Mittagspause	
13:35	Systemarchitektur, Planungs- und Steuerungswerkzeuge für Logistikdienstleister – Potentiale in der Praxis	Hr. Schygulla, Herr Flohs, PTV
14:05	Störungsmanagement	Fr. Dr. Meyer, FZI
14:35	„Simulative und analytische Untersuchungen“	Hr. Kunert, Hr. Mertin, KIT
14:55	Abschluss und Ausblick	Hr. Dr. Bauer, Bosch
15:05	Ausklang	



Abbildung 58: Einladung zur Abschlussveranstaltung - (Rückseite mit Agenda)



Abbildung 59: Begrüßung durch Herrn Andreas Liessem (BMW)



Abbildung 60: Moderation durch Dr. Markus Bauer (Bosch)

4. Zusammenfassung und Ausblick

Das Projekt ist der Frage nachgegangen, wie die Beherrschung von Abweichungen in komplexen Transportnetzwerken durch ein eskalierendes Störungsmanagement und der Stärkung der taktischen Ebene durch vorausschauende Planung und kontinuierliche Verbesserungsprozesse erfolgen kann. Es wurde eine IT-Plattform aufgebaut, die sowohl die Transportplanung und -steuerung als Komponenten für das Abweichungs- und Störungsmanagement abdeckt und auf Grundlage eines entwickelten Prozessmodells miteinander verknüpft. Diese Plattform wurde schließlich in einer Feldversuchsphase ab dem zweiten Projektjahr in realen Situationen eingesetzt und iterativ weiterentwickelt.

Es hat sich gezeigt, dass der entwickelte Ansatz grundsätzlich geeignet ist, die taktische Planung und operative Steuerung zu verbessern und durch die Umsetzung eines kontinuierlichen Verbesserungszyklus auch zu nachhaltigen Lösungen führt. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass der unternehmensübergreifende Ansatz von ProveIT das Bewusstsein für gute Planungs- und Entscheidungsergebnisse aus Gesamtsystemsicht durch die geschaffene Transparenz bei allen Beteiligten fördern kann. Besonders hervorzuheben ist die hohe Nutzerakzeptanz gegenüber den entwickelten Diensten, sowohl als Webanwendungen für Disponenten und Entscheider als auch in Form einer Smartphone-App für den LKW-Fahrer. Bei den beteiligten Praxispartnern werden einige der ProveIT-Komponenten auch über das Projektende hinaus weiterentwickelt und in Zukunft in der Praxis zum Einsatz kommen.

Insgesamt können alle drei beteiligten Akteure im Beschaffungsprozess (Lieferant, Spediteur und Empfänger) durch die Nutzung der aufgezeigten Potentiale ihre Wettbewerbsfähigkeit verbessern und durch die Schaffung von mehr Transparenz bislang verborgene Möglichkeiten der Prozessverbesserung nutzen. Webbasierte Plattformen, wie ProveIT, in Kombination mit effizienten Methoden der Datenerhebung, -verarbeitung und -bereitstellung können als Grundlage für intelligente Verfahren der Entscheidungsunterstützung dienen. Neben der Weiterentwicklung dieser Verfahren, gerade auch in Hinblick auf Entscheidungen unter Unsicherheit, muss in Zukunft aber vor allem an der Nutzbarmachung heterogener und bislang nicht oder nur schwer verfügbar zu machenden Daten in der Praxis gearbeitet werden. An dieser Stelle ließen sich neue Erkenntnisse der Forschung hervorragend mit dem Ansatz von ProveIT verknüpfen und die vorgeschlagenen Komponenten erweitern.