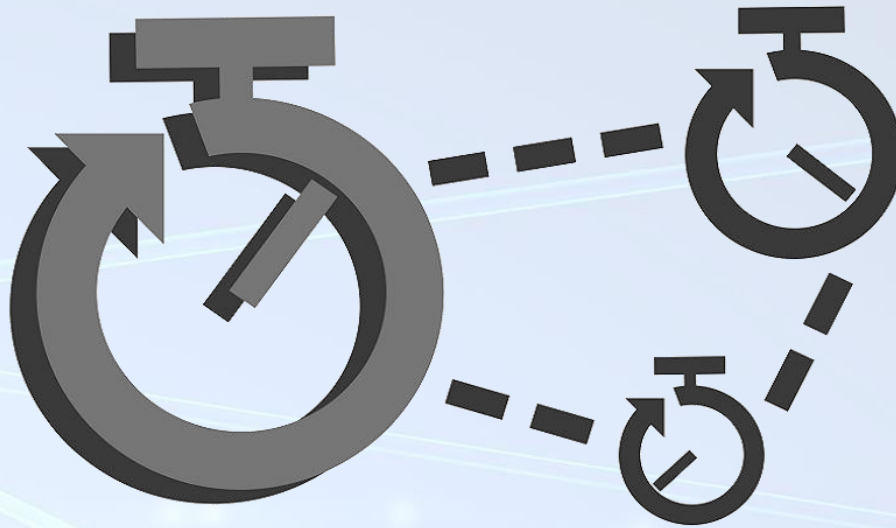




Studie „Echtzeitbasierte Optimierung von Transportnetzen“

Autoren:

Hilmar Heinrichmeyer, Fraunhofer IML

Lars Hackstein, Fraunhofer IML

Florian Flocke, Fraunhofer IML

Markus Zajac, Fraunhofer IML

Sebastian Schuhmann, DB Schenker

Gefördert durch:



Management Summary

Logistik ist eines der größten Innovationsfelder der Digitalisierung. Die Vernetzung von Fahrzeugen und Infrastruktur, von verschiedenen Verkehrsträgern und von Mobilitäts-, Geo- und Wetterdaten wird den Verkehr revolutionieren. Deutschland will hier vorangehen und den Sprung zur Mobilität 4.0 und zum Transport 4.0 aktiv gestalten. Dafür brauchen wir die Innovationskraft und den Ideenreichtum digitaler Vordenker. Das BMVI hat deswegen mit dem mFUND einen Förderfonds für die Entwicklung digitaler Innovationen im Bereich Mobilität und Transport gestartet.

Die Vorstudie „Echtzeitbasierte Optimierung von Transportnetzen“ des Fraunhofer IML und DB Schenker hat im genannten Themenfeld anhand von einzelnen Anwendungsfällen ermittelt, welche Möglichkeiten, Ansätze und Hindernisse heute in den Unternehmen auftreten und darauf aufbauend eine Handlungsempfehlung für Unternehmen für die Digitalisierung und Optimierung von Transportnetzen gegeben. Hierzu haben das Fraunhofer IML und DB Schenker Anwendungsfelder identifiziert und im Austausch mit interessierten Unternehmen die Möglichkeiten und Risiken in diesen Bereichen erarbeitet.

Für den Anwendungsbereich „Tourenplanung und –optimierung in Echtzeit“ sind die Möglichkeiten und Grenzen der dynamischen Touren- und Transportplanung Kern der Betrachtung. Es wurde analysiert, durch welche (externen) Datenquellen und Algorithmen eine klassische Tourenoptimierung flexibler und robuster wird bzw. wie diese in neue Geschäftsbereiche und Modelle integriert werden kann.

Für den Bereich „Erfassung und Aktualisierung von Ankunftszeiten“ richtet sich der Fokus auf die Möglichkeiten zur ETA-Überwachung von Transportmitteln. Neben den benötigten Daten und Grundlagen für einen Datenaustausch entlang der Supply Chain wurden die Möglichkeiten und Restriktionen, die sich aus Infrastruktur (z.B. Hafen, Flughafen) und Sensorik ergeben, betrachtet und ausgewertet. Darauf aufbauend wurde im Anwendungsbereich „Echtzeitsteuerung von LKW-Zulauf und Yard-Management“ der Ablauf an der Rampe und auf dem Hof betrachtet.

Die Vorstudie hat als Ergebnis gezeigt, dass durch Digitalisierung und Echtzeitdaten viel Potential vorhanden ist. Die ETA-Überwachung von Transportmitteln nimmt hier eine zentrale Rolle ein, da eine genaue Aussage über Ankunftszeiten eine zentrale Voraussetzung für weitergehende Services (vor allem für Zulauf- und Yardmanagement) darstellt. Trotz der auf den ersten Blick bekannten Anforderungen ist eine flächendeckende ETA-Transparenz jedoch noch ein großes Problem. Gerade für den Datenaustausch zwischen Unternehmen fehlt es an Bereitschaft, Standards und sicheren Lösungen. Die Anwendungsfälle Zulauf- und Yardmanagement sowie dynamische Tourenplanung gewinnen erkennbar an Bedeutung, gerade die dynamische Tourenplanung ist jedoch noch nicht im Fokus der Unternehmen im Transportwesen.

Als Handlungsempfehlung für den zentralen Anwendungsfall ETA-Management stellen das Fraunhofer IML und DB Schenker eine Systemarchitektur für die echtzeitbasierte Optimierung von Transportnetzen in den Vordergrund, in der auf Basis einer dezentralen Datenhaltung durch definierte Apps und Portale entlang der Supply Chain ein Datenaustausch und eine Informationstransparenz im Vordergrund stehen. Der jeweilige Anwendungsfall kann an die Informationsflüsse angedockt bzw. von externen Serviceanbietern bezogen werden. Auf diese Weise können die Möglichkeiten der Digitalisierung gewinnbringend genutzt werden und gleichzeitig rechtssicher und anonym abgebildet werden.

Inhalt

Management Summary.....	1
1. Anforderungen an eine echtzeitgesteuerte Logistik.....	4
1.1 Ausblick auf geeignete Anwendungsfälle.....	4
1.2 Stakeholder	5
1.2.1 Gruppierung & Vorstellung der Stakeholder.....	5
1.2.2 Stakeholder-Handlungsfelder und Feedback	6
1.3 Ermittlung der zentralen Anwendungsfälle	14
2 Anwendungsfälle im Detail / Stand der Technik in den Anwendungsfällen	15
2.1 ETA- und Yardmanagement.....	15
2.1.1 Definition und Abgrenzung	15
2.1.2 Herausforderungen	19
2.1.3 Datenbedarf	20
2.1.4 Stand der Technik.....	21
2.1.5 Nutzen	23
2.1.6 Infrastruktur	23
2.1.7 Handlungsbedarf	24
2.2 Dynamische Tourenplanung.....	25
2.2.1 Definition und Abgrenzung	25
2.2.2 Herausforderungen	26
2.2.3 Datenbedarf	28
2.2.4 Stand der Technik.....	29
2.2.5 Nutzen	30
2.2.6 Handlungsbedarf	31
3 Data Governance und Datenschutz.....	32
3.1 Data Governance	32
3.2 Datensouveränität.....	33
3.3 Datenschutz.....	36
3.3.1 Anonymisierung.....	36
3.3.2 Sicherer Datenaustausch.....	39
3.4 Fazit	41
4 Bedarfsanalyse und Handlungsempfehlung.....	42
4.1 Bedarfsanalyse	42
4.2 Handlungsempfehlung	44
4.2.1 Anwendungsfall	44
4.2.2 Systemarchitektur	44
Befragte Unternehmen und Institutionen	47

Literatur.....	47
Bildquellen.....	49

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Akteure einer Supply Chain.....	5
Abbildung 2 Abgrenzung ETA-Management	16
Abbildung 3 Aktualisierungsgrade der ETA	17
Abbildung 4 Abgrenzung Yard-Management	18
Abbildung 5 Aktualisierungsgrad der Zeitfenster.....	19
Abbildung 6 Handlungsempfehlung Systemarchitektur	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Datenquellen ETA-/Yardmanagement.....	20
Tabelle 2 Funktionalitäten im Yard-Management	21
Tabelle 3 Infrastruktur im Yardmanagement	23
Tabelle 4: Kategorisierung der vehicle routing problems, (eigene Darstellung angelehnt an V. Pillac)	26
Tabelle 5 Datenquellen der dynamischen Tourenplanung	28
Tabelle 6 Betrachtungsebenen von Datensouveränität.....	33
Tabelle 7 Arten der Anonymisierung.....	37
Tabelle 8 Übersicht über Anonymisierungsverfahren.....	37
Tabelle 9 Überblick zu Verschlüsselungsverfahren	39
Tabelle 10 Kernbedarfe abgeleitet aus der Bedarfsanalyse.....	43
Tabelle 11 Lösungsbeitrag der Systemarchitektur bzgl. der Kernbedarfe	46

1. Anforderungen an eine echtzeitgesteuerte Logistik

In der Betriebswirtschaft gilt Logistik als eine Querschnittsfunktion. Sie ist nicht auf einzelne Abteilungen eines Unternehmens begrenzt, sondern agiert an den Schnittstellen zwischen Beschaffung, Produktion und Distribution. Außerbetrieblich koordiniert sie den Güterstrom zwischen Supply Chain-Teilnehmern und sorgt für die operative Durchführung des Transports. Es ist naheliegend, dass Logistik für diese Aufgaben im besonderen Maße auf einen aktuellen, umfassenden Informationsfluss und effiziente Schnittstellen zur Kommunikation angewiesen ist. Dies gilt sowohl für die innerbetriebliche als auch für die außerbetriebliche Logistik.

Die Transportlogistik ist für die Beförderung von Gütern zwischen Lieferanten, Unternehmen und Kunden zuständig. Durch immer komplexer werdende Supply Chains und durch die steigende Anzahl von Teilnehmern und Rahmenbedingungen werden die der Logistik zugeordneten Planungs- und Steuerungsaufgaben zunehmend komplizierter. Bestehende Ineffizienzen wie z.B. Medienbrüche zwischen den betrieblichen Informationssystemen stellen hierbei oft bereits den Auslöser von Störungen und Verzögerungen dar. Des Weiteren ist damit zu rechnen, dass durch das wachsende Verkehrsaufkommen in Deutschland und die sanierungsbedürftige Verkehrsinfrastruktur weitere Belastungen auf den deutschen Logistiksektor zukommen werden.

Die Bundesregierung hat in ihrer Digitalen Agenda von 2014 die Digitalisierung als eine zentrale Herausforderung für die deutsche Wirtschaft benannt. Die sogenannte Industrie 4.0 „...hat das Potenzial, Wertschöpfungsketten grundlegend neu zu gestalten und die Geschäftsmodelle der deutschen Leitbranchen wie Anlagen- und Maschinenbau, Automobilbau, Elektro- und Medizintechnik erheblich zu beeinflussen“¹, so die Einschätzung der Bundesregierung.

Vor diesem Hintergrund rückt die Entwicklung von robusten und flexiblen Logistiknetzwerken in den Fokus der Unternehmen. Da durch die Digitalisierung immer mehr Datenquellen zur Verfügung stehen und auch Daten in Echtzeit abgerufen werden können, entstehen völlig neue Möglichkeiten in der *echtzeitbasierten Optimierung von Transportnetzen*.

1.1 Ausblick auf geeignete Anwendungsfälle

Im Rahmen dieser Studie wird anhand von ausgesuchten Anwendungsfällen untersucht, welche Chancen die Digitalisierung für die Transportlogistik bietet und welche Herausforderungen sie mit sich bringt. Alle Anwendungsfälle haben gemein, dass sie die Infrastruktur einer digitalen Datenplattform nutzen, um den Datenaustausch zwischen den Stakeholdern zu gewährleisten und durch Kombinationen von Stakeholder-eigenen Daten und externen Informationen einen Mehrwert generieren. Die generelle Machbarkeit, Voraussetzungen und Gestaltungsmöglichkeiten einer solchen Plattform werden ebenfalls in dieser Studie beleuchtet.

Im Fokus des ersten Anwendungsfalls steht die dynamische Tourenplanung. Für einen Transportdienstleister bietet dies die Möglichkeit, die eigene Fahrzeugflotte optimal auf die zu bewältigenden Transportaufträge zu verteilen. Insbesondere ist es möglich, die konkreten Touren noch während der operativen Durchführung beispielsweise aufgrund von Störungen oder einer plötzlich auftretenden veränderten Auftragsituation anzupassen.

Der zweite Anwendungsfall beschäftigt sich mit einer exakten und verlässlichen Vorhersage von Ankunftszeiten (engl. Estimated Time of Arrival, kurz ETA). In der Praxis führt die Unkenntnis bzw. die Nichteinhaltung von geplanten Ankunftszeiten zu großen Problemen. Dies wurde in zahlreichen Interviews mit Verladern und anderen Infrastrukturbetreibern wie Häfen und Flughäfen deutlich. Im hier dargestellten Anwendungsfall wurde untersucht, wie durch die Nutzung der digitalen Plattform

¹ Digitale Agenda der Bundesregierung 2014-2017, S.13

und geeigneter Verfahren zur Bewertung von ETAs ein signifikanter Vorteil für alle Prozessteilnehmer gewonnen werden kann.

1.2 Stakeholder

1.2.1 Gruppierung & Vorstellung der Stakeholder

Im Rahmen der Vorstudie haben das Fraunhofer IML und DB Schenker ermittelt, welche Akteure aus verschiedenen Bereichen in echtzeitoptimierten Transportnetzen auftreten und welche Rollen und Bedeutungen sie innehaben. Die Akteure wurden anhand dieser gemeinsamen Kriterien und ihrer Serviceangebote gruppiert.

Abbildung 1 zeigt die Akteure entlang der Lieferkette ausgehend vom Zulieferer bis zum Verkauf bzw. der Nutzung und anschließenden Verwertung.

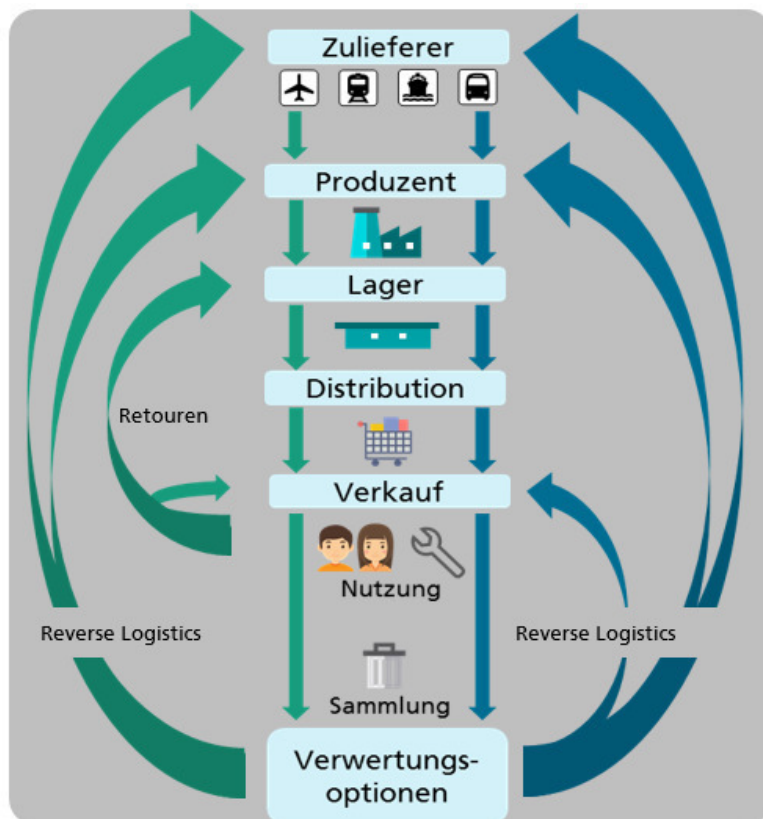


Abbildung 1 Akteure einer Supply Chain

Im Rahmen dieser Studie wird der Fokus auf folgende Bereiche und Unternehmen gelegt:

- Produktion
- Logistkdienstleister
- Kunden
- Plattform und Serviceanbieter
- Infrastrukturbetreiber

Unter **Produktion** werden Industrie-Unternehmen betrachtet, die selbst Güter herstellen und der Ausgangspunkt für Lieferungen an Kunden sind.

Logistikdienstleister stellen den Transport der Ware zwischen Hersteller und Kunden sicher, indem sie auf den Verkehrsträgern Straße, Schiene, Luft und Wasser ein Transportnetz aufbauen. Für diese Studie wird ein besonderer Fokus auf den Verkehrsträger Straße gelegt.

Die **Kunden** sind die Empfänger von Waren und der Zielpunkt von Transporten. Auch produzierende Unternehmen können mit ihren Inboundverkehren in diesen Bereich fallen.

Plattform- und Servicebetreiber sind Firmen, die entweder digitale Plattformen (z.B. Frachtbörsen) entlang der Supply Chain betreiben oder aber Planungs- und Optimierungsfunktionalitäten anbieten.

Zudem werden die **Betreiber von besonderen verkehrsrelevanten Infrastrukturen** wie Häfen und Flughäfen betrachtet, da sie in besonderem Maße in die Optimierung von Transportnetzen und -wegen integriert sind.

Im Rahmen dieser Studie wurden verschiedenste Firmen aus den genannten Bereichen identifiziert und zu ihrer Sicht hinsichtlich der Optimierung von Transportnetzen in Echtzeit befragt. Es wurden der aktuelle Stand von Technik und Prozessen in den jeweiligen Anwendungsfällen diskutiert und Handlungsbedarfe und Probleme abgeleitet. Zudem wurde erarbeitet, welche besonderen Daten, Plattformen und Services nötig sind, um in Zukunft digitale Innovationen in Transportnetzen zu fördern.

Zum Informationsaustausch wurden Telefongespräche, Experteninterviews, Workshops und Fragebögen eingesetzt. Eine Auflistung der im Rahmen dieser Studie kontaktierten Firmen findet sich am Ende des Dokuments.

1.2.2 Stakeholder-Handlungsfelder und Feedback

Im Detail wurden eine Vielzahl Handlungsfelder mit den befragten Firmen diskutiert, um einen umfassenden Blick auf den Stand der Technik in der Transportoptimierung geben zu können.

Grundlage für eine digitalisierte Logistik und Echtzeit-Optimierungssysteme ist der Austausch von Daten entlang der Lieferkette. Der Datenaustausch und die Kommunikation zwischen Unternehmen erfolgt entweder auf direkt implementierten Wegen oder aber über **Plattformen**.

Im Bereich der Transportoptimierung wurden verschiedene Plattform-Betreiber ausgewählt und deren Anforderungen und Lösungen diskutiert. Es existieren klassische Frachtbörsen, auf denen sich Frachtanbieter und Laderaumanbieter treffen und Transporte abwickeln. Die Firma TimoCom bietet bspw. eine zentrale Börse für Frachtraum und Lagerflächen, in der sich alle Teilnehmer in der Logistikkette verbinden können. Zudem können Transporte per Tracking&Tracing erfasst und Transport-Ausschreibungen gemanagt werden. Letztlich soll die Plattform für die Partner Handlungsempfehlungen und Optimierungsdienste anbieten, die einfach einsetzbar sind und somit auch breit genutzt und akzeptiert werden können.

Einen ganzheitlichen Ansatz wählt die Marke RIO: Als Teil von Volkswagen Truck and Bus und initiiert von MAN plant RIO eine einheitliche Plattform für das gesamte Transport- und Logistik-Ökosystem zur Verfügung zu stellen. Als zentraler Aspekt trägt RIO die Daten der einzelnen Beteiligten auf standardisierte Weise zusammen und stellt sie der gesamten Supply-Chain zur Verfügung. Zudem besteht die Möglichkeit verschiedene Telematik-Systeme an die Plattform anzubinden. Auf diese Weise kann RIO eine grundlegende Transparenz und einheitliche IT und Datenstandards zwischen den Akteuren etablieren und viele Services wie beispielsweise eine dynamische ETA-Berechnung oder dynamische Tourenoptimierung ermöglichen. Frank Tinschert, Vice President Sales & Marketing RIO beschreibt das Ziel von RIO mit dem Verweis auf Googles Open Source Smartphone-Betriebssystem Android und möchte eine ähnliche Stellung in der digitalen Verknüpfung entlang der Supply Chain einnehmen: „Das Ziel unserer Plattform RIO ist, eine transparente digitale Vernetzung

der Supply-Chain unter einheitlichen Standards zu ermöglichen. RIO versteht sich als Betriebssystem für die Transport- und Logistikbranche und erreicht dies durch Offenheit für Entwicklungspartner aus allen Bereichen“.

Losgelöst von kommerziellen Anbietern existieren auch Lösungen, die einen dezentralen Ansatz verfolgen wie etwa der Industrial Data Space® der Fraunhofer-Gesellschaft. Der Industrial Data Space bildet einen virtuellen Datenraum, der den sicheren Austausch und die einfache Verknüpfung von Daten in Geschäftsökosystemen auf Basis von Standards und mit Hilfe gemeinschaftlicher Governance-Modelle unterstützt. Der Industrial Data Space manifestiert sich als die Gesamtheit aller Endpunkte, welche die Teilnehmer des Industrial Data Space bilden. Es gibt keine zentrale Instanz zur Datenhaltung oder für Data-Governance-Aufgaben. Der Industrial Data Space ist damit ein alternativer Architekturentwurf im Vergleich zu beispielsweise zentralen Datenhaltungskonzepten (wie *Data Lakes*, oder Cloud-Plattformen) einerseits und dezentralen Datennetzwerken ohne gemeinsame Spielregeln andererseits. Die Teilnehmer des Industrial Data Space stellen fest, dass Kunden Leistungserbringung durch smarte Services zu jeder Zeit an jedem Ort erwarten, so dass eine Ortsgebundenheit kaum akzeptiert wird. Gleichzeitig müssen aber vertrauliche bzw. personenbezogene Daten in hinreichender Form zur Verfügung gestellt werden. Um Vertrauen in die Daten zwischen den Teilnehmern zu schaffen, ist ein vertrauenswürdiger Datenraum – welcher mit dem Industrial Data Space® Projekt entsteht – unerlässlich.

Plattformen können ebenfalls genutzt werden, um Daten für weitere Stakeholder zur Verfügung zu stellen (kommerziell oder Open Data). Das BMVI verfolgt hier mit der Datenrechercheplattform mCLOUD die Strategie, einen Katalog für alle offenen Daten seines Geschäftsbereichs zur Verfügung zu stellen und für Unternehmen nutzbar zu machen. Während die mCLOUD vor allem zur Recherche gedacht ist, steht parallel dazu der Mobilitätsdatenmarktplatz MDM der BAST als neutrale Plattform und nationaler Zugangspunkt für Verkehrsdaten zur Verfügung.

Eine Auswertung der befragten Firmen hinsichtlich der Nutzung von Daten der mCLOUD führte zu verschiedenen Ergebnissen. Aufgrund der erst kurzen Verfügbarkeit der mCLOUD war die Plattform nur wenigen befragten Firmen bekannt und wurde bisher nicht eingesetzt. Allerdings konnten sich alle Firmen vorstellen, die mCLOUD bzw. den MDM in der Zukunft einzusetzen, wobei dies häufig eine grundsätzliche Entscheidung zur Nutzung einzelner Datenplattformen darstellt und deswegen strategisch diskutiert wird. Einige Firmen können sich auch vorstellen, dass sie eigene Daten hochladen, allerdings mit der Einschränkung, dass Datenschutz beachtet wird und es klare Regeln zur Nutzung gibt. Ebenso ist eine Abstimmung mit den eigenen Geschäftspartnern erforderlich, bevor solch eine Entscheidung umgesetzt werden kann.

Der Industrial Data Space® bindet zurzeit aufgrund des frühen Entwicklungsstadiums noch keine öffentlichen bzw. externen Daten (wie z.B. Daten aus mCLOUD) ein. Technologisch ist die Anbindung jedoch möglich und auch bereits erörtert worden. Eine Anbindung würde sich sowohl im Rahmen geplanter als auch vorhandener Use Cases (wie z.B. dem Referenz-Use-Case Logistik) anbieten, welche auf der Basis des Industrial Data Space umgesetzt werden.

Zudem zeigte eine Auswertung der Daten, die bereits vom BMVI oder anderen Anbietern in der mCLOUD verfügbar sind, dass die Reichweite der Daten ein wichtiger Faktor gerade für international agierende Unternehmen ist. Durch die Besonderheit des Umfelds Logistik, das Internationalität meistens voraussetzt, ist dies eine Kernanforderung von Firmen an die Nutzung von externen oder offenen Daten. Schwerpunktmäßig verweist die mCLOUD bisher auf Daten aus dem Bereich Verkehr (Aufkommen, Dichte), Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes sowie Fahrplaninformationen der Deutschen Bahn. Bisher ist jedoch erkenntlich, dass Daten häufig nur regionalen Charakter besitzen

und vor allem nur schwer mit anderen Daten des gleichen Typs zu kombinieren sind. Ebenso fehlt ein einheitlicher und kohärenter Standard, um Daten unterschiedlicher Anbieter zueinander in Bezug zu setzen (wie beispielsweise die Verknüpfung von aktuellen Informationen über die Verkehrslage mit z.B. strategischen Straßennetzkarten oder Wetterdaten). Das Weiteren können Lizenzen die Nutzung der Daten erschweren, da jeder Datenlieferant eigene Lizenzbedingungen definieren kann. Um eine einfache Nutzung von Daten im Sinne von Open Data in der Transportwirtschaft zu ermöglichen, ist eine Erfassung und einheitliche Standardisierung der Daten für ganz Europa notwendig.

Ein betrachteter Anwendungsfall ist die **dynamische Tourenplanung und -optimierung** in Transportnetzen. Da dynamische Tourenplanung immer in besonderem Maße mit einer komplexen Algorithmik und Echtzeitsteuerung zusammenhängt, ist sie für viele der befragten Unternehmen zwar ein Thema der Zukunft, allerdings nicht ein primäres und aktuelles Ziel. PTV ist ein Anbieter von Softwarelösungen zur Planung und Optimierung von Transportnetzen und sieht die dynamische Tourenplanung als interessantes Thema an und bietet auch Software mit dem Optimierungstool SmartTour an. In Bezug auf Echtzeitoptimierung bzw. Rampensteuerung bietet PTV darüber hinaus das Tool PTV Drive&Arrive an. Hierbei ist zum einen die Verfügbarkeit und Nutzung von (Echtzeit)-Daten von großer Wichtigkeit sowie zum anderen auch die Notwendigkeit, intelligente Algorithmik für den Anwendungsfall bereitzustellen.

Quintiq, ein führender Anbieter für Supply-Chain-Planungs- und -Optimierungssoftware, sieht die dynamische Tourenplanung als interessantes Themenfeld, in dessen Umfeld von Kunden häufig der Einsatz von Echtzeitdaten gewünscht wird. Letztlich ist die Echtzeitfunktion jedoch häufig zunächst nachgelagert und grundsätzliche Funktionalitäten stehen im ersten Schritt im Mittelpunkt. Dies kann beispielsweise erfolgen, indem zunächst eine klassische Tourenplanung mit Tracking & Tracing implementiert wird und eine dynamische Umplanung erst nachgelagert angegangen wird. Vor dem Hintergrund der Komplexität solch einer Softwareeinführung ist dies wichtig um einen problemfreien Go-Live zu ermöglichen. Eine sinnvolle Anwendung sieht Quintiq gerade im KEP-Bereich, wo die klassische Tourenplanung (bspw. als Vorplanung am Tag vor der Lieferung) durchgeführt und dann im operativen Betrieb durch die Integration von Echtzeitinformationen angereichert wird. Von essentieller Bedeutung ist neben der Verfügbarkeit und Qualität der Daten, das Volumen in welchem die Daten nutzbar bleiben. Beispielsweise ist die Neuberechnung von Entfernung mittels Stauinformationen dann an die maximale Gesamtlaufzeit der Optimierungsalgorithmen gekoppelt und stellt dementsprechend zugleich Anforderungen an Datenvolumen wie Algorithmus dar. Daraus resultiert zusätzlich die Frage nach den Aktualisierungsintervallen der Optimierungssoftware und dementsprechend der Häufigkeit der Datenerfassung und Integration. Quintiq setzt im eigenen Produktportfolio bereits einige dynamische Lösungen ein, allerdings sind die Voraussetzungen beim Kunden häufig noch nicht geschaffen. Dies liegt zum einen an fehlender Datenerfassung der Fahrzeugpositionen, aber auch an der Komplexität und der Akzeptanz einer Softwareeinführung. Dynamische Tourenplanung könne jedoch in der Zukunft einen zentralen Fokus erhalten.

Für INFORM ist die dynamische Tourenplanung ein wichtiges Thema der Zukunft. Dem wird durch die von INFORM entwickelten Softwarepakete SyncroTESS und SyncroSupply Rechnung getragen. Besonders in den Bereichen Automotive und Baustoffe ist die Dynamik eine existentielle Grundlage für eine zielführende Tourenoptimierung. Als besonders wichtig sieht auch INFORM die Verfügbarkeit und Integration von Daten aus Echtzeitquellen oder anderen Services.

Kratzer bietet seit 2016 selbst eine Version ihres Planungstools cadis mit dynamischer Tourenplanung an und sieht für die Zukunft eine Tendenz zur weiteren Fokussierung auf das Thema.

MECOMO, ein Anbieter von Telematikdaten und Tracking&Tracing-Lösungen, stellt dementsprechend die Grundlagedaten für eine genaue Ortung von Fahrzeug- und

Logistikobjektpositionen zur Verfügung. Das Schenker-Telematikportal von MECOMO beinhaltet zusätzlich zur Standortvisualisierung umfangreiche Zusatzfunktionen, wie z.B. SOLL-IST-Vergleiche von Logistikobjektbeständen an Standorten, Flottenproduktivitätsberichte, Beschädigungsmanagement und Tourenkontrolle. Das Unternehmen stellt darüber hinaus cross-platform Mobile App-Entwicklungen bereit. Die erfassten Telematikdaten könnten über die integrierte Tourenkontrolle zur dynamischen Tourenoptimierung verwendet werden – dazu wäre lediglich die Anbindung des Schenker-Transportmanagementsystems für den Import von Auftragsdaten und Rollkarten notwendig. Optional können somit auch Estimated Time of Arrival Informationen zur Verfügung gestellt werden. Die verarbeiteten Telematikereignisse (z.B. Ankunfts-/Abfahrtszeiten an Standorten) könnten per Datenschnittstelle beispielsweise auch externen Transportmanagementsystemen oder Logistikdienstleistern zur Verfügung gestellt werden, damit diese Daten mit eigenen Services verbunden werden können. Resultierend entsteht eine arbeitsteilige Kooperation von Firmen mit unterschiedlichem Schwerpunkt, in der der standardisierte Datenaustausch von zentraler Bedeutung ist.

DB Schenker, die Transport- und Logistiktochter der Deutschen Bahn AG, kann einerseits auf die Daten von eigenen Assets sowie die seiner Dienstleister zur Optimierung von innerbetrieblichen Prozessen zurückgreifen, andererseits stellt DB Schenker die Informationen auch für seine Kunden zur Verfügung, sodass diese wiederum ihre Prozesse entsprechend planen und optimieren können. Das Unternehmen unterstützt Industrie und Handel beim globalen Güteraustausch: im Landverkehr, bei der weltweiten Luft- und Seefracht sowie in der Kontraktlogistik und im Supply Chain Management. Dabei werden unterschiedliche Lösungsansätze verschiedener Anbieter verprobt und bewertet, um Potenziale durch eine effizientere Routenplanung zu heben und dem Kundenwunsch nach mehr Flexibilität und höherer Transparenz nachzukommen.

Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass für alle befragten Firmen mit Bezug zur Tourenplanung die Nutzung von Echtzeitdaten und die Umsetzung einer dynamischen Optimierung ein wichtiges Thema ist, allerdings die Nachfrage von Kunden nicht in besonderem Maße gegeben ist und einer hohen Komplexität begegnet werden muss, um Algorithmen und Daten zu einem nutzenbringenden Ganzen zu verbinden.

Mit Blick auf die weiteren Anwendungsfälle ermöglicht eine dynamische Tourenplanung im operativen Einsatz die bessere Abbildung von Fahrzeugtouren und Liefer-/Ankunftszeiten. Sie beeinflusst dementsprechend in direkter Weise die Qualität der ETA-Berechnung und aller nachgelagerten Services. Gleichzeitig ist die Tourenplanung jedoch auch auf die Genauigkeit von ETA-Voraussagen angewiesen sodass zwischen beiden Anwendungsfällen eine wechselseitige Abhängigkeit besteht.

Als weitere Anwendungsfälle wurden das **ETA-Management in Echtzeit** sowie das **Yard- und Slotmanagement** gemeinsam identifiziert und mit den Unternehmen diskutiert. Das allgemeine Feedback zeigte ein deutlich größeres Interesse der Firmen am Anwendungsfall und offenbarte auch viele Möglichkeiten und Handlungsbedarfe für die Zukunft.

Die Firma INFORM ist bereits seit 2001 im Bereich ETA/Yard-Management aktiv und stellt verschiedene Softwarelösungen bereit. Vor allem in der Automobilbranche werden diese Tools von Kunden gefordert und eingesetzt. Um eine echtzeitbasierte Steuerung der Ankunftszeiten von Fahrzeugen und der Reihenfolge an Tor und Rampe planen zu können, ist es nötig, Positionsdaten der Fahrzeuge in Echtzeit zu integrieren und damit eine Vielzahl von zugehörigen Transportunternehmen anzubinden. Basierend auf dieser Grundlage kann dann ein Echtzeit-Monitoring der Fahrzeuge auf dem Werksgelände erfolgen und bspw. durch Onboard-Units oder Apps beim Fahrer bereits der Zufluss dynamisch gepuffert bzw. mit dem Fahrer kommuniziert

werden. INFORM sieht die große Herausforderung im Umgang mit der Vielzahl an beteiligten LDL und Telematikanbietern, was nach einheitlichen Standards und übergeordnet eingesetzten IT-Lösungen verlangt. Als essentielle Daten sieht INFORM die Positionsdaten der Fahrzeuge sowie weitere Verkehrsdaten (Stau/Baustellen) und Wetterdaten. Zusätzliche Inputs für ein dynamisches ETA- und Yard-Management können laut INFORM bspw. Daten aus kritischer Infrastruktur (z.B. Häfen mit Liegeplänen, Ankünften und Fahrzeugpositionen auf dem Hafen/Werksgelände) sein. Zudem könnten Daten von Rastplätzen (Kapazität, aktuelle Auslastung) und Tankmöglichkeiten integriert werden, um genaue Ankunftszeiten und Pausen abzubilden. Die Transparenz darüber kann genutzt werden, um in bidirektionaler Kommunikation mit dem Fahrer auf freie Kapazitäten, Ruhezeiten, Tankvorgänge etc. hinzuweisen und so proaktiv den Engpass am Yard zu vermeiden. Bisher existieren dort einzelne Tools (meist als App), in der Praxis sind die Informationen jedoch häufig unzureichend, da die Daten oftmals nur punktuell oder regional und nicht flächendeckend verfügbar sind und auch die Echtzeitverfügbarkeit nicht immer gegeben ist. Ein zentraler Sensorik-Ansatz an der Infrastruktur kann hier positive Auswirkungen haben.

Für Kratzer Automation (kurz Kratzer) ist das Yard- und Slotmanagement ein wichtiger Baustein im eigenen Serviceportfolio und auch für die Zukunft ein Feld für Weiterentwicklungen und weitere Serviceangebote. Kratzer bietet ein Yard-Modul an, in welchem Slot- und Hofmanagement realisiert ist. Das Modul ist seit kurzem auf Grund des hohen Kundenbedarfs in das Portfolio mit aufgenommen worden. Es ist das Ziel, die Position von Fahrzeugen auf dem Hof zu tracken und per Sensorik über eine Verknüpfung von GPS-Koordinate und Zuordnung am Tor/Hof abzubilden. Zusätzlich wird die proaktive Anmeldung von Transporten über eine Webmaske ermöglicht. Ziel ist es, in Zukunft ein dynamisches Yard- und Slotmanagement zu ermöglichen, basierend auf einer durchgängigen Abbildung der ETAs der eingehenden Transporte. Hierzu erfolgt bspw. eine Kopplung mit der Frachtbörse TimoCom, in der die Tracking-Daten der LDL zusammenlaufen. Voraussetzung dafür ist allerdings die Möglichkeit zum Tracking aller Fahrzeuge, wie bspw. durch ein Bring-your-own-Device für Fahrer oder angebundene Telematiksysteme. Die Schätzung von ETAs in großen Infrastrukturen wie Häfen und Flughäfen ist auch für Kratzer eine Herausforderung für die Zukunft. Die nötigen Daten zum Serviceangebot von Kratzer sind Fahrzeugpositionsdaten und weitere Verkehrsdaten wie Verkehrsganglinien, Livedaten zur Verkehrslage, Baustellen und Wetterdaten. Zudem könnten durch Daten der Verkehrsbehörden bzw. Autobahnverwaltungen (bspw. Parkplätze) die ETA-Berechnung angereichert werden. Ein weiterer wichtiger Dateninput sollen in Zukunft die Daten des Galileo-Programms sein und ein Tracking losgelöst von GPS ermöglichen.

Das Unternehmen Transporeon Group stuft die Erfassung und Nutzung von Verkehrsdaten als sehr wichtig ein. Das Unternehmen verwertet aufbereitete ETA-Informationen für seine Zeitfenster- und Yard-Management-Software Mercareon. Je höher die Verlässlichkeit des errechneten ETA, desto besser können Entscheidungen im Yard-Management getroffen werden. Auf der Basis der ETA-Daten kann z.B. entschieden werden, wie die benötigten Be- und Entladeressourcen dynamisch allokiert werden müssen. Das Unternehmen bezieht die ETA-Daten – insbesondere ETA-Nachmeldungen – über eine Smartphone-App vom Fahrer aus dem anliefernden Lkw. Generell schätzt das Unternehmen eine ETA-End-to-End-Visibility im intermodalen Bereich oder in der gesamten Supply Chain als herausfordernd ein.

Die Aufrechterhaltung des ETA in der Lieferkette wird auch von einem weiteren Unternehmen im Bereich Produktion (im Rahmen dieser Studie anonym auftretend) als sehr wichtig erachtet. Sie erfordert einen integrierten unternehmensübergreifenden Informationsfluss. Hierfür müssen zunächst lokale Unternehmensdaten (z.B. Produktionspläne, Störungen in der Produktion), welche zur Aktualisierung des ETA benötigt werden, erhoben und verarbeitet werden. Idealerweise sollen diese Daten auch mit anderen Daten wie z.B. Wetterdaten kombiniert werden und bei der ETA-

Berechnung entsprechend berücksichtigt werden. Anschließend müssen die aktualisierten ETA-Informationen unternehmensübergreifend ausgetauscht werden. Anonymisierte und verdichtete Produktionsdaten können beim ETA-Management eher genutzt werden als rohe Unternehmensdaten. Hemmnisse an dieser Stelle bilden sowohl datenschutzrechtliche Aspekte als auch fehlende Schnittstellendefinitionen.

Für ein ebenfalls anonym auftretendes Unternehmen aus dem Bereich Produktion ist das Thema Yard- und Slotmanagement ein wichtiges Thema aus der Praxis am Werkstor: Anliefernde Spediteure haben die Möglichkeit, bereits proaktiv Zeitfenster zu buchen, danach hat das Unternehmen jedoch bis zur Ankunft am Tor keine Informationen mehr über die Position der Fahrzeuge. Dies führt letztlich zu Staubildung und Verzögerungen. Eine effizientere Zulaufsteuerung und damit auch bessere Produktionsplanung kann durch transparente Erfassung der Positionen und der berechneten Ankunftszeiten ermöglicht werden, indem bspw. über Onboard-Units oder Apps direkt die Fahrzeugstatusinformationen an die Slotmanagementsoftware übertragen wird und eine permanente Optimierung der zugewiesenen Zeitfenster erfolgt.

Die Transparenz über die ETA ist sowohl für Rehau, ein Unternehmen aus dem Bereich Polymerverarbeitung, selbst als auch für dessen Kunden relevant. Das Thema wird daher bereits intensiv verfolgt, um z.B. unproduktive Wartezeiten im Inbound zu reduzieren und durch die Synchronisation von ETA und nachgelagerten Prozessen Ressourcen optimal einzusetzen.

Die Duisburger Hafen AG (duisport) erachtet die Vernetzung sowie den Informationsaustausch zwischen allen Verkehrsträgern (LKW, Bahn, Binnenschiff) als sehr wichtig, um z.B. ETA-Informationen zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern auszutauschen. Obwohl bestimmte Daten vorliegen, können diese bisher noch nicht vollständig verwertet werden. Die Hauptursache hierfür liegt in dem hohen Fragmentierungsgrad der Daten sowie in der bisher noch nicht vollständig ausgenutzten Möglichkeit, diese kombiniert (d.h. in Bezug zueinander) nutzen zu können. Im Bereich des Yard- und Slotmanagements ergibt sich daher die Situation, dass sehr häufig mit Plandaten (wie Zuglaufinformationen) gearbeitet werden muss, da Verspätungsinformationen (von z.B. Zügen aus den Vorbahnhöfen des Hafens) nicht früher vorliegen. Eine rechtzeitige Umplanung, z.B. an den Verladestellen bzw. Rampen, ist in vielen Fällen daher nicht möglich, so dass bei Problemen erst sehr spät reagiert werden kann. Die Probleme treten sowohl in den Containerterminals (zusätzliche Umstauvorgänge) als auch in den Lager- und Distributionszentren (zusätzliches Aus- und Einlagern von Waren) der ansässigen Unternehmen auf. Um jedoch den im Duisburger Hafen ansässigen Unternehmen eine verbesserte Reihenfolgeplanung ihrer LKW zu ermöglichen, sollen die verfügbaren Verkehrsträger-Informationen verwertet werden. Hierfür implementiert duisport in Zusammenarbeit mit der Firma Siemens ein intelligentes Steuerungssystem, welches mit Kamera- und Positionsdaten sowie Kommunikations-App eine IT-basierte LKW-Zulaufsteuerung ermöglicht. Dieses System wird schrittweise verbessert und soll eine Grundlage zur Harmonisierung der multimodalen Verkehrsträger im Hafen sein. Ein Wunsch der Duisburger Hafen AG ist es, Informationen expeditionsübergreifend auszutauschen, um Effizienzsteigerungen zu erreichen. Als Beispiel wurde die Minimierung von Leerfahrten einhergehend mit dem Leercontainer-Management genannt.

Als Betreibergesellschaft des größten deutschen Flughafens befasst sich die Fraport AG intensiv mit der Thematik Zulaufsteuerung. Aktuell wurde auf dem Gelände ein zusätzlicher LKW-Parkplatz errichtet, der als Puffer im Zulauf auf das Flughafengelände dient und über den bei Bedarf die entsprechenden LKWs abgerufen werden können. Dies soll perspektivisch dazu dienen, dass nur Fahrzeuge in die „CargoCity“ gelassen werden, die dort auch direkt bedient werden können, um so auf dem Gelände Staus zu vermeiden und die Produktivität zu erhöhen. Bereits heute müssen sich alle LKW vorab über eine Plattform anmelden. Der Abgleich mit einer ETA unter Berücksichtigung von

Baustellen, Wetterdaten, Verkehrsdaten und –prognosen ist hier bereits als Handlungsfeld identifiziert worden.

MECOMO als Telematikportalbetreiber kann die GPS-Daten von beliebigen Fahrzeugen, Logistikobjekten und Fremdportalen integrieren und in weitergehenden Diensten, abhängig vom Anwendungsfall, weiterverarbeiten. Zusätzlich könnten andere vertikale Lösungsanbieter für weitergehende Services eingebunden werden und somit über die offenen Schnittstellen weitere Geschäftsfelder bedient werden.

Ein wichtiges Kundenangebot laut Quintiq stellt die Aktualisierung von ETAs während der Transportdurchführung dar, dass jedoch abhängig vom Kunden einen besonderen Anspruch hat. Heutzutage bedeutet dies oftmals eine dynamische Aktualisierung der ETAs in Intervallen von beispielsweise 30 Minuten. Solche Genauigkeit reicht häufig für den Bereich B2B, allerdings ist für B2C Lieferungen eher eine sekundengenaue Angabe nötig. Aktuell sieht Quintiq Szenarien bspw. für Netzwerktransporte beim Sortieren im Postbereich, für die eine minutengenaue ETA sehr wichtig ist. Zudem sind Informationen aus dem maritimen Bereich hilfreich, die bspw. Schiffsankünfte und Be-/Entladungen bereitstellen können und die ETAs von Lieferungen oftmals gravierend beeinflussen.

Als Logistikdienstleister ist das Thema ETA für DB Schenker auf der einen Seite für die innerbetriebliche Optimierung relevant, auf der anderen Seite fungiert DB Schenker auch als Datenlieferant, um GPS-Signale und ETAs seinen Kunden zur Verfügung zu stellen. Durch eine ETA-Berechnung in Echtzeit würden sich Staus an kritischen Infrastrukturen (z.B. Pfortner Werksgelände) reduzieren und nachgelagerte Ressourcen für die Be- und Entladung besser planen lassen. Aktuell wurde jedoch noch ein Defizit hinsichtlich der Transparenz und Verfügbarkeit von echtzeitrelevanten Verkehrsdaten sowie Lenk-/Ruhezeiten etc., die zu einer ETA-Berechnung in Echtzeit berücksichtigt werden müssen, ausgemacht. Eng getaktete Aufträge, Verkehr und Lenkzeitvorgaben erschweren eine pünktliche Lieferung zunehmend. Mit der ETA werden im Hintergrund die voraussichtlichen Ankunftszeiten der Lkw überwacht und bei potenzieller Verspätungsgefahr ein Alarm generiert. In Kombination mit einer dynamischen Zeitfenstervergabe kann der Lkw-Zulauf so gesteuert werden, dass Durchlaufzeiten deutlich verringert und Ladestellenkapazitäten effizienter eingesetzt werden können.

Abschließend ist erkennbar, welche Bedeutung die Genauigkeit und Transparenz von ETA-Informationen für die meisten befragten Unternehmen hat. Genaue Ankunftszeiten stellen die Grundlagen für dynamische Tourenplanung und dynamische Zulauf- und Yardsteuerungen dar und beeinflussen direkt ihren Gütegrad. Ein besonderer Bedarf in der Entwicklung neuer Lösungen bzw. in der Breite anwendbarer Ansätze ist erkennbar.

Die Digitalisierung der Wirtschaft schreitet stetig voran und vernetzt Menschen, Maschinen und Prozesse. Die Vernetzung ermöglicht es, sowohl auf die Bedürfnisse der Kunden gezielter und schneller einzugehen als auch die gesamte Lieferkette zu optimieren. Das bedeutet jedoch auch, dass immer mehr Daten an anderen Orten als dem Ort der Erhebung verarbeitet und gespeichert werden, so dass datenschutzrechtliche Bedenken und der Wunsch nach mehr Regulierung und Datenkontrolle oft seitens der befragten Unternehmen genannt wurden. Diese und auch weitere Aspekte des Datenschutzes werden in dieser Vorstudie unter dem Oberbegriff Data Governance zusammengefasst und erörtert. Kapitel C dieser Vorstudie enthält den Stand der Technik zu den hier genannten Themen und Aspekten.

Als wichtige datenschutzrechtliche Aspekte wurden in den Interviews Daten-Aggregation und -Anonymisierung genannt. Geeignete Aggregations- und Anonymisierungsverfahren sollen gewährleisten, dass keine Rückschlüsse auf bestehende Geschäftsbeziehungen (Firmen Inform, Kratzer, DB Schenker und Mercareon) oder einzelne Personen erlaubt werden sollen (Mercareon). Im

Zusammenhang mit der Verarbeitung personenbezogener Daten wurde seitens der Firma Kratzer der Wunsch geäußert, die Verarbeitung personenbezogener Daten möglichst zu vermeiden und stattdessen auf Anonymisierungsverfahren zu setzen. Dies gilt ebenfalls für aus Unternehmenssicht wichtige Daten. Ein Unternehmen aus dem Bereich Produktion nennt hierbei die Einsehbarkeit von Ladungen (Güter, Mengen) als problematisch und setzt im Zuge dessen auf Anonymisierungsverfahren. Die Duisburger Hafen AG argumentiert ähnlich: Die beteiligten Akteure (z.B. Hafenterminals oder Speditionen) stellen per se keine Daten für andere bereit, um etwaige Rückschlüsse auf unternehmensinterne Vorgänge und Informationen zu vermeiden. Ausnahmen existieren jedoch, indem bilaterale Verträge bzw. Absprachen über die auszutauschenden Daten getroffen werden.

Weitere in den Interviews genannte Aspekte können unter den Begriffen Regulierung, Datenkontrolle und Datenaufbewahrung eingeordnet werden. Das Unternehmen Rehau fordert unter der Berücksichtigung des Datenschutzes die Möglichkeit, klare Regeln bzgl. Datentransparenz in der Supply Chain zu definieren, um allen Teilnehmern (über mehrere Zuliefererstufen hinweg) die geforderten Informationen bereitzustellen. Hierbei sieht das Unternehmen Bedarf in der Schaffung geeigneter IT-Systeme, um Regeln zu definieren sowie um Daten bzw. Informationen gemäß dieser Regeln auszutauschen. Die Firma DB Schenker teilt ebenfalls diese Auffassung. Die größten Potenziale entlang der Supply Chain können dann gehoben werden, wenn Daten über Unternehmensgrenzen hinweg geteilt werden. Voraussetzung dafür sind jedoch fest definierte Regelwerke, das Schaffen von Standards sowie von sicheren Plattformen und IT-Strukturen zum Datenaustausch. Auch Mercareon spricht sich für die Definition bestimmter Regeln aus. So sollen bestimmte Daten nach deren Verarbeitung nicht mehr weiter genutzt und gespeichert werden dürfen. Das Unternehmen Quintiq sieht die IT-Branche in einer Übergangsphase, in der die lokale Datenerhebung und -verarbeitung zunehmend in Cloud-Plattformen ausgelagert wird. Das Unternehmen fordert den Schutz dieser Daten und merkt auch an, dass die Bereitschaft, Daten zu teilen, verbessert werden sollte (z.B. durch einheitliche Standards). Voraussetzung für den Erfolg von Plattformen ist die sichere Speicherung und Überwachung der Daten. Dies gewährleistet TimoCom durch den Einsatz modernster Technologien und mehrfach gespiegelter Server in seinen Rechenzentren, die sich ausnahmslos in Deutschland befinden und sämtliche strengen deutschen Datenschutzrichtlinien erfüllen. Vor dem Hintergrund der Enthüllungen über Aktivitäten der amerikanischen Geheimdienste ist die geografische Lage der Rechenzentren und die Auswirkungen von Safe Harbour und Privacy Shield² von grundlegender Wichtigkeit für alle Unternehmen.

Ein Unternehmen aus dem Bereich Produktion teilt ebenfalls diese Auffassung und sieht Probleme sowohl bei dem Thema Datenspeicherung als auch beim Datenzugriff. Bei der Datenspeicherung sieht das Unternehmen den Aufbewahrungsort als problematisch an, d.h. wo werden Daten konkret aufbewahrt und wie können diese zwischen Unternehmen ausgetauscht werden. Bei dem Thema Datenzugriff stellt sich das Unternehmen die Frage nach der Datensichtbarkeit, d.h. wie kann sichergestellt werden, dass nur bestimmte Akteure bestimmte Daten einsehen können. Aus der Sicht des Industrial Data Space[®] spielt der Aspekt eines vertrauenswürdigen Datenraums eine zentrale Rolle. Dieser Aspekt ist wichtig, um die Bereitschaft, Daten unter der Berücksichtigung von definierten Regeln sowie gängigen Sicherheitsstandards bei der Datenübermittlung mit anderen Teilnehmern zu teilen, zu erhöhen.

Zusammenfassend ist zu erkennen, dass die Themen Datenschutz, Datensouveränität und Datenzugriff für alle Unternehmen einen hohen Stellenwert haben und durch die technischen wie politischen

² Safe Harbor (2000) und Privacy Shield (2016): Übereinkommen zum Schutz von personenbezogenen Daten zwischen der USA und der EU

Entwicklungen der letzten Jahre verstärkt in den Fokus geraten. Um eine echtzeitbasierte Optimierung von Transportnetzen umsetzen zu können, ist explizites Hintergrundwissen und Erfahrung im Umgang mit Daten und rechtlichen Grundlagen essentiell nötig.

1.3 Ermittlung der zentralen Anwendungsfälle

Aus der Befragung und den Interviews mit den unterschiedlichen Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette ist erkennbar, dass das Thema Slot- und Yardmanagement ein zentrales Anliegen für einen Großteil der Firmen darstellt. Eine direkte Verbindung dazu hat die Detaillierung von ETA-Angaben entlang der Lieferkette, da dies häufig die Voraussetzung für verbessertes Yard-Management ist. Das Fraunhofer IML und DB Schenker sehen nach dem ersten Schritt der Stakeholderanalyse in diesen Bereichen großes Potential und betrachten die Anwendungsgebiete im Folgenden detailliert, um den Stand der Technik sowie Möglichkeiten und Probleme abzubilden.

Obwohl die dynamische Tourenplanung und –optimierung für viele Firmen noch Zukunftsmusik darstellt, ist doch ein grundlegendes und breites Interesse am Thema auszumachen. Dementsprechend wird auch das Themenfeld dynamische Tourenplanung im Folgenden detailreicher betrachtet.

2 Anwendungsfälle im Detail / Stand der Technik in den Anwendungsfällen

Während der Interviews mit den unterschiedlichen Unternehmen wurde bereits die inhaltliche Nähe der Anwendungsfälle ETA-Management sowie Slot- und Yardmanagement erkannt, so dass beide Anwendungsfälle in diesem Kapitel zusammen betrachtet und die besonderen Wechselwirkungen analysiert werden. Eine Betrachtung des Anwendungsfalls dynamische Tourenplanung und Optimierung schließt sich an.

2.1 ETA- und Yardmanagement

2.1.1 Definition und Abgrenzung

ETA-Management

Der Anwendungsfall „Erfassung und Aktualisierung von Ankunftszeiten (ETA-Management)“ ist ein wichtiger Service für die Transparenz und Planung in der Logistikkette. Da Begriffe wie bspw. ETA oder Echtzeit häufig auf unterschiedliche Weise benutzt werden und nicht immer homogene Funktionalitäten beschreiben, wird an dieser Stelle zunächst eine genaue Detaillierung der Begrifflichkeiten und eine Abgrenzung zu verwandten Begriffen und Themengebieten vorgenommen.

Der Begriff ETA (englisch für estimated time of arrival, übersetzt: voraussichtliche Ankunftszeit) bezeichnet im Transportwesen die Information über die zeitliche Ankunft eines Verkehrsmittels an einem Zielort. Wichtig ist die Angabe einer genauen ETA für alle direkten Beteiligten des Transportprozesses, Quell- und Zielstandorte wie Logistikdienstleister, da sie die Grundlage für eine genaue Planung von Abläufen und Ressourcen darstellt. Wie eine voraussichtliche Ankunftszeit berechnet werden kann, resultiert grundsätzlich aus der Ermittlung der noch nötigen Fahrstrecke und zugehörigen Fahrzeit.

Allerdings existiert kein eindeutiger Standard für den Begriff ETA, so dass im Rahmen dieser Studie eine Definition und Abgrenzung der existierenden Ansätze vorgenommen wird und der Stand der Technik abgebildet wird.

Wenn ETA grundsätzlich die zeitliche Ankunft eines Verkehrsmittels an einem Zielort beschreibt, kann diese ETA aus unterschiedlichen Positionen und von unterschiedlichen Akteuren ermittelt werden. Ausgehend vom Produzent oder Verloader kann dieser bei Abfahrt der Fahrzeuge vom Werksgelände ausgehend eine ETA zur Ankunft am Ziel berechnen und kommunizieren. Gleichzeitig kann auch der Kunde nach Erhalt der Startzeit die Ankunft am Werk/Rampe ermitteln und beispielsweise Zulaufsteuerung für Tore integrieren. Der Logistikdienstleister kann die Informationen über die Fahrzeugpositionen während des Transports nutzen und so eine ETA-Aktualisierung durchführen. Jeder der Akteure hat die Möglichkeit, zusätzliche Echtzeitdaten aus dem Verkehr (Stau, Baustellen, Wetter) zu integrieren und die ETA-Berechnung anzureichern.

Denn letztlich ist die ETA eine Information, die unabhängig ist von der erstellenden Instanz, jedoch je nach Akteur einen unterschiedlichen Detailgrad aufweisen kann. Dementsprechend ist für eine genaue ETA-Berechnung und Aktualisierung das Zusammenspiel aller Akteure entlang der Transportkette notwendig. In der weiteren Definition wird daher die ETA als Stakeholder-verbindend betrachtet und die einzelnen Detaillierungsmöglichkeiten auf den (Daten)-Ursprung des Akteurs abgebildet.

Eine grobe Einteilung kann anhand der zugrundeliegenden Daten, die für die ETA-Berechnung vorhanden sind, vorgenommen werden. Eine **statische ETA** ist eine einmalige Festlegung einer geplanten Ankunftszeit auf Basis eines festgesetzten Ankunftszeitrahmens (Tag, Zeitfenster). Diese Information kann entlang der Supply Chain ausgetauscht werden, wird jedoch nicht mehr nachfolgend aktualisiert. Darüber hinaus können Ankunftszeiten auch anhand von historischen Daten vorausgesagt werden. Diese **Predictive ETAs** können auf Kundenprofilen und vergangenen Sendungen basieren und werden nicht aktualisiert.

Sobald eine Aktualisierung während des Transportvorgangs erfolgt, ist von einer **dynamischen ETA** die Rede. Dies kann die Nutzung von Positionsdaten während des Transports beinhalten bzw. auch die Kommunikation von Fahrer/Fahrzeug und Dienstleister/Kunde oder die Nutzung von Predictive Daten. Eine Abbildung dieser Abgrenzungen zeigt Abbildung 2.

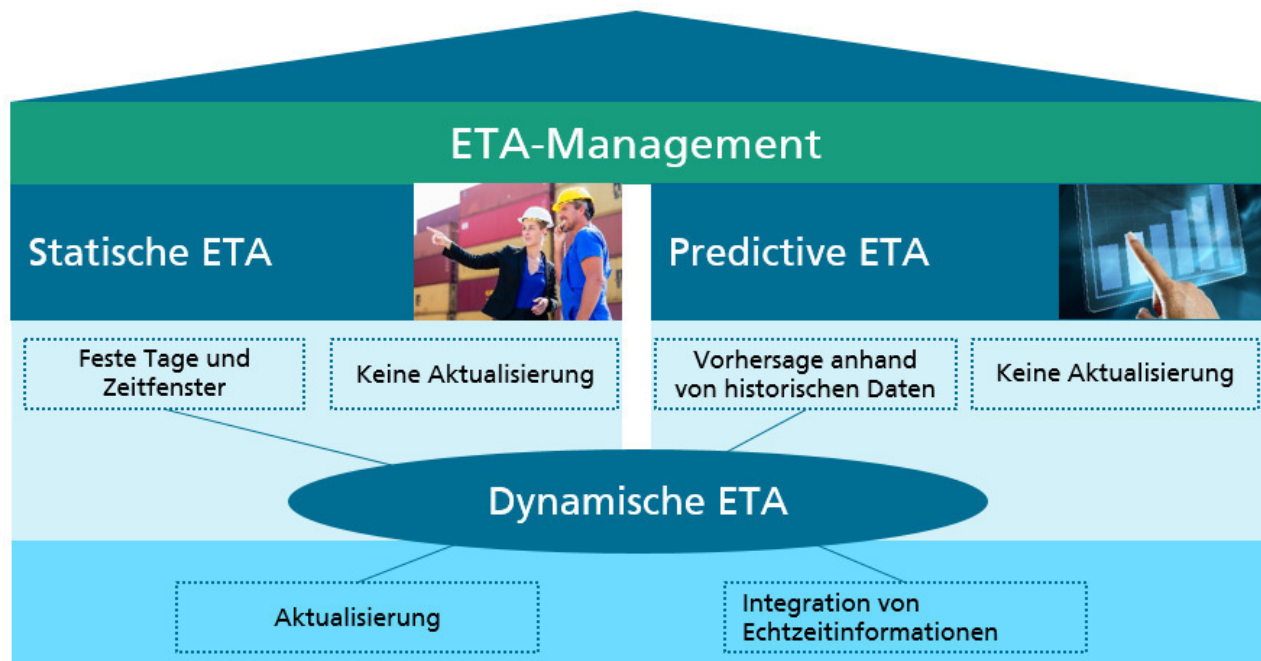


Abbildung 2 Abgrenzung ETA-Management

Dieser Grad der Dynamik in der ETA-Berechnung ist in hohem Maße davon abhängig, mit welcher Qualität und in welchen Abständen die ETA erneuert wird. Bei einer manuellen Aktualisierung der ETA durch punktuelle Positionserfassung oder auch Kommunikation mit dem Fahrer wurde von den befragten IT-Serviceanbietern häufig ein zeitlicher Abstand von etwa 30 Min. angewandt. Auf diese Weise wird eine dynamische ETA-Aktualisierung während des Transportes garantiert, jedoch keine Anbindung von Echtzeitdaten. Der Begriff Echtzeit (engl. Real time), nach DIN ISO/IEC 2382, definiert bezogen auf IT-Systeme ausschließlich, dass ein Echtzeitsystem jederzeit zur Verarbeitung von eingehenden Daten in der Lage ist. Darüber hinaus werden weder die Dauer des verarbeiteten Prozesses eingeschränkt noch die Abstände für den Dateneingang definiert. Dies kann dazu führen, dass verarbeitete Daten (und damit eine ETA) genutzt werden, die allerdings nicht mehr auf aktuellem Stand sind und keine korrekte Aussage und somit Mehrwert mehr liefern. Die Verarbeitung von solchen Near-Time-Daten wird häufig bereits als echtzeitfähige Anwendung tituliert. Erst die Verarbeitung von eingehenden Daten im Minutenbereich (~3-5 Min.) bietet eine angemessene dynamische Abbildung einer Fahrzeugposition und im Zusammenspiel mit weiteren dynamischen Verkehrsdaten und Prognosen wird somit eine genaue ETA-Berechnung ermöglicht.

Eine Abbildung der Stufen der Dynamik zeigt Abbildung 3.

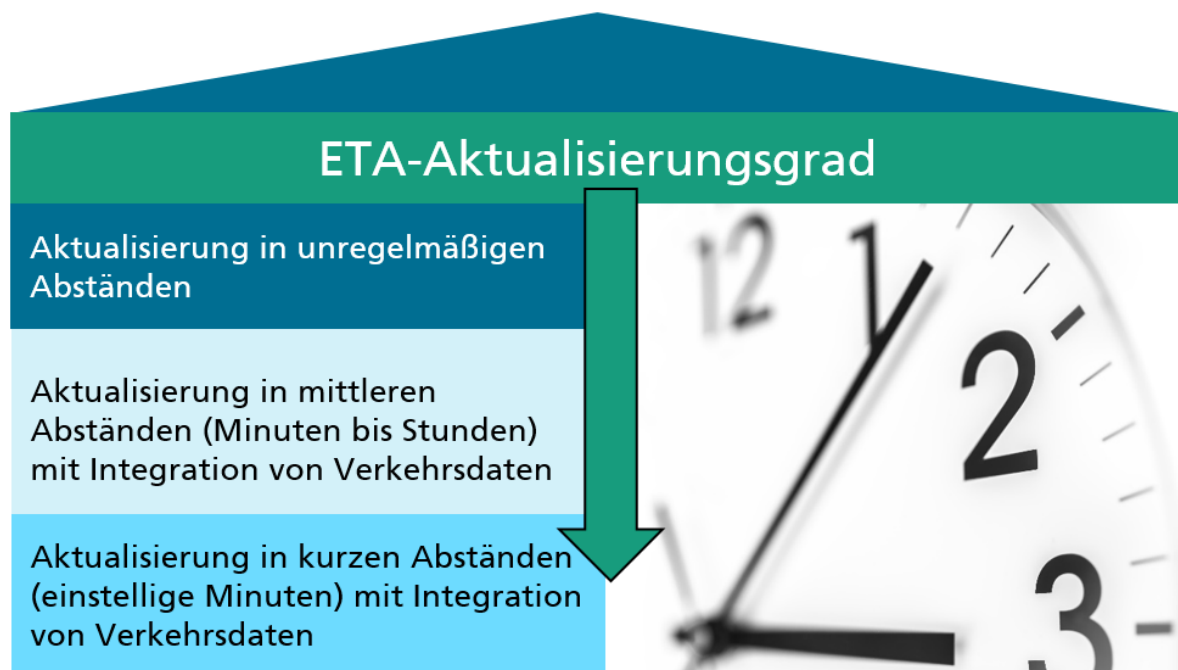


Abbildung 3 Aktualisierungsgrade der ETA

Möglich sind auch Anstöße der ETA-Aktualisierung auf den Eingang von Statusmeldungen hin (bspw. bei Eingang einer Stauinformation). In diesen Fällen werden die Update-Intervalle an den Eingang von neuen Dateninformationen gekoppelt.

Yardmanagement

Der Begriff Yardmanagement beschreibt die Planung der Vorgänge auf dem Werksgelände eines Akteurs (wie bspw. Rampenplanung, Torplanung und Verkehrsflussplanung). Da der Begriff Yardmanagement eher übergeordnet ist und oftmals eine Vielzahl an Funktionalitäten umfasst, soll mit Bezug auf echtzeitbasiertes Yardmanagement eine genaue Definition und Abgrenzung der Begrifflichkeiten erfolgen.

Grundsätzliche Aspekte, die in jedem Yardmanagement auftreten, sind die Koordination an Toren und Rampen ggfs. durch Sensorik oder direkte Kommunikationsstrukturen. Dies stellt die Grundlage für alle nachgelagerten Services dar. Ein weiterer Kernaspekt stellt das Tracking von Fahrzeugen auf dem Werksgelände dar. Dies kann durch verschiedene technische Lösungen wie GPS-Tracking, Sensorik oder Smartphone-Apps umgesetzt werden. Grundsätzlich gilt: Je größer die Werksfläche, desto wichtiger ist ein funktionierendes Yardmanagement.

Diese Aspekte stellen den Kern des Yardmanagements da und weitere Services können sich darauf aufbauend in viele Richtungen bewegen. Eine genaue Funktionsauswertung zum Stand der Technik erfolgt im späteren Teil dieser Studie; in dieser Studie soll nach der groben Abgrenzung des Yardmanagements der weiterführende Service Zeitfenstermanagement näher definiert werden und hinsichtlich Echtzeitsteuerung ausgewertet werden.

Zeitfenstermanagement

Das Zeitfenstermanagement (auch Slotmanagement) an Tor und Rampe beschreibt die Planung und Steuerung von LKW-Zuläufen auf das Werksgelände. Hier wird im Austausch mit den anliefernden Akteuren ein Zeitfenster zur Warenankunft am Tor bzw. zur Ausladung an der Rampe vereinbart, auf dessen Basis eine gleichmäßige Belegung und Pufferung durchgeführt wird. Während zum einen die Registrierung und Festlegung von Zeitfenstern wichtig ist, muss zum anderen darauf aufbauend die Verteilung von Transporten auf Tore und Rampen geplant werden.

Die Spezifizierung vom Yardmanagement zum Slotmanagement zeigt Abbildung 4.

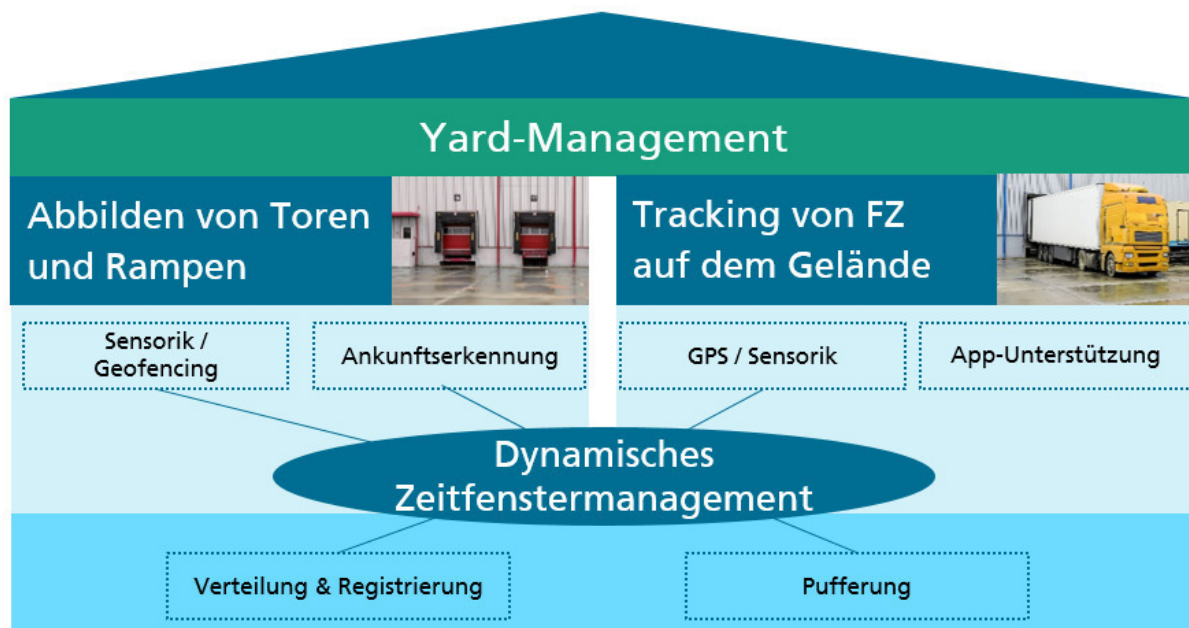


Abbildung 4 Abgrenzung Yard-Management

Spätestens wenn der Blick auf eine Echtzeitsteuerung von Anlieferzeitfenstern gerichtet wird, ist eine weitere Präzisierung nötig. Möglich sind grundsätzlich der Austausch von statischen Informationen wie die Festlegung von Anliefertagen oder Anlieferzeitfenster. Natürlich kann eine Anlieferung auch völlig ohne vorherige Absprache erfolgen. Sobald die Anbindung an eine dynamische ETA erfolgt, kann die Ankunft des Fahrzeugs zur Laufzeit aktualisiert werden und damit eine Umplanung und Reaktion erfolgen. Dieses resultierende dynamische Zeitfenstermanagement schafft eine höhere Flexibilität, da auf Verspätungen reagiert und eingehende Transporte gepuffert werden können.

Mit Blick auf Echtzeitdaten ist von zentraler Wichtigkeit, welche Daten erfasst und wie oft eine Umplanung angestoßen wird. Da die Umplanung der Zeitfenster und Zuordnung direkt vom Aktualisierungsrhythmus der ETA abhängt, folgt äquivalent zur ETA-Definition auch eine Kategorisierung der dynamischen Zeitfensterplanung.

Die Anforderung, die an die Umplanung letztlich gestellt wird ist, dass eine Umplanung und Optimierung parallel zum regelmäßigen Dateneingang durchgeführt werden kann, so dass daraus ein Echtzeitsystem resultiert.

Abbildung 5 zeigt die einzelnen Stufen des statischen und dynamischen Zeitfenstermanagements.

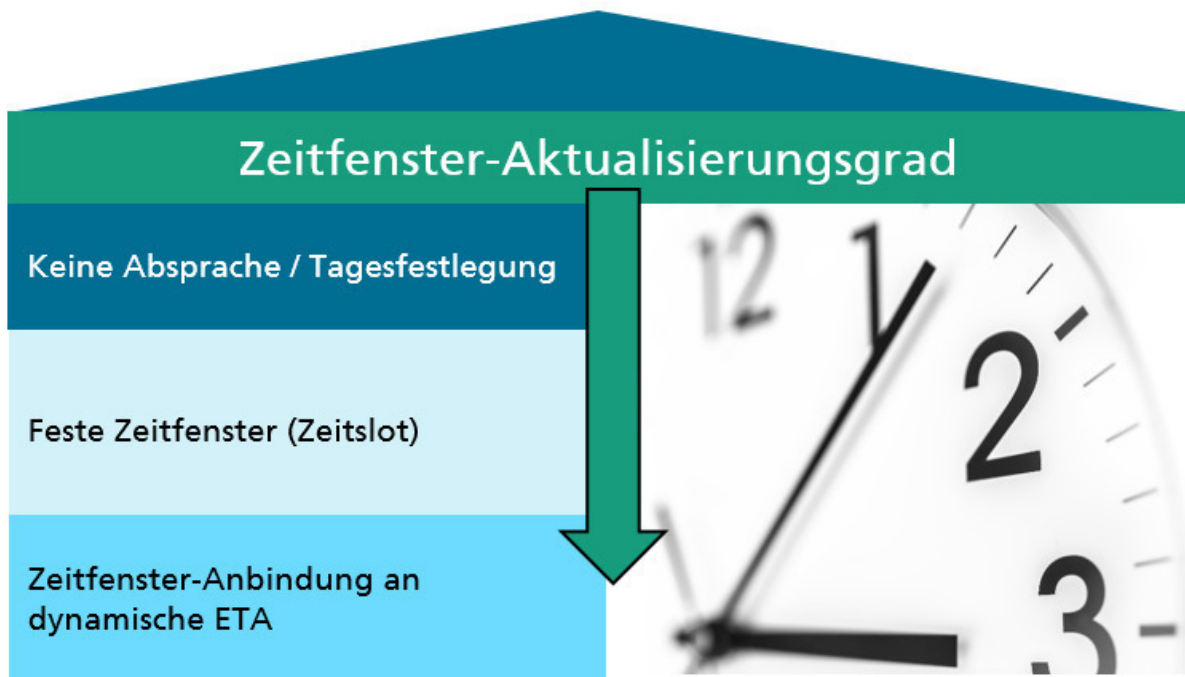


Abbildung 5 Aktualisierungsgrad der Zeitfenster

2.1.2 Herausforderungen

ETA-Management

Die Herausforderungen, die im Bereich ETA-Management auftreten, sind grundsätzlich mit der Qualität und Möglichkeit der Datenerfassung verbunden. Eine sinnvolle ETA-Berechnung kann nur erfolgen, wenn die genaue Position der Fahrzeuge in regelmäßigen Abständen erfasst werden kann. Dies erfordert eine technische Lösung wie GPS-Tracking und vor allem eine einheitliche Umsetzung. Wenn nur ein Drittel der LKW, die bspw. einen Kunden anfahren auf diese Weise ihre Ankunftszeiten aktualisieren können, ist der letztendliche Nutzen gering. Es wird somit ein flächendeckendes Tracking von Fahrzeugen nötig sein, um grundsätzlich auf Basis von dynamischen ETAs zu arbeiten.

Zudem ist die Abbildung des Verkehrsflusses und möglicher Staus und Verspätungen essentiell. Je nach Verkehrsträger ist diese Abbildung unterschiedlich genau und kann bspw. beim Bahnzufluss in Häfen eine ETA-Aktualisierung deutlich erschweren.

Letztlich ist auch der durchgängige Austausch von ETAs entlang der Supply Chain eine Herausforderung. Wenn der LDL³ anhand seiner Tracking- und Verkehrsdaten eine aktualisierte ETA erstellt, muss diese auch an alle beteiligten Partner kommuniziert werden, da diese ihre eigenen Planungen ansonsten nicht anpassen können. Hier sind einheitliche Plattformen zum Datenaustausch und zur Visibilität nötig, die am besten Supply-Chain-übergreifend ansetzen sollten, um einen Logistik-Standard zu etablieren.

Yard- und Slotmanagement

³ LDL (kurz für Logistikdienstleister)

Zusätzliche Herausforderungen, die für Yard- und Slotmanagement gelten, sind vor allem in der Ausstattung von Infrastruktur durch geeignete Sensorik zu sehen. Dies gilt für das Erkennen von Fahrzeugen und deren Positionen am Tor bzw. auf dem Werksgelände. Oftmals kann ein Geotracking nicht ausreichen, um genaue Zuordnungen von Fahrzeug zu Tor/Rampe abzubilden.

Eine Befragung des Bundesamtes für Güterverkehr zur aktuellen Situation an den Rampen zeigte unterschiedliche Bewertungen bei Werks-Betreibern und Logistikunternehmen: Es wird großes Optimierungspotential gesehen; der zentrale Aspekt bei der Bewertung der aktuellen Situation an den Laderampen ist letztlich die Wartezeit am Tor bzw. die Möglichkeit zur vorzeitigen Pufferung⁴.

2.1.3 Datenbedarf

Für die dynamische ETA-Berechnung und das Yard- bzw. Slotmanagement werden eine Vielzahl von unterschiedlichen Daten benötigt. Durch den dynamischen Ansatz müssen die Fahrzeugpositionen in Echtzeit zur Verfügung stehen. Eine wichtige Voraussetzung ist es daher, dass Statusinformationen, wie beispielsweise Verspätungen von Fahrzeugen, einbezogen werden. Darüber hinaus sind auch Prognosedaten von Bedeutung. Anhand von Prognosen, wie zum Beispiel bestimmte Wetterverhältnisse, Höhe des Verkehrsaufkommens oder ähnliches, lässt sich die dynamische ETA-Berechnung und das Yard-Slot Management genauer planen und steuern. Von Spediteuren sollten zudem Fahrzeugdaten bereitgestellt werden, die in Verbindung mit Auftragsdaten weitere wertvolle Informationen darstellen. Die Möglichkeit einer priorisierten Behandlung von Transportmitteln kann, durch das Teilen der Informationen bezüglich der Auftragsprioritäten geschaffen werden. Insbesondere für das Yard- bzw. Slotmanagement sind Sensordaten vom Tor und der Infrastruktur für die Planung und Steuerung der Abläufe auf dem Hof interessant.

Tabelle 1 zeigt eine Auflistung der zentralen Datensätze im ETA- bzw. Yard/Slotmanagement und nimmt eine Einstufung hinsichtlich des Datentyps (offen vs. Proprietär), der Relevanz (Must-Have, Nice-To-Have) sowie der Echtzeitfähigkeit vor.

Tabelle 1 Datenquellen ETA-/Yardmanagement

Datensatz	Bereich	Datentyp	Relevanz	Echtzeitfähigkeit
Verkehrsaufkommen, Staudaten	Verkehr	Offen, proprietär	Must-Have	Ja
Fahrerruhezeiten	Fahrzeug und Fahrer	proprietär	Nice-To-Have	Nein
Baustellenden/Sperrungen	Verkehr / Geodaten	Offen	Must-have	Ja
Fahrzeugposition	Fahrzeug und Fahrer	proprietär	Must-have	Ja
Fahrzeugbenzinmenge	Fahrzeug und Fahrer	proprietär	Nice-To-Have	Ja
Parkplatzpositionen und Auslastung	Infrastruktur	Offen, proprietär	Nice-To-Have	Ja

⁴ Marktbeobachtung Güterverkehr 2016, Bundesamt für Güterverkehr

Infrastrukturdurchlaufzeiten	Infrastruktur	proprietär	Must-Have	Nein
Tankstellenpositionen	Infrastruktur	Offen, proprietär	Nice-To-Have	Nein
Tageszeitabhängige Distanzen und Fahrzeiten	Geodaten	Proprietär	Must-Have	Nein
Wetterdaten	Sonstige Datenquellen	Offen, Proprietär	Nice-To-Have	Ja
Fahrzeugtypinformationen	Fahrzeug und Fahrer	Proprietär	Nice-To-Have	Nein
Torinformationen	Infrastruktur	Proprietär	Must-Have	Ja
Rampeninformationen	Infrastruktur	Proprietär	Must-Have	Ja

2.1.4 Stand der Technik

Für den Bereich ETA-Management gibt es keine spezifische übergeordnete ETA-Forschung für den Bereich Transport, allerdings existieren unterschiedliche Ansätze für einzelne Verkehrsträger wie Schiff (Aydin, Lee, Mansouri 2016), Flugzeug (Murça, Müller 2015) oder beispielsweise Busfahrten (Zhou, Yao, Chen, Gong, Lai 2017). Diese Ansätze verfolgen spezifische Szenarien, in denen die Ankunftszeiten der Verkehrsträger an Besonderheiten gekoppelt sind und die letztlich in Speziallösungen zur ETA-Erstellung resultieren.

In der Industrie gibt es einzelne IT-Serviceanbieter, die „ETA-Services“ anbieten, d.h. die Informationen aus dem Logistiknetzwerk zusammenführen, ETAs ermitteln und an die einzelnen Akteure zurückspielen. Solche Services sind oftmals auch an weitergehende Softwaresysteme wie Transportmanagementsysteme (TMS) gekoppelt.

Der Rahmen in der ETA-Ermittlung erfolgt in der Regel auf den Daten der Supply Chain, angereichert mit Echtzeitverkehrsdaten (Stau, Baustellen). In einzelnen Services werden auch explizit Parkplatzinformationen ausgewertet und in die ETA-Kalkulation integriert.

Zusammengefasst ist die ETA-Berechnung ein Service, der von spezialisierten Dienstleistern angeboten wird, die sich vollständig auf Datenintegration und Vernetzung konzentrieren und für die zumindest aktuell keine grundlegende Veränderung in der Komplexität erkennbar ist.

Für den Bereich Yard-Management kann nur ein grober Überblick über die Kernaspekte des Yard- und Slotmanagement gegeben werden, da es eine Vielzahl Vorgänge auf dem Werksgelände gibt und die Bandbreite von Services sehr groß ist.

Tabelle 2 zeigt eine Auflistung von Kernfunktionalitäten und optionalen Services:

Tabelle 2 Funktionalitäten im Yard-Management

Funktion	Beschreibung
Erfassung von Toren und Rampen	Die digitale Abbildung von Rampen und Toren sind Grundlage für weitergehende Planungsservices im Yard-Management. Es gibt unterschiedliche Digitalisierungsgrade, die von informeller bis zu grafischer Abbildung gehen.
Aufnahme, Registrierung	Eine Vielzahl an Funktionen muss bei der Ankunft von LKWs am

und Ausgang der Transporte am Tor	Werkstor berücksichtigt werden. Dies umfasst unter anderem - o Anmeldung / Check-in/out - o Werkszutritt - o Verwiegung - o (Be- und Entladung – häufig erst an der Rampe) - o Dokumentenausgabe - o Werksaustritt Während der klassische Ansatz im Einsatz von Mitarbeitern oder externen Sicherheitsfirmen am Tor weit verbreitet ist, sind auch automatisierte Lösungen mittels Terminals, an denen sich Fahrer selbstständig anmelden können, eine Option.
Monitoring von Fahrzeugen auf dem Gelände / am Tor	Die Abbildung von Werksverkehren und eingehenden Transporten kann mittels installierter Sensorik ermöglicht werden. Auf diese Weise ist eine Steuerung und Auswertung des Werksverkehrs möglich. Lösungen auf dem Markt bewegen sich von optischer Erkennung bis zu GPS-Erkennung per App. Die Daten können in der Regel in Echtzeit ausgewertet werden. Ein Forschungsthema für die Zukunft ist der Einsatz von Flugdrohnen mit Kameras.
Hofstellplatzplanung und -optimierung	Durch genaue Informationstransparenz über Fahrzeugpositionen und Stellplätze kann zusätzlich eine softwaregestützte Hof-Planung durchgeführt werden. Die Information kann über intelligente Schilder oder mobile Apps an den Fahrer zurückgespielt werden. Gleichzeitig lassen sich so die innerwerklichen Verkehrsflüsse steuern.
LKW-Zulaufsteuerung und Slotmanagement	Durch ETA-Informationen von den eintreffenden Fahrzeugen und ein digitales Monitoring des eigenen Werksgeländes kann eine genaue Zulaufsteuerung etabliert werden, die den Durchlauf erhöht und Wartezeiten reduziert. In der Praxis können sich Logistikunternehmen bzw. deren Fahrer über Onlineportale einzelne Anfahrtszeitfenster (Slots) reservieren, in denen die Ankunft am Werk erfolgen soll. In Echtzeit können anhand der Kapazitäten und Fahrzeugpositionen optimale Anfahrtsreihenfolgen ermittelt werden und an die Fahrer kommuniziert werden. Dies erfolgt ebenfalls über Web-Portale oder mobile Apps. Auf diesem Weg erfolgt bereits eine effiziente Pufferung auf den Zufahrtswegen und eine Entlastung von Parkplätzen. Die Qualität des Services hängt in hohem Maße von der ETA-Qualität ab und kann durch weitere Datenquellen (prognostizierte Tankzeiten, Pausenzeiten, Infrastrukturdaten) ausgebaut werden.

Weitere Teilaspekte sind z.B. Zutrittskontrolle, Fahrermanagement, Ladungssicherungsdokumentation oder Gefahrgut und Gewichtskontrollen.

2.1.5 Nutzen

Durch eine genaue ETA-Erfassung können alle beteiligten Akteure die genaue Ankunftszeit einer Lieferung bestimmen und ihre Prozesse um diese Information herum planen. Ein Logistikdienstleister kann diese Information nutzen, um sie an seine Geschäftspartner weiterzuleiten oder die eigenen Tourenplanungen zu optimieren und auf Störungen und Verspätungen zu reagieren. Für Verlader, Produzenten und Kunden ist die ETA die zentrale Information über die eingehenden Waren. Je nach Anwender werden nachgelagerte Funktionen wie Yard- und Slotmanagement sowie auch die Produktionsplanung direkt durch diese Information beeinflusst. Insgesamt kann durch eine genaue ETA eine Echtzeit-Visibilität entlang der Supply Chain erreicht werden, die in modernen Logistiknetzwerken essentiell ist und für den Kunden einen wichtigen Service darstellt.

Der zentrale Nutzen von Yard- und Slotmanagement liegt in der Steuerung aller Vorgänge rund um die Infrastrukturen Tor, Rampe und Hof und den daraus resultierenden Vorteilen für alle Beteiligten. Indem zwischen Empfänger und Lieferanten/LDL ein Zeitfenster zur Belieferung definiert wird, ist für beide Seiten ersichtlich, wann eine Lieferung zu erfolgen hat. Der Lieferant kann anhand dieser frühzeitig bekannten Fenster seine Touren- und Fuhrparkplanung ableiten und kann seine Transporte effizient durchführen. Doch vor allem kann der Empfänger den Zugang zum eigenen Hof und seine Rampensteuerung optimieren, was zu einem großen Nutzen führt. Durch die Planung von genauen ETAs lässt sich die Reihenfolge an Rampe und Tor planen, so dass weniger Engpässe und ein höherer Durchlauf entstehen. Daraus resultieren eine bessere Auslastung der Tore und weniger Verstopfungen und Staubbildungen durch wartende LKW. Durch geeignete Pufferung wird auch das LKW-Aufkommen auf dem Verkehrsnetz während des Transports besser verteilt. Zudem wird die Aufenthaltsdauer für die einzelnen Fahrzeuge am Werk reduziert, ein bedarfsgerechter Fahrzeugaufruf sichergestellt und somit auch die Umwelt und das Verkehrsnetz entlastet. Durch gesicherte Ein- und Ausfahrtszeiten entsteht weiterhin Planungssicherheit. Für internationale Transporte wird zudem die Problematik der Sprachbarriere in der Abwicklung am Tor vereinfacht und sichergestellt, dass Arbeiter an Tor und Rampe sinnvoll ausgelastet werden. Durch weiterführendes Yardmanagement und Tracking auf dem Werksgelände kann auch der Werksverkehr überwacht und optimiert werden und durch Leitsysteme unterstützt werden.

2.1.6 Infrastruktur

Es existieren verschiedene Voraussetzung und Lösungen hinsichtlich der Infrastruktur im Yardmanagement. Während auf dem Werksgelände Tore und Rampen grundsätzliche Infrastruktur darstellen, gibt es darüber hinaus verschiedene Besonderheiten, die sich nach Branche und Unternehmen unterscheiden.

Beispielsweise kann die Anmeldung am Tor durch Schranken und Mitarbeiter in der direkten Kommunikation mit den Fahrern gesteuert werden. Alternativ existieren Lösungen für Terminals, an denen Fahrer selbstständig eine Anmeldung vornehmen können und so Werkszutritt erhalten. Über solche Terminals kann zusätzlich die Verwiegung, Be- und Entladung sowie Dokumentenübergabe abgewickelt werden, ohne dass weitere Werksmitarbeiter nötig sind. Tabelle 3 zeigt eine Liste der einzelnen Infrastrukturaspekte im Yardmanagement und ihre Aufgaben:

Tabelle 3 Infrastruktur im Yardmanagement

Infrastruktur	Beschreibung
Tor	Zentraler Ankunftspunkt und Zugang zum Werksgelände

Rampe	Ort auf dem Werksgelände, der zur LKW-Be- und Entladung fungiert.
Parkplatz	Stellfläche für LKW auf dem Werksgelände(für Wartezeiten) oder am Straßennetz(für Pufferung)
Leitsysteme	(Digitale) Schilder und Leitsysteme die die Navigation auf dem Werksgelände ermöglichen (oftmals auch per App)
Terminals	Terminals für Fahrer, die ggf. mehrere Funktionalitäten von Toren und Rampen automatisieren ○ Anmeldung ○ Werkszutritt ○ Verriegelung ○ Beladung ○ Entladung ○ Dokumentenausgabe ○ Werksaustritt

2.1.7 Handlungsbedarf

Aus den bisher genannten Punkten ergeben sich Handlungsbedarfe für die Zukunft. Hier ist vor allem die Integration von Echtzeitdatenquellen aus dem Verkehr zu nennen. Für ein verbessertes Yard-Slot-Management wird zudem der Einsatz von Sensorik auf dem Werksgelände benötigt, der vielfach noch nicht in einem ausreichenden Maße vorhanden ist. Weiterer Handlungsbedarf ist im Bereich des Abbildens von ETAs erkennbar.

Für beide, d.h. die dynamische ETA-Berechnung und das Yard-Slot-Management ist der Einsatz von Predictive Analytics auf der Grundlage von Big Data Ansätzen und Konzepten für die Prognose von zunehmender Bedeutung.

2.2 Dynamische Tourenplanung

2.2.1 Definition und Abgrenzung

Die **Tourenplanung** von Logistikdienstleistern erfolgt bisher größtenteils unternehmensspezifisch und statisch ohne direkten Austausch mit den anderen Akteuren der Lieferkette oder der Infrastruktur. Lieferzeit und Ort sind in den Auftragsdaten festgelegt. In der Praxis existieren verschiedene Technik- und Softwarelösungen, die Tourenplanung und Kommunikation entlang der Lieferkette ermöglichen, wie z.B. Transportmanagementsysteme (TMS), die heutzutage oftmals statische Touren erzeugen und die Sendungsverfolgung und den Sendungsstatus für die Akteure transparent darstellen

Man kann bei Tourenplanungsalgorithmen nach zwei Gesichtspunkten klassifizieren; zum einen nach statischer und dynamischer Planung, zum anderen nach deterministischen und stochastischen Eingabedaten.

Als statisch wird ein Algorithmus bezeichnet, wenn der Input im Voraus bekannt ist. Die zu verplanende Sendungsmenge und alle ihre Details (Kundenanschrift, Sendungsgröße, Liefertermin) stehen also fest, bevor das Tourenplanungsproblem gelöst wird. Sollten danach noch neue Informationen zu diesen Sendungen oder gar neue Sendungen eintreffen, werden diese für die bereits geplanten Touren nicht mehr berücksichtigt, sondern beispielsweise erst wieder bei der Planung für den nächsten Tag.

Bei dynamischen Algorithmen verändert sich der Input mit der Zeit, und zwar insbesondere, nachdem die initiale Berechnung oder sogar der Start der Tour bereits erfolgt ist. Es kann sich sowohl die Information zu einzelnen Sendungen ändern (z. B. die Zustelladresse oder der Zustelltermin), aber es können auch neue Sendungen (z. B. abzuholende Sendungen) dazukommen. Außerdem können sich auch Informationen über die zu nutzende Infrastruktur ändern, wenn z. B. neue Erkenntnisse über die Nicht-Befahrbarkeit bestimmter Straßen gewonnen werden, weil beispielsweise eine Straße wegen eines Unfalls kurzfristig gesperrt worden ist oder wegen eines Staus deutlich langsamer durchfahren werden kann. Der dynamische Algorithmus wird also während der Durchführungszeit der Tour wiederholt neu gestartet und betrachtet bei jedem folgenden Lauf die bereits abgearbeiteten Teile der Tour (zugestellte bzw. abgeholte Sendungen) als erledigt und nicht mehr zu berücksichtigen, muss aber alle anderen – auch die neu dazugekommenen – Aufträge neu planen, so dass für diese eine neue optimale Rest-Tour ermittelt wird. Dynamische Algorithmen sind also dadurch gekennzeichnet, dass Echtzeitinformationen berücksichtigt werden können, was sie gegenüber den statischen Algorithmen abgrenzt.

Die Begriffe deterministisch und stochastisch beziehen sich auf die Qualität bzw. Beschaffenheit der Inputdaten. Bei deterministischen Inputdaten stehen diese in genau der Form fest, in der sie in der Tour abgebildet werden sollen – sie ändern sich nicht mehr.

Im Gegensatz dazu unterliegen stochastische Inputdaten einer gewissen Ungenauigkeit: Ihre Herkunft ist oft aus historischen Daten abgeleitet und mit stochastischen Methoden (z. B. mittels Zufallszahlen und Prognosedaten) auf die erwarteten Sendungen hochgerechnet worden. Es ist denkbar, dass ein Teil der stochastischen Informationen während der Durchführung der Tour konkretisiert (und damit zu deterministischer Information) wird – z. B. die Information, dass bei einem Kunden nicht drei, sondern nur zwei Sendungen abgeholt werden müssen.

Aufgrund dieser beiden Begriffspaare lassen sich die Algorithmen zur Tourenplanung und –optimierung in diese vier Kategorien einteilen:

Tabelle 4: Kategorisierung der vehicle routing problems, (eigene Darstellung angelehnt an V. Pillac⁵)

- | | |
|---------------------------------|------------------------------|
| – Statisch und deterministisch | – Statisch und stochastisch |
| – Dynamisch und deterministisch | – Dynamisch und stochastisch |

Aus der zentralen mathematischen Problembezeichnung Vehicle Routing Problem (VRP) lassen sich eine Vielzahl Variationen ableiten, die Eingrenzungen mit sich bringen. Für Touren mit Fahrzeugkapazitäten (CVRP⁶), mit Zeitfenstern (VRPTW⁷), mit mehreren Depots (MDVRP⁸) oder mit aufgeteilten Sendungen (SDVRP⁹) existieren spezielle Algorithmen, die je nach Anwendungshäufigkeit auch in der Tiefe erforscht werden. Wenn reale Tourenplanungssysteme entworfen werden, müssen diese Forschungen oftmals kombiniert werden, da die Probleme individuelle Ausprägungen besitzen und viele Aspekte vereinen. Dazu werden bestehende heuristische Lösungsansätze wie Evolutionäre Algorithmen, Tabu Search oder Simulated Annealing als Basis eingesetzt.

Selbstverständlich können die genannten Variationen des VRP durch die Hinzunahme der Aspekte statische/dynamische Planung bzw. deterministische/stochastische Eingabedaten weiter konkretisiert bzw. unterteilt werden.

Der in den vergangenen Jahren aufgekommene Begriff der kollaborativen Tourenplanung behandelt Tourenplanungen, bei denen sich Lieferunternehmen zusammenschließen und ihren Fuhrpark gemeinsam nutzen, um die Gesamtzahl ihrer Kunden zu erreichen. Das kann dazu führen, dass beispielsweise das eine Lieferunternehmen auf seinen Touren auch Sendungen des anderen Unternehmens ausliefert, während das andere Unternehmen auf seinen Touren ebenfalls Sendungen beider Unternehmen zustellt. Der Ansatz der kollaborativen Tourenplanung hat jedoch direkt nichts mit der dynamischen Tourenplanung zu tun, da es sich bei ihm um einen ganz anderen Blickwinkel auf die Tourenplanung handelt. Man kann auch sagen, dass hierbei eine ganz andere „Dimension“ der Tourenplanung betrachtet wird.

2.2.2 Herausforderungen

Für die Lösung statischer Tourenplanungsprobleme müssen deutlich weniger Voraussetzungen erfüllt sein als für die Lösung dynamischer Tourenplanungsprobleme. Der Aspekt der Dynamik ist mit vielen Herausforderungen verbunden, die im Vorfeld eines Planungslaufes gemeistert werden müssen. Dabei soll hier das Thema „Daten“ noch ausgeklammert werden, weil darauf im nachfolgenden Kapitel „Datenbedarf“ noch gesondert eingegangen werden wird.

An technischen Herausforderungen ist die Ausrüstung der Tourenfahrzeuge mit Geräten zu nennen, mit denen die Tourenneuplanungsergebnisse zeitnah von dem (zentralen) Rechner, auf dem das dynamische Tourenplanungsproblem gelöst wird, an das bereits auf der Tour befindliche Fahrzeug übermittelt werden können. Der Fahrer kann die geplante Tour nicht mehr wie bei der statischen Planung auf Papier ausgedruckt in Form einer Liste mitnehmen, da sich diese während der Fahrt ändern kann. Die Minimalanforderung ist hier ein Telefon, mit dem die neuen Anweisungen an den

⁵ Vgl. Pillac, Gendreau, Guéret, Medaglia (2013)

⁶ Capacitated Vehicle Routing Problem, Fahrzeuge haben begrenzte Ladekapazität

⁷ Vehicle Routing Problem with Time Windows, Die Lieferungen an einem Anfahrtsort müssen in festen Zeitfenstern erfolgen

⁸ Multi-Depot Vehicle Routing Problem, Lieferungen und Fuhrpark können auf mehrere Depots aufgeteilt werden

⁹ Split Delivery Vehicle Routing Problem, Ein Anfahrtsort kann auch von mehrmals angefahren werden

Fahrer übermittelt werden. In der Praxis wird aber ein Navigationsgerät benötigt, auf dem die Anweisungen in Schriftform und/oder in Kartenform dargestellt werden können.

Doch auch in der anderen Richtung muss der Informationsfluss sichergestellt sein. So muss das Tourenplanungsprogramm vor jeder Neuberechnung wissen, wo sich das Fahrzeug gerade befindet, damit es einen korrekten Startpunkt der Resttour berücksichtigen kann. Für diese Informationen sind GPS-Tracker geeignet, die mobil mitgenommen werden oder fest in das Fahrzeug integriert sind. Mit ihrer Hilfe kann – zumindest indirekt – auch die Information übergeben werden, welche Aufträge der Tour bereits abgearbeitet (abgeholt/zugestellt) worden sind: Sofern die geografischen Daten der Kunden, bei denen etwas abgeholt oder zugestellt werden soll, bereits vom Fahrzeug an die „Zentrale“ gemeldet worden sind, kann davon ausgegangen werden, dass die damit verbundenen Aufträge abgearbeitet worden sind. Besser wäre natürlich eine technische Lösung, wo jeder erledigte Auftrag explizit als „erledigt“ zurückgemeldet werden kann, ohne den Umweg über die Koordinatenberechnung.

Dynamische Tourenplanung verlangt vom Fahrer deutlich mehr Disziplin als statische Tourenplanung. Von Logistikunternehmen hört man häufig, dass vor allem erfahrene Fahrer sich ungern von einem System die Route vorgeben lassen. Je besser sie mit dem Tourgebiet vertraut sind, desto leichter glauben sie, selbst die optimale Route für die Erledigung aller Aufträge zu kennen. Das mag bei statischen Aufgabenstellungen auch noch – teils mit geringen Abweichungen vom Optimum – möglich sein; bei dynamischen Problemen funktioniert das allerdings nicht mehr. Da sich hier die Information über die Zustell- bzw. Abholzeitpunkte während der Tour ändern kann, was dann eine neue optimierte Route zur Folge hat, ist es unabdingbar, dass der Fahrer die vorgegebene Route in der richtigen Reihenfolge abfährt und nicht mehr nur seiner Erfahrung vertraut.

Nicht nur der Fahrer muss sich der neuen Technik öffnen und ihr vertrauen, auch die Verantwortlichen der Zustellorganisation selbst müssen das Vertrauen in die neue Technik haben und bereit sein, alle damit verbundenen Probleme zu lösen. Gerade kleinere Firmen könnten hier vor Probleme gestellt werden, denn die neue Technik ist auch mit zusätzlichen Kosten verbunden.

Eine weitere Herausforderung besteht in den Algorithmen, die für die dynamische Tourenplanung benutzt werden, und in den Rechnern, auf denen diese Algorithmen ausgeführt werden. Da aufgrund der dynamischen Komponente oft eine deutlich größere Datenmenge zu verarbeiten ist, andererseits aber die Ergebnisse sehr zeitnah benötigt werden (die Tour ist bereits gestartet worden und der Fahrer wartet auf ihre optimale Fortsetzung), ist es wichtig, dafür zu sorgen, dass die Berechnungsläufe sehr schnell zu einem guten Ergebnis kommen. Es ist nicht geholfen, wenn der Fahrer eine Stunde lang auf die nächsten Anweisungen warten muss, wie er nun weiterzufahren hat. Insofern sind sowohl an die Architektur der Software als auch an die Ausstattung der Hardware höchste Anforderungen zu stellen, um sehr zeitnah brauchbare Optimierungsergebnisse zu erhalten und an die Fahrer weitermelden zu können.

Eine Herausforderung für die Programmierung von dynamischen Tourenplanungsalgorithmen besteht auch in der Berücksichtigung der Arbeitszeiten bzw. der Lenk- und Ruhezeiten für die Fahrer, letzteres insbesondere für Fahrer größerer LKW. Dabei dürfen sowohl die Lenkzeit am Stück als auch die Tageslenkzeit und die Wochenlenkzeit bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten und es müssen nach bestimmten Blöcken von Lenkzeit Ruhepausen eingeplant werden.

Ein grundsätzliches Problem für jede Organisation, die Abhol- und Zustelltouren durchführt, besteht aktuell darin, dass es schwierig ist, aufgrund des herrschenden Fahrermangels überhaupt Kraftfahrer für diese Touren zu finden. Aus diesem Grunde muss derzeit bereits teilweise notgedrungen auch auf weniger qualifiziertes Personal zurückgegriffen werden. Dieser allgemeinen Herausforderung kann durch eine dynamische Tourenplanung zumindest ansatzweise insofern entgegengewirkt werden, dass dynamisch ergänzte bzw. aktualisierte Touren letztlich effizienter durchgeführt werden können als statische. Wenn es auf diese Weise gelingt, in einzelnen Depotgebieten an einzelnen Tagen mal eine komplette Tour einzusparen bzw. eine zusätzliche ineffiziente Tour zu vermeiden, wird dem Problem des Fahrermangels schon etwas entgegengewirkt.

2.2.3 Datenbedarf

Damit eine dynamische Tourenplanung erfolgen kann, ist der folgende Datenpool von Bedeutung.

Tabelle 5 Datenquellen der dynamischen Tourenplanung

Datensatz	Bereich	Datentyp	Relevanz	Echtzeitfähigkeit
Verkehrsaufkommen, Staudaten	Verkehr	Offen, proprietär	Must-Have	Ja
Fahrerruhezeiten	Fahrzeug und Fahrer	proprietär	Nice-To-Have	Nein
Baustellendaten/Sperrungen	Verkehr / Geodaten	Offen	Must-have	Ja
Fahrzeugposition	Fahrzeug und Fahrer	proprietär	Must-have	Ja
Fahrzeugbenzinmenge	Fahrzeug und Fahrer	proprietär	Nice-To-Have	Ja
Parkplatzpositionen und Auslastung	Infrastruktur	Offen, proprietär	Nice-To-Have	Ja
Infrastrukturdurchlaufzeiten	Infrastruktur	proprietär	Must-Have	Nein
Tankstellenpositionen	Infrastruktur	Offen, proprietär	Nice-To-Have	Nein
Tageszeitabhängige Distanzen und Fahrzeiten	Geodaten	Proprietär	Must-Have	Nein
Wetterdaten	Sonstige Datenquellen	Offen, Proprietär	Nice-To-Have	Ja
Auftragsdaten	Unternehmensdaten	Proprietär	Must-Have	Ja
Kundendaten	Unternehmensdaten	Proprietär	Must-Have	Nein

2.2.4 Stand der Technik

Erst innerhalb der letzten Jahre hat sich der Fokus der Forschung auf die dynamische Tourenplanung mit Echtzeitdaten gerichtet. Der Grund dafür, dass das in der Vergangenheit kein nennenswertes Thema war, sind die erst in jüngster Zeit stattgefundenen Entwicklungen im technischen und IT-Bereich, die die algorithmische Lösung von dynamischen Tourenplanungsproblemen erst möglich gemacht haben. Die neuen technischen Möglichkeiten haben andererseits zu einer Erhöhung der Komplexität der Aufgabenstellung geführt, die nur gelöst werden kann, wenn in ausreichender Weise technische Systeme bereitstehen, die auf das dynamische Umfeld angepasst sind und die erforderlichen Informationen zur Verfügung stellen. Eine Literaturlauswertung von wissenschaftlichen Artikeln, die zum allgemeinen Thema *vehicle routing problem* zwischen 2009 und 2013 veröffentlicht wurden (insgesamt 144 Artikel), hat herausgefunden, dass lediglich rund 10 % die dynamische Variante der Tourenplanung behandeln (De Jaegere, Defraeye, Van Nieuwenhuyse 2014). Somit kann man immer noch von einer Nische in der wissenschaftlichen Forschung sprechen.

Zur Optimierung von dynamischen Tourenplanungsproblemen (DVRP) existieren Forschungsbeiträge, die die Optimierungsalgorithmen mit eingelesenen Echtzeitdaten ergänzen. Hier wird vor allem der Aspekt beleuchtet, wie Kunden nach dem Tourstart in die laufende Tour ergänzt werden können; in selteneren Fällen werden die Echtzeitpositionsdaten der Fahrzeuge in der Planung berücksichtigt.

Da dynamische Tourenplanung hinsichtlich der Verkehrsinfrastruktur Echtzeitdaten benötigt und verarbeitet, um die aktuelle Verkehrslage bei der Planung berücksichtigen zu können, ist es sinnvoll, auch hinsichtlich der Fahrzeiten auf den einzelnen Straßenteilen mit möglichst realitätsnahen Werten zu arbeiten. Deshalb wird vermehrt davon weggegangen, für jeden dynamischen Planungslauf dieselben Fahrzeiten auf den möglichen Wegen vorauszusetzen, die für die Routenführung genutzt werden sollen. Wenn beispielsweise im 30-Minuten-Rhythmus eine neue Planung angestoßen wird, werden in der Praxis verschiedene sogenannte Fahrzeitmatrizen verwendet. Eine Fahrzeitmatrix gibt für jedes Paar von möglichen Knoten, die zu verbinden sind, die Fahrzeit an, die für diese Verbindung benötigt wird. Analog dazu geben Entfernungsmatrizen, die in gleicher Form aufgebaut sind, die Entfernung zwischen jeweils zwei Knoten an. Für eine Planungsaufgabe, bei der 100 Kunden anzufahren sind, besteht die Fahrzeitmatrix aus $100 \cdot (100 - 1)$ Fahrzeiten – von jedem Knoten zu jedem anderen. Der aktuelle Trend besteht nun darin, dass diese Fahrzeiten tageszeitaktuelle Werte enthalten. Die Werte einzelner Knoten-Knoten-Relationen unterscheiden sich beispielsweise bei der 08.00 Uhr-Matrix von der um 11.00 Uhr, weil auf den Relationen, die stark für den Berufsverkehr benutzt werden, um 08.00 Uhr deutlich langsamer gefahren werden kann als um 11.00 Uhr, wenn der Berufsverkehr keine Rolle mehr spielt. Aktuelle Tourenplanungssoftware setzt also für jeden Planungslauf genau die Fahrzeitmatrix ein, die für die jeweilige Stunde bzw. Tageszeit die realistischsten Fahrzeiten enthält. Da diese Fahrzeitmatrizen nicht zur Laufzeit des Programms berechnet werden, sondern davor, handelt es sich bei ihnen nicht um dynamische Informationen, sondern um statische. So wird für jeden Tag für die 08.00 Uhr-Planung wieder die gleiche 08.00 Uhr-Fahrzeitmatrix verwendet. Aus der Verwendung verschiedener Fahrzeitmatrizen kann also nicht gefolgert werden, dass eine dynamische Tourenplanung vorgenommen wird – allerdings wird eine dynamische Tourenplanung im Umkehrschluss durch die Verwendung von statischen Fahrzeitmatrizen nicht zu einer statischen Tourenplanung. Hier handelt es sich ja nur um einen kleinen Bereich der Inputdaten. Der andere, z. B. der Teil mit den Aufträgen, kann weiterhin dynamisch sein.

Eine Spezialisierung der dynamischen Tourenplanung ist die Tourenplanung mit mobilen Standorten. Das gilt zum Beispiel für Touren von Servicemitarbeitern, die an einem zu ermittelnden Punkt auf der Tour angetroffen werden müssen, damit sie dort dann z. B. Reparaturmaterial entgegennehmen

können. Hier bewegt sich das Ziel gewissermaßen, oder anders ausgedrückt: Bei der Planung einer Tour muss ein Schnittpunkt mit einer anderen Tour ermittelt werden. Insofern liegt hier eine besondere Form der Dynamik vor, nämlich die mit sich dynamisch verändernden Zielen.

Dieser Aspekt von mobilen Standorten hat bisher wenig Einzug in die Forschung gefunden, allerdings existieren beispielsweise für variable Herstellungsorte Verfahren (MFRP¹⁰ vgl. Halper, Raghavan 2010).

Im After-Sales-Service existieren unternehmenseigene Tourenplanungsansätze, die explizit die Wartungstouren für ihre Techniker abbilden (DTRSP¹¹, vgl. Pillac, Guéret, Medaglia 2012). In diesen Systemen wird die Qualifikation der Techniker, ihr Equipment und benötigte Ersatzteile erfasst.

Die für ein Rendezvoussystem notwendige Erfassung von mobilen Kunden- und Übergabestandorten in Echtzeit, in Kombination mit der Berücksichtigung von Anforderungen der Ersatzteilloistik und Wartungs- und Instandhaltungstouren (bspw. Fähigkeit der Mitarbeiter, Verfügbarkeit von Werkzeugen) wurde in der Forschung in der benötigten Form noch nicht thematisiert.

Zudem sind spezielle Tourenplanungssysteme zum Thema Nachhaltigkeit im Blick der Forschung, woraus sich das Green Logistics VRP ableitet. Das GLVRP¹² beinhaltet unterschiedliche Lösungsdefinitionen hinsichtlich Benzinverbrauch, Energieverbrauch, alternativen Energien und Abgasreduzierung.

2.2.5 Nutzen

Die Berücksichtigung dynamischer Aspekte in der Tourenplanung schafft für alle Beteiligten viele positive Möglichkeiten, die bei statischen Algorithmen nicht berücksichtigt werden können. Letztlich führt es dazu, dass die Touren „näher an der Realität“ geplant werden können als ohne die dynamischen Informationen: Durch das Abholen zusätzlicher Sendungen, von denen beim Start der Tour noch gar nichts bekannt war, wird vermieden, dass ein zusätzliches Fahrzeug eine schlecht ausgelastete Abholtour ausführen muss oder dass diese Sendung erst einen Tag später abgeholt werden kann. Im umgekehrten Fall ist es jetzt möglich, einen bereits eingeplanten Kundenstopp auszulassen, wenn während der Tour bekannt wird, dass die hier abzuholende Sendung an diesem Tag nicht mehr versandfertig wird. Insofern erspart sich der Zusteller einen unnötigen Weg. Der Empfänger einer Sendung profitiert davon, wenn er die Ankunftszeit des Zustellfahrzeugs auch während der Tour noch so verändern kann, dass es zu einer Zeit eintrifft, an der er die Sendung persönlich entgegennehmen kann (z. B. bei Nachnahme-Sendungen). Wenn ein Stau das Zustellen von bereits avisierten Sendungen verzögert oder während dieser Tour unmöglich macht, ist es für die Empfänger der davon betroffenen Sendungen hilfreich, wenn Sie möglichst frühzeitig über diesen Umstand informiert werden. Die Weiterleitung von solchen Informationen ist zwar nicht direkt Bestandteil von dynamischer Tourenplanung, aber eine Folge aus den neuen technischen Möglichkeiten, die sich aus der dynamischen Tourenplanung ergeben.

Ein Nutzen von dynamischer Tourenplanung kann insofern bei allen Abhol- und allen Zustellkunden eintreten, aber natürlich auch beim Abholer/Zusteller bzw. dessen Firma, die somit die Tourendurchführung effizienter gestalten kann. Letztlich liegt ein potentieller Nutzen bei allen Beteiligten vor, deren Tourendurchführung zuvor mit statischen Algorithmen geplant worden ist und nun mit dynamischen Algorithmen durchgeführt wird. Damit ist auch bereits ein Großteil der

¹⁰ Mobile Factory Routing Problem, Produktionsstätten sind mobil

¹¹ Dynamic Technician Routing and Scheduling Problem, Dynamische Optimierung von Technikern, Zeitfenstern und Werkzeugen

¹² Green Logistics Vehicle Routing Problem, Optimierung anhand von Emissionen, Lärm, Energieverbrauch o.Ä.

Stakeholder genannt. Ergänzt werden diese um die Hersteller von Programmen zur dynamischen Tourenplanung. Inhaltliche Nachteile von dynamischer Tourenplanung gegenüber statischer sind keine bekannt geworden. Im „administrativen“ Bereich muss in diesem Zusammenhang natürlich erwähnt werden, dass die technischen Anforderungen steigen und damit zusätzliche Kosten verursachen.

2.2.6 Handlungsbedarf

Die Qualität eines dynamischen Tourenplanungssystems hängt in besonderem Maße von der Qualität der dynamischen Verkehrsdaten ab, auf denen die Algorithmen arbeiten. So ist eine geeignete Tourenplanung stark an die Ermittlung von Ankunftszeiten gebunden, um Zeitfenster einzuhalten und die Kommunikation mit dem Kunden zu gewährleisten. Hier liegt dementsprechend auch in erster Linie der Handlungsbedarf: Es müssen Fahrzeugpositionen möglichst genau erfasst und übermittelt werden, die Verzögerungen auf dem Verkehrsnetz abgebildet und Pausen und Ruhezeiten erkannt werden. Während bereits eine Vielzahl an (Echtzeit)-Verkehrsdaten abrufbar sind, wird es bei der Abbildung von Infrastrukturen wie Häfen, Flughäfen, Parkplätzen und Tankstellen schwieriger. Um Pausen und Wartezeiten vollständig abbilden zu können, werden hier weitergehende Informationen und Sensorerkennung vom Infrastrukturbetreiber benötigt. Für die Algorithmik fehlen breit genutzte Ansätze um eine „klassische“ dynamische Tourenoptimierung zu ermöglichen, die auch eine breite Unternehmensanzahl ansprechen kann und nicht nur Individuallösung ist. Dies ist nicht speziell den zugrundeliegenden mathematischen Lösungen zuzurechnen, sondern eher einem einheitlichen Ansatz von Datenerhebung, Aktualisierungsrhythmus und Statusinterpretation. Gerade die kollaborative Tourenplanung kann es hier ermöglichen in Zukunft einheitliche Wege zu beschreiten.

Zusammenfassend ist allerdings festzustellen, dass für viele Unternehmen eine echtzeitbasierte Optimierung noch zu früh kommt und der erste Schritt in einer statischen Vorplanung von Touren bestehen würde, so dass das Thema dynamische Tourenplanung noch Zeit benötigen wird, bis es vollständig in den Fokus von Unternehmen gerät.

3 Data Governance und Datenschutz

Die Digitalisierung der Wirtschaft schreitet stetig voran und vernetzt Menschen, Maschinen und Prozesse. Die Auswirkungen der Digitalisierung machen sich sowohl in der Flexibilisierung und Umgestaltung der Arbeitsprozesse in den Unternehmen als auch in der zunehmenden Vernetzung der gesamten Wertschöpfungskette bemerkbar. Die Vernetzung der Akteure ermöglicht es, auf die Bedürfnisse der Kunden gezielter und schneller einzugehen als auch die gesamte Lieferkette zu optimieren. So können z.B. aufgekommene Aktualisierungsinformationen im Rahmen des ETA-Managements schnell über die Unternehmensgrenzen ausgetauscht werden, um Transportprozesse unternehmensübergreifend steuern zu können. Das bedeutet jedoch auch, dass immer mehr Daten an anderen Orten als dem Ort der Erhebung verarbeitet und gespeichert werden. Für den Datenproduzenten bedeutet dieser Umstand einen Kontrollverlust über seine Daten (Richter, 2014). Um den Umgang mit Daten zu reglementieren, stellen Unternehmen sog. Data Governance Richtlinien auf, welche unterschiedliche Detaillierungsgrade und Schwerpunktthemen – wie das Thema Datenschutz – aufweisen können (Kristin Weber, 2009).

Im Abschnitt **Data Governance** wird dieses Thema zunächst genauer betrachtet. In dem Kontext von Data Governance wird anschließend auf die zusammenhängenden Themen **Datensouveränität** und **Datenschutz** eingegangen und diese in eigenen Abschnitten genauer betrachtet. Dabei wird versucht, die aus der Sicht der Wirtschaft relevanten Aspekte hervorzuheben und weniger die politische Sicht zu beleuchten.

3.1 Data Governance

Der Begriff Corporate Governance, aus dem der Begriff Data Governance abgeleitet werden kann, bezeichnet den rechtlichen und faktischen Ordnungsrahmen für die Leitung und Überwachung eines Unternehmens (Springer Gabler Verlag). Aus Corporate Governance können konkrete Vorgaben und Leitlinien abgeleitet werden, wie zum Beispiel für die IT-Organisation. Gegenstand von Data Governance ist das Datenqualitätsmanagement (Kristin Weber, 2009), welches die Verarbeitung, Speicherung, Pflege und Darstellung hochqualitativer Daten umfasst (Otto und Weber, 2015). Eine einheitliche Definition des Begriffes existiert nicht, jedoch heben die Definitionen unter anderem die Themengebiete Zuteilung von Entscheidungsrechten und Weisungsbefugnissen, die Ausübung von Überwachung und Kontrolle, die Koordination von Anspruchsgruppen und Technologien vor (Kristin Weber, 2009). Diese Arbeit folgt der Definition in (Kristin Weber, 2009), welche Data Governance als „die Gesamtheit der Verantwortlichkeiten und Entscheidungsprozesse für das qualitätsorientierte Management der Unternehmensressource Daten“ bezeichnet.

Es kann festgestellt werden, dass die wissenschaftliche Forschung zum Thema Data Governance bisher wenig ausgeprägt ist und sich im Wesentlichen auf die Betrachtung von Verantwortlichkeiten im Kontext des Datenqualitätsmanagements beschränkt (Otto und Weber, 2015). Die oben genannte Definition orientiert sich ebenfalls an dieser Sichtweise. Die Rollen und Verantwortlichkeiten im Kontext des Datenqualitätsmanagements werden dabei oft so beschrieben, als wären Sie für alle Unternehmen gleich (universelles Data Governance-Modell) (Otto und Weber, 2015). Aus diesem Grund weisen vielen Unternehmen Schwierigkeiten bei der Einführung eines Data-Governance-Modells auf.

Nichtsdestotrotz soll an dieser Stelle eine Beschreibung aus der Praxis aufgegriffen werden, um die wirtschaftliche Bedeutung von Data Governance genauer zu betrachten, sowie die Themenfelder Datensouveränität und Datenschutz abzuleiten. Hinssen und Pürsing (Hinssen und Pürsing, 2015) betrachten den Begriff im Sinne eines Ordnungsrahmens, welcher Regeln und Werkzeuge für das strategische Informationsmanagement festlegt, und sehen die Themen Data Quality, Data Privacy (Datenschutz), Data Maintenance und Master Data Management als Kernargumente für den Einsatz

von Data Governance. Dabei stellt das Thema Data Privacy ein Spannungsfeld zwischen unternehmerischen Interessen und dem Recht auf Privatsphäre dar, wenn Unternehmen personenbezogene Daten verarbeiten (Martin, Borah und Palmatier, 2017). Die zunehmende Digitalisierung sowie der grenzüberschreitende Austausch und Nutzen von Daten postulieren daher Anpassungen bestehender Datenschutzregeln. Es lassen sich hierzu bereits Bestrebungen aus Politik und Wirtschaft beobachten, welche eine Abwandlung des Datenschutzbegriffes hin zu Datensouveränität vorantreiben (Maas, 2015). Im Allgemeinen versteht man unter dem Begriff Datensouveränität das Bestimmungsrecht (auch Einwilligung) über alle persönlich digital erfassten Daten bzw. die eines Unternehmens (Werden, 2016). Verständlichkeit von Einwilligungsklauseln, Freiwilligkeit der Einwilligung sowie Datenkontrolle sind zentrale Intentionen der Datensouveränität, gegenüber einer üblichen pauschalen Zustimmung bzw. totalen Ablehnung (Maas, 2015), (Richter, 2014). Ein konventioneller Ansatz zur Wahrung von Souveränität betrachtet zunächst die erhaltenen oder erfassten digitalen Daten, bewertet und priorisiert diese, um anschließend Regeln (gegenüber Dritten) für deren Nutzungsrechte aufzustellen (Werden, 2016). Das bedeutet, ein Dateneigentümer bestimmt die Nutzungsbedingungen seiner Daten. Diese Nutzungsbedingungen, d.h. Regeln (z. B. für Berechtigungen, zeitliche Nutzungsbeschränkungen oder Bedingungen zur Weitergabe) werden direkt mit den Daten verknüpft. Die im Kontext der Datensouveränität aufgestellten Regeln spiegeln einen Teil der Unternehmensleitlinien wieder, so dass Datensouveränität als Teil einer Data Governance-Strategie zu verstehen ist. Das Thema Datensouveränität wurde in einigen Interviews indirekt aufgegriffen, indem klare Regeln in Bezug auf die Datentransparenz und den Datenaustausch gefordert werden.

3.2 Datensouveränität

Obwohl die Kernaussage von Datensouveränität, welche als „das Bestimmungsrecht über alle persönlichen bzw. die eines Unternehmens digital erfassten Daten“ (Werden, 2016) verstanden wird, auf den ersten Blick einfach erscheint, weist die wissenschaftliche Betrachtung eine fragmentierte und gleichzeitig komplexe Sicht auf dieses Thema auf. Friedrichsen und Bisa (Friedrichsen und Bisa, 2016) ordnen und erörtern dieses Thema anhand von unterschiedlichen Ebenen (vgl. Kapitel 6), welche wiederum in weitere Positionen, Aspekte oder Unterthemen zerlegt werden. Nach dem Überblick über die Ebenen werden einige Positionen aus der wirtschaftlichen Ebene betrachtet. Anschließend werden zwei Projekte, welches als Thema Datensouveränität behandeln, kurz betrachtet.

Tabelle 6 Betrachtungsebenen von Datensouveränität

Betrachtungsebene	Beschreibung
Politische Ebene (rechtliche Rahmenbedingungen)	Auf politischer Ebene werden die Verantwortlichkeiten für den Aufbau von digitaler Datensouveränität in allen staatlichen Aufgabenfeldern beschrieben. Bei der Umsetzung der Digitalisierung besteht die Herausforderung, bei Wahrung der informationellen Selbstbestimmung des Bürgers gleichzeitig den Zugang und den Einsatz von neuen Technologien zu ermöglichen. Dies bedingt die Aufstellung eines passenden rechtlichen Rahmens.
Wirtschaftliche Ebene (Globalisierung, Wertschöpfung, Produkte)	Auf wirtschaftlicher Ebene geht es um die digitale Absicherung des Wirtschaftsstandortes Deutschland. Gleichzeitig soll im Rahmen von Industrie 4.0 und Big Data eine technologische Integration in den Weltmarkt vorgenommen werden, verbunden mit einem Kompetenzaufbau im Bereich Software und IT-Services. Dabei muss der Fokus auf wirtschaftliche Kompetenzfelder gelegt werden, die für deutsche Unternehmen geeignet sind, um auch

	hier den Weg zu einer führenden Rolle im internationalen Geschäft zu ebnen.
Technische Ebene (Datenschutz, Datensicherheit)	Der Schutz des Individuums und persönlicher Daten stehen auf der technischen Ebene im Fokus und gehen einher mit technologischer Souveränität, die über die Netzinfrastruktur und die Netztechnik erlangt und verstärkt werden kann. Dafür müssen verantwortliche Akteure gefunden werden, die verstärkt Maßnahmen einsetzen, welche den sicheren Umgang mit elektronischen Identitäten in der digitalen Welt gewährleisten, sowohl auf privater als auch auf Unternehmensebene.
Gesellschaftliche Ebene (Bildung, Nutzung)	Die gesellschaftliche Ebene der Souveränität stellt die digitale Medienkompetenz, gekennzeichnet durch einen verantwortungsvollen und bewussten Umgang mit digitalen Medien, in den Vordergrund. Diese neue Dimension von Souveränität ist gekennzeichnet durch eine Nutzung der Chancen, die sich durch digitale Medien bieten, bei gleichzeitigem Risikobewusstsein. Grundlage hierfür ist digitale Aufklärung und digitale Bildung. Durch die daraus entstehende digitale Medienkompetenz wird letztlich die Voraussetzung dafür geschaffen, dass die Internetangebote, die der Staat im Rahmen von E-Gouvernement- und Open-Data-Strategien seinen Bürgerinnen und Bürgern zur Verfügung stellt, von diesen auch genutzt werden können. Hierfür müssen sich Nutzer aber souverän im Netz bewegen und sich dort auch sicher fühlen.
Juristische Ebene (Datenschutz, Privatsphäre)	Auf juristischer Ebene steht der Umgang mit und die Entwicklung neuer Lösungsansätze für Datenschutzgesetze, die den heutigen Anforderungen an eine digitale und vernetzte Welt gerecht werden, im Vordergrund. Es geht darum, Eigenverantwortung, staatliche Fürsorge und die fortschreitende Digitalisierung sinnvoll und nachhaltig miteinander zu verknüpfen. Dabei müssen die Möglichkeiten, welche die Verarbeitung digitaler Daten bietet, gewahrt werden.
Kulturelle Ebene (Mediale und psychologische Aspekte)	Die heutige Gesellschaft wird zunehmend von digitalen Informations- und Kommunikationstechnologien getrieben. Diese Veränderungen beeinflussen die Gesellschaft in ähnlichem Maße im privaten wie auch beruflichen Alltag. Die Konsumorientierung in der Kommunikation wandelt sich zunehmend zu einer Selbstproduktion derselben, gefördert durch die Interaktivität des Internets. In der Arbeitswelt führen dieselben Möglichkeiten zu einer Massenzusammenarbeit auf Netzwerkebene und einer Verdrängung klassischer hierarchischer Organisationsformen. Gemeinsame Projekte, frei verfügbare Wissensdatenbanken oder Softwarelösungen sind das Ergebnis, funktionieren jedoch nur, wenn die Prinzipien der Offenheit, Freiwilligkeit und die Kultur des Teilens gewahrt und weiter ausgebaut werden.

Nachfolgend werden einige ausgewählte Positionen, welche der wirtschaftlichen Ebene zugeordnet sind, betrachtet. Obwohl eine ganzheitliche Betrachtung nicht vorgenommen werden kann, ist die Komplexität dieses Themas bereits auf dieser Ebene sichtbar. Die hier vorgestellten Positionen greifen wirtschaftspolitische, technologische und juristische Aspekte auf, und schlagen allgemeine Handlungsempfehlungen zum Umgang mit den beschriebenen Aspekten vor.

Tesch (Tesch, 2016) betrachtet den Souveränitätsbegriff im Sinne einer „digitalen Souveränität“ sowohl im wirtschaftspolitischen als auch im nationalstaatlichen Kontext. Der Autor plädiert für den Ausbau der Zusammenarbeit „zwischen globalen Playern und lokalen Mittelständlern“. Der Versuch, Souveränität im Sinne von Abkopplung und Protektionismus herzustellen, ist kaum realisierbar und auch nicht sinnvoll. Digitalisierung durchdringt fast alle Wirtschaftsbereiche und Unternehmen, verändert die klassische Industrie durch disruptive Geschäftsmodelle und treibt die unternehmensübergreifende Vernetzung von Prozessen weiter voran. Rahmenbedingungen seitens der Politik oder Verbänden müssen daher die zunehmenden Interdependenzen zwischen deutschen und internationalen Unternehmen unbedingt beachten, und die „digitale Souveränität“ im globalen Kontext – d.h., über den nationalstaatlichen Rahmen hinaus – betrachten. Die in einigen Interviews geforderte End-to-End Visibility in Supply Chains steht einer im Kontext des Protektionismus gestalteten Souveränität entgegen. Daher bietet „die Entwicklung gemeinsamer internationaler Standards und Regeln für Europa die Chance, politische Rahmenbedingungen für eine wettbewerbsfähige digitale Wirtschaft zu schaffen“ (Tesch, 2016).

Für Koenzen (Koenzen, 2016) ist die Beherrschung der Souveränität – also der Selbstbestimmung – eng an die Technologiebeherrschung gekoppelt. Die Vernetzung von Unternehmen und IT-Dienstleistern ermöglicht die Entstehung hochkomplexer und teils kritischer Lösungen in verschiedenen Bereichen (z.B. in der Energieversorgung oder Logistik). Für deren Funktionsweise ist ein schneller Datenaustausch unerlässlich, welcher mit dem Einsatz weiterer Technologien bzw. Dienstleistungen (wie Cloud-Plattformen) bewerkstelligt werden kann. Die Gesamtkomplexität erreicht somit einen Stand, in dem Abhängigkeiten zunehmend verfließen und sich somit nicht mehr erkennen oder beurteilen lassen (Koenzen, 2016). Es entsteht somit ein Spannungsfeld, in welchem der vermehrte Einsatz unterschiedlicher Technologien zu einem zunehmenden Verlust der Souveränität führt, und diese aber gleichzeitig aufgrund ihrer gesellschaftlichen Bedeutung deutlich gestärkt werden müsste. Um den Auf- und Ausbau der Souveränität weiter voranzutreiben, müssen alle betroffenen Akteure (Hersteller, Wirtschaft, Verbraucher, Medien und Politik) zusammenarbeiten (Koenzen, 2016).

Als weiteren Aspekt im Kontext der Souveränität beschreibt Rothmann (Rothmann, 2016) die Stärkung des Datenschutzes und der Datensicherheit. Erst mit der „Stärkung können Unternehmen Souveränität, Vertrauen und Identität im digitalen Raum schaffen“. Zu der Stärkung zählen unterschiedliche organisatorische und technische Maßnahmen, wie z.B. der Schutz vor digitalen Angriffen, der Identitätsnachweis von E-Mail-Absendern und Empfängern, oder die Zertifizierung. Mit einer Zertifizierung kann eine Signalwirkung an Kunden erzielt werden, als auch die Verantwortung (z.B. in etwaigen Haftungsfragen) des Managements berücksichtigt werden (Rothmann, 2016).

Um Bemühungen, welche insbesondere die wirtschaftlichen Aspekte und Herausforderungen der Datensouveränität aufgreifen, zu erforschen, zu entwickeln und nutzbar zu machen, werden nachfolgend zwei Projekte kurz vorgestellt.

Industrial Data Space. Die Initiative zum Industrial Data Space wurde Ende 2014 gemeinschaftlich von Teilen der Wirtschaft, Politik und Forschung in Deutschland ins Leben gerufen und verfolgt seitdem das Ziel, sowohl die Entwicklung als auch die Nutzung auf europäischer bzw. internationaler Ebene zu etablieren (Otto et al., 2016). Die Initiative ist als Forschungsprojekt und als Anwenderverein¹³ organisiert. Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Forschungsprojekt der Fraunhofer-Gesellschaft ist vorwettbewerblich ausgerichtet und zielt auf die Entwicklung eines Referenzarchitekturmodells des Industrial Data Space sowie dessen

¹³ <http://www.industrialdataspace.org/>

Pilotierung in ausgewählten Anwendungsfällen ab. Die Arbeiten sind eng verzahnt mit den Aktivitäten des Anwendervereins (Industrial Data Space e.V.), der die Anwenderinteressen bündelt. Insbesondere identifiziert, analysiert und bewertet der Verein die Anforderungen der Anwender an den Industrial Data Space, er wirkt bei der Entwicklung des Referenzarchitekturmodells mit und fördert dessen Standardisierung. Ein wichtiges Schlüsselmerkmal des Industrial Data Space ist die Souveränität über Datengüter (Otto et al., 2016). Der Eigentümer der Daten bestimmt die Nutzungsbedingungen seiner Datengüter, indem diese direkt mit den Daten selbst verknüpft werden. Des Weiteren bestimmt der Dateneigentümer, unter welchen Bedingungen Daten mit anderen Teilnehmern ausgetauscht werden dürfen. Ein erster Anwendungsfall im Bereich der LKW-Logistik konnte bei ThyssenKrupp Steel Europe auf der Basis des Industrial Data Space bereits umgesetzt werden¹⁴. Das Ziel ist, die Be- und Entladezeiten von Lastkraftwagen zu optimieren, und flexibel auf Störungen abzustimmen. Anhand der Positions- und Verkehrsdaten, sowie der möglichen Routen, werden Transportverzögerungen durch einen Algorithmus rechtzeitig erkannt, so dass der betroffene Lastkraftwagen automatisch ein anderes Beladezeitfenster zugewiesen bekommt. Um Positionsdaten zu erhalten, melden die eintreffenden Lastkraftwagen diese regelmäßig über eine Smartphone-App.

Data sovereignty for the sharing economy (DECODE)¹⁵. Das Projekt DECODE entstand im Rahmen der Initiative CAPSSI (Collective Awareness Platforms for Sustainability and Social Innovation) und wird gefördert durch das EU Rahmenprogramm für Forschung und Innovation (H2020). Das im Dezember 2016 gestartete Projekt hat eine Laufzeit von drei Jahren und legt den Fokus auf Datensouveränität in der *sharing economy*. Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer verteilten, offenen und datenschutzfreundlichen Infrastruktur zum erfolgreichen Management persönlicher Daten und Online-Identitäten. Die technische Architektur soll starke digitale Rechte beinhalten, welche die persönliche digitale Souveränität erhöhen, und neue Geschäftsmodelle auf Basis frei verfügbarer Datenbestände hervorbringen.

3.3 Datenschutz

Dieses Kapitel widmet sich dem Thema des Datenschutzes (auch Data Privacy), welcher ein Bestandteil von Unternehmensleitlinien, und daher auch Gegenstand von Data Governance ist. Aufgrund der Komplexität dieses Themas, können in dieser Publikation nicht alle Facetten beleuchtet werden. Stattdessen werden die beiden in den Interviews identifizierten Themenbereiche Anonymisierung (und Daten-Aggregation) sowie sicherer Datenaustausch über Internetprotokolle betrachtet. Während Anonymisierungsverfahren die Möglichkeit Rückschlüsse auf bestehende Geschäftsbeziehungen oder einzelne Personen zu ziehen unterschiedlich stark einschränken, sorgen Verschlüsselungsverfahren und auf ihnen basierende Übertragungsprotokolle dafür, dass Daten bei der Übertragung vor dem Fremdzugriff geschützt werden.

3.3.1 Anonymisierung

In Tabelle 7 werden zunächst die unterschiedlichen Formen der Anonymisierung nach Wagner und Raabe (Wagner und Raabe, 2016) und dem Forschungsdatenzentrum der Statistischen Ämter der Länder¹⁶ dargestellt. Anschließend folgt ein Überblick der unterschiedlichen Verfahren zur Umsetzung bzw. Sicherstellung der Anonymisierung.

¹⁴ <http://www.industrialdataspace.org/thyssenkrupp-erster-anwendungsfall-fuer-industrial-data-space/>

¹⁵ <https://capssi.eu/caps-projects/decode/>

¹⁶ <http://www.forschungsdatenzentrum.de/anonymisierung.asp>

Tabelle 7 Arten der Anonymisierung

Art der Anonymisierung	Beschreibung
Formale Anonymisierung	Bei der formalen Anonymisierung handelt es sich um eine Entfernung der direkten Identifikation (z.B. Namen). Der Umfang von Merkmalen sowie die fachlichen und regionalen Gliederungen bleiben dagegen erhalten. Bei der Ausgabe von Daten an Datennutzer werden erst die Auswertungsergebnisse – also das Ergebnis der Anonymisierung - unmittelbar vor der Rückübermittlung an die Datennutzer auf geheim zu haltende Fälle überprüft. Die formale Anonymisierung wird innerhalb des Datenschutzgesetzes nicht umfasst.
Faktische Anonymisierung	Nach einer faktischen Anonymisierung ist die Zuordnung der Information zu einer bestimmten oder bestimmaren natürlichen Person nur noch mit einem unverhältnismäßig großen Aufwand an Zeit, Kosten und Arbeitskraft möglich. Durch eine behutsame Informationsreduktion und Informationsveränderungen sollen die Zuordnungsmöglichkeiten von Merkmalsausprägungen zu den entsprechenden Merkmalsträgern verringert werden, während der statistische Informationsgehalt erhalten bleibt. Neben dem verbleibenden Informationsgehalt der Daten resultiert faktische Anonymität auch aus den gegebenen Möglichkeiten zur De-Anonymisierung, also den technischen sowie personellen Ressourcen, die dafür notwendig wären. Der theoretisch zu betreibende Aufwand für eine De-Anonymisierung kann als ein Maß für die Güte der Anonymisierung angesehen werden. Gemäß Bundesstatistikgesetz dürfen Daten in faktisch anonymisierter Form nur zur Durchführung wissenschaftlicher Vorhaben zugänglich gemacht werden.
Absolute Anonymisierung	Die absolute Anonymisierung meint eine derartige Datenveränderung, dass die Re-Identifizierung auch mit Zusatzwissen für Jedermann ausgeschlossen ist. Dies wird durch die Vergröberung oder die Entfernung einzelner Merkmale ermöglicht. Daten dieser Form können sämtlichen Interessierten zugänglich gemacht werden.

Die Anonymisierung im Sinne des Datenschutzes (datenschutzrechtliche Anonymisierung) umfasst dabei die faktische und absolute Anonymisierung. Die Abgrenzung zu personenbezogenen Daten, d.h. ob eine Person mit verhältnismäßigen Mitteln bestimmbar ist, ist für die Anwendbarkeit des Datenschutzrechts von entscheidender Relevanz. Die in den Interviews angesprochenen Themen im Kontext der Anonymisierung (keine Rückschlüsse auf Geschäftsbeziehungen und/oder Personen) erfordern dementsprechend hoch technische und personelle Ressourcen, um einen sehr hohen Anonymisierungsgrad zu erreichen.

Generell lassen sich Verfahren zur Anonymisierung in die Informationsreduktion und die Informationsveränderung einteilen. Eine Auswahl an verschiedenen Verfahren nach Lang (Lang, 2012) liefert Tabelle 8.

Tabelle 8 Übersicht über Anonymisierungsverfahren

Verfahren	Beschreibung
Nichtangabe	Die Nichtangabe bedeutet, dass das zu schützende Datum gar nicht verwendet wird. Hierdurch wird erreicht, dass Daten weggelassen werden (z. B. durch Streichung oder Nicht-Exportieren von Spalten einer Tabelle einer Datenbank oder durch Löschung). Wenn es keine genaue

	Definition gibt, zu welchem Zweck die Daten benutzt werden, gibt es keine Rechtfertigung, diese einer Verarbeitungsinstanz zur Verfügung zu stellen.
Stichprobenziehung	Ziel der Stichprobenziehung ist es, die Wahrscheinlichkeit, dass ein Merkmalsträger (z.B. ein Unternehmen) Teil der Auswahl ist, zu verringern. Eine Anonymisierung wird dadurch erreicht, dass nicht ersichtlich ist, ob bestimmte Daten überhaupt im Datensatz enthalten sind. Bekannt ist lediglich die Wahrscheinlichkeit, mit der sich der entsprechende Merkmalsträger in der Stichprobe befindet. Eine Ziehung mit Zurücklegen kann einerseits dafür sorgen, dass einzigartige Elemente in der Stichprobe mehrfach auftreten und die Schutzwirkung durch eine konstant geringe Wahrscheinlichkeit jedes Merkmalsträgers zusätzlich verstärkt wird.
Vergrößerung	Eine Vergrößerung von Daten erfolgt durch das Gruppieren oder Zusammenfassen. Da Datenangriffe üblicherweise durch einen Abgleich von einsehbaren Daten (Angriffswissen) mit den (originalen) Mikrodaten vorgenommen werden, können durch die Vergrößerung Überschneidungen zwischen den Mikrodaten und dem Angriffswissen reduziert werden. Dies hat zur Folge, dass die Zahl identischer Beobachtungen steigt, während die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von einzigartigen Ausprägungskombinationen sinkt. Durch eine Vergrößerung von Daten kann eine faktische Anonymisierung erreicht werden. Damit verbunden ist jedoch auch ein Informationsverlust, der wesentlich vom Grad der Vergrößerung abhängt.
Maskierung/Ersetzung	Bei der Maskierung bzw. beim Ersetzen werden die ursprünglichen Daten mit Hilfe verschiedener sogenannter Masking-Methoden ersetzt. So kommen z.B. Listen ausgewählter Ersetzungswörter (Blacklists), frei definierbare Zeichenketten aus Buchstaben, Zahlen und Sonderzeichen oder Anagramme in Frage.
Mischung/Shuffling	Hierbei werden Datensätze miteinander „verwürgelt“ bzw. die enthaltenen Daten zwischen den Datensätzen getauscht. Es ist zu beachten, dass eindeutige Informationen (bspw. Telefonnummer oder Kreditkartennummer) nicht einfach getauscht, sondern zusätzlich noch mit einer weiteren Methode verfremdet werden müssen, damit der Personenbezug aufgelöst wird. Zudem ist jeweils zu prüfen, ob zufällig dasselbe Datum gezogen wird, welches eigentlich verfremdet werden soll. Diese Methode darf nur bei entsprechend großer Menge angewandt werden.
Varianzen	Hierbei werden Daten, die auf Zahlen basieren, so verfremdet, dass diese Zahlenwerte in festgelegten Streuungsintervallen verändert werden. Dabei wird das Streuungsintervall zufällig erhöht oder verringert. Bedacht werden muss, dass bei Anwendung dieses Verfahrens statistische Auswertungen aus den ursprünglichen Datenbeständen gegebenenfalls nicht mit der Auswertung der nicht anonymisierten Daten übereinstimmen.
Kryptografische Methoden	Zur Anonymisierung von Daten eignen sich auch kryptografische Verfahren. Im Allgemeinen werden bei der Verschlüsselung Klartext, Ton- oder Bildaufzeichnungen mit Hilfe eines Verschlüsselungsverfahrens in eine nicht lesbare Zeichenfolge umgewandelt, die nur bei Kenntnis über den entsprechenden Schlüssel wieder in eine lesbare Form zurückgewandelt werden kann. In der Kryptografie gibt es kein allgemeingültiges Verschlüsselungsverfahren,

	man unterscheidet grob zwischen symmetrischen (z.B. DES, AES) und asymmetrischen (z.B. RSA und Diffie-Hellman) Verfahren. Auch Kombinationen finden Anwendung. Kryptografische Methoden sollten nicht als klassisches Anonymisierungswerkzeug angesehen werden, sondern eher als eine Möglichkeit, Daten bei der Übertragung vor Fremdnutzung zu schützen (Kesdogan, 2000).
--	---

Eine faktische oder absolute Anonymisierung lässt sich in der Regel immer durch eine Kombination mehrerer Anonymisierungsverfahren erreichen.

3.3.2 Sicherer Datenaustausch

In diesem Abschnitt wird ein Überblick über etablierte Internetprotokolle, welche zur sicheren Datenübertragung im Internet genutzt werden gegeben. Vertrauliche Informationen wurden in den Anfängen der Datenübertragung im Klartext über das Internet übertragen und waren damit für Unbefugte sowohl lesbar als auch veränderbar¹⁷. Die heutigen Geschäftsbeziehungen auf Basis des Internets (*Electronic Business*) erfordern daher entsprechende Schutzmechanismen, um Daten bei der Übertragung vor dem Fremdzugriff zu schützen. Die Protokolle zur sicheren Datenübertragung werden von Anwendungen und von Netzwerkdiensten (wie z.B. E-Mail) verwendet, um Daten sicher über das Internet auszutauschen. Diese etablierten Protokolle werden ebenfalls in Projekten wie dem Industrial Data Space (vgl. Kapitel Datensouveränität) oder dem Cloud Collaborative Manufacturing Network (C2NET)¹⁸ genutzt. Im Gegensatz zum Industrial Data Space-Projekt, das ein dezentrales Datenhaltungskonzept verfolgt, sollen im Projekt C2NET Daten aus Liefernetzwerken in Cloud-Plattformen sicher gespeichert werden.

Die Grundlage für eine sichere Datenübertragung bilden Verschlüsselungsverfahren. Verschlüsselungsverfahren dienen dazu, Daten bei der Übertragung vor dem Fremdzugriff zu schützen und am Empfangsort nur bei einer entsprechenden Berechtigung zugänglich zu machen. Generell lassen sich symmetrische und asymmetrische Verschlüsselungsverfahren unterscheiden. Bei symmetrischen Verfahren, wie zum Beispiel AES¹⁹ wird auf Versender- und Empfängerseite der gleiche Schlüssel verwendet. Die asymmetrische Verschlüsselung, wie z.B. das RSA²⁰ - oder das Diffie-Hellman-(Merkle)-Verfahren²¹ basiert auf der Verwendung eines zusammengehörenden Schlüsselpaares. Dabei wird ein privater Schlüssel auf Seite des Absenders zum Verschlüsseln verwendet und ein öffentlicher Schlüssel auf Empfängerseite zur Entschlüsselung. Tabelle 9 listet eine Auswahl gängiger Internetprotokolle und deren Verwendungszweck auf, welche auf den Verschlüsselungsverfahren basieren.

Tabelle 9 Überblick zu Verschlüsselungsverfahren

Protokoll	Verwendung
HTTPS (Hyper Text Transport Protocol Secure)	HTTPS ist der Standard für die verschlüsselte Übertragung von Daten zwischen Browser und Webserver. Um eine Sichere Verbindung (HTTPS-Verbindung) für den Datenaustausch herzustellen werden zusätzlich die Protokolle SSL (Secure Sockets Layer) bzw. TLS (Transport Layer Security) verwendet ^{22,23} . Unter Verwendung des sog. SSL/TLS-Handshakes ²⁴ findet

¹⁷ <https://www.rz.uni-augsburg.de/info/connect/1998-02/sicherheit/>

¹⁸ <http://c2net-project.eu/>

¹⁹ <http://www.searchsecurity.de/definition/Advanced-Encryption-Standard-AES>

²⁰ <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/net/1909031.htm>

²¹ <http://www.mathematik.de/ger/information/wasistmathematik/rsa/rsa.html>

²² <https://tools.ietf.org/html/rfc2818>

	zunächst eine geschützte Identifikation und Authentifizierung der Kommunikationspartner statt. Anschließend wird mit Hilfe asymmetrischer Verschlüsselung ein gemeinsamer symmetrischer Sitzungsschlüssel ausgetauscht. Dieser wird schließlich zur Verschlüsselung der Nutzdaten verwendet. Das Protokoll HTTPS kann ebenfalls als Trägerprotokoll für verschiedene andere Protokolle, welche zur Realisierung von B2B (Business-To-Business) und/oder B2C (Business-To-Consumer) Anwendungen bzw. Technologien eingesetzt werden. Ein Beispiel hierfür ist das Protokoll SOAP (Simple Object Access Protocol) (Graham, 2005), welches die Kommunikationen zwischen verschiedenen Systemen bzw. Applikationen in verschiedenen Systemen ermöglicht.
FTPS (File Transfer Protocol Secure)	Für den Transfer von Dateien über das Internet kann das Übertragungsprotokoll FTP (File Transfer Protocol), genutzt werden. Mittels FTP können Dateien auf einen FTP-Server hochgeladen oder von diesem heruntergeladen werden. Das FTP Protokoll wird üblicherweise benutzt, um große Mengen von Dokumenten (z.B. PDF, DOC, etc.) zu übertragen, und wird auch im Rahmen des Webhostings eingesetzt. Um Sicherheit bei der Übertragung von Dateien zu gewährleisten, kann ebenfalls auf die Protokolle SSL bzw. TLS zurückgegriffen werden²⁵. Die Kombination aus FTP sowie SSL/ TLS wird als FTPS (File Transfer Protocol Secure) bezeichnet.
IPSec (Internet Protocol Security)	IPSec steht für die gebräuchliche Kurzform von Internet Protocol Security und ist eine Erweiterung des IP-Protokolls um Authentifizierung und Verschlüsselung. Ziel ist eine sichere Kommunikation über das potentiell unsichere IP-Netz, wie z.B. dem Internet²⁶. Mittels IPSec können Mitarbeiter auf Unternehmensressourcen von unterwegs oder vom Heimarbeitsplatz zugreifen²⁷. Ebenso können oder Filialen oder Zweigstellen verbunden werden, um eine sichere Kommunikation zwischen diesen zu ermöglichen.
AS2 (Applicability Statement 2) und Digitale Signaturen	AS2 ist ein Übertragungsverfahren, das speziell für den Austausch von Geschäftsdaten entwickelt wurde²⁸. AS2 wird in der Regel zur Übertragung von EDI-Nachrichten (Electronic Data Interchange) verwendet. Dieses Protokoll nutzt HTTPS als Trägerprotokoll, um eine sichere Datenübertragung zu ermöglichen. Darüber hinaus wird mit Hilfe digitaler Signaturen gewährleistet, dass Nachrichten ausschließlich den gewünschten Empfänger erreichen und dass der Absender überprüft werden kann. Eine Digitale Signatur basiert auf dem Prinzip der asymmetrischen Verschlüsselung²⁹. Mittels einer entsprechenden Software wird ein digitaler Fingerabdruck einer Nachricht erzeugt, ein sogenannter Hash-Wert. Dieser wird dann durch einen zuvor generierten privaten Schlüssel verschlüsselt, so dass der Hash-Wert zur digitalen Signatur der Nachricht wird. Auf der

²³ <https://tools.ietf.org/html/rfc2817>

²⁴ <https://www.ssl.com/article/ssl-tls-handshake-overview/>

²⁵ <https://tools.ietf.org/html/rfc4217>

²⁶ <http://www.kryptowissen.de/ipsec.php>

²⁷ <https://www.computerwoche.de/a/ipsec-oder-ssl-was-fuer-wen,1050124>

²⁸ <http://edi-wissen.de/edi/kommunikationswege-datenquellen-senken/eher-offentliche-wege/as2/>

²⁹ <http://www.itwissen.info/Digitale-Signatur-digital-signature-DSig.html>

	Empfängerseite erstellt der Empfänger der Nachricht ebenso einen Hash-Wert der empfangenen Nachricht und verwendetet dann den zum privaten Schlüssel bekannten öffentlichen Schlüssel zur Entschlüsselung des errechneten Hash-Wertes des Absenders. Stimmen beide Hash-Werte überein, ist die Originalität der Nachricht nachgewiesen.
--	---

3.4 Fazit

Trotz der in diesem Kapitel aufgezeigten Komplexität lassen sich aus Unternehmenssicht drei Positionen identifizieren, welche im Rahmen von Data Governance-Richtlinien Beachtung finden sollten. Das gilt insbesondere dann, wenn Daten unternehmensübergreifend ausgetauscht werden. Die drei Positionen sind: Sicherer Datenaustausch, Anonymisierung und Datensouveränität. Die Anwendung sicherer Übertragungsprotokolle und Standards für den unternehmensübergreifenden Datenaustausch ist heute Pflicht. Zur Realisierung stehen eine Reihe standardisierter Protokolle und Standards zur Verfügung (vgl. Kapitel Sicherer Datenaustausch). Sollen aus Unternehmens- und/oder Datenschutzgründen Daten bzw. Informationen anonymisiert werden, dann stehen hierfür ebenfalls eine Reihe von standardisierten Verfahren zur Verfügung (vgl. Kapitel Anonymisierung). Je nach Verfahren können an dieser Stelle unterschiedlich hohe technische und personelle Ressourcen notwendig sein. Bei dem Thema Datensouveränität (unternehmensübergreifende Definition und Einhaltung von Datennutzungsregeln) verhält es sich noch anders. Zurzeit existieren noch keine Out-of-the-box-Lösungen für die Unternehmen. Jedoch ist das Thema Gegenstand von Forschungsprojekten (z.B. das bereits erwähnte Projekt Industrial Data Space® und auch dessen Nachfolgeprojekt³⁰), welche technologische Lösungen zum Thema Datensouveränität ausarbeiten. Neben technologischen Aspekten wird das Thema auch politisch und juristisch diskutiert. Es bleibt jedoch abzuwarten, ob und auf welche Weise eine Wandlung des heutigen Datenschutzbegriffes hin zur Datensouveränität stattfinden wird.

³⁰ https://www.isst.fraunhofer.de/de/publikationen/presse/2017/Industrial_Data_Space_BMBF_und_Fraunhofer.html

4 Bedarfsanalyse und Handlungsempfehlung

Die Vorstudie verfolgte das Ziel, eine Handlungsempfehlung für Unternehmen hinsichtlich der Digitalisierung und Optimierung von Transportnetzen zu geben. Im Verlauf der Vorstudie wurden anhand von Anwendungsfällen Möglichkeiten, Ansätze und Hindernisse für die Digitalisierung und Optimierung erörtert, um daraufhin eine Handlungsempfehlung abzuleiten. Als Vorbereitung für die Handlungsempfehlung wird zunächst eine Bedarfsanalyse³¹ auf der Basis der Interviews vorgenommen. Hierbei werden die als besonders wichtig erachteten Positionen hervorgehoben.

4.1 Bedarfsanalyse

Die Positionen der Analyse lassen sich in die Kategorien Datenaustausch und Architektur sowie Data Governance einordnen. Die Analyse hat das Ziel, Kernbedarfe zu identifizieren, welche in der Handlungsempfehlung berücksichtigt werden.

Kategorie Datenaustausch und Architektur:

1. **Um die Digitalisierung in den untersuchten Anwendungsfeldern (sowie in der Logistik allgemein) kontinuierlich voranzutreiben müssen (Echtzeit)Daten entlang der gesamten Lieferkette bereitgestellt und ausgetauscht werden.** Erst diese Datengrundlage – ein „Digital Twin“ einer Supply Chain – entfaltet das volle Potenzial von (Echtzeit-) Optimierungssystemen und von Services im Bereich der Logistik bzw. des Supply Chain Managements.
2. **Um Daten Im Sinne des ersten Punktes bereitzustellen und auch deren Austausch zu ermöglichen, wird der Einsatz einer Datenplattform als unabdingbar erachtet.** Es existieren sowohl zentrale als auch dezentrale Datenhaltungskonzepte.
3. Die „Reichweite von Daten“ sowie geeignete Standards stellen einen weiteren zentralen Punkt dar. Es kann festgestellt werden, dass Daten in bestehenden Plattformen häufig fragmentiert vorliegen oder einen regionalen Charakter besitzen. Je nach Region, liegen die Daten oft in unterschiedlichen Formaten vor. Ebenso fehlt ein einheitlicher und kohärenter Standard in der Logistik bzw. im Transportwesen (Digital Twin), um Daten unterschiedlicher Anbieter (auch Open Data) in Plattformen zu integrieren und somit einheitlich anzubieten. **Da Logistikunternehmen in der Regel international ausgerichtet sind, werden standardisierte Daten mindestens auf europäischer Ebene gefordert.** Des Weiteren begünstigt eine große Anzahl an Teilnehmern bei gleichzeitig kaum vorhandenen Standards (im Sinne eines Digital Twin) die Bildung von individuellen Insellösungen.
4. Trotz der geringen Reichweiten und kaum vorhandener durchgängiger Datenstandards (Digital Twin) wird die Vernetzung zwischen allen Teilnehmern / Verkehrsträgern in der Supply Chain als sehr wichtig erachtet. **Die Vernetzung ermöglicht es, eine Transparenz (z.B. eine ETA End-to-End Visibility) für alle Netzwerkteilnehmer herzustellen, um so etwaige Optimierungspotenziale zu erkennen.**
5. Smarte Services, welche auf dieser Datengrundlage operieren, sollen jeder Zeit an jedem Ort in Anspruch genommen werden können. **Eine Ortsgebundenheit wird kaum akzeptiert.**

Kategorie Data Governance:

6. Die befragten Unternehmen sind grundsätzlich dazu bereit, Plattformen zu nutzen und auch Daten zur Verfügung zu stellen, unter der Prämisse, **dass der Datenschutz eingehalten wird** und dass die Möglichkeit besteht, Regeln bzgl. der Datennutzung zu definieren.

³¹ https://wiki.infowiss.net/Anforderungs-_und_Bedarfsanalyse

7. **Die Definition von Regeln bezüglich der Datennutzung und -sichtbarkeit stellt ein zentrales Anliegen dar.** Auf diese Weise soll geregelt werden, welche Teilnehmer, welche Daten sehen und nutzen dürfen, auch über mehrere Zulieferstufen hinweg.
8. **Zur Definition und Einhaltung der definierten Regeln fehlt es den befragten Unternehmen an geeigneten IT-Systemen.**
9. **Neben Regeln zur Datennutzung wurde die Bereitschaft geäußert, Aggregations- und Anonymisierungsverfahren zu nutzen.** Geeignete Aggregations- und Anonymisierungsverfahren sollen gewährleisten, dass keine Rückschlüsse auf bestehende Geschäftsbeziehungen oder einzelne Personen möglich sind.

Aus der Analyse lassen sich die folgenden vier Kernbedarfe ableiten, welche in der Tabelle 10 aufgelistet werden.

Tabelle 10 Kernbedarfe abgeleitet aus der Bedarfsanalyse

Kernbedarf	Position	In den Interviews genannt bzw. erörtert
Datenverfügbarkeit	1,3	• Bereitstellung von Echtzeitpositionsdaten • Ganzheitliche Abbildung der Infrastruktur und Verkehrslage • Datenbestände umfassen europäische / internationale Informationen
Schnittstellen und Datenintegration	3	• Einheitliche Schnittstellen / Standards zum Datenaustausch • Integration / Berücksichtigung unternehmensspezifischer Besonderheiten • Integration von dynamischen Daten in Echtzeit (z.B. ETA-Informationen)
Vernetzung	2,3,4	• Plattformen oder dezentrale Lösungen • Einhaltung von Datenqualitätsaspekten, z.B. durch Datenkonsolidierung (wie Anreicherung von Daten mit Kontextinformationen und/oder Bereinigung) und Harmonisierung (wie Zusammenführung gleichartiger Datenobjekte)
Datensicherheit und Nutzung	6,7,8	• Einhaltung von Datenschutzgesetzen (in Plattformen oder dezentralen Lösungen) • Definition von Datennutzungsregeln sowie deren IT-gestützte Durchsetzung
Services und Algorithmen	5,9	• Fachlich orientierte Services ○ ETA-Transparenz über die gesamte Supply Chain ○ Generell neue datenbasierte Apps und Services • Technisch orientierte Services ○ Z.B. Services zur Datenanonymisierung, -konsolidierung oder -harmonisierung • Big Data Lösungen / Effiziente Algorithmen

Vor dem Hintergrund der untersuchten Anwendungsfälle und der durchgeführten Bedarfsanalyse kann festgestellt werden, dass die Kernbedarfe grundsätzlich nicht anwendungsfallspezifisch sind. So sind insbesondere die Themen der Datenverfügbarkeit, Vernetzung und der sicheren Datennutzung in allen Anwendungsfällen präsent. Des Weiteren wird durch die Analyse verdeutlicht, wie die Kernbedarfe zusammenhängen. Ein Commitment auf einheitliche Schnittstellen und Standards

beschleunigt deutlich die Verbreitung und die Nutzung der verfügbaren Daten und somit auch die Vernetzung zwischen den Unternehmen. Die Einhaltung von Datennutzungsregeln sorgt für mehr Bereitschaft, Daten zwischen den Unternehmen zu teilen, und hilft somit die Vernetzung zu stärken.

4.2 Handlungsempfehlung

Die Handlungsempfehlung hinsichtlich der Digitalisierung und Optimierung von Transportnetzen empfiehlt sowohl einen Anwendungsfall mit einem größtmöglichen Potenzial in der Transportwirtschaft als auch eine Systemarchitektur, mit der dieser umgesetzt werden kann. Die Empfehlung für die Systemarchitektur basiert auf der durchgeführten Bedarfsanalyse (vgl. Kapitel Bedarfsanalyse). Die Systemarchitektur ist nicht ausschließlich für diesen Anwendungsfall gedacht, sondern ist aufgrund ihres modularen Architekturstiles auf andere Anwendungsfälle übertragbar.

4.2.1 Anwendungsfall

Bereits während der Interviews mit den unterschiedlichen Unternehmen wurde die Wichtigkeit des Anwendungsfalles ETA-Management erkannt wie auch seine inhaltliche Nähe zum Anwendungsfall Slot- und Yardmanagement. Die Information, ob z.B. ein LKW zum vereinbarten Zeitfenster an der Verladerampe ankommen wird, ist wesentlich für einen Disponenten bzw. das Personal. Sind mögliche Abweichungen rechtzeitig bekannt, können durch proaktives Handeln neue Dispositionsentscheidungen getroffen werden, wie z.B. die Berechnung einer neuen Durchlaufreihenfolge. Die dynamische Tourenplanung dagegen ist für viele der befragten Unternehmen zwar ein Thema der Zukunft, stellt allerdings kein primäres Anliegen dar. Aufgrund der Relevanz dieses Themas bei den Interviewpartnern empfiehlt diese Vorstudie die Bearbeitung des Anwendungsfalles ETA-Management in einem weiteren Folgeprojekt, wobei ein breit aufgestelltes Projektkonsortium empfohlen wird. Zu diesem zählen idealerweise Vertreter des Handels und/oder der Industrie, Logistikdienstleister, Infrastrukturbetreiber, Plattformbetreiber/IT-Partner sowie Forschungseinrichtungen. Eine flächendeckende echtzeitnahe ETA-Transparenz stellt in diesem Anwendungsfall eine bekannte Anforderung dar. Deren Umsetzung ist mit großen Herausforderungen verbunden, welche am besten in einem breit aufgestellten Projektkonsortium bearbeitet werden können.

4.2.2 Systemarchitektur

Zur Bearbeitung dieses und auch anderer Anwendungsfälle wird eine Systemarchitektur einhergehend mit einer dezentralen Datenhaltung empfohlen, deren Prinzip nachfolgend erläutert wird. Die Systemarchitektur stellt eine strukturelle Beschreibung und Benennung von Rollen/Komponenten sowie deren Zusammenwirken dar. Abbildung 6 bildet diese Architektur im Kontext des ETA-Managements schematisch ab. Zu der Systemarchitektur gehören die folgenden Rollen und Komponenten:

- **Rolle Datenanbieter (1):** Datenanbieter besitzen Daten, welche Datennutzern zur Verfügung gestellt werden können. Datenanbieter stellen unterschiedliche Akteure in der Lieferkette dar, wie z.B. Hersteller, Handelsunternehmen, Logistikdienstleister oder Kunden. Zu den Datenanbietern gehören ebenfalls Infrastrukturbetreiber (wie z.B. Häfen) sowie Plattformbetreiber (wie z.B. Verkehrstelematik-Plattformen). Daten können über geeignete Services bzw. Apps Datennutzern zur Verfügung gestellt werden. Technische Services können z.B. dabei helfen, Daten vor deren Herausgabe zu anonymisieren. Jedoch ist eine Verfremdung (Anonymisierung) der Daten häufig nicht zielführend, da die Daten ihren Kontext und ihre Originalität erhalten müssen. Dies ist gerade für die (ETA-)End-to-End Visibility unabdingbar.

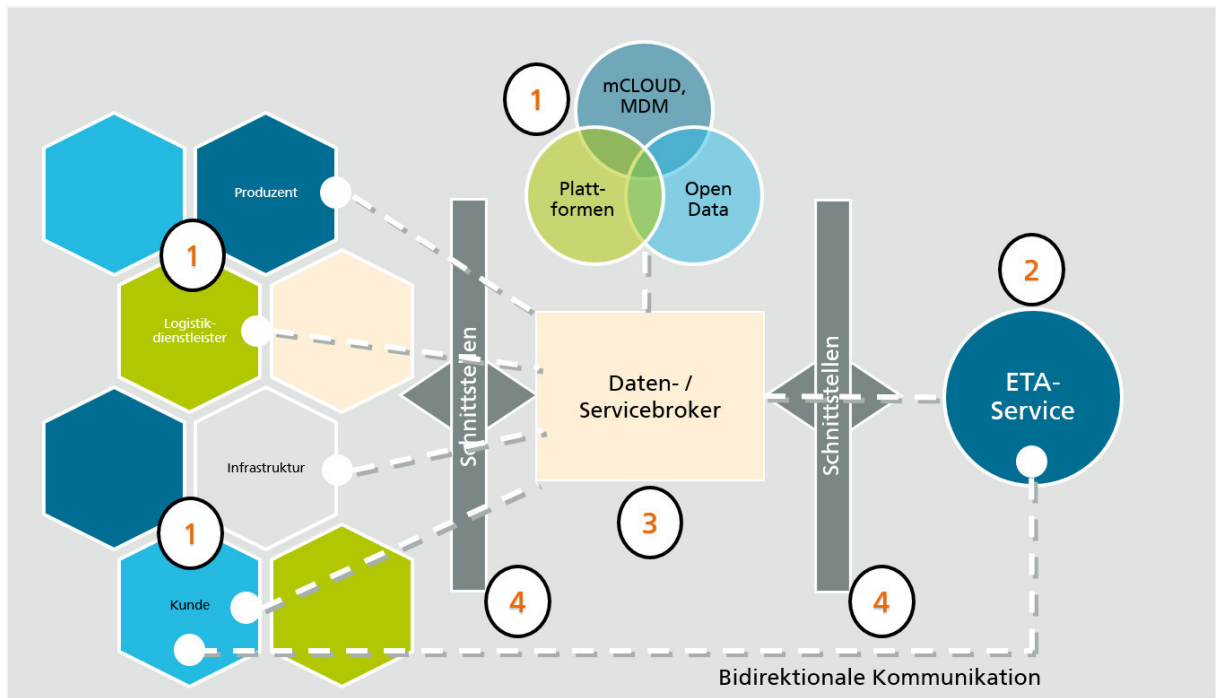


Abbildung 6 Handlungsempfehlung Systemarchitektur

- **Rolle Datennutzer (2):** Datennutzer sind Unternehmen (oder auch Personen), welche die angebotenen Daten nutzen. Mittels geeigneter Services bzw. Apps können die angebotenen Daten analysiert, angereichert, transformiert oder anderweitig verarbeitet werden, um fachliche Informationen (z.B. ETA-Informationen) zu erhalten. Es kann dabei durchaus vorkommen, dass Datennutzer auch Datenanbieter sein können und umgekehrt (Peer-to-Peer-Prinzip). So können Produzenten ETA-Informationen von ihren Zulieferern beziehen (Datennutzung) und diese Informationen mit ihren Produktionsprogrammen abgleichen, um ihren Kunden aktualisierte ETA-Informationen anzubieten (Datenangebot).
- **Komponente Daten-/Servicebroker (3):** Eine Broker-Komponente dient der Unterstützung des sog. *Match Making*. Datenanbieter können bei einem Broker registriert werden. Dateninteressenten bzw. -nutzer, welche Bedarf an bestimmten Datensätzen (oder Services) haben, können den Broker nutzen, um interessante Angebote zu identifizieren.
- **Komponente Schnittstellen (4):** Schnittstellen ermöglichen die Kommunikation zwischen den unterschiedlichen Rollen/Komponenten, wie z.B. die Kommunikation zwischen einem Datennutzer und der Broker-Komponente. Services können ebenfalls bidirektional über geeignete Schnittstellen kommunizieren.

Um den standardisierten Datenaustausch zwischen Datenanbietern und -nutzern zu unterstützen, können Services Meta-Informationen für die unterschiedlichen Domänen (z.B. aktuelle Verkehrslage, Karteninformationen, Telematik-Daten etc.) anbieten. Meta-Informationen können dazu benutzt werden, die ausgetauschten Daten zu beschreiben und dadurch besser auffindbar zu machen. Dies ist insbesondere dann hilfreich, wenn Daten in unterschiedlichen Formaten ausgetauscht werden. Außerdem trägt der Einsatz von Meta-Informationen zur Erhöhung der (ETA-)End-to-End Visibility in einer Lieferkette bei, da mehrheitlich homogene Informationen ausgetauscht werden.

Wie in der der Vorstudie bereits erläutert wurde, stellt das Thema Datensouveränität (unternehmensübergreifende Definition und Einhaltung von Datennutzungsregeln) einen wichtigen Punkt für die Unternehmen dar. Praxistaugliche Out-of-the-box Lösungen existieren an dieser Stelle noch nicht, so dass eine dezentrale Datenhaltung empfohlen wird. In einer dezentralen

Datenhaltung behält der Datenanbieter seine sensiblen Daten zunächst selbst und tauscht diese Daten on demand (d.h. nur im Bedarfsfall) aus. Eine Nutzungskontrolle bei den Datennutzern ist auf diese Weise noch nicht möglich. Jedoch ermöglicht dieser Ansatz den Einsatz von (zukünftigen) Verfahren zur stufenweisen Einführung bzw. Erhöhung der Datensouveränität. Ein Ansatz kann darin bestehen, dass ein Datennutzer eine App an einen Datenanbieter übermittelt und anschließend die Ergebnisdaten dieser App erhält. Hierbei müssen keine sensiblen Informationen ausgetauscht werden. Ebenso könnte ein zukünftiger Ansatz darin bestehen, dass bestimmte (zertifizierte) Architekturkomponenten die Prüfung und Durchsetzung der Zugriffskontrolle auf der Basis von Identitätsattributen durchführen.

Zum Abschluss dieses Kapitels stellt Tabelle 11 die Kernbedarfe sowie den Lösungsbeitrag der hier vorgeschlagenen Systemarchitektur gegenüber.

Tabelle 11 Lösungsbeitrag der Systemarchitektur bzgl. der Kernbedarfe

Kernbedarf	Beitrag der Systemarchitektur zur Bedarfserfüllung
Datenverfügbarkeit	• Die Systemarchitektur kann in diesem Punkt nur einen indirekten Beitrag leisten. Meta-Informationen für die unterschiedlichen Domänen können die Schaffung von einheitlichen und umfassenden Standards europaweit fördern • Datenanbieter können Daten durch geeignete Services in Echtzeit anbieten
Schnittstellen und Datenintegration	• Meta-Informationen für die unterschiedlichen Domänen fördern die Schaffung von einheitlichen Standards und Schnittstellen • Datennutzer können Daten durch geeignete Services von Datenanbietern in Echtzeit beziehen bzw. integrieren
Vernetzung	• Gegenüber zentralen Ansätzen (Clouds oder Data Lakes), findet die bidirektionale Kommunikation zwischen den Teilnehmern ohne eine zentrale Instanz statt • Datenkonsolidierung und Harmonisierung kann durch technische Services bewerkstelligt werden
Datensicherheit und Nutzung	• Der Datenaustausch zwischen den Datenanbietern und –nutzern sowie Komponenten erfolgt mittels standardisierter und sicherer Protokolle und der Wahrung des Datenschutzes • Gegenüber zentralen Ansätzen (Clouds oder Data Lakes) werden die Daten nicht auf Servern von Drittanbietern abgelegt • Daten können mittels geeigneter Services anonymisiert werden, so dass Rückschlüsse auf bestehende Geschäftsbeziehungen oder einzelne Personen nicht möglich sind • Die Systemarchitektur ist offen für zukünftige Verfahren zur Einführung bzw. Erhöhung der Datensouveränität (indirekter Beitrag)
Services und Algorithmen	• Die Systemarchitektur erlaubt den Einsatz von fachlich und technisch orientierten Services bzw. Apps, welche unterschiedliche Algorithmen kapseln können

Die vorgestellte Architektur und Handlungsempfehlung zeigt die Möglichkeit sich dem Themenfeld der echtzeitbasierten Optimierung von Transportnetzen (insbesondere dem ETA-Management) zu nähern, die sich nach Interviews wie Recherchen als sinnvoller und nachhaltiger Ansatz für den Umgang mit und den Austausch von Daten herausgestellt hat. Für Unternehmen zeigen die Konzeptbeispiele mögliche Ansätze, die Digitalisierung in der Logistik umzusetzen und datenbasierte Innovationen für die Zukunft zu ermöglichen.

Befragte Unternehmen und Institutionen

(in alphabetischer Reihenfolge)

DB Schenker

duisport

Fraport

Industrial Data Space Association

Inform

Kratzer Automation

Mecomo

Mercareon

PTV

Quintiq

Rehau

RIO

TimoCom

sowie weitere Unternehmen aus den Bereichen Produktion, Handel und Logistik, die im Rahmen dieser Studie anonym bleiben möchten.

Literatur

AYDIN, Nursen & LEE, Habin & MANSOURI, Afshin. (2016). Speed Optimization and Bunkering in Liner Shipping in the Presence of Uncertain Service Times and Time Windows at Ports. European Journal of Operational Research Vol. 259, Issue 1, S. 143-154 Verfügbar unter doi:10.1016/j.ejor.2016.10.002

BMW, BMWi, BMVI (Herausgeber). (2014). Digitale Agenda 2014–2017. S. 13 Verfügbar unter <http://www.bmw.de/Redaktion/Migration/DE/Downloads/Publikationen/digitale-agenda-2014-2017.html>

BUNDESAMT FÜR GÜTERVERKEHR(Herausgeber). Marktbeobachtung Güterverkehr, 2016,

Verfügbar unter

https://www.bag.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Marktbeobachtung/Sonderberichte/SB_Ladermape_2016.html?nn=13134

DE JAEGERE, Nathalie & DEFRAEYE, Mieke & VAN NIEUWENHUYSE, Inneke(2014). The vehicle routing problem: state of the art classification and review, FEB Research Report KBI Verfügbar unter: <https://goo.gl/g0vsi3>

FRIEDRICHSEN, M. und P.-J. BISA, Hg., 2016. *Digitale Souveränität*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN 978-3-658-07348-0.

GRAHAM, S., 2005. *Building Web services with Java. Making sense of XML, SOAP, WSDL, and UDDI*. 2nd ed. Indianapolis, Ind: Developer's Library. ISBN 9780672326417.

HALPER, Russell & RAGHAVAN, S. The Mobile Factory Routing Problem. 2010. Transportation Science Vol. 45 No.3. Verfügbar unter doi:10.1287/trsc.1100.0335

HINSEN, S. und M. PÜRSING, 2015. *Data Governance* [online]. *So geht Stammdaten-Management*. Verfügbar unter: <http://www.cowo.de/a/3091962>

KESDOGAN, D., 2000. *Privacy im Internet. Vertrauenswürdige Kommunikation in offenen Umgebungen*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag. DuD-Fachbeiträge. ISBN 978-3-663-05850-2.

KOENZEN, R., 2016. Der Wandel der Informationstechnik macht digitale Souveränität unverzichtbar. In: M. FRIEDRICHSEN und P.-J. BISA, Hg. *Digitale Souveränität*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 205-212. ISBN 978-3-658-07348-0.

KRISTIN WEBER, 2009. *Data Governance Referenzmodell. Organisatorische Gestaltung des unternehmensweiten Datenqualitätsmanagements*. Bamberg: Difo-Druck GmbH.

LANG, A., 2012. Anonymisierung/Pseudonymisierung von Daten für den Test.

MAAS, H., 2015. EU-Datenschutz-Grundverordnung: Datensouveränität in der digitalen Gesellschaft [online]. *Datenschutz und Datensicherheit - DuD*, **39**(9), 579-580. ISSN 1614-0702. Verfügbar unter: doi:10.1007/s11623-015-0476-7

MARTIN, K.D., A. BORAH und R.W. PALMATIER, 2017. Data Privacy: Effects on Customer and Firm Performance [online]. *Journal of Marketing*, **81**(1), 36-58. ISSN 0022-2429. Verfügbar unter: doi:10.1509/jm.15.0497

MURCA, Mayara & MÜLLER, Carlos. (2015). Control-based optimization approach for aircraft scheduling in a terminal area with alternative arrival routes. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review 73. Verfügbar unter doi:10.1016/j.tre.2014.11.004

OTTO, B. und K. WEBER, 2015. Data Governance. In: K. HILDEBRAND, M. GEBAUER, H. HINRICHS und M. MIELKE, Hg. *Daten- und Informationsqualität*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 269-286. ISBN 978-3-658-09213-9.

OTTO, B., S. AUER, J. CIRULLIES, J. JÜRJENS, N. MENZ, J. SCHON und S. WENZEL, 2016. *Industrial data space: digital sovereignty over data*.

PILLAC, Victor & GENDREAU, Michel & GUERET, Christelle & MEDAGLIA, Andrés. (2013). A review of dynamic vehicle routing problems. European Journal of Operational Research 225, S. 1–11 Verfügbar unter doi:10.1016/j.ejor.2012.08.015

PILLAC, Victor & GUERET, Christelle & MEDAGLIA, Andrés (2012). On the dynamic technician routing and scheduling problem. In Proceedings of the 5th International Workshop on Freight Transportation

and Logistics (ODYSSEUS 2012) Verfügbar unter <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00674408/document>

RICHTER, F., 2014. Datenumgangskompetenz [online]. *Datenschutz und Datensicherheit - DuD*, **38**(6), 367-369. ISSN 1614-0702. Verfügbar unter: doi:10.1007/s11623-014-0142-5

ROTHMANN, P.-C., 2016. Digitale Souveränität – aus Sicht eines Beratungsunternehmens und deren Kunden. In: M. FRIEDRICHSEN und P.-J. BISA, Hg. *Digitale Souveränität*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 213-222. ISBN 978-3-658-07348-0.

SPRINGER GABLER VERLAG. *Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Corporate Governance* [online]. Verfügbar unter: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/55268/corporate-governance-v8.html>

TESCH, H., 2016. Jagd auf eine Illusion. In: M. FRIEDRICHSEN und P.-J. BISA, Hg. *Digitale Souveränität*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 195-204. ISBN 978-3-658-07348-0.

WAGNER, M. und O. RAABE, 2016. 7 Irrtümer zum Datenschutz im Kontext von Smart Data [online]. *Datenbank-Spektrum*, **16**(2), 173-178. ISSN 1618-2162. Verfügbar unter: doi:10.1007/s13222-016-0218-5

WERDEN, S., 2016. Digitale Souveränität, ein Orientierungsversuch. In: M. FRIEDRICHSEN und P.-J. BISA, Hg. *Digitale Souveränität*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 35-51. ISBN 978-3-658-07348-0

ZHOU, Yuyang & YAO, Lin & CHEN, Yanyan & GONG, Yi & LAI, Jianhui. (2017). Bus arrival time calculation model based on smart card data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 74 Verfügbar unter doi:10.1016/j.trc.2016.11.014

Bildquellen

Deckblatt: © Fotolia Sergey Nivens

Abbildung 2: © Fotolia Kzenon, Shutterstock flydragon

Abbildung 3: © Fotolia Gajus

Abbildung 4: © Fotolia TTstudio (beide Bilder)

Abbildung 5: © Fotolia Gajus