

Auswahl- und Priorisierungsmodell für Industrie 4.0-Use Cases in der Logistik

Selection and Prioritization Model for Industry 4.0-Use Cases in Logistics

Markus Kohl¹
Benjamin Malik²
Jens Lopitzsch²
Johannes Fottner¹

¹Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik,
Fakultät für Maschinenwesen, Technische Universität München

²MAN Truck & Bus SE, München

Digitalisierung und Automatisierung in der Logistik versprechen große Potenziale für Unternehmen. Bei der Einführung konkreter Industrie 4.0-Use Cases bestehen allerdings häufig signifikante Hürden, wie der unklare wirtschaftliche Nutzen oder der Umgang mit der Komplexität der Thematik. Dies hält Unternehmen davon ab, die potenziellen Nutzen zu realisieren und ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen. In diesem Beitrag wird ein Auswahl- und Priorisierungsmodell entwickelt und validiert, das die unternehmerischen Risiken in Bezug auf Industrie 4.0-Projekte minimiert.

[Schlüsselwörter: Industrie 4.0, Logistik, Use Cases, Auswahl und Priorisierung, Potenzialanalyse]

Digitalization and automation in logistics promise great potential for companies. However, the introduction of Industry 4.0-use cases often poses significant obstacles, such as unclear economic advantages or how to handle the complexity of the topic. This prevents companies from making use of these potential benefits and thereby threatening their competitiveness. In this paper, a selection and prioritization model is developed and validated to minimize the business risks associated with Industry 4.0-projects.

[Keywords: Industry 4.0, logistics, use cases, selection and prioritization, potential analyses]

1 EINLEITUNG UND AUSGANGSSITUATION

Die Digitalisierung sorgt durch Veränderungen in nahezu allen Lebens- und Arbeitsbereichen für einen tiefgreifenden Wandel. Auch der industrielle Sektor ist untrennbar mit der fortschreitenden Digitalisierung und Automatisierung verbunden [KW18]. Spätestens seit der im Jahr 2011 initiierten Strategie *Industrie 4.0* durch die Promotoren-

gruppe der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft befindet sich diese Thematik auf der Agenda von Wirtschaft und Politik [KLW11].

Der Nutzen der industriellen Digitalisierung wird weltweit generell positiv prognostiziert. Investitionen in digitale Technologien sollen zu höheren Einnahmen und Kosteneinsparungen verhelfen [PwC18]. Im Einklang hiermit stehen ebenso erste Erfahrungswerte aus realisierten Umsetzungsprojekten. Abhängig von den Anwendungen sind Reduzierungen der Durchlaufzeiten, Steigerungen der Prozessqualität oder Kostensenkungen zu verzeichnen. Darüber hinaus konnte neben der Datentransparenz und der Informationsbereitstellung auch die Ergonomie für den Mitarbeiter gesteigert werden [SP16].

Eine elementare Rolle in der digitalen Transformation nimmt insbesondere die Logistik ein. Hinsichtlich der technologischen Entwicklungen wird in naher Zukunft für keine andere Anwendungsdomäne ein größerer Wandel erwartet [HH14]. Dieses Digitalisierungspotenzial logistischer Prozesse wird in der Praxis als große Chance wahrgenommen [Roh-2017].

Ungeachtet der Erfolgsaussichten herrschen noch immer bei einer Vielzahl von Unternehmen Hemmnisse und Unsicherheiten gegenüber dem Einsatz von Industrie 4.0-Anwendungen. Nach BERG sowie SCHLUND UND POKORNI sind als Ursache insbesondere die Unklarheit über den wirtschaftlichen Nutzen im eigenen betrieblichen Ablauf, der hohe Investitionsbedarf oder auch die Vielfalt und Komplexität der Thematik zu benennen [Ber18; SP16]. Auch die Vielzahl möglicher Technologien führt zu Schwierigkeiten hinsichtlich der Auswahl geeigneter Anwendungen in der Logistik. In diesem facettenreichen und komplexen Umfeld existiert bisher keine strukturierte Entscheidungsunterstützung. Damit mögliche Entschlüsse nicht intuitiv, sondern rational getroffen werden können, besteht daher der Bedarf eines kontextbezogenen und systematischen

Handlungsrahmens zur strukturierten Ermittlung relevanter Industrie 4.0-Use Cases und der Priorisierung nach deren potenziellem Nutzen für einen bestimmten Praxisfall.

2 STAND DER FORSCHUNG

Dieses Kapitel vermittelt die relevanten Aspekte aus dem Kontext Industrie 4.0. Neben dem diesbezüglichen Verständnis der Logistik erfolgt eine Einordnung des Begriffs Use Case. Des Weiteren werden Hilfestellungen zur Einführung von Industrie 4.0-Use Cases vorgestellt und zusammenfassend der Handlungsbedarf für die Modellerstellung abgeleitet.

2.1 INDUSTRIE 4.0 IN DER LOGISTIK

Der Industrie 4.0-Begriff wurde mit Bezug auf die vergangenen drei industriellen Revolutionsstufen der Wirtschafts- und Industriegeschichte gewählt. Charakterisierend für eine solche Revolution sind jeweils tiefgreifende technologische Innovationen der Produktionsmethoden [Obe16]. Beim Materialfluss von Waren und Gütern ist die Logistik als „bewegende Instanz“ der Wirtschaft untrennbar mit der Produktion verbunden [HH17]. Entsprechend gewinnen insbesondere die Umgestaltung und Leistungsfähigkeit logistischer Prozesse im Rahmen der Industrie 4.0 an Bedeutung. Die Logistik wird daher auch als Grundvoraussetzung für die Umsetzung der vierten industriellen Revolution angesehen [WWB15].

In diesem Zusammenhang wird die Logistik der Zukunft von einem hochinteraktiven sozio-technischen System unter der Berücksichtigung der Aspekte Mensch, Technik und Organisation geprägt sein, in welchem sämtliche logistischen Objekte zur Kommunikation befähigt und durch Internettechnologien vernetzt werden. Daraus resultieren neue Wertschöpfungsstrukturen, die eine reaktionsschnelle, hochflexible und dezentrale Steuerung, ohne eine hierarchisch übergeordnete Instanz, zulassen. Im Zuge dessen werden Logistiksysteme der Industrie 4.0 künftig modular, skalierbar und adaptiv sein. Mittels smarter Produkte und intelligenter Hilfsmittel ist eine autarke Steuerung zu erwarten, die sich durch kontinuierliche Weiterentwicklung und die Etablierung von autonomen Systemen entlang der Lieferkette zu einer dezentralen Selbstorganisation weiterbildet [Hen-2017].

Voraussetzung und Treiber der Industrie 4.0 in der Logistik ist grundlegend der Gedanke des Ausbaus der cyberphysischen Systeme [HKK14]. So können verschiedene Zukunftstechnologien, wie autonome Transportsysteme, datenbasierte Anwendungen und intelligente Behälter, Paletten sowie Roboter erhebliche Veränderungen der logistischen Prozesslandschaft mit sich bringen. Dies trägt dazu bei, bislang manuell ausgeführte Logistikprozesse zu automatisieren und zudem flexibel zu gestalten [SKHN17]. Dabei profitiert die Logistik neben dem technologischen Fortschritt vor allem von der angestrebten Flexibilisierung,

Dezentralisierung und Selbststeuerung der produktionslogistischen Prozesse, welche vollständig integrierte Versorgungsketten mit einem hohen Vernetzungsgrad erfordern [WWB15].

Die Kernaufgabe der Logistik wird auch künftig unverändert bleiben. Allerdings sind neue Konzepte für die Planung, Steuerung, Realisierung und Kontrolle von Material- und Informationsflüssen unter der Nutzung geeigneter Technologien zu erstellen. Diese werden sowohl inner- als auch überbetriebliche Prozesse, ungeachtet der unterschiedlichen Aufgabenfelder der Logistik, adressieren [LRLG17]. Daher sind ein weites Spektrum an Prozessen, Beschäftigten unterschiedlicher Qualifikationen und organisatorischen Aspekten einzubeziehen, um künftig den Weg für ein erfolgreiches Logistiksystem gestalten zu können [Hen-2017; SKHN17].

2.2 USE CASES

Im Kontext der Industrie 4.0 werden Praxis- oder auch Forschungsbeispiele als Use Cases bezeichnet. Sie können dabei als konkrete Projekte aufgefasst werden, die am Markt die größten Handlungsbedarfe, Potenziale, Lösungsansätze oder auch Herausforderungen in Verbindung mit neuen Technologien und Methoden aufzeigen [VDE18].

Hieraus abgeleitet hat der Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie (ZVEI) einen Use Case als eine mögliche und konkrete Lösung für einen Anwender beschrieben. Weiterhin gibt der ZVEI an, dass diese Anwendungsbeispiele grundsätzlich einen Anbieter (Leitanbieter) enthalten, der gegebenenfalls auch die Forschung sein kann. Die hier genannten „ZVEI-Use-Cases-4.0“ zeigen entsprechend Problem- und Lösungsbeschreibungen auf und sollen Aufschluss darüber geben, in welcher Marktreife sich der Anwendungsfall befindet [Kal16].

Use Cases werden unter anderem in Anwendungssammlungen aufgeführt. Beispielhaft führt die sogenannte Online-Landkarte der Plattform Industrie 4.0 aktuell über 300 solcher Anwendungsbeispiele deutscher Unternehmen und Forschungseinrichtungen auf [Pla19]. Eine weitere Sammlung besteht mit dem „Innovation Register“ von Pierre Audoin Consultants (PAC). Die internationale Sammlung beinhaltet gegenwärtig über 700 branchen- und anwendungsübergreifende Use Cases [Dor16]. Die Beispiele beziehen Unternehmen als potenzielle Anwender in die Industrie 4.0-Thematik mit ein und fördern eine transparente Kommunikation [BMW16]. Die Anwendungssammlungen können als Grundlage für das Auswahl- und Priorisierungsmodell dienen.

2.3 ANSÄTZE ZUR AUSWAHL UND PRIORISIERUNG VON USE CASES

Einige Unternehmen sehen sich bei der Auswahl und Implementierung von Use Cases nicht hinreichend unter-

stützt. Die Einführung erschweren dabei vor allem die sozio-technischen Einflussfaktoren Mensch, Technik und Organisation, die Vielzahl und Vielfalt an möglichen Anwendungsbeispielen sowie die ungewissen betriebswirtschaftlichen Auswirkungen im eigenen betrieblichen Ablauf entscheidend [KLW11]. Die Selektion von Use Cases unterliegt in der Praxis oftmals keinem systematischen Auswahlprozess. Daraus resultiert ein Risiko für Fehlinvestitionen in Use Case-Projekte, die nicht den potenziell höchsten Mehrwert für die betrieblichen Prozesse bieten. Angesichts dessen beschäftigen sich diverse Ansätze und Projekte damit, die Unternehmen bei der Einführung geeigneter Industrie 4.0-Use Cases zu unterstützen:

Die Plattform Industrie 4.0 bietet mit dem *Industrie 4.0-Kompass* einen Wegweiser für die digitale Transformation. Er dient vor allem als erste Anlaufstelle und Informationsquelle für die Unternehmen [BMW17].

Das Forschungsprojekt *VABA 4.0* (Vorauswahl von Industrie 4.0-Technologien sowie der Ableitung, Bewertung und Analyse darauf aufbauender Einführungs- bzw. Migrationsstrategien) soll auf Basis eines „IT-Werkzeuges“ bei der Einführung von Use Cases unterstützen. Dieses Tool integriert die Komponenten Mensch, Technik und Wirtschaftlichkeit in eine Bewertungslogik [Fra19].

Das Forschungsprojekt *Intro 4.0* zeigt für die Einführung von Use Cases basierend auf vier Beispielen eine Risiko- und Potenzialabschätzung, eine Kompetenzentwicklung sowie einen reifegradbasierten Handlungsleitfaden auf. Das Projekt arbeitet dabei die Teilsysteme des sozio-technischen Systems ein [Int19].

„*Industrie 4.0 profitabel*“ behandelt die Ermittlung und Klassifizierung geeigneter Use Cases zur Verbesserung der Intralogistik, die Quantifizierung der Performancesteigerung durch die identifizierten Use Cases sowie die Bestimmung derer Kosten. Der Fokus liegt dabei auf der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung im Sinne der Profitabilität der Anwendung und der Kosten [IPR19].

Zudem hat *ValueFactoring* mit der *Wirtschaftlichkeitsanalyse* ein zweistufiges Vorgehen mit dem Ziel entwickelt, Wirtschaftlichkeitspotenziale von Industrie 4.0-Lösungen vor der Einführung abzuschätzen. Mit Hilfe einer strukturierten und standardisierten Prozess- und Potenzialanalyse soll somit eine Beurteilung des wirtschaftlichen Nutzens erfolgen [Kir16].

Die *TU Braunschweig* hat eine prozessorientierte Potenzialanalyse von Industrie 4.0-Technologien in der Produktion entwickelt und validiert. Auf Basis des Ishikawa-Diagramms sollen Potenziale mit Industrie 4.0-Technologien unternehmensindividuell sowie prozessnah identifiziert und bewertet werden [DKFP18].

2.4 ZUSAMMENFASSUNG UND HANDLUNGSBEDARF

Die aufgeführten Projekte verdeutlichen, dass sowohl Unternehmen als auch Forschung Entscheidungshilfen zur Implementierung von Industrie 4.0-Use Cases diskutieren.

Hinsichtlich der dargestellten Anforderungen und Hemmnisse werden neben den beschriebenen Funktionen auch Schwachstellen deutlich. Eine direkte Entscheidungshilfe zur Identifikation geeigneter Anwendungsbeispiele für das Unternehmen im spezifischen Anwendungsfall sowie einer Priorisierung möglicher Use Cases aus der Logistik geht daraus nicht hervor. Entsprechend ist das Resultat vieler Projekte eine generische Handlungsempfehlung, wodurch die unternehmensspezifische Komponente fehlt (vgl. [Int19; DKFP18; BMW17]).

Einige Ansätze fokussieren darüber hinaus lediglich ausgewählte Aspekte der Bewertungslogik. So fehlt in den Arbeiten entweder eines der Teilsysteme aus dem sozio-technischen Ansatz (vgl. [Kir16], [Fra19], [IPR19], [DKFP18]) oder die betriebswirtschaftliche Komponente wird nicht berücksichtigt (vgl. [BMW17], [Int19]). Einige Projekte legen den Fokus zudem auf die Produktion und vernachlässigen so die Logistik (vgl. [Int19], [DKFP18]). Liegt das Augenmerk auf der Logistik, so wird diese nicht ganzheitlich, sondern abgegrenzt (z. B. Intralogistik) betrachtet (vgl. [IPR19]).

Aus diesen Gründen besteht ein offener Forschungsbedarf darin, ein strukturiertes und systematisches Vorgehen zu entwickeln, das ressourcenschonend Industrie 4.0-Use Cases für die Logistik identifiziert und zusätzlich effizient relevante Use Cases für einen speziellen Anwendungsfall ermittelt. Weiterhin fehlt eine Methode zur Bildung einer plausiblen Reihenfolge dieser Use Cases auf Basis einer Bewertung, die das sozio-technische System ganzheitlich betrachtet und den betriebswirtschaftlichen Nutzen speziell für einen Praxisfall im Unternehmen möglichst konkret darstellt.

3 KONZEPTION EINES MEHRSTUFIGEN AUSWAHL- UND PRIORISIERUNGSMODELLS

In diesem Kapitel liegt der Fokus auf der Konzeption einer geeigneten Entscheidungshilfe zur Einführung von Industrie 4.0-Use Cases. Die bereits abgeleiteten Erkenntnisse aus dem Stand der Forschung werden dafür in Anforderungen überführt und anschließend werden die elementaren Bausteine für die methodische Vorgehensweise abgeleitet.

3.1 ANFORDERUNGEN AN DAS MEHRSTUFIGE AUSWAHL- UND PRIORISIERUNGSMODELL

Die aufgezeigten Defizite verdeutlichen den Bedarf an einer Entscheidungshilfe zur Auswahl und Priorisierung von geeigneten und nutzbringenden Industrie 4.0-Use

Cases im Logistik-Umfeld. Die Anforderungen an das Auswahl- und Priorisierungsmodell wurden auf Basis der ausgearbeiteten Handlungsbedarfe, der Erkenntnisse aus dem Stand der Forschung und der unternehmerischen Bedürfnisse des Praxispartners erarbeitet. Dabei wurden folgende Anforderungen ermittelt:

Anwendbarkeit auf verschiedene logistische Praxisfälle: Das Modell soll flexibel, anpassbar und wiederholbar sein, sodass es für beliebige logistische Praxisfälle im Unternehmen Anwendung finden kann.

Berücksichtigung der großen Bandbreite an Industrie 4.0-Use Cases in der Logistik: Für die Suche nach Use Cases soll auf eine branchen-, technologie- oder anwendungsbereichsspezifische Abgrenzung verzichtet werden. Das Modell gewährleistet dadurch eine umfangreiche Perspektive über realisierbare Anwendungsfälle.

Ressourcenschonendes Vorgehen: Da personelle Ressourcen im Bereich Digitalisierung und Industrie 4.0 im Unternehmen begrenzt sind, soll der Fokus möglichst schnell auf die wesentlichen Use Cases gelenkt werden, die für einen spezifischen Praxisfall relevant sein können.

Top-down-Ansatz: Gemäß dem Top-down-Prinzip sollen zunächst der Unternehmensstrategie entgegenstehende Use Cases ausgeschlossen werden. Der Ansatz beansprucht daher Mitarbeiterressourcen der taktischen und operativen Unternehmensebenen nur für Themen, die unternehmensstrategisch verfolgbar oder realisierbar sind.

Priorisierung: Mit Hilfe einer plausiblen Bewertungslogik sollen die Use Cases hinsichtlich ihres potenziellen Nutzens für den unternehmerischen Anwendungsfall geprüft werden. Hierfür sollen Aspekte des sozio-technischen Systems und der Use Case-bedingten logistischen Zielerreichung integriert werden.

Wirtschaftlichkeitsanalyse: Die potenzialreichsten Use Cases sollen hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit konkretisiert werden. Dies soll Investitionsrisiken für Pilotprojekte mindern und die Implementierung der Use Cases fördern.

3.2 METHODISCHE VORGEHENSWEISE

Gegenwärtig existiert keine ausgearbeitete Vorgehensweise für die Auswahl und Priorisierung von Industrie 4.0-Use Cases. Der nächste Abschnitt leitet daher eine Methodik ab.

Grundlegend bietet sich das Trichtermodell (in Anlehnung an die Applikation bei [Sei11; Vor14]) als Baustein für dieses Konzept an. Die gesetzten Ziele sollen damit systematisiert und mit Hilfe eines Ablaufschemas in einen ergebnisorientierten Gesamtzusammenhang gebracht werden. Mit geringerem Abstand zum Durchlass des Trichters

steigt folglich die Konkretisierung und der Fortschritt zur Klärung des Untersuchungsziels.

Des Weiteren dient der allgemeine Bewertungs- und Auswahlprozess von Technologien als Grundidee für die zu erarbeitende Methodik. Dieser Prozess hat im Wesentlichen das Ziel, die Vergleichbarkeit verschiedener Optionen herzustellen und technologiebezogene Entscheidungen zu unterstützen [SR15]. Neben einer Integration verschiedener Bewertungsobjekte (z. B. Technologien) werden die für das Unternehmen als relevant eingestuften Objekte einer Bewertung unterzogen. Diese kann, ähnlich wie bei einer Projekt- oder Ideenbewertung, als mehrstufiger Prozess in Form einer Grob- und Feinbewertung durchgeführt werden [Vor14].

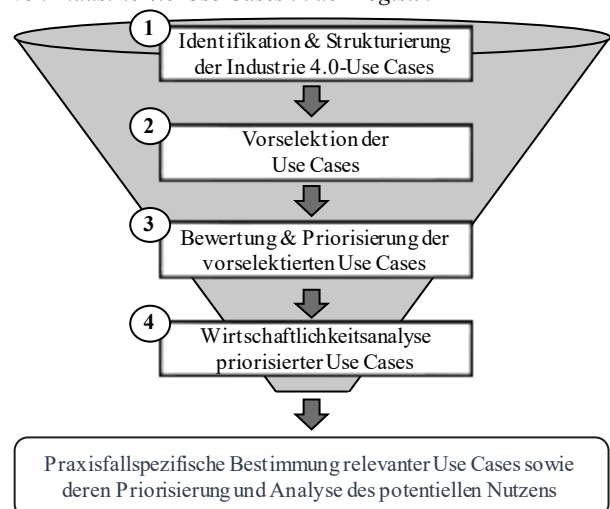
Zudem ist gemäß den Anforderungen ein möglichst konkretes Abbild der Wirtschaftlichkeit der Anwendungsfälle notwendig. Das Konzept beinhaltet daher die Wirtschaftlichkeitsanalyse von *ValueFactoring*. Da *ValueFactoring* lediglich die Wirtschaftlichkeitspotenziale ausweist, gilt es diese Methodik zu erweitern. Eine nähere Beschreibung hierzu erfolgt in Kapitel 4.4.

Der nächste Schritt überführt die aufgezeigten Aspekte in ein methodisches Grundgerüst. Die Verbindung und Modifikation zu einem mehrstufigen Auswahl- und Priorisierungsmodell für Use Cases in der Logistik erläutert das folgende Kapitel.

4 AUSWAHL- UND PRIORISIERUNGSMODELL FÜR INDUSTRIE 4.0-USE CASES IN DER LOGISTIK

Die Berücksichtigung der Anforderungen und die Verknüpfung der identifizierten Elemente führen zu einem strukturierten, vierstufigen Auswahl- und Priorisierungsmodell, das in *Abbildung 1* zu sehen ist.

Abbildung 1. Methode bei der Auswahl- und Priorisierung von Industrie 4.0-Use Cases in der Logistik



Das Ziel des Modells ist es, hinsichtlich eines spezifischen Praxisfalls im Unternehmen, relevante Industrie 4.0-Use Cases aus der Logistik zu bestimmen und deren potenziellen Nutzen zu analysieren. Die jeweiligen Stufen weisen hierbei die Funktionalität auf, inhaltliche Teilprobleme abzugrenzen und somit die Komplexität der Thematik zu beherrschen. Dieser prozessuale Handlungsrahmen soll die Unternehmen entscheidend dabei unterstützen geeignete Use Cases zu wählen. Die Methode sollte initial komplett durchlaufen werden. Bei einer erneuten Verwendung in einem anderen Kontext bietet sich ebenfalls eine vollständige Anwendung des Vorgehens an, wobei auf das bereits gesammelte Wissen zurückgegriffen werden kann.

In der *ersten Stufe* erfolgt mit einer branchenübergreifenden Identifikation von Use Cases in der Logistik und deren strukturierter Aufarbeitung die Grundlage für das weitere Vorgehen. Kernaufgabe der *zweiten Stufe* ist es, die Use Cases herauszufiltern, die für den speziellen logistischen Praxisfall Relevanz aufweisen. Die *dritte Stufe* beinhaltet die Bewertung und Priorisierung dieser vorselektierten Use Cases, woraufhin die geforderte Rangfolge der relevanten Use Cases bestimmt werden kann. Die abschließende *vierte Stufe* dient dazu, die Wirtschaftlichkeit der priorisierten Use Cases zu bewerten. Dies soll die Akzeptanz der Auswahl steigern und eine möglichst konkrete Einschätzung über einhergehende betriebliche Auswirkungen durch die Use Cases im jeweiligen Praxisfall geben.

Neben diesem Grundgerüst ist zur Erreichung des Forschungsziels wichtig, diese Stufen methodisch zu begleiten und den Anwender zu befähigen. Allgemein existiert eine Vielzahl von Hilfsmitteln zur Entscheidungsfindung, Bewertung oder Priorisierung (vgl. [Vor14], [HSKS11]). Die Auswahl geeigneter Tools hängt dabei von den Anforderungen und dem zugrundeliegenden Sinn und Zweck ab. In den frühen Konzeptphasen, die mit hohem Unsicherheitsgrad gekennzeichnet sind, eignen sich vorrangig qualitative Methoden. Mit Fortschreiten des Modells und der Konkretisierung der Informationslage werden ebenfalls quantitative Tools eingesetzt [SR15]. Aufgrund des Einflusses unternehmensinterner Expertise bei der Bewertung weisen die Priorisierung und Auswahl der Use Cases keine Allgemeingültigkeit auf. Die nachfolgenden Unterkapitel betrachten die einzelnen Bestandteile genauer.

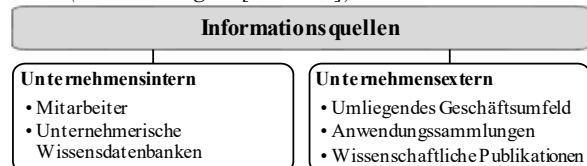
4.1 IDENTIFIKATION UND STRUKTURIERUNG VON USE CASES IN DER LOGISTIK

Das Ziel dieser Konzeptstufe ist es, die Bandbreite branchenübergreifender Use Cases aus dem Anwendungsfeld der Logistik aufzuzeigen und somit eine angemessene Ausgangslage für die weiteren Stufen des Konzeptes zu bilden. Demzufolge beinhaltet dieser Schritt die Identifikation und Strukturierung der Use Cases.

Zunächst ist ein Vorgehen zur **Identifikation der Use Cases** zu bestimmen, das den relevanten Suchraum eingrenzt und die Handhabung erleichtert. Dabei stehen vor

allem die Informationsquellen und geeignete Suchtermini im Vordergrund. Informationsquellen, wie die Plattform Industrie 4.0, dienen als Träger von Daten, Nachrichten und Informationen. In *Abbildung 2* werden Beispiele von internen und externen Informationsquellen aufgezeigt.

Abbildung 2. Informationsquellen zur Identifikation von Use Cases (in Anlehnung an [WSHS11])



Der Nutzer hat vor allem die Aufgabe, den Informationsbedarf in geeignete Suchtermini umzuwandeln. Dies ist insbesondere bei wissenschaftlichen Publikationen der unternehmensexternen Informationsquellen von Bedeutung. Sowohl die Qualität als auch die Quantität der Suchergebnisse ist dabei von der herangezogenen Quelle abhängig [WSHS11]. Über den eigentlichen Suchbegriff hinaus können insbesondere Synonyme, verwandte Begriffe oder Kombinationen stattfinden [Lew18], um Use Cases zu identifizieren.

Die **Informationen** der identifizierten Use Cases werden im Anschluss **strukturiert** aufgearbeitet. Eine standardisierte Dokumentation soll entsprechend den generellen Austausch von Informationen fördern und dient insbesondere als Basis für die nächsten Stufen (z. B. Erstellung der Steckbriefe). Die Ausgestaltung und somit die Entscheidung, welche Aspekte der Use Cases hierfür wichtig sind, ist unternehmensspezifisch und obliegt damit dem Anwender [SHR16]. Einige wichtige Aspekte können die Funktionsbeschreibung, integrierte Technologien, jeweilige Anbieter bzw. Forschungsträger sowie die Quellen der Use Cases sein. Ebenfalls können zur Strukturierung der Use Cases Klassifizierungsansätze wie der Reifegrad oder mögliche logistische Einsatzgebiete (Inbound, Inhouse, Outbound, Planning) des Use Cases Verwendung finden [MS15].

4.2 VORSELEKTION DER USE CASES

Im Fokus der zweiten Stufe steht die Ermittlung der relevanten Use Cases eines bestimmten Praxisfalls in der Logistik. Die Vorselektion besteht dabei aus drei Schritten – Clusterbildung, Grobbewertung, Feinbewertung – die im Folgenden erläutert werden.

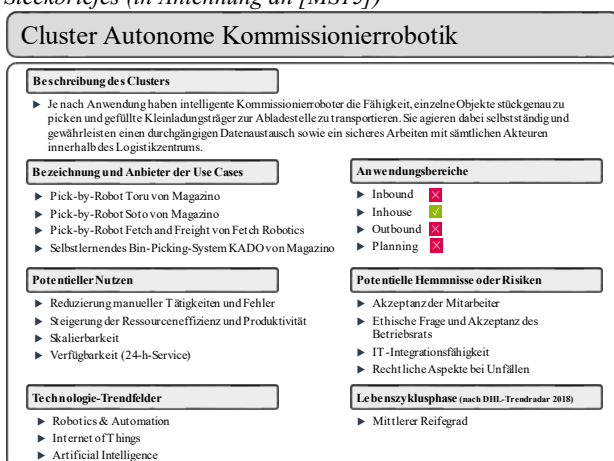
Die Bildung von **Use Case-Clustern** dient zur Vorbereitung der Grobbewertung. Ein Cluster unterliegt soweit möglich im Grundsatz der Anforderung, in sich inhaltlich homogen zu sein und übergreifend zwischen den Clustern eine Heterogenität aufzuweisen, wodurch sie sich voneinander abgrenzen [BPW10]. Übertragen auf diesen Kontext sollen die Cluster für die Use Cases der Logistik dahingehend definiert werden, dass sie einer Gruppierung möglichst präzise zugeordnet werden können.

Als Basis zur Bildung der Cluster dient das Acatech-Forschungsprojekt „Einordnung der Beispiele der Industrie 4.0-Landkarte in die Anwendungsszenarien“ (EiBILA). Die Wissenschaftsakademie Acatech hat sich hierbei insbesondere mit der inhaltlichen Analyse und Abgrenzung der Use Cases aus der „Landkarte Industrie 4.0“ befasst. Hieraus resultierten 24 funktionsübergreifende Cluster [FG18]. Da sich die hier vorliegende Arbeit auf die Logistik fokussiert, wurden die Cluster hinsichtlich ihrer Adaptierbarkeit für die Logistik und deren Eignung für dieses Konzept überprüft. Daraus folgt die Übernahme von zehn Clustern (z. B. Datenbrille, autonome Transportsysteme, datengetriebene Analyse & Optimierung; vgl. Abbildung 10) aus dem Projekt EiBILA.

Die Eignung dieser Cluster ist bei der Identifikation der Use Cases zu überprüfen. Demzufolge geht mit der Identifikation unmittelbar die Frage einher, ob sich der Use Case thematisch in eines dieser Cluster eingliedern lässt. Ist dies nicht möglich, so wird eine neue Klassifizierung definiert und der Use Case dort eingeordnet. Dadurch wird die Differenzierung der Cluster gesteigert und vermeintliche Fehler in der folgenden Grobbewertung vorgebeugt.

Der zweite Schritt innerhalb dieser Stufe ist die **Vorauswahl der Use Case-Cluster**, wodurch die effiziente Reduzierung vernachlässigbarer Use Cases verfolgt wird. Diese Grobbewertung erfolgt auf Basis interner Expertenmeinungen. Zur Unterstützung der internen Mitarbeiter wird zur Wissensvermittlung zunächst ein *Cluster-Steckbrief* erarbeitet. Steckbriefe kennzeichnen sich allgemein dadurch, wesentliche Aspekte für einen vorliegenden Kontext in verkürzter Form dazustellen [WSHS11]. Der Aufbau ist dabei wiederum nicht festgelegt. Eine Aufteilung in Text- oder Bildbereiche findet sich allerdings in nahezu allen Datenblättern wieder (siehe Abbildung 3).

Abbildung 3. Aufbau eines exemplarischen Cluster-Steckbriefes (in Anlehnung an [MS15])



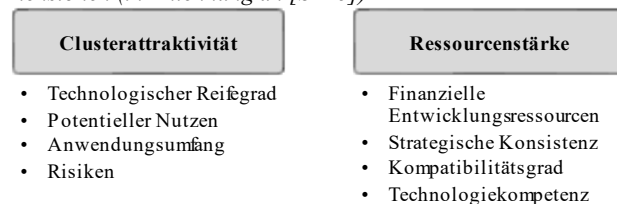
Analog zur Use Case-Liste erfolgt die Abstimmung der adressatenspezifischen Wünsche und des Aufbaus intern. Bis dato gesammelte Informationen der Use Cases und Cluster sollen somit verwertet und mit weiterem, für

die Vorauswahl notwendigem Wissen ergänzt werden. Die technologiespezifischen Daten befähigen die internen Mitarbeiter eine fundierte Bewertung für die jeweiligen Cluster abgeben zu können [MS15].

Für die *Clusterbewertung* eignen sich insbesondere Portfoliomethoden. Diese systematischen Ansätze ermöglichen einen transparenten Überblick über alle in Frage kommenden Alternativen.

Als Grundmodell für die Bewertung wird das Technologieportfolio nach Pfeiffer herangezogen und hinsichtlich der speziellen Anforderungen modifiziert. Hiermit werden die Use Case-Cluster ermittelt, die für die vorhandenen Ressourcen des Unternehmens geeignet sind. Grundlegend baut dieser strategische Analyseprozess dabei auf zwei Hauptdimensionen auf. Einerseits die Clusterattraktivität, die als technologiebedingte Summe aller technisch-wirtschaftlichen Potenziale zu verstehen ist, und andererseits die Ressourcenstärke, welche die wirtschaftlichen und technischen Fähigkeiten aus Sicht des Unternehmens repräsentiert. Diese Hauptdimensionen bestehen wiederum aus Einzelindikatoren, die in Abbildung 4 dargestellt sind und zur eigentlichen Bewertung der jeweiligen Cluster fungieren [PD90].

Abbildung 4. Ausgewählte Einzelindikatoren der Hauptdimensionen (in Anlehnung an [SR15])

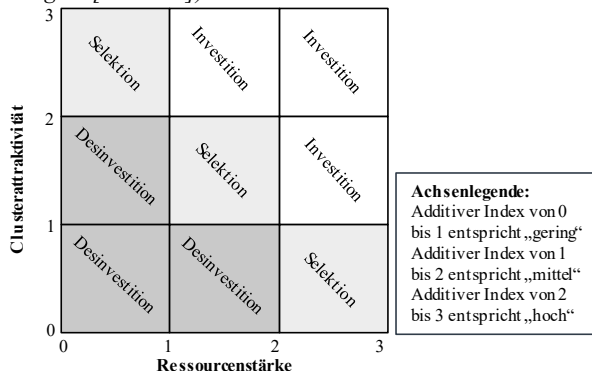


Die Bewertung der einzelnen Indikatoren erfolgt durch Experten über einen standardisierten Fragebogen. Dies ermöglicht die Ermittlung der Indizes zur Bildung der Hauptdimensionen für ein Use Case-Cluster. Dabei werden die Werte der Experten jeweilig addiert und durch die Anzahl aller Probanden dividiert [Bla14]. Die generierten Indizes der Cluster werden im Anschluss in ein Neun-Felder-Portfolio (Abbildung 5) übertragen. Die für den Kontext zugeschnittenen Normstrategien „Investition“, „Selektion“ und „Desinvestition“ dienen hierbei als Empfehlung, wodurch die strategische Relevanz der Cluster abgeprüft werden kann [PD90].

Der letzte Schritt der zweiten Konzeptstufe zielt auf die **Ermittlung und Auswahl der relevanten Use Cases** für den jeweiligen logistischen Praxisfall ab. Entsprechend werden Use Cases aus Clustern, die dem strategisch relevanten Bereich „Investition“ zugeordnet sind, hinsichtlich ihrer Eignung für den Praxisfall im Unternehmen hinterfragt. Hierfür eignet sich die Befragung von Fachexperten der operativen Unternehmensebene, da diese Personengruppe fundierte Aussagefähigkeiten mit Bezug auf die

konkreten Abläufe, Gegebenheiten und Restriktionen in ihren Aufgabenbereichen besitzt [WSHS11].

Abbildung 5. Modifiziertes Technologieportfolio (in Anlehnung an [PMSA91])



Die Ermittlung der relevanten Use Cases soll auf Basis definierter *K.O.-Kriterien* (z. B. fehlende Integrierbarkeit in bestehende Systeme) geschehen. Dementsprechend bedarf es zunächst der Erhebung und Definition von Ausschlusskriterien, wofür die Fachexperten prädestiniert sind [Rei10]. Analog zur Clustervorauswahl findet auch hier der Rückgriff auf eine technologiespezifische Datenstruktur in Form eines *Use Case-Steckbriefs* statt. Dies soll die jeweiligen Fachexperten zu begründeten Aussagen zu den Use Cases befähigen [MS15]. Für die Generierung dieser Kriterien wird eine Gruppendiskussion als Instrument gewählt. Die Informationsgewinnung findet durch die Wissensbündelung mehrerer Mitglieder statt, was zu einem effizienten Erkenntnisgewinn führt [Bla11].

Die Verarbeitung der ermittelten Kriterien kann mit Hilfe des *Checklistenverfahrens* (vgl. [HSKS11]) erfolgen. Dabei werden alle bedeutenden Kriterien aufgeführt und auf die verbliebenen Use Cases aus der Clustervorauswahl angewendet. Sobald eines der *K.O.-Kriterien* auf einen Use Case zutrifft, wird dieser entfernt. Demnach liegen nach diesem Schritt lediglich Use Cases vor, die von strategischer Relevanz sind und keine praxisfallbedingten Ausschlusskriterien im Unternehmen erfüllen.

4.3 BEWERTUNG UND PRIORISIERUNG DER VORSELEKTIERTEN USE CASES

Die dritte Konzeptstufe dient der Bildung einer Rangfolge aus den vorselektierten Use Cases. Hierbei erfolgt die Bestimmung der Use Cases mit den potenziell höchsten Mehrwerten für den Praxisfall. Eine adäquate Möglichkeit für diese Bewertung bietet die Nutzwertanalyse (auch Scoring-Modell genannt). Dieses multikriterielle Entscheidungsmodell ermöglicht es, mehrere komplexe Alternativen abhängig von Präferenzen der Entscheidungsträger und dem daraus abgeleiteten Zielsystem in eine Reihenfolge zu bringen [BLW15]. In dieser Arbeit wird diese Stufe in die Ermittlung eines Kriterienkataloges und in das Priorisierungsverfahren aufgeteilt.

Der **Kriterienkatalog** bildet die Basis zur Priorisierung der relevanten Use Cases. Zunächst werden *relevante Kriterien des Kataloges* definiert. Die Aspekte sollen sich gemäß den Anforderungen dazu eignen, die unternehmerische Umsetzungsfähigkeit und die Use Case-bedingten Auswirkungen auf die Logistikziele zu erheben. Das Grundgerüst des Kataloges besteht daher aus den Hauptkategorien des sozio-technischen Systems (Mensch, Technik, Organisation) und der Hauptkategorie der Logistikziele.

Auf Basis dieser Hauptkategorien erfolgt die Identifikation der Kriterien. Die Recherche basiert auf unternehmensinternen Experteninterviews, Publikationen von Fachgremien (vgl. [DH16], [SAGH17], [JKS17]) und Unternehmensberatungen (vgl. [SP16], [PB17]) sowie anderen Fachbeiträgen (vgl. [BNMG17], [Hir18], [SHD18], [KSKL18], [WW17]), die sich thematisch mit den Umsetzungsvoraussetzungen, Veränderungen und Handlungsfeldern der digitalen Transformation befassen. Hinsichtlich der Logistikziele wurde auf allgemeine Elemente der Logistikleistung und -kosten sowie Logistikzielsysteme zurückgegriffen (vgl. [Fle18], [HHU11], [Sys90], [SRSC04]). Die identifizierten Kriterien wurden einer Prüfung auf Duplikate, inhaltliche Überschneidungen sowie die allgemeine Zweckdienlichkeit unterzogen. Letztendlich wurden 11 Unterkategorien mit insgesamt 21 Kriterien identifiziert (vgl. Abbildung 6).

Abbildung 6. Kriterien zur Priorisierung der relevanten Use Cases

Mensch	Technik
<ul style="list-style-type: none"> • Offenheit für Veränderung und Umsetzung <ul style="list-style-type: none"> 1.1 Akzeptanz • Mensch-Technik-Interaktion <ul style="list-style-type: none"> 1.2 Prozess- und Use Case-spezifische IT-Kenntnisse 1.3 Technische Interaktionsfähigkeit 1.4 Prozesssicherheit 	<ul style="list-style-type: none"> • Integration <ul style="list-style-type: none"> 2.1 Implementierungsaufwand • Datennutzung- und Bereitstellung <ul style="list-style-type: none"> 2.2 Serverarchitektur 2.3 Software- und Systemtechnik • Sicherheit <ul style="list-style-type: none"> 2.4 IT-Sicherheit 2.5 Funktionale Sicherheit • Flexibilität <ul style="list-style-type: none"> 2.6 Einsatzmöglichkeiten
Organisation	Logistikziele
<ul style="list-style-type: none"> • New Leadership <ul style="list-style-type: none"> 3.1 Akzeptanz • Unternehmenskultur <ul style="list-style-type: none"> 3.2 Strategische Personalplanung 3.3 Weiterbildungsangebot • Organisationsstruktur <ul style="list-style-type: none"> 3.4 Prozessorganisation 3.5 Ideenprozess 3.6 Agilität 	<ul style="list-style-type: none"> • Logistikleistung <ul style="list-style-type: none"> 4.1 Liefertreue 4.2 Durchlaufzeit 4.3 Lieferqualität • Logistikkosten <ul style="list-style-type: none"> 4.4 Bestandskosten 4.5 Prozesskosten

Zur Befähigung des Kriterienkataloges als Erhebungsmethode wurde ebenfalls ein standardisierter Fragebogen konstruiert, mit welchem die Kriterien Anwendung finden können. Die Fachexperten haben dabei die Möglichkeit, ihre Antwort mit Hilfe einer fünf-stufigen Likert-Skala („0 – Trifft überhaupt nicht zu“ bis „4 – Trifft voll und ganz zu“) abzugeben [Bla14]. Beschreibungen erläutern die Kriterien, wie in Abbildung 7 am Beispiel der Mitarbeiterakzeptanz ersichtlich wird.

Abbildung 7. Ausgewähltes Beispiel zur Aussagenformulierung des Fragebogens

Kategorie	Kriterium	Beschreibung
Offenheit für Veränderung und Umsetzung	1.1 Akzeptanz	Die Mitarbeiter akzeptieren die Einführung dieses Use Cases

Das **Priorisierungsverfahren** mittels Nutzwertanalyse führt zur Quantifizierung des Ergebnisses aus dem Kriterienkatalog. Die subjektiven Expertenbeurteilungen werden somit vergleichbar und gleichermaßen wird eine Rangfolge aus den vorselektierten Use Cases ermittelt. Zunächst werden die *Kriterien* durch eine *Gewichtung* nach Relevanz für das Unternehmen in Beziehung gebracht. Aufgrund der Anzahl der Kriterien bietet sich der Gebrauch von gruppierten Gewichten an. Hierfür erfolgt zunächst die Gewichtung zwischen den vier Hauptgruppen und im Anschluss die Bewertung der Kriterien innerhalb der jeweiligen Hauptgruppe. Hierdurch wird vor allem die thematische Vereinfachung der Entscheidungsprobleme erreicht. Die Bestimmung der Gruppen- und Kriteriengewichte kann mittels der Paarvergleichsmethode erfolgen [Küh14].

Die anschließende *Berechnung des Nutzwertes* führt zur Priorisierung der Use Cases. Hierzu werden zunächst für jeden Use Case einzeln die Teilnutzwerte aller Kriterien bestimmt. Dies erfolgt durch Multiplikation der generierten Gewichtungsfaktoren mit den Zielerfüllungsfaktoren aus dem Kriterienkatalog. Die Addition aller einzelnen Teilnutzwerte führt schließlich zum Gesamtnutzwert des Use Cases. Diese können nun entsprechend des potenziellen Nutzens priorisiert werden. Die Lösung mit dem höchsten Wert entspricht, hinsichtlich der vorhandenen sozio-technischen Umsetzungsfähigkeit und den Auswirkungen auf die logistischen Ziele im betrieblichen Ablauf des Praxisfalls, dem Use Case mit dem gegenwärtig größten Potenzial [Koc15].

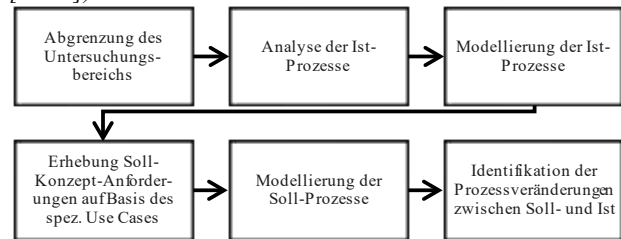
4.4 WIRTSCHAFTLICHKEITSANALYSE DER PRIORISIERTEN USE CASES

Die vierte Konzeptstufe dient zur Stärkung der Akzeptanz der bisherigen Ergebnisse. So erfolgt die in der Literatur und unternehmerisch geforderte Konkretisierung der potenzialreichsten Use Cases hinsichtlich deren wirtschaftlichen Auswirkungen im betrieblichen Ablauf (vgl. [BLW15], [HSKS11]). Hiermit soll die Investitionsentscheidung in Bezug auf die Use Cases bestmöglich unterstützt und damit einhergehende Risiken für das Unternehmen begrenzt werden. Dafür werden nachfolgend zunächst mittels einer Prozessanalyse die Veränderungen aufgezeigt und diese mit einer Potenzial- und dynamischen Kosten-Nutzen-Analyse bewertet, um die Frage nach der Wirtschaftlichkeit der Use Cases zu beantworten.

Der Einsatz von Use Cases hat häufig Auswirkungen auf die Prozesslandschaft eines Unternehmens. Angesichts dessen stellt die **Prozessanalyse** einen zweckmäßigen Einstiegspunkt für eine Potenzialabschätzung dar [Kir16]. Die

Analyse erfolgt dabei gemäß dem aufgezeigten Vorgehen in Abbildung 8.

Abbildung 8. Ablauf der Prozessanalyse (in Anlehnung an [Kir16])



Hieran anknüpfend folgt die **Potenzialanalyse**. Sie zielt auf die monetäre Bewertung der Wirtschaftlichkeitspotenziale der Use Cases ab. Die Analyse wird auf die spezifizierten Logistikziele begrenzt. Daher werden mögliche Logistikleistungssteigerungen oder auch Logistikkostenreduzierungen mit der Anwendung der Use Cases aufgezeigt, deren Werte, bedingt durch die Prognoseunsicherheit, nicht konkret vorliegen. Die ausgearbeiteten Prozessveränderungen werden folglich inhaltlich beschrieben und in geeignete Messgrößen transformiert, wodurch eine monetäre Bewertung ermöglicht wird. Die Informationsverarbeitung erfolgt, wie in Abbildung 9 veranschaulicht, in einem tabellarischen Berichtsformat. Dies sorgt für eine transparente Dokumentation und nachvollziehbare Argumentation des prognostizierten Nutzens des Soll-Prozesses [Kir16].

Abbildung 9. Fiktives Beispiel des Berichtsformats der Potenzialanalyse (in Anlehnung an [Kir16])

Potentieller Nutzen	Ursache der Verbesserung	Wirkung des Use Cases	Einsparung (Zeit)	Einsparung (Geld)	Annahmen
Durchlaufzeit					
Automatisierung der Wareneingangsbuchung	Wareneingangsautomatisierung mittels RFID-Technologie	Zeiteinsparung ggü. Scan der Barcodes pro Vorgang	0,17 Min. / Vorgang 278 Std. / Jahr	9.722 Euro/Jahr	Einsparung 10 Sek. / Vorgang; 100.000 Wareneingangspositionen / Jahr; 35€ Kostensatz / Stunde

Die **dynamische Kosten-Nutzen-Analyse** stellt den letzten Schritt des Modells dar. Hierbei wird die potenzielle Vorteilhaftigkeit der Investitionsalternativen hervorgehoben, um damit verbundene Entscheidungen vorzubereiten und wirtschaftlich zu fundieren [BLW15]. Rationale Entscheidungen in Verbindung mit den Use Cases sollen damit erleichtert, nicht aber vorweggenommen werden. Hierfür ist notwendig, die Kosten und Nutzen zu ermitteln, die Kalkulationsmethode zu wählen sowie die Alternativen zu beurteilen [HSKS11; Kir16].

Die *Ermittlung der Kosten und Nutzen* gilt als vorbereitende Maßnahme. Hierzu können die Nutzenpositionen aus der Potenzialanalyse entnommen werden. Anschließend sind die mit dem Use Case verbundenen Kosten zu bestimmen. Informationen zu den Auszahlungspositionen wie Anschaffungskosten, Nutzungsdauer oder dem Kalkulationszins sollten dabei zur sinnvollen Durchführung der Investitionsrechnung sowohl von internen als auch externen Informationsquellen eingeholt werden.

Mit der *Kapitalwertmethode* wird auf ein dynamisches und mehrperiodisches Kalkulationsverfahren zurückgegriffen, das zum monetären Vergleich der Investitionsalternativen dient. Das Verfahren zeichnet sich durch die Realitätsnähe aus, da es Ein- und Auszahlungen über einen mehrperiodischen Zeitverlauf berücksichtigt. Repräsentiert wird der Kapitalwert dabei durch die Summe aller ab- und aufgezinsten Zahlungen, die mit der Realisierung des Use Cases in Verbindung stehen [BLW15].

Die Vorteilhaftigkeit der Kapitalwerte dient schlussendlich der *Bewertung der Alternativen*. Die absolute Vorteilhaftigkeit erlangt eine Alternative, sobald sie einen Wert größer als Null erreicht. Daneben wird eine Alternative als relativ vorteilhaft erachtet, sobald ihr Wert größer ist als der einer jeden anderen zur Wahl stehenden Alternative [GB13]. Gegebenenfalls sind Use Cases mit negativen Kapitalwerten in Betracht zu ziehen, falls die Implementierung dieser Technologien weitere Sprünge in Leistung und Fähigkeiten für nachfolgende Anwendungen bietet.

5 FALLBEISPIEL UND EVALUIERUNG

Das entwickelte Auswahl- und Priorisierungsmodell zur Ableitung relevanter und nutzbringender Use Cases fand bei der MAN Truck & Bus SE für den Praxisfall eines externen Logistikzentrums entscheidungsunterstützende Anwendung. Um die Leistungsfähigkeit der Prozesse zu erhöhen, sollen geeignete Lösungen aus dem Bereich Industrie 4.0 priorisiert einbezogen werden.

Identifikation und Strukturierung von Use Cases in der Logistik: Die branchenübergreifende Suche von Use Cases der Logistik ergab die *Identifikation* von 117 Anwendungen. Hierfür wurden sowohl interne als auch externe Quellen hinzugezogen. Weiterhin erfolgte parallel zur Identifikation die *Strukturierung* dieser Use Cases mit Hilfe einer spezifisch abgestimmten Use Case-Liste. Das Ergebnis aus der ersten Konzeptstufe ist daher eine strukturierte Übersicht der Anwendungen, welche die Basis für die weiteren Konzeptstufen darstellt.

Vorselektion der Use Cases: Zunächst wurden in dieser Konzeptstufe die *Use Case-Cluster* gebildet. Simultan zur Identifikation der Anwendungsfälle wurden die 117 Use Cases den Clustern zugeteilt. Da dies nicht für alle Use Cases ohne Einschränkung möglich war, wurden ergänzend zu den zehn Clustern aus dem Projekt EiBILA sechs weitere Cluster intern abgeleitet (vgl. Abbildung 10). Unternehmensvorgaben und die Spezifikationen in den Steckbriefen sind für die Erweiterung verantwortlich.

Anschließend erfolgte die Vorauswahl auf Ebene der Use Case-Cluster. Die 16 Cluster wurden dafür bzgl. der strategischen Eignung beurteilt. Die Anwendung des modifizierten Technologieportfolios nach Pfeiffer ergab die Eliminierung von 11 Clustern und somit den Verbleib von

48 Anwendungsfällen, welche für das externe Logistikzentrum sinnvoll sein könnten.

Abbildung 10. Use Case-Cluster zur Cluster-Vorauswahl

Cluster aus dem Projekt EiBILA	Weitere Cluster
<ul style="list-style-type: none"> • Datenbrillen • Physische Unterstützung des Menschen • Transparenz in Logistikprozessen • Intelligente Sensorik • Wandlungsfähige Arbeitssysteme • Autonome Transportsysteme • Virtualisierung • Datengetriebene Analyse/Optimierung • Datengetriebene Wartung • IT-Security 	<ul style="list-style-type: none"> • Autonome Kommissionierrobotik • Kollaborierende Roboter • Lagerautomation • Selbstfahrende Fahrzeuge • Autonome Flugroboter • Software-Plattform

Die 48 Anwendungsfälle wurden mit der *Vorauswahl auf Ebene der Use Cases* auf ihre Relevanz untersucht. Hierfür wurden intern mit Hilfe einer Gruppendiskussion elf K.O.-Kriterien (z. B. Betriebsrat, Anwendbarkeit im externen Logistikzentrum) definiert, die im Anschluss auf die 48 Use Cases im Checklistenverfahren Anwendung fanden. Diese Feinbewertung führte zum Ausschluss von 16 Anwendungen, welche aufgrund betrieblicher Gegebenheiten für den Einsatz ungeeignet waren.

Bewertung und Priorisierung der vorselektierten Use Cases: Die 32 Use Cases wurden im Anschluss hinsichtlich des *Kriterienkatalogs* bewertet. Basierend auf den internen Expertenmeinungen wurden die sozio-technische Umsetzungsfähigkeit und die spezifischen Auswirkungen auf die Logistikziele der Use Cases ermittelt.

Mit Hilfe des *Priorisierungsverfahrens* wurden die jeweiligen Erfüllungsgrade quantifiziert, der potenzielle Nutzen der Use Cases ausgewiesen und eine Reihenfolge aus den relevanten Use Cases gebildet. Nach der internen Gruppen- und Kriteriengewichtung konnten die Use Case-spezifischen Gesamtnutzwerte generiert werden.

Wirtschaftlichkeitsanalyse der priorisierten Use Cases: Aufgrund der Anforderung nach einem ressourcenschonenden Vorgehen wurden lediglich die potenziellreichsten Use Cases für die detaillierte Analyse der Wirtschaftlichkeit gewählt. Daher wurden drei Use Cases aus den Bereichen physische Unterstützung und intelligente Sensorik jeweils durch die Prozess- und Potenzialanalyse sowie der Kosten-Nutzen-Analyse konkretisiert. Dem Unternehmen liegen priorisierte Use Cases für den Einsatz im externen Logistikzentrum vor.

Im weiteren Verlauf werden die gestellten **Anforderungen** aus Kapitel 3.1 an die Durchführung des Auswahl- und Priorisierungsmodells geprüft.

Die *Anwendbarkeit für verschiedene unternehmensspezifische Praxisfälle in der Logistik* wurde durch die möglichst generische Formulierung und Entwicklung verfolgt. Neben der Wiederholbarkeit können die Methoden

anwenderspezifisch durch neue Fragen oder Kriterien flexibel erweitert werden. Die *große Bandbreite an Use Cases in der Logistik* war mit 117 Use Cases ebenso gegeben. Das *ressourcenschonende Vorgehen* wurde gemessen am Erkenntnisgewinn ebenfalls eingehalten. So wurden die Mitarbeiter durch Maßnahmen wie die Clusterung und die Vorauswahl entlastet. Der *Top-down-Ansatz* wurde durch den Aufbau der Untersuchungsabfolge des Modells sichergestellt. Folglich wird zunächst die Expertise der strategischen Ebene und anschließend der operativeren Ebene benötigt. Weiterhin wurde eine *plausible Priorisierung der Use Cases basierend auf relevanten Kriterien* ermöglicht. Dies wurde zum einen durch die eindeutige sowie nachvollziehbare Dokumentation und Auswertung erreicht. Zum anderen basieren die Kriterien auf Fachartikeln und Studien und wurden intern mit Experten abgestimmt. Auch die letzte Anforderung, die *potenzialreichsten Use Cases konkret durch eine Wirtschaftlichkeitsanalyse* zu untersuchen, ist mit Hilfe der vierten Konzeptstufe erfüllt. Demnach erfüllt das Modell die gestellten Anforderungen.

6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Ausgangsbasis dieser Arbeit ist der Konflikt zwischen Chancen und Hindernissen in Industrie 4.0-Projekten. Trotz anerkannten Potenzialen sind viele Unternehmen insbesondere aufgrund der Vielseitigkeit der Thematik, unklarer betriebswirtschaftlicher Auswirkungen und einer fehlenden strukturierten Vorgehensweise entscheidend gehemmt, sich der digitalen Transformation zu widmen.

Als entscheidungsunterstützende Maßnahme wurde daher ein mehrstufiges Auswahl- und Priorisierungsmodell entwickelt. Dabei wird schrittweise und zielgerichtet Aufschluss über relevante Use Cases für einen bestimmten logistischen Praxisfall gegeben und deren potenzieller Nutzen bestimmt. Dieses Modell liefert dem Anwender eine umfassende Hilfestellung, um die komplexe Thematik der Industrie 4.0 im Bereich der Logistik zu beherrschen. Zunächst wird aufgezeigt, wie Use Cases der Logistik identifiziert und trotz einer großen Anzahl möglichst ressourcenschonend für einen spezifischen Anwendungsfall im Unternehmen vorselektiert werden können. Dies erfolgt auf Basis einer Clusterung der Use Cases sowie der Grob- und Feinbewertung. Zudem findet der Anwender ein Priorisierungsverfahren vor, das die Use Cases mit dem potenziell größten Nutzen im Sinne der sozio-technischen Umsetzungsfähigkeit und der logistischen Effizienz für den logistischen Praxisfall ermittelt. Abschließend erfolgt mit Hilfe einer Wirtschaftlichkeitsanalyse eine Präzisierung des potenziellen Nutzens auf Basis der eigenen betrieblichen Prozessebene.

Das Modell fand am Beispiel des Aufbaus eines externen Logistikzentrums der MAN Truck & Bus SE erfolgreich Anwendung. Unter Berücksichtigung der vier Stufen liegen dem Unternehmen die Use Cases mit dem potenziell

größten Mehrwert vor. So bietet sich für das externe Logistikzentrum ein Pilotprojekt mit diesen Use Cases an, um die vorhandenen Ressourcen mit bestmöglicher Nutzenbilanz einzusetzen.

Mit dem vorgestellten Modell können Unternehmen auf ein Vorgehen zurückgreifen, das die Auswirkungen von Industrie 4.0-Use Cases der Logistik in der eigenen betrieblichen Praxis sowohl nicht-monetär als auch monetär möglichst konkret antizipieren kann. Die hieraus generierten Informationen verhelfen, die Rationalität der Entscheidungen im Kontext der Industrie 4.0 zu steigern und somit begrenzte betriebliche Ressourcen zielgerichtet für potenziell rentable Digitalisierungsprojekte im Unternehmen zu verwenden. In diesem Zusammenhang können bestehende Hemmnisse abgebaut werden und dadurch der potenzielle Nutzen durch Industrie 4.0-Anwendungen aufgedeckt und die künftige Wettbewerbsfähigkeit zugesichert werden.

LITERATUR

- [Ber18] Berg, A.: Industrie 4.0 – Wo steht Deutschland? Vortrag, bitkom.org, Hannover, 23.04.2018.
- [Bla11] Blank, R.: Gruppendiskussionsverfahren. In: Naderer, G.; Balzer, E. (Hrsg.): Qualitative Marktforschung in Theorie und Praxis: Grundlagen – Methoden – Anwendungen. Gabler, Wiesbaden, 2011, S. 289–312.
- [Bla14] Blasius, J.: Skalierungsverfahren. In: Baur, N.; Blasius, J. (Hrsg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Springer VS, Wiesbaden, 2014, S. 1051–1062.
- [BLW15] Busse von Colbe, W.; Laßmann, G.; Witte, F.: Investitionstheorie und Investitionsrechnung. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2015.
- [BMW16] BMWi: Fortschreibung der Anwendungsszenarien der Plattform Industrie 4.0. <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/fortschreibung-anwendungsszenarien.html>, Aufruf am 10.06.2019.
- [BMW17] BMWi: Industrie 4.0 gestalten: Wegweisend. Vernetzt. Praxisnah. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/industrie-4-0-gestalten.html>, Aufruf am 10.06.2019.
- [BNMG17] Butschan, J.; Nestle, V.; Munck, J. C.; Gleich, R.: Kompetenzaufbau zur Umsetzung von Industrie 4.0 in der Produktion. In: Seiter, M.; Grünert, L.; Berlin, S.

- (Hrsg.): Betriebswirtschaftliche Aspekte von Industrie 4.0. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017, S. 75–110.
- [BPW10] Bacher, J.; Pöge, A.; Wenzig, K.: Clusteranalyse – Anwendungsorientierte Einführung in Klassifikationsverfahren. Oldenbourg, München, 2010.
- [DH16] Deutsche Akademie der Technikwissenschaften; Herbert Utz Verlag GmbH (Hrsg.): Kompetenzen für Industrie 4.0 – Qualifizierungsbedarfe und Lösungssätze. Herbert Utz Verlag GmbH, München, 2016.
- [DKFP18] Dombrowski, U.; Krenkel, P.; Falkner, A.; Placzek, F.; Hoffmann, T.: Prozessorientierte Potenzialanalyse von Industrie 4.0-Technologien. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jg. 113 (2018) Nr. 3, S. 107–111.
- [Dor16] Dorst, W.: Industrie 4.0 – Status und Perspektiven. <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publicationen/Industrie-40-Status-und-Perspektiven.html>, Aufruf am 10.06.2019.
- [FG18] Fay, A.; Gausemeier, J.: Einordnung der Beispiele der Industrie 4.0-Landkarte in die Anwendungsszenarien (EiBILA), 2018.
- [Fle18] Fleischmann, B.: Begriffliche Grundlagen der Logistik. In: Tempelmeier, H. (Hrsg.): Begriff der Logistik, logistische Systeme und Prozesse. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2018, S. 1–16.
- [Fra19] Fraunhofer FIT: VABA 4.0. <https://www.fit.fraunhofer.de/de/fb/wirtschaftsinformatik/projects/vaba.html>, Aufruf am 10.06.2019.
- [GB13] Götze, U.; Bloech, J.: Investitionsrechnung: Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben. Springer-Verlag, 2013.
- [Hen-2017] Henke, M.; Hegmanns, T.; Straub, N.; Kaczmarek, S.; May, D.; Härtel, T.; Rudolph, B.; Sobiech, D.; Müller, S.; Dehler, J.: Assistenzsystem zum demografiesensiblen betriebsspezifischen Kompetenzmanagement für Produktions- und Logistiksysteme der Zukunft (ABEKO). Bundesministerium für Bildung und Forschung; PTKA - Projektträger Karlsruhe; Förderschwerpunkt Betriebliches Kompetenzmanagement im demografischen Wandel, 2017.
- [HH14] Hompel, M. ten; Henke, M.: Logistik 4.0. In: Bauernhansl, T.; Hompel, M. ten; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung · Technologien · Migration. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2014, S. 615–624.
- [HH17] Hompel, M. ten; Henke, M.: Logistik 4.0 – Ein Ausblick auf die Planung und das Management der zukünftigen Logistik vor dem Hintergrund der vierten industriellen Revolution. In: Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T.; Hompel, M. ten (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0 Bd.4: Allgemeine Grundlagen. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2017, S. 249–259.
- [HHU11] Heiserich, O.-E.; Helbig, K.; Ullmann, W.: Logistik – Eine praxisorientierte Einführung. Gabler Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden, Wiesbaden, 2011.
- [Hir18] Hirsch-Kreinsen, H.: Wandel und Gestaltung digitalisierter Industriearbeit. In: Wagner, R. M. (Hrsg.): Industrie 4.0 für die Praxis. Springer Gabler, Wiesbaden, 2018, S. 151–160.
- [HKK14] Hompel, M. ten; Kirsch, C.; Kirks, T.: Zukunftspfade der Logistik – Technologien, Prozesse und Visionen zur vierten industriellen Revolution. In: Schuh, G.; Stich, V. (Hrsg.): Enterprise -Integration. Springer Vieweg, Berlin, 2014, S. 203–213.
- [HSKS11] Haag, C.; Schuh, G.; Kreysa, J.; Schmelter, K.: Technologiebewertung. In: Schuh, G.; Klappert, S. (Hrsg.): Technologiemanagement: Handbuch Produktion und Management 2. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011, S. 309–366.
- [Int19] Intro 4.0: Befähigungs- und Einführungsstrategien für Industrie 4.0. <http://www.intro40.de/>, Aufruf am 10.06.2019.
- [IPR19] IPRI: Industrie 4.0 profitabel. <http://www.ipri-institute.com/industrie40profitabel/>, Aufruf am 10.06.2019.
- [JKS17] Jacobs, J. C.; Kagermann, H.; Spath, D. (Hrsg.): Arbeit in der digitalen Transformation – Agilität, lebenslanges Lernen und Betriebspartner im Wandel : ein Beitrag des Human-Resources-Kreises von acatech und der Jacobs Foundation - Forum für Personalvorstände zur Zukunft der Arbeit. Herbert Utz Verlag GmbH, München, 2017.

- [Kal16] Kalkhoff, J.: Industrie 4.0: Anwendungen als ZVEI-Use-Cases-Industrie-4.0. <https://www.zvei.org/presse-medien/publikationen/industrie-40-anwendungen-als-zvei-use-cases-industrie-40/>, Aufruf am 10.06.2019.
- [Kir16] Kirsch, V.: Wirtschaftlichkeitsanalyse am Beispiel eines Assistenzsystems für den Fertigungsbereich. In: Gleich R, Losbichler H, Zierhofer R. Controlling und Industrie, Jg. 4 (2016), S. 123–140.
- [KLW11] Kagermann, H.; Lukas, W.-D.; Wahlster, W.: Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. In: VDI nachrichten, Jg. 13 (2011) Nr. 1
- [Koc15] Koch, S.: Einführung in das Management von Geschäftsprozessen: Six Sigma, Kaizen und TQM. Springer-Verlag, 2015.
- [KSKL18] Klinkenberg, R.; Schlunder, P.; Klapic, E.; Lacker, T.: Zukunftsweisende Informations- und Kommunikations-Technologien. In: Wagner, R. M. (Hrsg.): Industrie 4.0 für die Praxis. Springer Gabler, Wiesbaden, 2018, S. 129–146.
- [Küh14] Kühnapfel, J. B.: Nutzwertanalysen in Marketing und Vertrieb. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2014.
- [KW18] Kruse Brandão, T.; Wolfram, G.: Digital Connection – Die bessere Customer Journey mit smarten Technologien - Strategie und Praxisbeispiele. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2018.
- [Lew18] Lewandowski, D.: Suchmaschinen verstehen. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2018.
- [LRLG17] Lieberoth-Leden, C.; Röschinger, M.; Lechner, J.; Günthner, W. A.: Logistik 4.0. In: Reinhart, G. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0. Hanser, München, 2017, S. 451–512.
- [MS15] Masior, J.; Schimpf, S.: 2.4 Informationsspeicherung und Kommunikation. In: Warschat, J. (Hrsg.): Technologien frühzeitig erkennen, Nutzenpotenziale systematisch bewerten. Fraunhofer-Verl., Stuttgart, 2015, S. 62.
- [Obe16] Obermaier, R.: Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe: Strategische und operative Handlungsfelder für Industriebetriebe. In: Obermaier, R. (Hrsg.): Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe. Springer Gabler, Wiesbaden, 2016, S. 3–34.
- [PB17] Praeg, C.-P.; Bauer, W.: Vom Zukunftstrend zum Arbeitsalltag 4.0: Die Zukunft der Arbeit im Spannungsfeld von Work-Life-Separation und Work-Life-Integration. In: Jochmann, W.; Böckenholt, I.; Diestel, S. (Hrsg.): HR-Exzellenz. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017, S. 165–185.
- [PD90] Pfeiffer, W.; Dögl, R.: Das Technologie-Portfolio-Konzept zur Beherrschung der Schnittstelle Technik und Unternehmensstrategie. In: Hahn, D.; Taylor, B. (Hrsg.): Strategische Unternehmensplanung / Strategische Unternehmensführung. Physica-Verlag HD, Heidelberg, s.l., 1990, S. 254–282.
- [Pla19] Plattform Industrie 4.0: Landkarte Industrie 4.0. <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/Karte/SiteGlobals/Forms/Formulare/karte-anwendungsbeispiele-formular.html>, Aufruf am 10.06.2019.
- [PMSA91] Pfeiffer, W.; Metze, G.; Schneider, W.; Amler, R.: Technologie-Portfolio zum Management strategischer Zukunftsfeldgeschäftselder. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1991.
- [PwC18] PwC Strategy&: Globale Digital Operations Studie. https://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industrie-4-0_Global-Digital-Champions-2018_Pressekonzferenz.pdf, Aufruf am 10.06.2019.
- [Rei10] Reichle, H.: Finanzierungsentscheidung bei Existenzgründung unter Berücksichtigung der Besteuerung – Eine betriebswirtschaftliche Vorteilhaftigkeitsanalyse. Gabler Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden, Wiesbaden, 2010.
- [Roh-2017] Rohleder, B.: Digitalisierung der Logistik. <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/Bitkom-Charts-Digitalisierung-der-Logistik-28-03-2017-final.pdf>, Aufruf am 10.06.2019.
- [SAGH17] Schuh, G.; Anderl, R.; Gausemeier, J.; Hompel, M. ten; Wahlster, W. (Hrsg.): Industrie 4.0 Maturity Index – Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten. Herbert Utz Verlag, München, 2017.

- [Seil1] Seidl, J.: Multiprojektmanagement – Übergreifende Steuerung von Mehrprojektsituationen durch Projektportfolio- und Programmmanagement. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011.
- [SHD18] Schallow, J.; Hengstebeck, A.; Deuse, J.: Industrie 4.0 – eine Bestandsaufnahme. In: Wagner, R. M. (Hrsg.): Industrie 4.0 für die Praxis. Springer Gabler, Wiesbaden, 2018, S. 15–28.
- [SHR16] Schimpf, S.; Heubach, D.; Rummel, S.: Technologieentwicklung als Innovationstreiber in bestehenden und disruptiven Märkten – von der Beobachtung zur Umsetzung. In: Abele, T. (Hrsg.): Die frühe Phase des Innovationsprozesses. Springer Gabler, Wiesbaden, 2016, S. 31–49.
- [SKHN17] Straub, N.; Kaczmarek, S.; Hegmanns, T.; Niehues, S.: Logistik 4.0 – Logistikprozesse im Wandel – Technologischer Wandel in Logistiksystemen und deren Einfluss auf die Arbeitswelt in der operativen Logistik. In: Industrie 4.0 Management, Jg. 33 (2017) Nr. 2, S. 47–51.
- [SP16] Schlund, S.; Pokorni, B.: Industrie 4.0 – Wo steht die Revolution der Arbeitsgestaltung. In: Ingenics AG, Stuttgart (2016)
- [SR15] Schimpf, S.; Rummel, S.: 2.3 Bewertung von technologischen Entwicklungen. In: Warschat, J. (Hrsg.): Technologien frühzeitig erkennen, Nutzenpotenziale systematisch bewerten. Fraunhofer-Verl., Stuttgart, 2015, S. 46.
- [SRSC04] Sesterhenn, J.; Röder, A.; Strigl, T.; Coleman, R.: Das LogiBEST-Konzept. In: Luczak, H.; Weber, J.; Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Logistik-Benchmarking. Springer, Berlin, Heidelberg, 2004, S. 29–130.
- [Sys90] Syska, A.: Kennzahlen für die Logistik. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 1990.
- [VDE18] VDE/DKE: Die Deutsche Normungs-Roadmap Industrie 4.0, 2018.
- [Vor14] Vorbach, S.: Technologiemanagement. In: Granig, P.; Hartlieb, E.; Lercher, H. (Hrsg.): Innovationsstrategien: Von Produkten und Dienstleistungen zu Geschäftsmodellinnovationen. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2014, S. 201–215.
- [WSHS11] Wellensiek, M.; Schuh, G.; Hacker, P. A.; Saxler, J.: Technologiefrüherkennung. In: Schuh, G. (Hrsg.): Technologiemanagement. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011, S. 89–169.
- [WW17] Weiß, Y. M.-Y.; Wagner, D. J.: Die Zukunft der Arbeitswelt: Arbeiten 4.0. In: Jochmann, W.; Böckenholt, I.; Diestel, S. (Hrsg.): HR-Exzellenz. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017, S. 203–217.
- [WWB15] Wischmann, S.; Wangler, L.; Botthof, A.: Industrie 4.0 Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland. In: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Jg. 3 (2015), S. 21.

Acknowledgements. This research was funded in part by the MAN Truck & Bus SE and in part by the Chair of Materials Handling, Material Flow, Logistics (fml) at the Technical University of Munich. All support is gratefully acknowledged. Any opinions, findings, conclusions, or recommendations expressed in this paper are those of the writers and do not necessarily reflect the views of the MAN Truck & Bus SE or the Chair of Materials Handling, Material Flow, Logistics.

Markus Kohl, M. Sc., Research assistant at the Chair of Materials Handling, Material Flow, Logistics at the Technical University of Munich.

Benjamin Malik, M. Sc., Master student in the department of Logistics Strategy and Process Projects at MAN Truck & Bus SE.

Dr.-Ing. Jens Lopitzsch, Vice president and head of Product Development and Transformation at MAN Truck & Bus SE.

Prof. Dr.-Ing. Johannes Fottner, Professor and head of the Chair of Materials Handling, Material Flow, Logistics at the Technical University of Munich.

Technische Universität München, Lehrstuhl fml, Boltzmannstraße 15, 85748 Garching, Germany, Phone: +49 89 289 15913, E-Mail: markus.kohl@tum.de