

Smart Intralogistics – Digitale Vernetzung verschiedener Produktionsressourcen zur Optimierung der Wertschöpfung

Uwe Brunner, Daniela Wilfinger, Johannes Dirnberger

Abstract—Das Dilemma ist alt, die Rahmenbedingungen neu. Jahrzehntlang haben Techniker – oft mit anerkannten Verfahren der Investitionsrechnung – vorgerechnet, wie sehr sich Investitionen in neue Produktionsanlagen lohnen und sich dadurch die Betriebseffizienz erhöht. Logistische Infrastrukturen wurden seltener erweitert oder ausgebaut, was vielerorts heute noch als „veraltete Infrastruktur“ zu erkennen ist. Mittlerweile haben viele Unternehmen gerade durch die Industrie-4.0-Debatte erkannt, dass es zwischen Produktion und Kunden viele Schnittstellen gibt, die zum Gelingen einer durchgängigen Integration Beachtung finden müssen. „Smart Production“ benötigt somit auch „Smart (Intra-)Logistics“, um moderne Prozesse durchgehend zu realisieren. Gegenstand des Beitrages ist es, Möglichkeiten aufzuzeigen, wie intralogistische Prozesse auf ihre digitale Reife geprüft werden können und welcher Nutzen durch smarte Lösungen entstehen kann.

Index Terms—Nutzenpotenziale, Reifegradmodelle, Smart Intralogistics, System-Modelle.

1. BEGRIFFSVIELFALT UND „SMART INTRALOGISTICS“

Die weltweite digitale Vernetzung zwischen Produktionsressourcen und Produkten sowie zwischen Anbietern, Logistik- und Transportdienstleistern, Lieferanten und Kunden wird als wichtiger Innovationshebel gesehen. Im DACH-Raum werden Initiativen mit dieser Zielsetzung vorwiegend unter den Schlagwörtern „Industrie 4.0“ und „Internet der Dinge“ stark vorangetrieben, während beispielsweise in den USA von „Advanced Manufacturing“ und „Industrial Internet“ die Rede ist (Emmerich *et al.* 2015). Offen ist die Diskussion über den Ausgangspunkt der Entwicklung: Sind es die technologischen Möglichkeiten, welche zu einer fortschreitenden (flexiblen) Automatisierung der Produktion führen und somit auch das Forschungs- und Praxisfeld der Intralogistik nachhaltig prägen (Hausladen 2014)? Oder ist es der Trend zu individualisierten Produkten sowie Dienstleistungen in kürzester Lieferzeit und ständiger Verfügbarkeit, der den Bedarf an vernetzten, flexibel automatisierten und effizienten Logistiksystemen sichtbar macht? Oder handelt es sich gar, wie Kritiker meinen, um eine „Verordnung des Fortschritts von oben“ (Lotter 2015)? Unabhängig davon, welche Begriffe für die Forcierung der

digitalen Vernetzung in der Industrie verwendet werden und wo der Ursprung digitalen Wandels letztlich liegt; wesentlich ist ihr technologischer Hintergrund und die damit verbundenen Chancen für Unternehmen, ihre Wettbewerbspositionen durch den Einsatz „smarter“ Lösungen zu festigen oder auszubauen.

Was verbirgt sich hinter „Smart Intralogistics“?

Während der Begriff „Intralogistik“ im deutschen Sprachraum durch den VDMA definiert wurde, gibt es für „Smart Intralogistics“ noch keine allgemein anerkannte Definition. Daher ist es zur Strukturierung der Diskussionen über „Smart Intralogistics“ notwendig, die wesentlichen Begriffe vorab zu erläutern. Die *Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft–Wissenschaft* beschreibt Industrie 4.0 als „die technische Integration von cyber-physischen Systemen (CPS) in die Produktion und Logistik sowie die Anwendung des Internets der Dinge in industriellen Prozessen.“ (Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft–Wissenschaft 2013). Wesentlicher Kernpunkt ist dabei die Vernetzung der gesamten Wertschöpfungskette über den gesamten Lebenszyklus von Produkten (Köhler-Schute 2015). Hinsichtlich Vernetzung sind es cyber-physische Systeme, die durch eingebettete Soft- und Hardware die physische Welt mit der virtuellen verknüpfen. Mittels Sensoren können Daten der Umwelt erfasst und den netzbasierten Diensten zur Verfügung gestellt werden. Mit Hilfe von Aktoren wirken CPS auf die reale Welt ein (Acatech 2011 und Greisberger *et al.* 2012). Das Internet der Dinge ist dabei die für den Datenaustausch erforderliche Infrastruktur und ermöglicht die Interaktion zwischen physischen Objekten wie Sensoren, Aktoren, Maschinen und Transportmitteln, die über eine Schnittstelle zum Internet – oder anderen internetähnlichen Strukturen – verfügen (Sendler 2013). Kontrollieren computergestützte Systeme Prozesse vollautomatisch oder steuern diese gar autonom, kann schließlich von „smart“ die Rede sein.

Aus Sicht der Logistik dienen cyber-physische Logistiksysteme (CPLS) der Vernetzung von Transport- und Bearbeitungsprozessen. Unter CPLS versteht man „die Ansammlung von Logistikelementen [...], die jeweils die Kriterien cyber-physischer Systeme erfüllen, miteinander mit Produktionselementen [...] sowie dem Menschen kommunizieren und unter

Paper was accepted on 02/02/2017 by Siegfried Vössner. The paper was revised once.

Berücksichtigung der ökonomischen, ökologischen und sozialen Zielerreichung autonom (re)agieren.“ (Veigt et al. 2013). Durch die stärkere Verbindung der überbetrieblichen Transportlogistik mit der innerbetrieblichen Produktionslogistik kann der Einsatz von CPLS die gesamte Wertschöpfungskette – wie im Sinne von Industrie 4.0 erforderlich – abdecken. Bezogen auf die „smarte Intralogistik“ bedeutet dies den Einsatz intelligenter Lösungen, deren Spezialität in der Fähigkeit zur Selbstoptimierung liegt (QRC-Group 2014).

Wodurch kennzeichnet sich die smarte Intralogistik (von morgen) – Anwendungsfälle

Die Intralogistik hat als Branche schon heute Systeme und Technologien in Verwendung, die nach den Visionen von Industrie 4.0 gestaltet sind, um intelligente Anlagen einer Smart Factory material- und informationsflusstechnisch zu vernetzen. Zu diesem Zweck sind funktionsorientierte modularisierte Fördertechnikkomponenten, dezentrale Steuerungskonzepte und Software-Dienste für die Koordination zwischen Förder-technikmodulen und Transporteinheiten charakteristisch für neue intralogistische Systeme (Materialfluss 2014).

Die steuernde Rolle innerhalb des Logistiksystems wird von den zu transportierenden Gütern übernommen – von smarten Objekten. Diese können beispielsweise mittels *RFID* jederzeit identifiziert, lokalisiert und überwacht sowie Statusänderungen entlang der Transportkette nachvollzogen werden. Durch *Remote-Positioning-Verfahren* oder *GPS*-basierte Lösungen kann die konventionelle Rückverfolgung von Objekten für transparente Prozesse sorgen und logistische Probleme aufklären (Redelberger 2014). Smarte Objekte nutzen „bewusst“ die Transportdienste der Fördertechnikmodule, um an ihren Endpunkt zu gelangen. Die Abstimmung zwischen den Förder-technikmodulen findet direkt zwischen den Maschinen mittels *Machine-to-Machine (M2M)-Kommunikation* statt, um dem Transportgut die kürzeste, schnellste oder ressourcenschonendste Beförderungsmöglichkeit zu bieten (Güthner et al. 2014). Durch die Verwendung von *Sensorik* an Werkstückträgern können zusätzlich die Umweltbedingungen (Erschütterungen, Temperaturen ...) erfasst und per Alarm gemeldet werden (Veigt et al. 2013). Im Bereich der Kommissionierung ermöglicht der Einsatz kleiner, aber robuster *Roboter* den Transport des Warenregals zum Mitarbeiter („Ware-zur-Person“), der nur mehr die benötigte Ware entnimmt und sie versandfertig macht. Dadurch wird der Prozess der Auftragsbearbeitung beschleunigt und weniger störanfällig (Rodenhäuser et al. 2015).

Aber auch Assistenzsysteme für Mitarbeiter bergen enorme Potenziale durch die entsprechende digitale Vernetzung. Mittels *Augmented Reality* können Mitarbeitern Informationen bedarfsorientiert und effizienzsteigernd zugänglich gemacht werden, wie es durch traditionelle Handbücher und Verfahrensanweisungen niemals möglich wäre.

Im Bereich des innerbetrieblichen Transports, wo in zahlreichen Industriebetrieben nach wie vor das Bild unzähliger Unstetigförderer, die hohe Personalressourcen binden, vorherrscht, können durch den Einsatz *zellularer Fördertechnik* enorme Potenziale gehoben werden. Zellulare Fördertechnik

bezeichnet Schwärme autonom agierender Fahrzeuge, die beispielsweise durch Laserscanner, Infrarotsensoren und RFID-Chips ihre Umgebung eigenständig erfassen und sich autonom zu ihren jeweiligen Zielen bewegen. Die Transportaufträge werden dabei dezentral zwischen den Fahrzeugen koordiniert. Bei Störung reagiert der Fahrzeugschwarm selbständig (Intralogistik 2014).

Durch den Einsatz dieser Technologien kann eine Steigerung des Automatisierungs- und Flexibilisierungsgrads in intralogistischen Prozessen erreicht und so der Lohnkostenanteil an den Gesamtkosten gesenkt werden. Das entlastet den innerbetrieblichen Transport, die Lagerverwaltung oder Umschlags- und Versandaktivitäten, was vor allem für Hochlohnländer in Mitteleuropa von großer Bedeutung ist (Redelberger 2014).

Die Intralogistik-Branche zeigt somit einerseits, dass sie in vielerlei Hinsicht als technologischer Industrie-4.0-Vorreiter heute schon Innovationen anbietet, die anwenderseitig Prozessoptimierungen nach sich ziehen und folglich die Wertschöpfung optimieren (können). Andererseits ist auch in der Intralogistik die Relation Industrie-4.0-Anwendungen und deren praktische Umsetzung ambivalent. Obwohl Unternehmen in der Logistik/Lagerhaltung – nach der Produktion – das zweitgrößte Potenzial für Industrie-4.0-Anwendungen sehen, gab in einer Studie lediglich ein Drittel der Unternehmen an, konkrete Anwendungen in diesem Bereich bereits umgesetzt bzw. in Planung zu haben. Im Vergleich dazu setzen bereits über 90 % der Unternehmen im Bereich der Produktion auf Industrie-4.0-Anwendungen (Staufen AG 2014).

II. PROBLEMFELDER AM WEG ZUR SMARTEN INTRALOGISTIK

Wenn technologische Investitionen in 4.0-Anwendungen verstärkt notwendig sind, um unternehmerische Erfolgspotenziale aufzubauen, welche Herausforderungen müssen Unternehmen bewältigen, um in der Intralogistik die Potenziale zu erkennen und konkreten Nutzen für sich abzuleiten? Klassisch ist das Problem, dass Investitionen aufgrund des hohen Kapitalbedarfs und dessen Bindung über längere Zeiträume kritisch für den zukünftigen Unternehmenserfolg sind (Poggensee 2015). Dem stehen in der Intralogistik enorme Potenziale im Bereich der Effizienz (z.B.: Zeit- und Kostenreduktion) und Effektivität (z.B.: Bestandsoptimierung) gegenüber. Jedoch sind Investitionen in diesem Bereich meist besonders kostenintensiv und daher gewissenhaft zu planen. Zusätzlich zeigen sich bei der digitalen Transformation eines Unternehmens weitere Problemfelder (siehe Abb. 1):

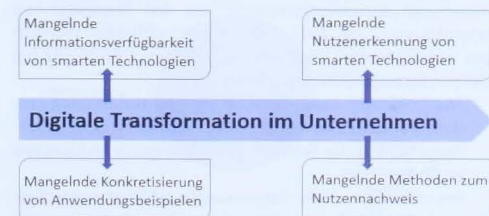


Abb. 1. Problemfelder am Weg der digitalen Transformation im Unternehmen (Ehmann et al. 2016)

Mangelnde Informationsverfügbarkeit und mangelnde Konkretisierung der Anwendungsbeispiele von smarten Technologien

In einem Ländervergleich liegt Österreich hinter Deutschland und der Schweiz an dritter Stelle, wenn es um die Vorbereitung der Unternehmen auf Industrie 4.0 geht (CSC 2015). Andererseits zeigt sich in Österreich ein Informationsmangel hinsichtlich neuer Möglichkeiten in der Intralogistik durch den Einsatz smarter Technologien. Gleichzeitig fehlt es an Benchmarks, die als Nutznachweis herangezogen werden können. In Bezug auf Intralogistik-Investitionen begünstigen diese Faktoren in Österreich aktuell ein Klima des Abwartens. In der Konsequenz kann dies zukünftig negative Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen nach sich ziehen.

Mangelnde Nutzenerkennung von smarten Technologien und Methoden zum Nutznachweis

Um eine Investition als sinnvoll zu erachten, muss ein allfälliger aus ihr zu erwartender Nutzen eruiert werden. Die Anwendung von smarten Technologien in der Intralogistik kann zu folgenden Nutzenpotenzialen führen:

Tabelle 1. Nutzenpotenziale Smart Intralogistics

Smarte Intralogistik-Prozesse	Erwarteter Nutzen
Selbstoptimierende und automatisierte Prozesse	→ Erhöhung der Effizienz
Die richtige Ware just-in-time am richtigen Ort	→ Erhöhung der Effektivität
Assistenz-Systeme zur Unterstützung und Entlastung von MitarbeiterInnen in diesem Bereich	→ Erhöhung der Mitarbeiterzufriedenheit
Vollständige IT-Unterstützung in den intralogistischen Prozessen	→ Erhöhung der Transparenz von Beständen sowie der Auslastung und Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen
Identifikation und Lokalisierung der Produkte innerhalb des Unternehmens	→ Erhöhung der Rückverfolgbarkeit (traceability)

Neben der Nutzenerkennung von Optimierungsmaßnahmen und insbesondere der Identifikation optimaler Lösungen stehen viele Betriebe vor der Herausforderung, den Technologieeinsatz vorab zu bewerten. Investitionsentscheidungen in zukünftige Technologien, wie etwa die Einbindung von smarten intralogistischen Prozessen in die Unternehmung, bedürfen einer intensiven Auseinandersetzung mit den ökonomischen Nutzenaspekten (Pape 2011). Bei Wirtschaftlichkeitsberechnungen von IT-Investitionen können allerdings Probleme bei der Datenerfassung auftreten (Hirnle 2006):

- **Maßgrößenproblem:** Speziell für IT-Investitionen entstehen spezifische Nutzen- und Kosteneffekte. Allerdings besteht die Schwierigkeit, geeignete Indikatoren zu finden.
- **Innovationsproblem:** Innovationen eröffnen weiterführende Möglichkeiten, die auf den Bereich der strategischen Wettbewerbsvorteile zielen (z.B. Aufbau von

Eintrittsbarrieren für andere Marktteilnehmer). Die Quantifizierung dieses Nutzens im Kontext des Gesamtsystems ist komplex.

- **Situationsproblem:** Die ganzheitliche Bewertung aller Kosten- und Nutzeneffekte ist problematisch, da einerseits neue Kostenarten (z.B. Opportunitäts- oder Komplexitätskosten) auftreten und es andererseits möglich ist, dass besondere Kostenaspekte (evtl. Opportunismus) eine verstärkte Bedeutung gegenüber anderen Indikatoren erleben müssen.
- **Verbundproblem:** Auch für IT-Investitionen in der Intralogistik müssen die Teilsysteme der Kooperationspartner miteinbezogen werden. Eine Verschärfung der Zurechnungsproblematik der Kosten- und Nutzeneffekte über das Netzwerk ist das Resultat.
- **Ganzheitlichkeitsaspekt:** Hirnle führt an, dass auch gesamtwirtschaftliche Aspekte mit in eine ganzheitliche Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einbezogen werden müssen.

III. NUTZEN-/REIFEGRADMODELL SMART INTRALOGISTICS ZUR OPTIMIERUNG DER WERTSCHÖPFUNG

Die individuelle Bewertung des Nutzens einer neuen Technologie erschließt sich folglich als problematisch. Ein Vorgehensmodell zum Nutznachweis neuer Intralogistik-Technologien soll bei einer ganzheitlichen Betrachtungsweise von smarten intralogistischen Prozessen unterstützen (siehe Abb. 2). Erstes Kernelement ist das Nutzen-Modell Smart Intralogistics. In einem zweiten Schritt wird dieses mit einem Reifegrad-Modell Smart Intralogistics gekoppelt. Drittens legen Unternehmen basierend auf den integrierten Handlungsempfehlungen konkrete Maßnahmen zur Optimierung ihrer Intralogistik durch den Einsatz von Industrie-4.0-Technologien fest.

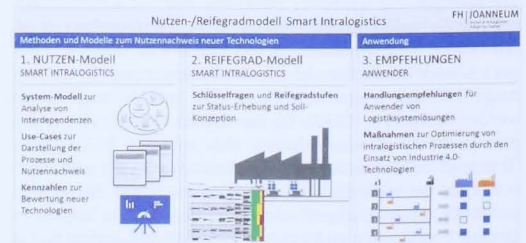


Abb. 2. Nutzen-/Reifegradmodell Smart Intralogistics

Nutzenmodell Smart Intralogistics

Mit den herkömmlichen Instrumenten zur Bewertung von neuen Technologien werden Prognosen quantitativ und anhand von Vergangenheitswerten erstellt. Eine detaillierte Auseinandersetzung mit Wechselwirkungen auf den kompletten Wertschöpfungsprozess wird zumeist nicht erwohnen. Intralogistische Systeme sind üblicherweise dadurch gekennzeichnet, dass eine Vielzahl an Systemelementen miteinander

verknüpft und diese in weiterer Folge auch mit der Systemumgebung, wie beispielsweise Produktionseinrichtungen und Transportmitteln, verbunden sind. Durch dieses komplexe System an Elementen und Schnittstellen sind entsprechende Nutzenbetrachtungen vorab schwierig. Eine eindimensionale Betrachtung, die ausschließlich anhand monetärer Gesichtspunkte erfolgt, greift daher zu kurz.

Mithilfe von System-Modellen, wie etwa dem Causal-Loop-Diagramm (CLD), gelingt es, ein Verständnis der Systemstruktur herzustellen, da wesentliche Faktoren und Variablen, die das System beeinflussen, identifiziert werden. Anhand der Pfeile werden Kausalzusammenhänge zwischen einzelnen Variablen aufgezeigt und somit Wirkungszusammenhänge zwischen den Variablen und den qualitativen Auswirkungen von veränderten Variablen im System grafisch dargestellt (Stermann 2000 und Georgiadis *et al.* 2004). Die Vorteile dieses Modells im Intralogistik-Umfeld: Die Potenzialfelder können anhand dieser Systemmodelle systematisch abgeleitet werden. Die Auswirkungen und das Systemverhalten durch den Einsatz von neuen intralogistischen Prozessen, beispielsweise die Auswirkung einer automatisierten Materialbereitstellung für die Produktion, ist schrittweise simulierbar. Durch die Modellierung der Prozesse vor Inbetriebnahme neuer bzw. Optimierung laufender Systeme in der Intralogistik können so Fehleinschätzungen und letztendlich ungeplante Kosten vermieden werden.

In einem nächsten Schritt bietet das Nutzen-Modell Smart Intralogistics Use-Cases, welche den Prozess und den Nutzen durch die Anwendung von neuen Technologien quantitativ klar beschreiben. Diese Anwendungsbeispiele werden für die Szenarienbetrachtung an das Causal-Loop-Diagramm gekoppelt und dienen so als Ideen-Generator für die zukünftige Intralogistik im Unternehmen.

Die ganzheitliche Betrachtung kann nun um quantitative (monetäre) Aspekte erweitert werden. Möglichkeiten dazu bieten spezielle Logistikkennzahlen der VDI-Richtlinien 4490 (Wehking *et al.* 2009 und VDI-Gesellschaft Fördertechnik 2007). Aber auch andere betriebswirtschaftliche Kennzahlen und Kennzahlensysteme, wie beispielsweise das DuPont-Kennzahlensystem oder der Geschäftswertbeitrag-Treiberbaum von Siemens, können eine fundierte Entscheidungsunterstützung sein (Horzella 2010 und Horváth 2002).

Durch dieses vorgestellte Nutzen-Modell können zuvor erwähnte Problemfelder am Weg der digitalen Transformation beseitigt bzw. vermindert werden: Use-Cases helfen bei mangelnder Informationsverfügbarkeit sowie mangelnder Konkretisierung der Anwendungsbeispiele von smarten Technologien. Das Causal-Loop-Diagramm zeigt den qualitativen Nutzen einer Investition auf – gekoppelt mit Kennzahlen kann so der Nutzen auch quantitativ bewertet werden.

Reifegradmodell Smart Intralogistics

Für die Implementierung konkreter Industrie-4.0-Anwendungen in Unternehmen werden vermehrt Reifegradmodelle als Werkzeug verwendet (Lichtblau *et al.* 2015; Feld *et al.* 2012; VDMA 2015 und Bechtold *et al.* 2014). Diese dienen erstens der Status- und zweitens der Zielbestimmung, um Prozesse

oder ganze Organisationen zu optimieren. Zu diesem Zweck werden spezifische Dimensionen bzw. Kategorien entwickelt, die wiederum durch Kriterien beschrieben werden. In der Regel werden diese gewichtet, um einzelne Faktoren in den Fokus zu rücken.

Jedes Kriterium wird durch mehrere Reifegradstufen beschrieben. Zur Reifegradermittlung werden Skalen verwendet, wobei die Höhe der Stufe den Reifegrad des Unternehmens bzw. des Prozesses ausdrückt (z.B. von „Anfänger“ bis „Vorreiter“). Zur Statusbestimmung können Unternehmen ihren Reifegrad durch Selbstbewertung im Rahmen eines moderierten Workshops ermitteln, indem sie für jedes Kriterium den Umsetzungsgrad der definierten Reifegradstufen ermitteln (Allweyer *et al.* 2009). Zur Zielbestimmung wird für jedes Kriterium der gewünschte Reifegrad, respektive Soll-Zustand, definiert. Durch Gegenüberstellung von Ist- und Soll-Profil lassen sich Potenziale mittels Gap-Analyse identifizieren und Prioritäten festlegen. Basierend auf dem Delta zwischen Ist- und Soll-Profil werden Maßnahmen festgelegt und dargestellt (Feld *et al.* 2012). Dieser Ansatz findet sich in gängigen Reifegradmodellen wieder. Bekannte Beispiele sind das *European Foundation for Quality Management* (EFQM)-Modell, das *Process and Enterprise Maturity Model* (PEMM) oder das *Capability Maturity* (CMMI)-Modell.

Das speziell für Smart Intralogistics entwickelte Reifegradmodell basiert auf drei strategischen und elf operativen Zieldimensionen, wobei die operativen Dimensionen an Intralogistik-Prozesse (Lagerverwaltung, innerbetrieblicher Transport; ...) angelehnt wurden. Alle Dimensionen wurden in weiterer Folge durch charakterisierende Objekte im Detail beschrieben. Die Skala wurde durch die Entwicklung von Fragestellungen zu den einzelnen Reifegradstufen je Zieldimension festgelegt. Als Bewertungslogik wurde die Methode des PEMM nach *Michael Hammer* angewandt, da es Unternehmen durch fünf konkret ausformulierte Reifegradstufen je Zieldimension eine genaue Beschreibung des allgemeinen und des gewünschten unternehmensindividuellen Reifegrades ermöglicht. Weiter bietet das PEMM drei Ausprägungsmöglichkeiten, wodurch mehrere Aspekte je Reifegradstufe – rot: „im Wesentlichen unwahr“, gelb: „geringfügig wahr“ und grün: „im Wesentlichen wahr“ – abgefragt werden können (Hammer 2007). Abb. 3 zeigt die strategischen und operativen Zieldimensionen des Reifegradmodells Smart Intralogistics und deutet die entwickelten fünf Reifegradstufen je Dimension an.



Abb. 3. Reifegradmodell Smart Intralogistics

Empfehlungen für Anwender

Reifegradmodelle können einzeln verwendet oder in eine Roadmap zur Umsetzung von Industrie 4.0 eingebettet werden (Bechtold *et al* 2014). Letztere Systematik unterstützt Unternehmen zum einen dabei, den Intralogistik-Status zu identifizieren und Verbesserungspotenziale aufzuzeigen. Zum anderen werden klare Rahmenbedingungen anhand von Folge(pilot-)Projekten geschaffen und so die Institutionalisierung der Transformation erheblich gefördert.

Der Neuheitswert des hier skizzierten Vorgehensmodells ergibt sich v.a. durch zwei Aspekte:

1. Das Nutzen-/Reifegradmodell Intralogistik 4.0 beinhaltet ein integriertes Nutzenmodell für die Intralogistik, welches den Mehrwert durch den Einsatz neuer Technologien für Unternehmen aufzeigt.
2. Das Nutzen-/Reifegradmodell Intralogistik 4.0 bettet die Intralogistik-Reifegradermittlung in eine „Roadmap Industrie 4.0“ mit klaren Schnittstellen zu weiteren Handlungsfeldern ein.

Dieses Vorgehensmodell ermöglicht Unternehmen somit, die Vorteile smarter Intralogistik-Technologien strukturiert zu identifizieren und deren Nutzen zu bewerten. Dadurch lässt sich die Lücke zwischen Handlungsbedarf in der Intralogistik und konkreten 4.0-Transformationsaktivitäten überbrücken.

IV. AUSBLICK: HANDLUNGSBEDARF FÜR DIE INTERNE LOGISTIK

Die fortschreitende Automatisierung und Technisierung der gesamten Industrie prägt speziell das Forschungs- und Praxisfeld der Intralogistik (Hausladen 2014). Viele Industrieunternehmen haben erst begonnen, sich mit neuen Lösungen zur Integration der Wertschöpfungskette, insbesondere der Automatisierung und Digitalisierung der Intralogistikprozesse, auseinanderzusetzen. Sie haben mitunter Schwierigkeiten, den Nutzen und die gegenseitigen Einflussfaktoren abzuschätzen. Das entwickelte Vorgehensmodell Smart Intralogistics hilft mit seinen dargestellten drei Stufen, dieses Problem zu lösen, wodurch einerseits allgemeine Handlungsempfehlungen für die interne Logistik abgeleitet und andererseits ganz konkrete Optimierungsmaßnahmen durch den Einsatz neuer, smarter Technologien aufgezeigt werden können.

Es besteht die Hoffnung das aufgrund der Fokussierung vieler Aktivitäten auf die Integration der Supply Chains, diesmal nicht nur Produktionsinvestitionen alleine betrachtet werden, sondern die dafür erforderlichen Investitionen in Logistiksysteme miteinbezogen werden. Demnach werden sich wahrscheinlich die Amortisationszeiten erhöhen, aber die langfristige Wettbewerbsfähigkeit europäischer und insbesondere österreichischer Unternehmen ebenfalls zunehmen.

REFERENCES

Acatech (eds.) 2011. *Cyber-Physical Systems – Innovationsmotoren für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion*. Heidelberg u.a., Springer Verlag.

Allweyer, T. / Knuppertz, T. 2009. *EDEN – Reifegradmodell für Prozessmanagement: Prozessorientierung in Unternehmen*. White Paper.

Bechtold, J., Kern, A., Lauenstein, C., Bernhofer, L. 2014. *Industry 4.0 – The Capgemini Consulting View – Sharpening the Picture beyond the Hype*.

CSC 2015. Studie „Industrie 4.0“ Ländervergleich DACH, *Ergebnisse*.

Ehmann, R.; Wiedmann, N. 2016. *Bedürfnisse der Intralogistik*. Studie der IWL AG.

Emmerich, V., Döbele, M., Bauernhansl, T., Paulus-Rohmer, D., Schatz, A., Weskamp, M. 2015. *Geschäftsmodelle-Innovation durch Industrie 4.0 – Chancen und Risiken für den Maschinen- und Anlagenbau*. München.

Feld, T., Hoffmann, M., Schmidt, R. 03/2012. Industrie 4.0 – Vom intelligenten Produkt zur intelligenten Produktion, eds. *IM Information Management und Consulting*, 03/2012, 38 – 42.

Georgiadis, P., Tagaras, G., Vlachos, D. 2004. Long-term Analysis of Closed-loop Supply Chains, eds. Dekker, R., Fleischmann, M., Inderfurth, K., van Wasenhove, L. *Reverse Logistics – Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains*. Springer, Berlin Heidelberg, 313-331.

Greisberger, E., Broy, M., eds. 2012. *Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems*.

Günthner, W., Klenk, E., Tenerowicz. 2014. Adaptive Logistiksysteme als Wegbereiter der Industrie 4.0, eds. Bauernhansl, T., ten Hompel, M., Vogel-Heuser, B. *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*. Springer Vieweg, Wiesbaden.

Hammer, M. 2007. The Process Audit. *Harvard Business Review*, 04/2007, 111 – 123.

Hausladen, I. 2014. *IT-gestützte Logistik: Systeme – Prozesse – Anwendungen*. Wiesbaden.

Hirmler, C. 2006. *Bewertung unternehmensübergreifender IT-Investitionen: Ein organisationsökonomischer Zugang*. Springer, Wiesbaden.

Horváth, P. 2002. *Controlling*. Vahlen, München.

Horzella, A. 2010. *Wertsteigerung im M&A-Prozess – Erfolgsfaktoren – Instrumente – Kennzahlen*. Gabler Wiesbaden.

Intralogistik: Industrie 4.0 – Die Transportlogistik im Wandel, Retrieved February 08, 2016 <http://intralogistik.tips/industrie-40/>.

Köhler-Schute, C. (eds) 2015. *Industrie 4.0 – Ein praxisorientierter Ansatz*. KS-Energy-Verlag, Berlin.

Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., Schmitt, K., Schmitz, E., Schröter, M. 2015. *Industrie 4.0-Readiness*. Aachen, Köln.

Lotter, W. 2015. *Schichtwechsel in Brand Eins, Schwerpunkt Maschinen*. 07/2015, 30-40.

Materialfluss: *Industrie 4.0 in der Intralogistik*. Retrieved February 8, 2014, <http://www.materialfluss.de/news/industrie-4-0-in-der-intralogistik/>.

Pape, U. 2011. *Grundlagen der Finanzierung und Investition*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München.

Poggensee, K. 2015. *Investitionsrechnung: Grundlagen – Aufgaben – Lösungen*. Springer Gabler, Wiesbaden.

Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft (eds) 2013. *Umsetzungs-empfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0* – Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0.

QRC Group 2014. *Industrie 4.0 = Logistik 4.0*. Retrieved February 1, 2016. <http://www.qrcgroup.com/2014/11/industrie-4-0-logistik-4-0/>.

Redelberger, J. 2014. *Industrie 4.0 im Kontext Logistik – Connected Supply Chain*. Retrieved February 1, 2016, <https://www.de.cappgemini-consulting.com/blog/digital-transformation-blog/2014/08/industrie-40-im-kontext-logistik-connected-supply-chains>.

Sendler, U. (eds.) 2013. *Industrie 4.0: Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg.

Rodenhäuser, B., Rauch, C. 2015. *Supply Chain 2025: Eine Studie des Zukunftsinstituts für den Verband der Wellpappen-Industrie*. Retrieved February 2, 2016. http://www.modelgroup.com/files/VDW_Zukunftsstudie-Supply-Chain-2025.pdf.

Stermann, J. 2000. *Business Dynamics – Systemes Thinking and Modeling for a Complex World*, McGraw-Hill, Boston. VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik 2007. VDI 4490 – Operative Logistikkennzahlen von Wareneingang bis Versand, *VDI-Handbuch Materialfluss und Fördertechnik*, Band 8, Beuth Verlag, Berlin.

Veigt, M., Lappe, D., Hribernik, K., Scholz-Reiter, B. 2013. Entwicklung eines cyber-physikalischen Logistiksystems, *Industrie Management*, 29, 15-18.

Staufen AG 2014. Deutscher „Industrie 4.0“ Index, Studie. Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) 2015. *Leitfaden Industrie 4.0 – Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand*. VDMA Verlag, Frankfurt am Main.

Wehking, K., Siepenkort, A. 2009. Branchenunabhängiger Vergleich von Distributionszentren zur Standortbewertung und -optimierung. *Logistics Journal*, 01.



Mag. Daniela Wilfinger studierte Wirtschaftspädagogik (Abschluss 2006) mit den Schwerpunkten Controlling und Internationales Management an der Karl-Franzens-Universität Graz, Österreich. Ein Auslandssemester an der University of Arkansas, USA rundete ihre Ausbildung ab. Arbeitserfahrungen sammelte sie unter anderem bei einer Wirtschaftstreuhandkanzlei sowie diversen Praktika in der Industrie. Seit sechs Jahren ist sie Researcherin an der FH JOANNEUM, Österreich am Institut Industrial Management.



Dipl.-Ing. Johannes Dirnberger studierte Internationales Industrial Management (Abschluss 2016) mit den Schwerpunkten Supply Chain Management, Controlling und Business Systems an der FH JOANNEUM, Österreich. Überdies legte er im Rahmen eines Double-Degrees das Diplom an der Universität in Udine ab. Seit März 2016 ist er als Researcher am Institut für Industriewirtschaft-Industrial Management an der FH JOANNEUM in Kapfenberg. Dipl.-Ing. Dirnberger ist WING-Mitglied und Geschäftsführer des Industrial Management Club (IMC).



Dipl.-Ing. (FH) Uwe Brunner studierte Industrial Management (Abschluss 2001) mit den Schwerpunkten Logistik und Prozessmanagement an der FH JOANNEUM, Österreich. Danach war er Bereichsleiter Logistik und SCM von Saint-Gobain Rigips Austria und Universitätslektor an der Montanuniversität Leoben. Seit acht Jahren ist er nun als Hochschullehrender an der FH JOANNEUM/Industrial Management in Kapfenberg und Graz beschäftigt. Er leitet die Expertenrunde Transportmanagement des Vereins Netzwerk Logistik und ist als Sachverständiger und Gutachter tätig. Dipl.-Ing. (FH) Brunner ist WING-Mitglied und auch Vizepräsident des WING Industrial Management Clubs.