

■ WHITEPAPER

Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management

DIGITALE GESTALTUNG

■ WHITEPAPER

DIGITALE GESTALTUNG

Als Teil der Social Networked Industry in der Logistik zielt die „Digitale Gestaltung“ auf die Vernetzung zwischen Menschen, Maschinen und IT ab. Dabei steht ebenfalls die Verknüpfung von Realität und Virtualität in Form eines Digitalen Zwillings, eines Planungssystems und von Serious Games im Mittelpunkt. Hierdurch wird die Wandlungsfähigkeit von flexiblen Produktions- und Logistiksystemen bestmöglich genutzt ohne den Menschen, als elementaren Bestandteil einer effektiven Logistik, abzuhängen.

Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management

Die Schriftenreihe »Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management« greift aktuelle Herausforderungen auf, beleuchtet Trends und fokussiert neuartige Technologien und Geschäftsmodelle.

Die verschiedenen Ausgaben der Schriftenreihe zeichnen das Zukunftsbild einer innovativen Branche, das von Forschung und Praxis gestaltet und gelebt wird.

Autoren

Sascha Franke, Fraunhofer IML
Tobias von Preetzmann, Fraunhofer IML
Christoph Schlüter, Fraunhofer IML
Benjamin Korth, Fraunhofer IML
Moritz Wernecke, Fraunhofer IML

Herausgeber

Prof. Dr. Dr. h. c. Michael ten Hompel
Prof. Dr. Michael Henke
Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen

Internet

Das Whitepaper steht Ihnen auch im Internet unter www.innovationslabor-logistik.de zur Verfügung.

DOI

10.24406/IML-N-643024

Kontakt

Fraunhofer-Institut für Materialfluss
und Logistik IML

Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2–4
44227 Dortmund

schriftenreihe@iml.fraunhofer.de

Ausgabe 24 • 15. Dezember 2021

Ausschließlich zum Zweck der besseren Lesbarkeit wird auf die geschlechtsspezifische Schreibweise verzichtet. Alle personenbezogenen Bezeichnungen auf dieser Webseite sind somit geschlechtsneutral zu verstehen.

Innovationslabor – Hybride Dienstleistungen in der Logistik

Das Innovationslabor – Hybride Dienstleistungen in der Logistik stärkt die digitale Vorreiterrolle des Standorts Dortmund und fördert eine nachhaltige Weiterentwicklung, indem die Zukunftsfragen der Logistik und der Informationslogistik unter dem Aspekt der Mensch-Technik-Interaktion adressiert und deren Forschungsstand am Standort reflektiert werden.

Dazu entwickeln Wissenschaft und Wirtschaft, bestehend aus Logistikern und Soziologen, gemeinsam technologische Innovationen für eine sozial vernetzte Industrie, die Social Networked Industry. Die Ausgestaltung der Innovationen zu hybriden Dienstleistungen wird durch so genannte Showcases in fünf Bereichen gewährleistet: Handel, Produktionslogistik, Transport, Instandhaltung und Virtual Training.

Das Innovationslabor – Hybride Dienstleistungen in der Logistik ist ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördertes Leuchtturmprojekt. Das interdisziplinäre Forschungsprojekt ist ein Vorhaben des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML in Dortmund, des Fraunhofer-Instituts für Entwurfstechnik Mechatronik IEM in Paderborn sowie der Technischen Universität Dortmund mit der Fakultät Maschinenbau und dem Forschungsgebiet Industrie- und Arbeitsforschung. Darüber hinaus sind zahlreiche Netzwerkpartner in die Forschungsarbeit eingebunden.

■ WHITEPAPER

INHALT

Einführung	1
Planung	3
Ausgangssituation	3
Wissenschaftlicher Stand im Bereich Lagerplanung	4
Innovativer Planungsansatz: „Digitale Gestaltung“	5
Digitaler Zwilling	11
Zwilling eines Kommissionierplatzes	12
Implementierung	13
Simulation der Kommissionierung mit dem Digitalen Zwilling	13
Monitoring System	14
Monitoring in der Partizipativen Realisierung	14
Partizipative Realisierung	16
Virtual, Augmented und Mixed Reality	17
Showcase Virtual Training	18
Serious Gaming in der Praxis	19
Ausblick	21
Literaturverzeichnis	23

Einführung

Zukünftige Logistiksysteme werden durch hochflexible sozio-technische Netzwerke geprägt, die sich einem stets schwankenden, individuellen Markt dynamisch und ad hoc anpassen. In diesen Netzwerken werden Menschen, Maschinen und IT ebenso hochflexible, hybride Dienstleistungen erbringen, die die Grundlage für die Flexibilität und Agilität des Gesamtsystems bilden. Damit der Schritt in Richtung einer Social Networked Industry gemacht und diese neue Flexibilität der einzelnen Einheiten genutzt werden kann, muss auch der Wandel des Gesamtsystems, hin zu einem hybriden, vernetzten System mit digitalem Design, schnell und rechtzeitig vollzogen werden. Dabei ist es essentiell, Wandlungsbedarf frühzeitig zu erkennen, die (Um-)Planung von Prozessen und Ressourcen deutlich schneller zu vollziehen und die Realisierung der Planung zügiger umzusetzen, wobei insbesondere der Mensch frühzeitig in den Wandlungsprozess integriert und auf die neue Realität vorbereitet werden muss.

Die „Digitale Gestaltung“ begegnet der geschilderten Problematik durch die Entwicklung eines Konzeptes zur technischen Unterstützung der Planung logistischer Systeme unter frühzeitigem Einbezug von Mitarbeitern, die später Aufgaben innerhalb des logistischen Systems übernehmen. In diesem Konzept übernehmen die Komponenten „Planungssystem“, „Digitaler Zwilling“, „Monitoring-System“ und „Partizipative Realisierung“ jeweils spezifische Aufgaben, um den Anforderungen eines sich ständig im Wandel befindlichen Systems und insbesondere den darin betroffenen Menschen gerecht zu werden.

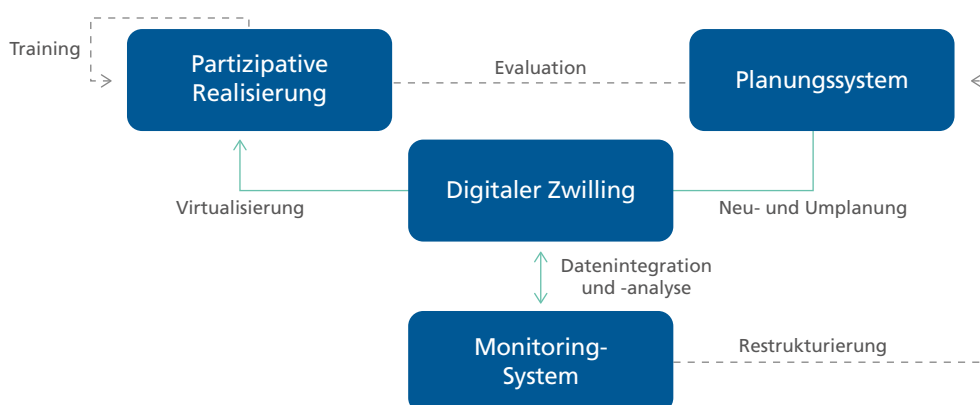


Abbildung 1:
Konzept der digitalen
Gestaltung

Trotz fortschreitender Digitalisierung ist die Planung intralogistischer Systeme geprägt von aufwändigen manuellen Tätigkeiten bei der praktischen Ausführung wie dem Zusammenführen von Datensätzen und Vergleichen von Kennzahlen. Selbst vorhandene Planungswerkzeuge bieten dem Planer, vorausgesetzt er verfügt über das notwendige Erfahrungswissen, meist nur Unterstützung bei der Lösung einzelner (Teil-)Probleme. Erst durch eine Zusammenführung der Einzelschritte kann später eine Lösung entstehen, die idealerweise nahe am Optimum liegt. Folglich fehlt ein allumfassendes Lösungswerkzeug, das die Planung von Logistiksystemen mit computerbasierten Hilfsmitteln unterstützt, die nicht nur dem Stand der Technik entsprechen, sondern auch eine ganzheitliche Betrachtung des Planungsproblems ermöglichen.

Um dem Planer ein solches Werkzeug zur Verfügung zu stellen, wurde am Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML im Rahmen des „Innovationslabors Hybride Dienstleistungen in der Logistik“ ein neues Planungssystem ausgearbeitet. Dieses nutzt nicht nur einen umfassenden, rechnerbasierten Ansatz zur Unterstützung der Planung intralogistischer Systeme, sondern wird auch den heutigen Anforderungen nach kurzzyklischen Umplanungsmöglichkeiten gerecht. Von großer Bedeutung für eine erfolgreiche Planung ist dabei, dass alle relevanten Parteien von Planern über Entscheidungsträger bis zu Shopfloor-Mitarbeitern im Planungsprozess partizipieren können.

Im Hinblick auf zukünftige Logistiksysteme im Rahmen der Social Networked Industry fungiert der Digitale Zwilling als zentrale Informations- und Datenquelle, auf dem Assistenzsysteme zur Planung und Entscheidungsunterstützung aufbauen. Durch die allumfassende Vernetzung zum Gesamtsystem lassen sich mit ihm Handlungsoptionen für das reale System entwickeln und Maßnahmen für Umstrukturierungen einleiten.

Damit Unternehmen auch weiterhin dynamisch auf Veränderungen reagieren können, müssen wie beschrieben sowohl die Realisierungsprozesse als auch die Planung beschleunigt werden. Wichtig ist hier zu beachten, dass nicht nur physische Umbauten und IT-Integration vorgenommen werden, sondern auch der Mensch als Teil des Prozesses berücksichtigt wird, sodass Mitarbeiter frühzeitig auf die Umstrukturierungen vorbereitet und für die Umsetzung dieser gewonnen werden. Dies wird im Rahmen der partizipativen Realisierung gewährleistet, bei der durch den Einsatz von Serious Games und interaktiver Software der Mensch zum einen bei der Planung mitwirken kann und zum anderen bei der Umsetzung der Umstrukturierung unterstützt wird.

Im Folgenden werden die einzelnen Module näher erläutert.

Planung

AUSGANGSSITUATION

Unter Betrachtung der Entwicklungstrends innerhalb der Industrie und der Logistik ist ein Wandel hin zum Käufermarkt von Push zu Pull zu beobachten, in welchem sich Kunden immer individuellere und auf sie abgestimmte Produkte wünschen [1, 2]. Demnach bestimmt beispielsweise im B2C-Bereich längst nicht mehr der Hersteller die Abnahmemengen oder Losgrößen, sondern passt diese gemäß den Bedürfnissen des Kunden an. Die Digitalisierung begünstigt dabei die Bestrebungen der Unternehmen, ursprünglich starre und unflexible Logistiktechnologien durch skalierbare und flexible zu ersetzen [2].

Ein vollständiges Ausschöpfen der Flexibilitätspotenziale dieser neuen Technologien und ein Erfüllen der Kundenwünsche erfordert dabei einerseits die Realisierung neuer Produktions- und Logistiksysteme [3] [4]. Andererseits muss jedoch auch die Planung angepasst werden, um den immer unmittelbareren Planungsbedarfen gerecht werden zu können und die Flexibilitätspotenziale der Technologien durch eine Verkürzung der gegenwärtig meist langen Planungszyklen angemessen nutzen zu können. Somit werden speziell für die Planung dieser neuen, flexiblen (Materialfluss-) Systeme „schnelle und (kosten-) effiziente Planungsansätze benötigt“ [5]. In diesem Kontext induzieren zwei grundlegende Beobachtungen die Motivation für einen neuen Ansatz zur digitalen Lagergestaltung (vgl. [2]):

- Auch wenn die Realisierung neuer Lager stets eine strategische Entscheidung und Investition ist, können die zugrundeliegenden Planungsdaten wie Kundennachfrage und Sortiment in Zeiten des E-Commerce und stark kundenzentrierter Geschäfte nicht mehr zuverlässig und langfristig prognostiziert werden. Lager- und Fördertechnik sowie Logistikprozesse sollten daher so flexibel und skalierbar wie möglich gestaltet werden [6].

- Die Digitalisierung ist der bedeutendste Treiber für Logistiklösungen: Cyber-physische Systeme steigern die Anpassungsfähigkeit der Leistung im Betrieb, selbstlernende Systeme ermöglichen bessere Prognosen und Leistungsglättung, virtuelle Umgebungen wie Virtual und Augmented Reality eröffnen neue Perspektiven für die Integration und Ausbildung von Mitarbeitern sowie für innovative Planungsansätze[7] [8].

Basierend auf den Erkenntnissen bezüglich Marktveränderungen und -anforderungen sowie den (informations-) technischen Lösungen zur Bewältigung logistischer Herausforderungen stellen sich drei elementare Fragen:

- Wie können zukünftige Logistiksysteme im Sinne eines ganzheitlichen Ansatzes orchestriert werden?
- Wie unterscheiden sich aktuelle Planungssysteme von zukünftigen Planungssystemen?
- Wie können diese kontinuierlich im Zusammenhang der kurzzeitigen Anpassungen in zukünftigen intralogistischen Systemen realisiert werden?

WISSENSCHAFTLICHER STAND IM BEREICH LAGERPLANUNG

Die Planung intralogistischer Systeme umfasst „[...] ein komplexes, gering strukturiertes Entscheidungsproblem, dessen Zielausrichtung und Bearbeitung durch interdisziplinäre Kollektive erfolgt. Sie zeichnet sich durch eine Vielzahl, zum Teil gegenläufiger oder unklarer Zielvorstellungen aus“ [5].

Innerhalb wissenschaftlicher Abhandlungen wurden vorwiegend Ansätze entwickelt, die eine Strukturierung und Lösung einzelner, abgegrenzter Entscheidungsprobleme fokussieren und weniger eine ganzheitliche Lösung darstellen [9–12]. Eine Vielzahl der so gewonnenen Forschungsergebnisse sind dementsprechend für einen Praxiseinsatz nicht relevant [13–15]. Resultierend führen fehlende state-of-the-art Ansätze dazu, dass aktuelle Planungen ad-hoc durchgeführt werden und lediglich auf Erfahrungswissen beruhen [15–20].

Zur Beurteilung des wissenschaftlichen Stands wurden elf Anforderungen definiert, die ein innovativer, zeitgerechter Planungsansatz für Materialflusssysteme erfüllen muss (vgl. Abbildung 2).

<ul style="list-style-type: none">• Ganzheitlichkeit• Flexibilität• Adaptionsfähigkeit• Reaktionsfähigkeit• Entscheidungsunterstützung• Variantenvielfalt	<ul style="list-style-type: none">• Interaktionsfähigkeit• Qualität• Nachhaltigkeit• Allgemeingültigkeit• IT-Unterstützung
--	--

Abbildung 2:
Anforderungen für
relevante Planungs-
modelle

Anhand dieser Anforderungen wurden in der Praxis gängige Planungsmodelle sowie diverse Planungsansätze aus aktuellen Forschungsprojekten untersucht, die in der Frage nach der Planungsumsetzung Hilfestellung zu unterschiedlichen Planungsschritten bieten [21]. Hierbei wurde der Aufbau der Vorgehensmodelle analysiert, sowie ein Abgleich der jeweiligen Stufen der Planungsmodelle mit den definierten Anforderungen durchgeführt [2].

Bei der Bewertung ergab sich im Hinblick auf die gestellten Anforderungen, dass keines der untersuchten Modelle und Projekte alle gestellten Anforderungen vollumfänglich erfüllt [2]. Als Konsequenz daraus wurde die Notwendigkeit zur Erstellung eines neuen Planungssystems für die Intralogistik erkannt, dass einen ganzheitlichen Planungsansatz ermöglichen soll.

INNOVATIVER PLANUNGSANSATZ: „DIGITALE GESTALTUNG“

Zur Erarbeitung des Planungsansatzes „Digitale Gestaltung“ wurden jene Planungsmodelle herangezogen, die zuvor auf die elf Anforderungen eines zeitgerechten Planungsansatzes hin untersucht wurden. Da die Modelle einen sehr divergierenden Erfüllungsgrad hinsichtlich der einzelnen Anforderungen aufweisen, wurden anhand einer Vergleichsmatrix die jeweiligen Erfüllungsgrade der einzelnen Modelle und Ansätze gegenübergestellt, um jene Ansätze zu identifizieren, die einen hohen Erfüllungsgrad aufweisen und somit als Grundlage für die Entwicklung des eigenen Ansatzes dienen können. Im Zuge dessen wurde ferner ein stufenförmiger Aufbau als grundlegende Struktur für den Planungsansatz aus den untersuchten Modellen abgeleitet.

Bezogen auf die einzelnen Anforderungen weist der Distribution Center Design Process (DCDP) von Schmidt [5] den größten Erfüllungsgrad der untersuchten Ansätze und Modelle auf und wurde daher als Grundlage für den neuen Planungsansatz herangezogen. Vor dem Hintergrund der definierten Anforderungen wurden die einzelnen Prozessschritte eruiert und Inhalt sowie Vorgehensweise mit den Prozessschritten weiterer Ansätze innerhalb der Vergleichsmatrix gegenübergestellt, die ebenfalls einen hohen Erfüllungsgrad hinsichtlich der Anforderungen aufweisen. Auf dieser Grundlage wurde ein Vorgehensmodell für den neuen Planungsansatz erarbeitet, welches in Abbildung 3 dargestellt ist.

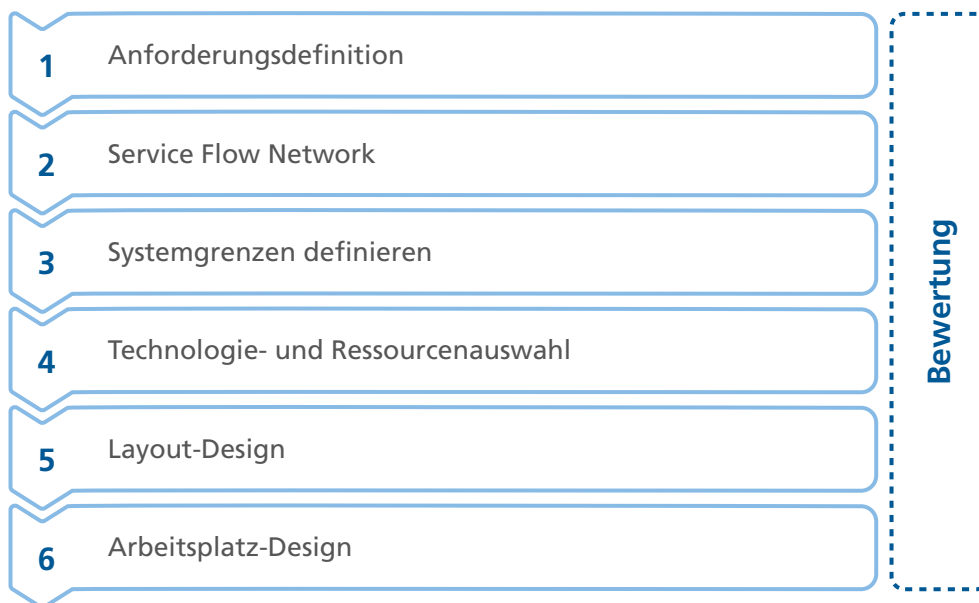


Abbildung 3:
Vorgehensmodell

Das Kernelement des Ansatzes ist dabei ein Vorgehen, das zunächst ohne die Spezifizierung von Prozessen auskommt, sondern einen lösungsneutralen Ansatz verfolgt, der sich sogenannter Services, bedient. Ein Service bildet dabei einen funktionalen Platzhalter eines Prozesses, welcher lediglich eine verallgemeinerte Beschreibung der potentiellen Prozessschritte umfasst, beispielsweise Lagern oder Bewegen. Erst im späteren Verlauf der Planung werden die Services schrittweise mit Technologien und Ressourcen hinterlegt und so zu konkreten Prozessen geformt. Dadurch wird ein Planungsprozess ermöglicht, der durch seinen lösungsneutralen Ansatz eine frühzeitige Einschränkung des Design Space vermeidet.

Nachfolgend wird zunächst der Inhalt der sieben Stufen des Planungsansatzes kurz vorgestellt, bevor das weitere Vorgehen zur Überführung des Planungsansatzes in eine Unterstützung des Planungsprozesses erläutert wird.

Erste Stufe: Anforderungsdefinition

Angelehnt an die Phasen des DCDP von Schmidt [5], der VDI 5200 [22] und des 7-Stufen-Modells nach ten Hompel [23] beinhaltet die erste Stufe des Planungssystems die Bestimmung grundlegender Anforderungen und Rahmenbedingungen an das zu planende System. Hierunter fallen u. a. die Entscheidung zwischen Neu- und Anpassungsplanung. Im Gegensatz zu den meisten der untersuchten Modelle sind in dieser Stufe jedoch noch keine spezifischen KPI notwendig, sondern es erfolgt lediglich die Bestimmung der eingehenden Handhabungseinheiten als Grundlage für die nachfolgenden Stufen.

Zweite Stufe: Service-Flow-Network erstellen

Separiert nach den jeweiligen Handhabungseinheiten erfolgt die lösungsneutrale Entwicklung eines Service-Flow-Networks (SFN). Unter einem SFN wird hierbei ein Netzwerk aus Services verstanden, welches in seiner Gesamtheit die funktionalen Abläufe eines Logistikzentrums darstellt. Im Rahmen der zweiten Stufe erfolgt unter Berücksichtigung eines hierfür definierten Regelwerks aus den einzelnen Services zunächst ein initiales SFN für die verschiedenen Handhabungseinheiten entsprechend der zuvor definierten Anforderungen erstellt. Das initiale SFN spiegelt die Prozesse des zu planenden Materialflusssystems zunächst annähernd wider und soll im weiteren Verlauf durch den Anwender weiter spezifiziert werden. Dabei besteht jedes SFN aus mehreren miteinander verbundenen Services, die von den Handhabungseinheiten durchlaufen werden.

Die Verwendung von Services ohne direkte Zuordnung von Techniken bzw. Ressourcen zu diesen ermöglicht dabei eine lösungsneutrale Darstellung des zu planenden Systems, die zu diesem Zeitpunkt noch an keine Einschränkungen gebunden ist. Hierdurch wird eine flexible Anpassung des initialen SFN sowie die Bildung von diversen SFN-Varianten ermöglicht, ohne dass beim Anwender darüber hinaus Technik- bzw. Planungswissen erforderlich ist.

Dritte Stufe: Systemgrenzen definieren

Nach der Fertigstellung des SFN werden in der dritten Stufe die Systemgrenzen definiert, indem die im SFN enthaltenen Services automatisch zu Systemen zusammengefasst werden (vgl. Abbildung 4). Entstehende Systeme können sowohl aus einem einzelnen Service bestehen, als auch aus mehreren, entsprechend ihrer Funktionalität zusammengeführten Services,

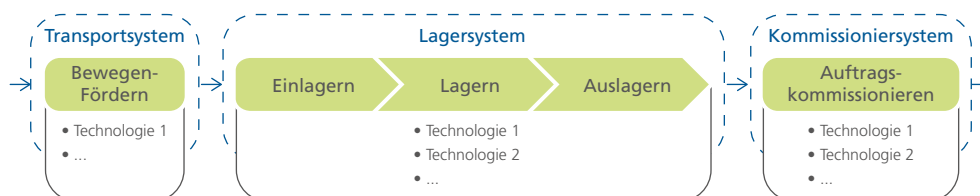


Abbildung 4:
Beispiel
Systemgrenzen

Als mögliche Systeme können hier beispielsweise Lagersysteme, Transportsysteme oder Kommissioniersysteme genannt werden. Die Gruppierung zu Systemen erfolgt anhand bestimmter Muster, bei denen festgelegte Services bzw. Servicefolgen jeweils einem Systemtyp zugeordnet sind. Dementsprechend sind z. B. die Services Entladen und Verladen den Fördersystemen zuzuordnen, Puffern und Lagern hingegen den Lagersystemen.

Der automatisch generierte Vorschlag zur Festlegung der Systemgrenzen kann anschließend noch durch ein Verschieben der Systemgrenzen manuell angepasst werden, um ggf. Erfahrungswissen sowie planungsseitige Vorgaben zu berücksichtigen.

Vierte Stufe: Technologie- und Ressourcenauswahl

Um die Technologie und Ressourcen auswählen zu können, müssen zunächst die Leistungsanforderungen an das zukünftige System festgelegt werden. Auf Grundlage dieser Leistungsanforderungen kann mittels hinterlegter Entscheidungsbäume eine Vorauswahl möglicher Technologien getroffen werden. Die anschließende Dimensionierung der Technologien im Lager erfolgt mittels bereits existierender Modelle, beispielsweise zur Berechnung von Spielzeiten [24]. Die Implementierung und Vereinigung dieser gängigen Planungsansätze in Kombination mit neueren Ansätzen, wie z. B. Ellingers innovativem Ansatz für eine optimierte, automatische Technikauswahl im Bereich Kommissioniersysteme [25], ermöglicht hier, bedingt durch das Zusammenspiel mehrerer (Teil-) Lösungsansätze, einen ganzheitlichen Ansatz bei der Systemplanung. Dieser wiederum ermöglicht es, basierend auf dem SFN, den zuvor gesetzten Systemgrenzen sowie den Leistungsanforderungen, unterschiedliche Technikvarianten zu generieren. Diese Varianten werden für die abschließende Evaluierung dieser Stufe herangezogen.

Fünfte Stufe: Layout-Design

In dieser Stufe erfolgt die Layout-Gestaltung auf Basis der in Stufe vier ausgewählten und dimensionierten Ressourcen unter Berücksichtigung gegebenenfalls vorhandener Restriktionen hinsichtlich bestehender oder neu zu planender Gebäude. Für alle in der vierten Stufe erstellten und evaluierten Varianten wird eine initiale Anordnungsplanung des Materialflusssystems durchgeführt. Diesbezüglich werden unterschiedliche Ansätze unter anderem von Schmigalla [26] und Mosblech [27] verwendet, sodass eine automatische Anordnung der Materialflussbereiche zur Erstellung des Groblayouts erfolgen kann.

Sechste Stufe: Arbeitsplatz-Design

Infolge der erfolgreichen Festlegung des Layouts für das zu planende Logistiksystem werden in dieser Stufe die Designs für die einzelnen Arbeitsplätze entwickelt und in das Gesamtkonzept eingegliedert. Im Kontrast zu bisherigen Ansätzen der Planung kann der operative Mitarbeiter mithilfe der Kopplung von Virtual Reality frühzeitig in den Planungsprozess eingreifen und im Sinne der partizipativen Realisierung innerhalb der digitalisierten Cardboard-Engineering-Umgebung seinen Arbeitsplatz eigenständig gestalten [28].

Siebte Stufe: Bewertung

Die Durchführung der siebten Stufe erfolgt parallel zu den anderen sechs Stufen und umfasst somit nicht nur eine abschließende Bewertung des fertig geplanten und dimensionierten Logistiksystems, sondern auch eine permanente Bewertung während des Planungsprozesses. Hierdurch wird sichergestellt, dass in den jeweiligen Stufen jeder erforderliche Iterationsschritt vorgenommen wurde, bevor zur nachfolgenden Stufe übergegangen wird. Besonders in den Stufen zwei und drei ist hier das SFN-Regelwerk für die Validierung der korrekten Gestaltung zuständig.

Weiteres Vorgehen

In der zweiten Hälfte des Forschungsprojektes galt es, die Entwicklung eines praxistauglichen Planungstools auf Grundlage des entwickelten Planungsansatzes vorzubereiten. Dieses Planungstool soll im Rahmen der „Digitalen Gestaltung“ den Planungsprozess unter Berücksichtigung der elf definierten Anforderungen digital abbilden, sowie die Generierung, Auswahl und Ausarbeitung mehrerer Varianten ermöglichen.

Um den theoretischen Planungsansatz in ein praxistaugliches Planungstool zu überführen, galt es daher, ein präsentationsfähiges Mockup zu erarbeiten, das zur Visualisierung der grundlegenden Funktionalitäten des Planungstools und zudem als visuelles Lastenheft für die Umsetzung des Planungstools dient.

Dafür wurde zunächst ein Regelwerk für das Erstellen von SFNs und das Zusammenspiel der einzelnen Services erarbeitet. Inhalt dieses Regelwerks ist unter anderem eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Services bezüglich der Funktion inklusive der ausgearbeiteten Vor- und Nachfolgerbeziehungen sowie weiterführende Prozessstrukturen. Hierfür wurden die jeweiligen Services und deren Beziehungen zu anderen Services im Kontext verschiedener Szenarien auf ihre logische Korrektheit und Praxistauglichkeit überprüft und überarbeitet. In diesem Zusammenhang sind diverse Standard-SFN definiert worden, die als Vorlage für den Planungsprozess herangezogen werden können. Es handelt sich dabei um beispielhafte Darstellungen der jeweils zugrundeliegenden Logistikzentren. Zu diesen Standard-SFN gehören Distributionszentren mit bzw. ohne Value Added Services (VAS) sowie Cross-Dock-Zentren in einstufiger und mehrstufiger Form.

Mit dem Regelwerk als Basis für das Mockup wurden anschließend die sieben Phasen des Planungsansatzes in logische Teilschritte untergliedert, um mithilfe dieser einen schrittweisen Planungsprozess zu modellieren.

Der im Mockup dargestellte Planungsprozess beginnt mit der Auswahl eines passenden Standard-SFN. Diese Darstellung der klassischen Abläufe innerhalb der verschiedenen Systeme kann bei Bedarf vom Anwender des Planungstools modifiziert werden. Im Anschluss an die Wahl des SFN werden in den nachfolgenden Schritten die Rahmenbedingungen der Planung, die Gewichtung der Bewertungsparameter sowie einige fundamentale Daten wie beispielsweise Flächenrestriktionen und Lager- bzw. Auftragsstrukturen abgefragt. Zu diesem Zweck wurden Eingabeabfragen erstellt, die als Grundlage für die Eingrenzung und Bewertung der erzeugten Varianten dienen. Hierbei erfolgte eine Aufgliederung in Abfragen zu allgemeinen Daten, Input-Daten, Bestandsdaten, Output-Daten und technischen Daten.

Anhand dieser Daten ermöglicht das Planungstool unter Berücksichtigung des SFN-Regelwerkes die Erstellung eines angepassten SFN, welches anschließend zur Generierung einer Vielzahl an möglichen Varianten herangezogen wird. Die Variantengenerierung wird dabei durch die hinterlegte Technik- und Ressourcendatenbank ermöglicht, in der für jede eingepflegte Technologie und Ressource hinterlegt ist, für welche Services und Servicekombinationen diese jeweils eingesetzt werden kann.

Die erstellten Varianten werden gemäß der vom Anwender parametrierbaren Zielfunktion, welche eine Gewichtung von Investitionskosten, Betriebskosten, Leistung, Fläche und Implementierungszeitraum ermöglicht, bewertet und entsprechend ihres Rankings zur Auswahl durch den Nutzer des Planungstools aufgeführt. Im Rahmen dieser Evaluierung kann durch die Verbindung eines am IML entwickelten Werkzeugs zur Wirtschaftlichkeitsbewertung (bestehendes Tool mit marktüblichen Kostensätzen der Technologien) eine monetäre Bewertung (Investitionskosten und Wirtschaftlichkeit) der einzelnen Varianten erfolgen. Nach der Auswahl einer präferierten Variante ist eine Schnittstelle für eine automatische 3-D Visualisierung des Layouts geplant, wodurch die Planung und der Entscheidungsprozess für zukünftige Systeme deutlich erleichtert werden. Hierfür ist eine Bibliothek von skalierbaren 3-D-Objekten in Autodesk Inventor angelegt worden, welche die Grundlage für die automatische Erstellung der Layouts bilden.

Digitaler Zwilling

Mit dem Ziel, den Planungsprozess an die Anforderungen von hochflexiblen Logistiksystemen anzupassen wurde im vorherigen Abschnitt ein Vorgehensmodell beschrieben, mit dessen Hilfe sich die Gestaltungsphase beschleunigen lässt. Jedoch ist es für eine effiziente Anwendung des Verfahrens erforderlich, den Bedarf für eine Umgestaltung der Prozesse bzw. die Anpassung der Technik kontinuierlich zu erfassen und zu bewerten. Damit der Planungsbedarf nicht erst festgestellt wird, wenn alle Chancen zur rechtzeitigen Einleitung von Maßnahmen verstrichen sind, soll dies automatisiert erfolgen. Dabei muss nicht nur die aktuelle Situation betrachtet werden, sondern prospektiv auch mögliche Zukunftsszenarien.

Ein zu dieser Anforderung erfolgversprechendes Konzept ist unter dem Begriff eines „Digitalen Zwillings“ zu finden. Ein Digitaler Zwilling besteht aus einem oder mehreren digitalen Modellen eines realen Objekts, die über Schnittstellen zu Sensorik, cyberphysischen oder sonstigen IT-Systemen verfügen und mit Echtzeitdaten aus der realen Welt permanent aktualisiert werden. Der ursprünglich starke Produktfokus von Digitalen Zwillingen wurde dann jedoch aufgeweicht, sodass er auch auf ganze (Logistik-) Systeme angewendet werden kann.

Eine Erweiterung des Konzepts stellt die zusätzliche Abbildung des Systemverhaltens dar. Hierdurch lassen sich aus einem gegebenen Modellzustand mit Hilfe von Simulationen mögliche Zukunftsszenarien generieren. Im Kontrast zu klassischen Simulationsstudien entfällt hierbei die oft benötigte Einschwingphase, da z.B. die Belegung von Lägern oder Transportstrecken bereits zu Beginn der Simulation der realen Situation entspricht.

Für die Bewertung des aktuellen Bedarfs zur (Um-) Planung werden durch einen Digitalen Zwilling vielfältige Anwendungsfälle ermöglicht. Grundsätzlich fungiert er hier als Datenquelle, mit der Zustände des Systems isoliert betrachtet oder miteinander verglichen werden können. Darüber hinaus lässt sich die Entwicklung über einen Zeitraum beobachten, sodass weitere Kennzahlen für die Planung abgeleitet werden können. Im Rahmen der Digitalen Gestaltung wird dies durch das Monitoring-System realisiert, dass im nächsten Abschnitt beschrieben wird.

Einen weiteren Anwendungsfall stellt die Planung selbst dar. Während dieser können Veränderungen zunächst rein virtuell an einem Digitalen Zwilling vorgenommen und evaluiert werden. Planungsprobleme, die bei klassischer Planung unter Umständen erst bei bzw. nach der Realisierung sichtbar werden, können so frühzeitig erkannt und behoben werden. Dies können z.B. Fehler in der Anordnung von Subsystemen sein oder

auch später auftretenden Engpässe im Betrieb, die durch Simulationen von verschiedenen Auftragszenarien erkannt werden können.

ZWILLING EINES KOMMISSIONIERPLATZES

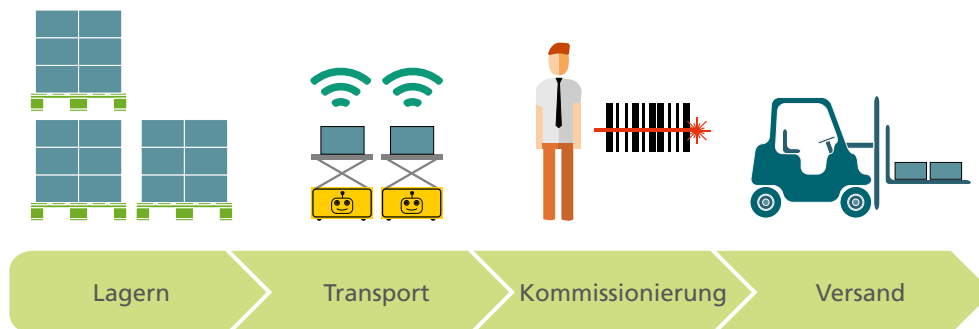


Abbildung 5:
Prozesse, Ressourcen
und Entitäten werden
im Digitalen Zwilling
abgebildet

Als Anwendungsfall für den Digitalen Zwilling im Innovationlabor wurde ein Kommissionierplatz, die vorgelagerte Versorgung und der nachgelagerte Versand ausgewählt. Hiermit wurde bewusst ein Abschnitt gewählt, in dem starke Abhängigkeiten zwischen Mensch und Technik bestehen, was in der Planung besondere Berücksichtigung finden muss. Als positiven Nebeneffekt war es außerdem möglich, diesen Prozess auch für die Erprobung des Bausteins „Partizipativen Realisierung“ (siehe unten) zu verwenden.

In Abbildung 5 ist der beschriebene Prozess dargestellt. Jedem Teilprozess sind dabei Ressourcen zugeordnet, zu denen jeweils Modelle als Teil des Digitalen Zwillings erstellt wurden. Dem Lager stehen dabei Lagerplätze zur Verfügung, Flurförderfahrzeuge übernehmen den Transport zum Kommissionierplatz und von diesem weiter in Richtung Versand. Zur Aktualisierung der Modelle wurden verschiedene Schnittstellen erstellt. Das Lager wurde an ein vereinfachtes Lagerverwaltungssystem gekoppelt, das auch die Aufträge für den Kommissionierer verwaltet. Für die fahrerlosen Transportsysteme (so genannte „Emilies“), die stellvertretend für cyberphysische Systeme stehen, wurden unabhängige Schnittstellen bereitgestellt. Daten für den Kommissionierplatz werden durch einen angeschlossenen Barcode-Scanner vervollständigt.

IMPLEMENTIERUNG

Das Modell wurde in Form von Java-Objekten der oben genannten Elemente abgebildet und mit Hilfe der Hibernate, einem Framework zur Persistenz von Java-Objekten, in eine Datenbank geschrieben. Um diese zu aktualisieren, werden die notwendigen Daten als fachliche Ereignisse abgebildet, die dann auf dem Modell ausgeführt werden können. Dabei kann ein Ereignis mehrere Änderungen an einem Modell verursachen oder ggf. auch an mehreren Modellen.

Durch eine inkrementelle Speicherung der Veränderungen an den Modellen ist eine einheitliche Abbildung des Verlaufs über die Zeit möglich. Ausgehend von einem Start-Zustand kann dann jeder erfasste Zustand nachträglich wiederhergestellt werden, um ihn als Ausgangspunkt zur Planung einzusetzen. Die inkrementelle Speicherung wurde mit Hilfe von cglib, einer Java-Softwarebibliothek zur Code-Generierung und Hibernate realisiert.

SIMULATION DER KOMMISSIONIERUNG MIT DEM DIGITALEN ZWILLING

Noch in der Planung kann mit Hilfe von Simulation bewertet werden, ob durch die vorgenommenen Änderungen die gewünschten Ziele erreicht werden. Um dieses Konzept zu veranschaulichen, wurden Simulationen mit unterschiedlichen Leistungskennzahlen für den Kommissionierer durchgeführt. In der Auswertung der Simulation, die durch die Monitoring-Komponente unterstützt wird, lässt sich anschließend erkennen, wie sich die eingestellte Leistung auf die vor- bzw. nachgelagerten Prozesse auswirkt. Je nach Leistung des Kommissionierers konnte damit z.B. die Anzahl der fahrerlosen Transportfahrzeuge angepasst werden, um Stauungen auf den Fahrstrecken zu vermeiden aber auch um gleichzeitig die Kommissionierplätze ununterbrochen zu versorgen. Im Rahmen der Partizipativen Realisierung wurde diese Simulationsfähigkeit aufgegriffen, um Kommissionierern die Auswirkungen ihrer Leistung auf dem Gesamtprozess zu verdeutlichen.

Monitoring System

Um aus den Informationen, die im Digitalen Zwilling zusammenlaufen, Rückschlüsse auf den aktuellen Bedarf von Neu- oder Umplanungen ziehen zu können, wird eine weitere Komponente zur Auswertung benötigt. Diese Komponente, im Folgenden „Monitoring System“ genannt, überwacht den Digitalen Zwilling und bewertet die Situation durch die Ableitung von Regeln, Kennzahlen und Prognosen, wie im Folgenden dargestellt.

Jede Kennzahl wird mit Hilfe eines Moduls des Monitorings erhoben und überwacht. Durch diesen modularen Aufbau lässt sich das Monitoring flexibel erweitern. Durch den Digitalen Zwilling als Abstraktionsschicht zur realen Welt lassen sich einige Module zudem leicht wiederverwenden.

Zunächst wurden im Innovationslabor Module erstellt, die den aktuellen Zustand isoliert bewerten. Beispiele hierzu sind die Überwachung des Lagerfüllgrades, die Länge von Warteschlangen, gemessene Temperaturen oder Störzustände von Ressourcen. Die Regeln, bei denen das System einen Handlungsbedarf melden soll, lassen sich so leicht über Schwellwerte abbilden.

Weitere Kennzahlen kann das Monitoring erheben, indem der Digitale Zwilling über einen längeren Zeitraum beobachtet wird. Dazu benötigt ein Modul einen eigenen Speicherbereich in dem temporär Daten zwischengespeichert werden. Um beispielsweise die Auslastung einer Ressource in einem Zeitfenster zu ermitteln, werden die Zeitstempel benötigt, zu denen sie in den Zustand „Beschäftigt“ oder aus diesem heraus gewechselt ist. Auch hier können alarmierende Schwellwerte oder Intervallgrenzen definiert werden.

MONITORING IN DER PARTIZIPATIVEN REALISIERUNG

Durch eine längere Beobachtung des Digitalen Zwillings lassen sich bei Bedarf auch Prognosen über zukünftige Verläufe anstellen. Beispielhaft sei hier die Reichweite von Teilen im Lager oder die Entwicklung von Warteschlangen genannt. Diese Prognosewerte können wiederum in Simulationsszenarien verwendet werden, um das zukünftige Systemverhalten zu bewerten. Dies wurde exemplarisch im Zusammenhang mit der Komponente „Partizipative Realisierung“ durchgeführt. Hierbei wurde durch das Monitoring System die Leistung eines Mitarbeiters in einem virtuellen Kommissionierszenarios, in Form der Durchlaufzeit pro zu packenden Karton, gemessen. Anschließend wurde ein Simulationsmodell aus dem aktuellen Zustand des Digitalen Zwillings abgeleitet und

eine Simulation gestartet. Erwartungsgemäß hatte eine zu niedrige Leistung des Kommissionierers eine negative Auswirkung auf das Gesamtsystem. Während sich fahrerlose Transportfahrzeuge vor der Kommissionierung stauten wiesen Ressourcen im Bereich Versand eine niedrige Auslastung auf.

Entgegengesetzt führte eine zu hohe Auslastung zu längeren Warteschlangen im Versandbereich. Zur Unterstützung der Partizipativen Realisierung wurden die Verläufe während den Simulationen mit Hilfe der Monitoring-Komponente abschließend in 3D dargestellt.

Partizipative Realisierung

Die Einbeziehung des Menschen als vernetzten Teil logistischer Prozesse geschieht ebenfalls vor dem Hintergrund der Social Networked Industry. Der Digitale Zwilling kann hier aufgrund seiner Virtualität bereits während der Planung Mitarbeiter partizipativ und gestalterisch einbinden. Dies ist unerlässlich, denn viele Branchen und insbesondere die Logistik sind durch Einflussfaktoren wie wachsende Marktanforderungen, Digitalisierung und neue Technologien von Dynamik und Wandel geprägt. Rund 90% der Logistikunternehmen geben an, dass sie kurz- bis mittelfristigen Handlungsbedarf im Bereich der internen Weiterbildung sehen [29]. Dieser Handlungsbedarf lässt sich auf mehrere Gründe zurückführen, die sich teilweise gegenseitig bedingen:

- Der genannte Wandel erfordert regelmäßige Weiterbildungen der bestehenden Mitarbeiter
- Eine hohe Fluktuationsrate der Arbeitskräfte
- Oftmals geringe Erfahrung neuer Mitarbeiter in der Logistik
- Ein niedriges Zeitkontingent für Aus- und Weiterbildung: Trainer haben oft viele andere, durch hohen Termindruck geprägte Aufgaben und neue Mitarbeiter werden sofort benötigt, wodurch die Zeit fehlt, diese ausreichend für ihre Tätigkeiten zu qualifizieren.
- Das Anlernen von neuen Arbeitskräften im laufenden und belebten Betrieb kann zu Störungen oder Behinderungen führen [30].

Trotz dieser Herausforderungen nimmt der Mensch bei repetitiven Aufgaben, wie Verpackungs- und Kommissionierungstätigkeiten, eine zentrale und nicht durch Maschinen ersetzbare Rolle ein, da er diesen aufgrund seiner Flexibilität und Geschwindigkeit überlegen bleibt [31]. Als Lösungsweg, um den oben genannten Schwierigkeiten zu begegnen, gilt der Ansatz des Serious Gaming und der Gamification von Arbeitsprozessen als vielversprechend.

Digitale Spiele (wie klassische Computerspiele, aber auch Spiele auf Tablets oder Smartphones) komplettieren den Alltag von Millionen von Menschen. Es ist zu beobachten, dass die Nutzung der Spiele nicht, wie man vermuten könnte, auf die männliche Jugend beschränkt ist, sondern der Anteil der Männer und Frauen in etwa gleich ist und das Alter der Spielerschaft zunehmend steigt, was insbesondere auch darauf zurückzuführen ist, dass die früher Spieler-Jugend in der Regel auch in höherem Alter weiterhin spielt [32]. Das Potenzial, das in der Begeisterung für Computerspiele steckt, nutzt die Gamification und wendet es auf Prozesse, etwa im Arbeitsalltag, an. Um Mitarbeiter nicht nur beim echten Prozess durch Gamification zu motivieren, sondern ihm vorab ein digitales

Training anzubieten, werden voll entwickelte Lern- und Trainingsspiele, sogenannte Serious Games, eingesetzt. So können reale Abläufe spielerisch erlernt und komplexe sowie detailreiche Szenarien durchgespielt werden, wobei ein hohes Level an Konzentration beibehalten wird. Durch die Komponente des Spielerischen geht der Nutzer ohne eine bewusste Wahrnehmung von Arbeit oder aktivem Lernen vor. Dabei ist ein solches Spiel im Gegensatz zum klassischen Training nicht unbedingt an eine Örtlichkeit, wie ein Lager, gebunden und die anzulernende Person kann sich in einer ruhigeren Atmosphäre mit den zu lernenden Arbeitsschritten befassen, insbesondere mit der Erlaubnis Fehler zu machen und Störungen des realen Betriebs bleiben weitgehend aus.

VIRTUAL, AUGMENTED UND MIXED REALITY

Virtuelle Realität, bzw. allgemein gemischte Realität, wie sie in den im Folgenden beschriebenen Anwendungsfällen eingesetzt wird, findet nicht nur in der Spiele- oder Filmindustrie Gebrauch, sondern lässt sich effektiv im Anwendungsfeld der Logistikbranche implementieren und etablieren. Dabei wird im Wesentlichen zwischen den Begrifflichkeiten Mixed Reality (XR oder MR, gemischte Realität), Virtual Reality (VR, virtuelle Realität) und Augmented Reality (AR, erweiterte Realität) unterschieden [33]. Unter VR wird eine virtuelle Welt verstanden, die mithilfe eines VR-Headsets betreten und mit der virtuell interagiert werden kann, wobei die reale Welt während des Aufenthalts in der virtuellen Umgebung komplett ausgeblendet wird. Der Nutzer selbst ist hier mit seiner Interaktion ein reales Element in der ansonsten vollständig virtuellen Welt. Im Gegensatz dazu steht die Augmented Reality, in der die Realität mit virtuellen Elementen, über beispielsweise ein transparentes Display, erweitert wird. Somit lassen sich zum Beispiel virtuelle Gegenstände auf realen Oberflächen erblicken, wie ein virtueller Kalender an einer realen Wand. Diese Erweiterung der Realität um virtuelle Objekte und Informationen kann in der Logistik beispielsweise für die Unterstützung von Mitarbeitern bei ihren Tätigkeiten genutzt werden, etwa durch visuelles Hervorheben des nächsten, zu kommissionierenden Artikels. Mixed Reality fasst den Ansatz der Verschmelzung von Realität und Virtualität zusammen. Die vollständige Realität sowie die reine Virtualität werden hier nicht berücksichtigt, da sie keine Mischformen von virtuellen und realen Inhalten darstellen. Nach diesem Verständnis sind VR sowie AR beides XR-Technologien, da sie Elemente der realen Welt (Nutzer, Oberflächen etc.) mit virtuellen Elementen verknüpfen. Der Virtualitäts- bzw. Realitätsgrad ist dabei flexibel, AR befindet sich beispielsweise näher an der Realität (wenige virtuelle Objekte im realen Raum), VR näher an der Virtualität (wenige reale Einflüsse im virtuellen Raum).

Mithilfe der unterschiedlichen XR-Technologien können Probleme in einem Unternehmen lösungsorientiert und effizient angegangen werden. Sowohl Training und Ausbildung als auch prozessunterstützende Maßnahmen lassen sich realisieren und werden teils bereits eingesetzt (siehe Abschnitt Serious Gaming in der Praxis).

SHOWCASE VIRTUAL TRAINING

Im Folgenden wird ein Showcase beschrieben, der das erläuterte Konzept der partizipativen Realisierung demonstriert und veranschaulicht. In einer virtuellen Umgebung können Arbeitsplätze und logistische Prozesse entworfen werden (Virtual Cardboard Engineering). Die so entstandenen Arbeitsumgebungen können anschließend in einem Training in der VR (siehe Abschnitt Virtual, Augmented und Mixed Reality) direkt erprobt werden. Feedback zum Arbeitsplatz kann somit schnell und unkompliziert und vor allem ohne echte Umbaumaßnahmen in die Planung mit einbezogen werden. Das Training ist so konzipiert, dass ein neuer Mitarbeiter die einzelnen Arbeitsschritte erklärt bekommt, sodass dieser sich allein in seiner Arbeit zurechtfindet.

Der Demonstrator zeigt einen geplanten Packplatz und das beispielhafte Training eines Packprozesses an diesem. Die Anwendung erklärt dem Nutzer den Prozess kleinschrittig. Der Nutzer erlernt nach einer kurzen Einweisung in die virtuelle Realität einen beispielhaften Packprozess vollständig ohne Hilfe eines dedizierten Trainers und ohne die Nutzung echter Materialien. Spielelemente, wie eine Bestenliste und Abzeichen motivieren den Nutzer darüber hinaus, den Prozess mehrfach zu wiederholen und sich selbst zu verbessern.

Beim Training wird die Zeit als wesentliche Kennzahl für die Leistung gemessen. Diese wird anschließend zur Simulation der Umgebung genutzt, um dem Nutzer zu zeigen, wie sich seine Arbeit auf die restliche Umgebung auswirkt (vgl. „Digitaler Zwilling“ und „Monitoring System“). Die Simulation wird dem Anwender nach seinem eigenen Training in Form eines Zeitraffers visualisiert. Dabei kann der Nutzer die Geschwindigkeit wählen und in bestimmten Zuständen pausieren, um die Auswirkungen seines Verhaltens auf die Umgebung zu studieren.

Der Mensch steht bei allen umgesetzten Bausteinen (Virtual Cardboard Engineering, Training, Simulation) im Mittelpunkt: Mit Hilfe des „Serious Gaming“-Ansatzes wird der Anwender zum Erlernen oder Training eines Prozesses oder zum Erproben eines neu geplanten Arbeitsplatzes motiviert. Er taucht in eine virtuelle Welt ein, in der er sich frei bewegen und sich selbst sowie verschiedene Aktionen testen kann, ohne Konsequenzen zu fürchten, die ihm aber bildlich eindrücklich vermittelt werden. Es geht darum, Menschen mit Spaß neue Prozesse zu vermitteln und ein Verständnis für den Gesamtkontext zu schaffen.

SERIOUS GAMING IN DER PRAXIS

Um die Vorteile der Gamification umfänglich auszuschöpfen, wurden verschiedene Serious Games entwickelt, deren zentrale Rolle es ist, als Lernassistent zu dienen. Wenn beispielsweise durch den Digitalen Zwilling Optimierungspotenziale erkannt werden, können Mitarbeiter noch vor Prozessänderungen oder der Implementierung neuer Technologien auf diese Umstrukturierungen und das zukünftige System vorbereitet werden. Ziel ist es, Personal in kurzer Zeit effizient für die anfallenden Aufgabenfelder zu schulen sowie auf reale Situationen und Arbeitsprozesse vorzubereiten. Dabei wird in allen Fällen auf den Einsatz einer VR-Brille zurückgegriffen, da diese durch Immersion und Realismus einen größeren Lerneffekt erzielt und Arbeitsschritte intuitiver erlernt werden können [34, 35].

Im Rahmen des Innovationslabors für hybride Dienstleistungen in der Logistik wurde als Anwendungsbeispiel das Serious Game PackNick als ein virtuelles Packtraining entwickelt, welches durch einen spielerischen Ansatz motiviert. Mithilfe einer VR-Brille sieht der Nutzer einen geplanten Packplatz und trainiert an diesem virtuell den Packprozess. Dabei wird ihm dieser Prozess von der Anwendung selbst kleinschrittig erklärt, sodass er den neuen Ablauf vollständig, ohne physische Materialien und noch vor der echten Umsetzung der Arbeitsstation erlernen kann. Zusätzlich erlernt er die verschiedenen, für den Verpackungsprozess typischen Werkzeuge kennen, darunter z.B. Scanner, Paketbandabroller, Etikettendrucker und Verpackungsmaterialien. In der virtuellen Trainingsumgebung kann sich der Mitarbeiter in einer ruhigen Umgebung auf die bevorstehenden Veränderungen einstellen, ohne durch den operativen Betrieb abgelenkt zu werden oder ihn zu stören.



Abbildung 6:
Visualisierung
des Nutzers am
virtuellen Trainings-
Arbeitsplatz

Neben PackNick wurden noch weitere Serious Games entwickelt, die auf andere Arbeitsprozesse in der Logistikbranche spezialisiert sind und Themenschwerpunkte wie Kommissionierung, Gabelstapler-Training und die Warenannahme fokussieren.

Die Verwendung und Implementierung von Serious Games setzt das Vorhandensein verschiedener Hardware Komponenten voraus. Um PackNick im Unternehmen zu implementieren wird entweder eine VR-Brille Oculus Quest oder ein PC mit HTC VIVE VR-Brille benötigt. Für andere Serious Games wie das Gabelstapler-Training werden weitere Hardware Komponenten wie ein Lenkrad oder eine Motion-Plattform benötigt.

Die beschriebenen Serious Games zeigen auf, dass sich viele Arbeitsprozesse digitalisieren lassen. Darüber hinaus können individuelle und unternehmensspezifische Prozesse in einem Lern- und Trainingsspiel umgesetzt werden, entweder durch Neuentwicklungen oder durch Anpassungen bereits bestehender Prozesse.

Durch Serious Games lassen sich Probleme in Lagerprozessen angehen, zu denen bisher nur wenige effiziente Bewältigungsmethoden entwickelt wurden. So lassen sich die verschiedenen Schulungsmethoden flexibel an die jeweiligen, kundenspezifischen Anforderungen anpassen. Zudem können sie auf unterschiedliche Umgebungen wie Lagerlayouts zugeschnitten werden und sind somit individualisierbar. Mithilfe der Serious Games können, in Hinblick auf den Digitalen Zwilling, spezielle Situationen gezielt trainiert werden, bevor diese Situationen real im Lager eintreten. Insbesondere werden im kulturell heterogenen Umfeld der Logistik Sprachbarrieren durch Mehrsprachunterstützung überwunden.

Bereits durchgeführte und kontinuierlich neu erhobene Studien und LIVE-Ansätze der Serious Games belegen, dass sie von den Anwendern positiv in Bezug auf Nutzererleben, Benutzerfreundlichkeit sowie Workload rezensiert wurden [36]. Durch den spielerischen Ansatz werden Arbeitssituationen und Hochkonzentrationsphasen nicht als Arbeit empfunden, was sich zudem positiv auf die intrinsische Motivation auswirkt und diese nachhaltig steigert [37].

Der Einsatz von VR und Gamification in Form von Serious Games in der Logistik ermöglicht eine effiziente Einarbeitung oder Schulung von neuen und bestehenden Mitarbeitern, wobei weder der laufende Lagerbetrieb behindert noch zu viel Druck auf den anzulernenden Nutzer ausgeübt wird.

Ausblick

Das Zukunftsbild der Social Networked Industry nimmt mit Forschungsprojekten wie dem Innovationslabor Hybride Dienstleistungen in der Logistik, in denen innovative Technologien veranschaulicht und in Anwendungsbeispielen gezeigt werden, mehr und mehr Gestalt an. Dabei stehen neben der interdisziplinären und grundlegenden Forschung die konkrete Umsetzung und empirische Untersuchungen im Mittelpunkt – verbunden mit der Erfahrbarkeit neuer Technologien für den Menschen. Dies geschieht mit dem Ziel, zukünftige Anwender so früh wie möglich in den Entwicklungsprozess einzubeziehen, und diesen dadurch die Möglichkeit zu geben, Einfluss zu nehmen. So werden die Entwicklungen der Social Networked Industry für die Menschen gleichermaßen relevant und nahbar. Die Unternehmen erhalten zudem die Möglichkeit, die Technologien im konkreten Einsatz zu erleben und zu verstehen.

Ein wesentliches Prinzip der Social Networked Industry ist die Kommunikation. Gemeint ist damit zwar in erster Linie die Kommunikation zwischen Mensch und Technik aber auch die Kommunikation zwischen Menschen ist von großer Bedeutung. Gleichrangig mit der Wirtschaft und der Politik wird der Dialog mit der Gesellschaft und dem einzelnen Menschen gesucht.

Mit der Social Networked Industry wird ein neues Miteinander und mehr noch ein »soziales Gefüge« entstehen, das die Menschen insgesamt als Chance begreifen können.

Die Module der Digitalen Gestaltung bieten einen Ansatz, um Social Networked Industry umzusetzen und können zudem als Ausgangspunkte zur Weiterforschung und -entwicklung verstanden werden. Derzeit wird an der Weiterentwicklung des Planungstools gearbeitet. Aufgrund des fortgeschrittenen Status der Stufen eins und zwei, die größtenteils in ihren konzeptionellen Überlegungen abgeschlossen wurden, wird der zukünftige Fokus der Ausarbeitung in der Stufe drei „Systemgrenzen definieren“ liegen. Hierzu erfolgt parallel die Sammlung von bereits bestehenden Planungstools sowie ein Abgleich der möglichen Integration dieser in den Stufen vier „Technologie- und Ressourcenauswahl“ und fünf „Layout-Design“. Die Umsetzung der Stufe fünf „Arbeitsplatz-Design“ wird durch die Anbindung an das Modul „partizipative Gestaltung“ erfolgen. Diesbezüglich existieren bereits entwickelte Tools zur automatischen Generierung von Virtual-Reality Modellen zur Planungsevaluation und zum Training des operativen Personals. Weiterführend wird im Zuge der Entwicklung an der softwaretechnischen Umsetzung des Planungssystems gearbeitet.

In Zukunft sollen vor allem kleine und mittelständische Unternehmen von der Umsetzung profitieren, die durch eingeschränkte finanzielle Mittel und Ressourcen, sowie fehlendes Know-How, große Herausforderungen bei der Umsetzung von Digitalisierungsprojekten bewältigen müssen. Dieses Planungstool könnte dementsprechend ein weiterer Schritt in die Selbstorganisation von Unternehmen sein, die flexibel auf kurzzyklische Neu- oder Umplanungen reagieren wollen.

Das Modul Partizipative Realisierung nutzt ein Abbild des (um-) geplanten Systems in Virtual Reality (VR). Durch den Einsatz dieses virtuellen Abbilds im Praxiseinsatz können zukünftig Schwachstellen der präferierten Lösungsvariante aus dem Planungssystem bereits vor der physischen Umsetzung bewertet werden. Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Verwendung des virtuellen Abbildes des geplanten Systems ist, dass Mitarbeiter neue Prozesse und den Umgang mit den neuen Techniken bereits vor der Implementierung trainieren und gegebenenfalls bei der Gestaltung des Arbeitsumfelds mitwirken können. Demnach partizipieren sie an der Planung. Weiterführend wird durch die zukünftige Verschmelzung von Realität und Virtualität sowie der Kollaboration zwischen Mensch und Maschine unterstützende Technologieumgebungen zur partizipativen Planung im Sinne einer gemeinschaftlichen Gestaltung zunehmend wichtiger [38, 39].

Darüber hinaus wird bezüglich der automatischer Technologien und dem Faktor Mensch zunehmende Aufmerksamkeit geschenkt, um die Leistung eines Lagers zu verbessern [40]. Hierbei wird insbesondere der Mensch in seiner Rolle als Planer oder Betreiber eines Lagers sich wandeln. In diesem Kontext wird es immer wichtiger, wie Erfahrungswissen dokumentiert wird sowie den Nutzen in die intralogistischen Planungsprozesse einbracht werden kann. Im Wesentlichen steht diesbezüglich die Transparenz der Entscheidungsfindung im Planungsprozess durch unter anderem deskriptive bzw. präskriptive Entscheidungsmodelle im Vordergrund.

XR-Technologien wie VR und AR werden sich weiter durchsetzen und nicht nur bei der Planung, sondern auch zum Training, zur Produktionssteuerung, zur Anlagenwartung etc. eingesetzt werden. Social Networked Industry unterstützt die Vernetzung zwischen Mensch und Maschine, aber auch zwischen Mensch und Mensch. Durch schnelle Feedbackschleifen in der Planung ergeben sich Chancen nicht nur hinsichtlich effizienterer Planung, sondern auch in Bezug auf Mitarbeiterzufriedenheit, -motivation und -bindung.

Literaturverzeichnis

- [1] U. Lindemann, R. Reichwald und M. F. Zäh (2006): Individualisierte Produkte - Komplexität beherrschen in Entwicklung und Produktion. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [2] VDI Wissensforum GmbH, Hg. (2019), „28. Deutscher Materialfluss-Kongress 2019: Der Branchentreff der Intralogistik: München, 21. -22. März 2019“, VDI-Berichte.
- [3] N. Absenger et al. (2016): „Digitalisierung der Arbeitswelt!?“.
- [4] D. Spath, Hg. (2019): Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0: Studie. Stuttgart: Fraunhofer-Verl. [Online]. Verfügbar unter: <http://web.archive.org/web/20140729000428/http://www.iao.fraunhofer.de/images/iao-news/produktionsarbeit-der-zukunft.pdf>
- [5] M. Schmidt (2018): „Distribution Center Design Process“. Dissertation.
- [6] Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2016): Innovationspotenziale der Mensch-Maschine-Interaktion. München: Herbert Utz Verlag GmbH. [Online]. Verfügbar unter: http://web.archive.org/web/20170830080301/http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Stellungnahmen/acatech_IMPULS_Mensch-Maschine-Interaktion_WEB.pdf
- [7] D. T. Roy, „Industrie 4.0 - Gestaltung cyber-physischer Logistiksysteme zur Unterstützung des Logistikmanagements in der Smart Factory“. Dissertation. [Online]. Verfügbar unter: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-201804176017>
- [8] B. Zobel, S. Werning, D. Metzger und O. Thomas (2018): „Augmented und Virtual Reality: Stand der Technik, Nutzenpotenziale und Einsatzgebiete“ in Handbuch Mobile Learning, C. de Witt und C. Gloerfeld, Hg., Wiesbaden: Springer VS, S. 123–140, doi: 10.1007/978-3-658-19123-8_7.
- [9] B. Rouwenhorst et al. (2000): „Warehouse design and control: Framework and literature review“, European Journal of Operational Research, Jg. 122, Nr. 3, S. 515–533, doi: 10.1016/S0377-2217(99)00020-X.
- [10] L. McGinnis, M. Goetschalckx (2000): G. Sharp, D. Bodner und T. Govindaraj, „Rethinking warehouses design research“.
- [11] P. Baker und M. Canessa (2009): „Warehouse design: A structured approach“, European Journal of Operational Research, Jg. 193, Nr. 2, S. 425–436, doi: 10.1016/j.ejor.2007.11.045.

- [12] J. Gu, M. Goetschalckx und L. F. McGinnis (2010): „Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review“, *European Journal of Operational Research*, Jg. 203, Nr. 3, S. 539–549, doi: 10.1016/j.ejor.2009.07.031.
- [13] T. Govindaraj et al. (2000): „Design of warehousing and distribution systems: an object model of facilities, functions and information“ in *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, Nashville, TN, USA, S. 1099–1104, doi: 10.1109/ICSMC.2000.885998.
- [14] N. F. Zerangue et al. (2001): „A process model of expertise in the design of warehousing and distribution systems“ in *IEEE International Conference on Systems, Man & Cybernetics*, Tucson, AZ, USA, S. 3403–3408, doi: 10.1109/ICSMC.2001.972045.
- [15] J. M. Apple Jr, R. D. Meller und J. A. White Jr (2010): „Empirically-Based Warehouse Design: Can Academics Accept Such an Approach?“, *11th IMHRC Proceedings*.
- [16] M. Schmidt, D. Spee und M. ten Hompel (2018): „Service Flow Networks for Functional Design of Distribution Centers“.
- [17] L. Mcginnis, M. Schmidt und D. Spee (2014): „Model Based Systems Engineering and Warehouse Design“ in *Lecture Notes in Logistics, Efficiency and innovation in logistics: Proceedings of the International Logistics Science Conference (ILSC) 2013*, U. Clausen und M. ten Hompel, Hg., Cham: Springer, S. 161–178, doi: 10.1007/978-3-319-01378-7_12.
- [18] L. Mcginnis und T. Sprock (2014): „Integrating Analysis Into a Warehouse Design Workflow“, *13th IMHRC Proceedings*.
- [19] M. Goetschalckx et al. (2002): „A systematic design procedure for small parts warehousing systems using modular drawer and bin shelving systems“, *IMHRC proceedings*.
- [20] M. Kostrzewski (2014): „In search of unified warehouse designing method“, *Research in Logistics & Production*, Jg. 4, Nr. 3, S. 257–266.
- [21] R. Haberfellner, P. Nagel und M. Becker (1994): *Systems engineering. Methodik und Praxis*. 8. verb. Aufl. Zürich: Verl. Industrielle Organisation.
- [22] Blatt 1: *Fabrikplanung Planungsvorgehen* (2011), 5200, VDI.
- [23] M. ten Hompel, T. Schmidt und L. Nagel (2007): *Materialflusssysteme: Förder- und Lagertechnik*, 3. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- [24] Leistungsnachweis für Regalbediengeräte (2003), 9.851, FEM
- [25] M. Ellinger, „Beitrag zur agentenbasierten Konzeptplanung von Kommissioniersystemen“. Dissertation, Praxiswissen Service UG; Technische Universität Dortmund.
- [26] H. Schmigalla (1979): Methoden zur optimalen Maschinenanordnung. VEB Verlag Technik.
- [27] C. Mosblech, „Beitrag zur automatisierten Layoutsynthese intralogistischer Materialflusssysteme“. Dissertation, Praxiswissen Service UG.
- [28] A. Terharen, F. Feldmann, C. Reining und M. ten Hompel (2018): „Integration von Virtual Reality und optischem Motion Capturing in die Planung und Optimierung von Materialflusssystemen“.
- [29] J. Czernin und K.-O. Schocke (2016): „Handlungsfelder der Personalarbeit in der Logistik“. Studienbericht, University of Applied Science, Frankfurt. [Online]. Verfügbar unter: http://www.demografienetzwerkfrm.de/ressourcen/2016/07/20160615_Studienbericht_Handlungsfelder-der-Personalarbeit-in-der-Logistik.pdf. Abgerufen am: Feb. 2020.
- [30] M. Henke und S. Kaczmarek (2017): Gamification in der Logistik: Effektiv und spielend zu mehr Erfolg, 1. Aufl. München: Huss.
- [31] M. Sailer, „Die Wirkung von Gamification auf Motivation und Leistung“. Dissertation, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- [32] C. Schwede, M. B. Schmidt und M. Schmidt (2017): „Serious Gaming - Gamification in der digitalen Weiterbildung für die Intralogistik“ in Logistik Praxis, Gamification in der Logistik: Effektiv und spielend zu mehr Erfolg, M. Henke und S. Kaczmarek, Hg., 1. Aufl., München: Huss, 160-185.
- [33] P. Milgram, H. Takemura, A. Utsumi und F. Kishino (1995): „Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum“ in Photonics for Industrial Applications, Boston, MA, S. 282–292, doi: 10.1117/12.197321.
- [34] D. B. Clark, E. E. Tanner-Smith und S. S. Killingsworth (2016): „Digital Games, Design, and Learning: A Systematic Review and Meta-Analysis“ (eng), Review of educational research, Jg. 86, Nr. 1, S. 79–122, doi: 10.3102/0034654315582065.
- [35] Gesellschaft für Arbeitswissenschaft; Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft; Arbeitswissenschaftlicher Kongress; GfA-Frühjahrskongress, ARBEIT(S).WISSEN.SCHAF(F)T Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung: 64. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: FOM Hochschule für Oekonomie & Management, 21.-23. Februar 2018. Dortmund: GfA-Press, 2018.

- [36] W. Apt, M. Bovenschulte, E. Hartmann und S. Wischmann, Foresight-Studie „Digitale Arbeitswelt“ für das Bundesministerium für Arbeit und Soziales. [Online]. Verfügbar unter: http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/f463-digitale-arbeitswelt.pdf?__blob=publicationFile&v=2.
- [37] M. Shafto et al. (2010): „Draft modeling, simulation, information technology & processing roadmap“, Technology Area, Jg. 11.
- [38] C. Schröder (2016): Herausforderungen von Industrie 4.0 für den Mittelstand. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung.

