

Veit Kohnhauser, Monika Schobesberger,
Maria Siller, Christoph Peterwagner

Wege zu Smart Logistics

Integration von Informations- und
Kommunikationstechnologien in KMU



Mit freundlicher Unterstützung von



Veit Kohnhauser, Monika Schobesberger, Maria Siller, Christoph Peterwagner

WEGE ZU SMART LOGISTICS

Ansätze zur umfassenden Integration von Informations- und
Kommunikationstechnologien in österreichischen KMU

Impressum

Herausgeber:

Prof. (FH) Dr. Roald Steiner
Fachhochschule Salzburg
Studiengang Betriebswirtschaft
Urstein Süd 1
5412 Puch/Salzburg
www.fh-salzburg.ac.at

Redaktion:

Mag.^a Gabriele Freischlager

Covergestaltung:

Helmut Laubichler

Lektorat und Layout:

Mag.^a Gabriele Freischlager

Titelbild:

iStock / ake1150sb

Druck:

La Linea Druckerei GmbH

März 2017

Die vorliegende Studie wurde nach allen Maßstäben der Sorgfalt erstellt. Die Fachhochschule Salzburg übernimmt jedoch keine Haftung für Schäden oder Folgeschäden, die auf diese Studie oder auf mögliche fehlerhafte Angaben zurückgehen. Die Ergebnisse und Aussagen einzelner AutorInnen müssen sich nicht mit der Meinung des Herausgebers decken.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Art von Nachdruck, Vervielfältigung, Verbreitung, Wiedergabe, Übersetzung oder Einspeicherung und Verwendung in Datenverarbeitungssystemen, und sei es auch nur auszugsweise, ist nur mit ausdrücklicher Zustimmung der Fachhochschule Salzburg gestattet.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass aus Gründen der guten Lesbarkeit auf die Nennung jeweils beider Geschlechtsformen verzichtet wurde. Selbstverständlich sind Männer und Frauen in gleicher Weise angesprochen.

Editorial

In der Schriftenreihe „Salzburger Managementstudien“ veröffentlicht der Studiengang Betriebswirtschaft der Fachhochschule Salzburg Beiträge aus der betriebswirtschaftlichen Forschung. Das Spektrum der Themen reicht von anwendungsbezogenen Fragen zur Unternehmensführung, zu betrieblichen Abläufen und Entscheidungsprozessen bis hin zu theorieorientierten Forschungsergebnissen aus den klassischen Managementdisziplinen. Die „Salzburger Managementstudien“ dienen damit dem Gedankenaustausch zwischen Wissenschaft und Unternehmenspraxis.

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	9
Abstract	11
1 Einleitung	13
1.1 Problemstellung und Zielsetzung	13
1.2 Methodik und Aufbau der Managementstudie	14
2 Smart Logistics	15
2.1 Logistik als Wettbewerbsfaktor	15
2.2 Zunehmende Vernetzung von IKT und Logistik	17
2.3 Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Logistik	18
2.4 Smart Logistics als Chance für KMU	22
2.4.1 Flexibilität und Anpassungsfähigkeit weiter verbessern	23
2.4.2 Unternehmensübergreifende Zusammenarbeit stärken	24
2.4.3 Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Beschäftigten	25
2.4.4 Effizienzsteigerung in den Wertschöpfungsprozessen	26
3 Eine empirische Analyse der Produktionsstrukturen in KMU	28
3.1 Der Fertigungsleitstand als zentrales Steuerungsinstrument	29
3.2 Analyse der Produktionsstruktur zur Auftragsabwicklung	30
3.3 Ergebnisse der empirischen Analyse der Produktionsstrukturen	33
3.3.1 Angaben zu den befragten Unternehmen	35
3.3.2 Detaillierte Ergebnisse zum Produktionsplanungsprozess	37
3.3.3 Detaillierte Ergebnisse zur Produktionsprozesssteuerung	45
3.3.4 Ansätze einer zukünftigen Weiterentwicklung	49
3.4 Schlussfolgerungen zur Digitalisierung in der PPS	51
4 Smart Logistics am Beispiel der Fahrzeugdistribution	55
4.1 Herausforderungen in der Lagerlogistik der Fahrzeugdistribution	55
4.2 Einsatz von Simulationssoftware zur Prozessoptimierung	58
4.2.1 Ziele der Simulation	61
4.2.2 Einsatzmöglichkeiten der Simulation	61
4.2.3 Vorgehensweise zur Durchführung von Simulationsstudien	64
4.3 Smart Logistics am Beispiel der Lagermax Autotransport GmbH	67
4.4 Handlungsempfehlungen zur Umsetzung von Simulationen	74
5 Wege zu Smart Logistics	77
5.1 Anforderungen an den Wirtschaftsstandort	77
5.2 Handlungsfelder für KMU	80
6 Ausblick zu Smart Logistics	84

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Sichtweisen der Logistik.....	15
Abbildung 2: Vier Stufen der industriellen Revolution.....	19
Abbildung 3: Horizontale und vertikale Integration	20
Abbildung 4: Entwicklung des Automatisierungsgrades in den nächsten 5 Jahren.....	29
Abbildung 5: Forschungsfelder	31
Abbildung 6: Häufigkeit von Planungstools zur Produktionsprogrammerstellung	37
Abbildung 7: Zeitraum der Produktionsplanung.....	38
Abbildung 8: Planungsgenauigkeit von Produktionsarbeitsgängen	38
Abbildung 9: Zeitaufwand für die Produktionsplanung.....	39
Abbildung 10: „Mannlose“ Fertigungsschritte	39
Abbildung 11: Durchlaufzeit pro Fertigungsauftrag	40
Abbildung 12: Anzahl Fertigungsaufträge pro Woche	40
Abbildung 13: Anzahl Produktionsmaschinen	41
Abbildung 14: Auslöser für die Produktionsplanung	41
Abbildung 15: Angewandter Planungsansatz.....	42
Abbildung 16: Verwendetes Terminierungsverfahren.....	43
Abbildung 17: Einflussfaktoren auf die Produktionsplanung	43
Abbildung 18: Unterschiedliche Fertigungsprinzipien	44
Abbildung 19: Fertigungsansatz des Unternehmens	44
Abbildung 20: Einflussfaktoren auf die Abarbeitungsreihenfolge der Produktion	45
Abbildung 21: Ursachen für die Verschiebung von Kundenterminen.....	46
Abbildung 22: Auftrittshäufigkeit von Eilaufträgen	46
Abbildung 23: Reaktion bei Nachfrageüberhang	47
Abbildung 24: Reaktion bei Unterschreitung der Kapazitäten.....	47
Abbildung 25: Häufigkeit der Rückmeldung von Daten ins ERP-System.....	48
Abbildung 26: Automatisierungsgrad der Daten-Rückmeldung	48
Abbildung 27: Bedeutende Weiterentwicklungsfaktoren der Produktionsplanung	49
Abbildung 28: Zukünftige Ressourcenbereitstellung	50
Abbildung 29: Zukünftige Maßnahmen zur Senkung der Herstellkosten	51
Abbildung 30: Vereinfachte Prozessdarstellung im Auto-Terminal Straßwalchen.....	57
Abbildung 31: Kreislauf zur Anwendung von Simulationen	60
Abbildung 32: Simulation des IST-Prozesses	69

Abbildung 33: Nutzung freier Stellplätze	71
Abbildung 34: Systemarchitektur für den Einsatz mobiler Endgeräte	72
Abbildung 35: Visualisierungskonzept der mobilen Endgeräte (Prinzipdarstellung).....	73
Abbildung 36: Durchschnittliche Breitbandgeschwindigkeit in Mbit/s (Q1 2016).....	78
Abbildung 37: Der Mensch als Planer und Überwacher der Automatisierung.....	82

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Relevante Unternehmensausprägungen für die PPS Strukturanalyse	32
Tabelle 2: Unternehmensgröße nach Anzahl der Beschäftigten.....	35
Tabelle 3: Anzahl der Unternehmen klassifiziert nach Branche.....	36
Tabelle 4: Produktionsstrukturen in Abhängigkeit der Unternehmensgröße	54

Vorwort

Die Digitalisierung hat in den letzten Jahren unsere Welt nachhaltig verändert. Sie kommt nicht auf uns zu, sondern ist bereits Realität. Durch die Art, wie Menschen und Maschinen miteinander kommunizieren, Informationen austauschen und Entscheidungen treffen, wird sich unsere Arbeitswelt grundlegend wandeln.

Die digitale Vernetzung mit Kunden und Lieferanten bietet Unternehmen die Möglichkeit, innovative Produkte und Dienstleistungen mit vollkommen neuen Geschäftsmodellen anzubieten. Die durchgängige Verfügbarkeit und Transparenz der Unternehmensdaten, von der operativen Ebene bis hin zu strategisch relevanten Unternehmenskennzahlen, ermöglicht dynamische Visualisierungskonzepte und wird in Zukunft eine wichtige Voraussetzung sein, um rechtzeitig die richtigen Entscheidungen treffen zu können.

Der Fachbereich Logistik und Operations Management des Studiengangs Betriebswirtschaft an der Fachhochschule Salzburg hat in den vergangenen Jahren zahlreiche wissenschaftliche Abschlussarbeiten, mehrere Studien sowie praxisbezogene Unternehmensprojekte zum Thema der Digitalisierung in der Wertschöpfungskette durchgeführt. Ausgewählte Forschungsprojekte widmen sich der Frage, welche Rahmenbedingungen für die Digitalisierung von Produktionsprozessen bei KMU zu berücksichtigen sind und anhand eines konkreten Fallbeispiels wird aufgezeigt, wie die digitale Transformation am Beispiel eines Logistik-Dienstleistungsunternehmens konkret umgesetzt werden kann.

Ein besonderer Dank gilt den Unternehmenspartnern, der Ramsauer & Stürmer Software GmbH sowie der Lagermax Autotransport GmbH für die hervorragende Zusammenarbeit und die Zustimmung zur Veröffentlichung unserer gemeinsamen Forschungsergebnisse. Ebenso danken wir unseren wissenschaftlichen Partnern, der Salzburg Research Forschungsgesellschaft, dem Institut für Produktion und Logistik der Universität Wien und unseren Kollegen vom Studiengang Informationstechnik & Systemmanagement der Fachhochschule Salzburg, ohne deren umfangreiches IT-Wissen vieles verborgen oder im Unklaren geblieben wäre. Weiters danken wir dem Land Salzburg für die Co-Finanzierung des Projekts mit Lagermax Autotransport GmbH im Rahmen der Förderaktion Trans4Tech.

Prof. (FH) DI Dr. Veit Kohnhauser

Abstract

Die zunehmende Digitalisierung der Logistik- und Produktionsprozesse eröffnet Unternehmen die Möglichkeit, Wertschöpfungsketten besser zu vernetzen, wirtschaftlicher zu gestalten und neue Geschäftsfelder zu erschließen. Im Rahmen dieser Studie wird aufgezeigt, welchen Nutzen der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien für die Akteure einer Supply Chain bietet und welche Bedeutung diesen Technologien heute und zukünftig beigemessen wird.

Smart Logistics bedeutet die Optimierung der Logistikprozesse durch den umfassenden Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie (kurz: IKT). Das Ziel von Smart Logistics ist eine durchgängige Vernetzung des Informations- und Materialflusses, um Logistikprozesse effizienter planen, steuern und anpassen zu können.

Die gewonnenen Ergebnisse zeigen, dass eine vollständige horizontale und vertikale Integration der Daten entlang der gesamten Wertschöpfungskette nur schrittweise erfolgen kann. Die Erhöhung des Kundennutzens durch Smart Logistics hat dabei stets oberste Priorität. Eine hohe Qualifikation der Mitarbeiter und der Einsatz entsprechender IKT bieten die notwendige Basis dafür.

Die Zielsetzung dieser Studie besteht darin, Chancen und Herausforderungen im Hinblick auf die Digitalisierung der Logistik- und Produktionsprozesse für kleine und mittelgroße Unternehmen genauer zu untersuchen und mögliche Lösungsansätze aufzuzeigen.

1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Direkter Kundenkontakt, kurze Lieferzeiten, kundenindividuelle Produkte und Dienstleistungen sind typische Wettbewerbsvorteile von kleinen und mittelgroßen Unternehmen (kurz: KMU¹). Ihre Stärke liegt neben einer umfangreichen fachlichen Kompetenz meist in der Agilität und Flexibilität ihrer Unternehmen. Vor dem Hintergrund gesättigter Märkte und einer intensiven internationalen Wettbewerbssituation, setzen aber auch größere Unternehmen vermehrt auf direkten Kundenkontakt, Individualität sowie Geschwindigkeit und nutzen dafür vor allem die Potentiale der Digitalisierung. Eine Antwort auf das Verlangen nach Flexibilität, Schnelligkeit und Reaktionsfähigkeit wird in der durchgängigen Digitalisierung der gesamten Wertschöpfungskette gesehen. (Dombrowski, Wagner 2014, 355). Smart Logistics, als umfassende Vernetzung des Informations- und Materialflusses, wird zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor. Aber gerade KMU stehen vor dem Problem die richtigen Lösungsansätze zu finden, die einen verwertbaren Kundennutzen bieten und mittel- bis langfristig ihre traditionellen Wettbewerbsvorteile sichern oder noch weiter stärken können.

Die Mehrheit der Industrieunternehmen hat die strategische Bedeutung der Digitalisierung erkannt, wenngleich sich viele Unternehmen bisher nur eher theoretisch mit diesem Thema beschäftigt haben. (Crisp Research AG 2015, 12). Dies mag vor allem auch daran liegen, dass für viele Unternehmen der wirtschaftliche Nutzen der Digitalisierung nicht hinreichend geklärt ist und damit die Entscheidungsbasis für die erforderlichen hohen Investitionen fehlt. (BMW 2015, 37f)

Vor allem KMU sehen sich mit einem relativ hohen Umsetzungsaufwand konfrontiert, der mit den aktuellen Ressourcen nicht oder nur sehr schwer realisierbar erscheint. Hier spielen nicht nur die erforderlichen einmaligen Investitionen in technologische Entwicklungen eine entscheidende Rolle, sondern vor allem auch Folgekosten wie Mitarbeiterqualifizierung, Wartung sowie laufende Aktualisierungen und Anpassungen. (BMW 2015, 35)

Zielsetzung dieser Managementstudie ist es, Lösungs- und Weiterentwicklungsansätze aufzuzeigen, wie durch eine zunehmende Digitalisierung die Wertschöpfungskette

¹ In Österreich sind Unternehmen mit weniger als 250 Mitarbeitern als KMU anzusehen.

wirtschaftlich effizienter gestaltet werden kann. Grundlage dafür bietet eine Analyse der Produktionsstrukturen österreichischer KMU. Untersucht wurden sogenannte „Auftragsfertiger“ unterschiedlicher Branchen, die jeweils kundenspezifische Fertigungsaufträge bearbeiten. Anschließend wird anhand eines konkreten Unternehmensprojekts die Optimierung eines Lagerprozesses mithilfe von Simulationen und den Einsatz von IKT in der Logistik veranschaulicht sowie die mögliche Umsetzung des Sollprozesses mittels Smart Logistics beschrieben. Abschließend werden weiterführende Handlungsfelder für die Umsetzung von Smart Logistics Lösungen in KMU erläutert.

1.2 Methodik und Aufbau der Managementstudie

In einem ersten Schritt werden im Rahmen der gegenständlichen Managementstudie die einschlägige Literatur sowie relevante Unterlagen und Studien ausgewertet. Auf dieser Basis wird zunächst die Verzahnung der logistischen Tätigkeitsfelder mit IKT untersucht. Anschließend wird der Begriff Smart Logistics und der Zusammenhang mit Industrie 4.0 Initiativen, dessen Entwicklung, Nutzenpotential und Bedeutung für KMU näher erläutert. Es folgt eine theoretische Analyse zur Bedeutung der Digitalisierung für KMU, wobei mögliche Chancen branchenunabhängig dargestellt werden.

Der empirische Teil der Arbeit basiert sowohl auf einer standardisierten Online-Befragung als auch auf einer Fallstudie. Die standardisierte Online-Befragung wurde 2015 im Rahmen eines Forschungsprojekts mit dem Unternehmen Ramsauer & Stürmer Software GmbH durchgeführt. Untersuchungsgegenstand sind die Auswirkungen und Anforderungen der Digitalisierung mit Blick auf den Produktionsplanungs- und Steuerungsprozess. Insgesamt wurden 241 Unternehmen zur Befragung eingeladen, es liegen 52 auswertbare Fragebögen vor. Dies entspricht einer Rücklaufquote von knapp 22 %. Die anschließende Fallanalyse befasst sich mit der Umgestaltung von Lagerprozessen durch den Einsatz von IKT. Anhand der Ergebnisse eines Forschungsprojekts mit der Firma Lagermax Autotransport GmbH wird dargestellt, wie die Implementierung von Smart Logistics Lösungen in der Praxis realisiert werden kann.

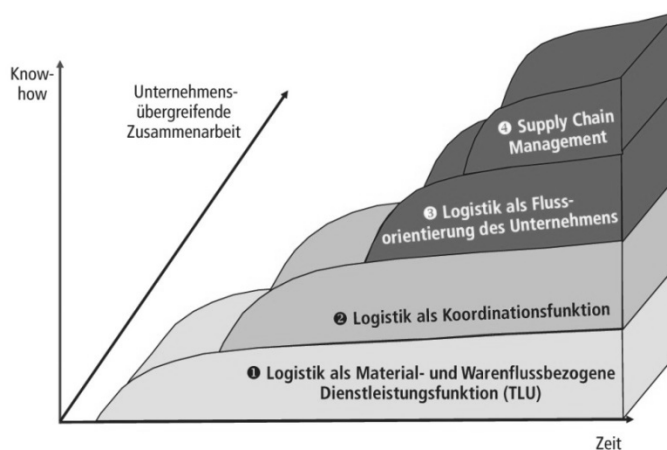
2 Smart Logistics

2.1 Logistik als Wettbewerbsfaktor

Ausgehend von einem physisch geprägten Ansatz – nämlich das richtige Material, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort zu haben - hat sich die Logistik im Laufe der Zeit immer mehr zu einer ganzheitlichen und vor allem auch unternehmensübergreifenden Managementaufgabe entwickelt. (Gleißner, Fermerling 2008, 7) Verbunden mit diesem gewandelten Logistikverständnis haben sich die Aufgaben und Tätigkeitsfelder der Logistiker im Unternehmen gravierend verändert bzw. erweitert (Abbildung 1). Die Logistik wird zunehmend nicht nur als Supportfunktion im Unternehmen, sondern als wesentlicher Wettbewerbsfaktor gesehen. Die Studie „Smart-Logistics – Wie Digitalisierung die Wettbewerbsfähigkeit erhöht“ zeigt, dass eine Weiterentwicklung der Logistik so gut wie immer mit einem zunehmenden IKT-Einsatz verbunden ist. (Kohnhauser et al. 2016, 41ff). Diese zunehmende Digitalisierung ermöglicht Unternehmen eine unternehmensübergreifende Zusammenarbeit. Dadurch können kundenindividuelle Produkte rasch und flexibel hergestellt werden. Voraussetzung ist, dass zum Beispiel Kundenauftragsdaten, Produktspezifikationen oder Transport- und Lieferzeiten digitalisiert vorliegen und über standardisierte Schnittstellen, automatisch zwischen den Netzwerkpartnern und den Kunden ausgetauscht werden können.

Die folgende Klassifizierung dient als Orientierung zur Einordnung des jeweiligen Logistikverständnisses im Unternehmen und bietet erste Ansätze für eine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit mittels Smart Logistics.

Abbildung 1: Sichtweisen der Logistik



Quelle: Kummer, Grün, Jammernegg 2006

Logistik als material- und warenflussbezogene Dienstleistungsfunktion

In ihrer ursprünglichen, zeitlich den 1970er Jahren zuzuordnenden Form beschäftigt sich die Logistik mit den klassischen Handlungsfeldern wie Transport, Umschlag und Lagerung (kurz: TUL). (Kummer, Grün, Jammerneegg 2006, 250) Sie versteht sich als Unterstützungsfunktion im Unternehmen und konzentriert sich auf operative Tätigkeiten im Hinblick auf Material- und Warenfluss. Effizienzvorteile werden hier durch die Optimierung einzelner Aktivitäten realisiert (Gleissner, Femerling 2008, 5; Kummer, Grün, Jammerneegg 2006, 256) Da der Einfluss der Logistik auf den unternehmerischen Erfolg insgesamt als nicht wesentlich erachtet wird, bleibt ihr Stellenwert im Unternehmen unbedeutend und das Qualifikationsniveau der Mitarbeiter ist eher niedrig. (Schulte 2009, 19).

Logistik als Koordinationsfunktion

Die Koordinationslogistik konzentriert sich auf abteilungsübergreifende Abläufe, um die Effektivität und Effizienz der innerbetrieblichen Leistungserstellung zu steigern. Die Logistik übernimmt eine Querschnittsfunktion und ist sowohl in die Beschaffungs-, Produktions- als auch in Distributionsprozesse miteingebunden. (Kummer, Grün, Jammerneegg 2006, 256) Sie wird nicht mehr als eine reine Materialdrehzscheibe gesehen, sondern gewinnt als Erfolgs- und Wettbewerbsfaktor zunehmend an Bedeutung. Dementsprechend erfolgt auch eine strategische Verankerung der Logistik im Unternehmen. Systemisches Denken tritt in den Vordergrund und funktionale Schnittstellen werden besser aufeinander abgestimmt. (Schulte 2009, 19)

Logistik als Flussorientierung des Unternehmens

Im weiteren Verlauf übernimmt die Logistik zunehmend eine Führungsfunktion im Unternehmen. Die bisherigen Tätigkeitsfelder werden ergänzt durch die Funktion der Steuerung ganzheitlicher Prozesse, die auch über die eigenen Unternehmensgrenzen hinausgehen. (Kummer, Grün, Jammerneegg 2006, 258) Daher steht die Logistikabteilung nunmehr in direktem Kontakt mit Lieferanten und Kunden, wobei die optimale Gestaltung dieser Schnittstellen zu ihren zentralen Aufgaben gehört. Primäres Ziel ist die flussorientierte Gestaltung des gesamten Unternehmens, um eine schnelle Reaktionsfähigkeit auf sich ändernde Umweltbedingungen sicher zu stellen. Die ganzheitliche Betrachtungsweise der funktionalen Integration ermöglicht eine abteilungsübergreifende Verbesserung meist einzelner besonders relevanter Prozessketten. (Schulte 2009, 19)

Supply Chain Management

Im Konzept des Supply Chain Managements wird dann die flussorientierte Führungsfunktion aufgegriffen und auf das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk angewendet. Ausgehend vom Rohstofflieferanten bis hin zum Endkunden gilt es, das gesamte Netzwerk zu steuern und zu optimieren. (Wellbrock 2015, 25) Transparente Prozesse werden mithilfe einer durchgängigen Vernetzung der Daten geschaffen. Unternehmensübergreifende und kooperative Überlegungen stehen im Vordergrund, mit dem Ziel durch effiziente Prozesse Kundenbedürfnisse umfassend befriedigen zu können. (Kummer, Grün, Jammernegg 2006, 205) Supply Chain Management berücksichtigt Koordinationsaspekte und orientiert sich an einer ganzheitlichen Optimierung der Wertschöpfungsnetzwerke, um eine durchgängige Kostenreduzierung umzusetzen. (Eßig, Hofmann, Stölzle 2013, 9)

2.2 Zunehmende Vernetzung von IKT und Logistik

Die Digitalisierung von Geschäftsprozessen ist im besonderen Maße für die logistischen Prozesse relevant. Der Austausch von Informationen und Waren innerhalb des Wertschöpfungsnetzwerkes wäre ohne die Unterstützung geeigneter IKT nicht realisierbar. Logistische Wertschöpfungsnetzwerke können nur dann effizient gesteuert werden, wenn Material- und Informationsfluss harmonisiert sind und in Echtzeit synchronisiert werden. (Krupp, Paffrath, Wolf 2010, 4) Doch nicht nur Supply Chain Management-Ansätze erfordern den umfassenden IKT-Einsatz. Selbst bei den klassischen Tätigkeitsfeldern wie Transport, Umschlag und Lagerung sind Informationssysteme heute unverzichtbar, wenn es darum geht, die Effizienz der Prozesse zu erhöhen. So kann eine dynamische Lagerverwaltung – eine Methode der Lagerhaltung bei der die Artikel den jeweils frei verfügbaren Lagerplätzen zugeordnet werden, ohne dass diese im System fix reserviert werden müssen - nicht ohne entsprechende Lagerverwaltungssoftware realisiert werden. Dadurch kann Lagerplatz gespart werden und neue Artikel können einfacher ein- und ausgelagert werden. Die Mitarbeiter benötigen keine speziellen Kenntnisse über die jeweilige Lagerplatzzuordnung, da sie diese Informationen vom Lagerverwaltungssystem jederzeit abrufen können.

IKT dient aber nicht nur dazu, Prozesse effizienter zu gestalten. Viele Geschäftsmodelle sind erst aufgrund eines leistungsfähigen Datenaustauschs mit Kunden und Lieferanten durchführbar. Speziell die Kombination aus Produkten und Dienstleistungen bietet hier neue Geschäftsmöglichkeiten. So können zum Beispiel Anlagenbauer Maschinen oder einzelne Komponenten nicht nur als fertiges Produkt ausliefern, sondern in weiterer Folge durch einen vernetzten Datenaustausch

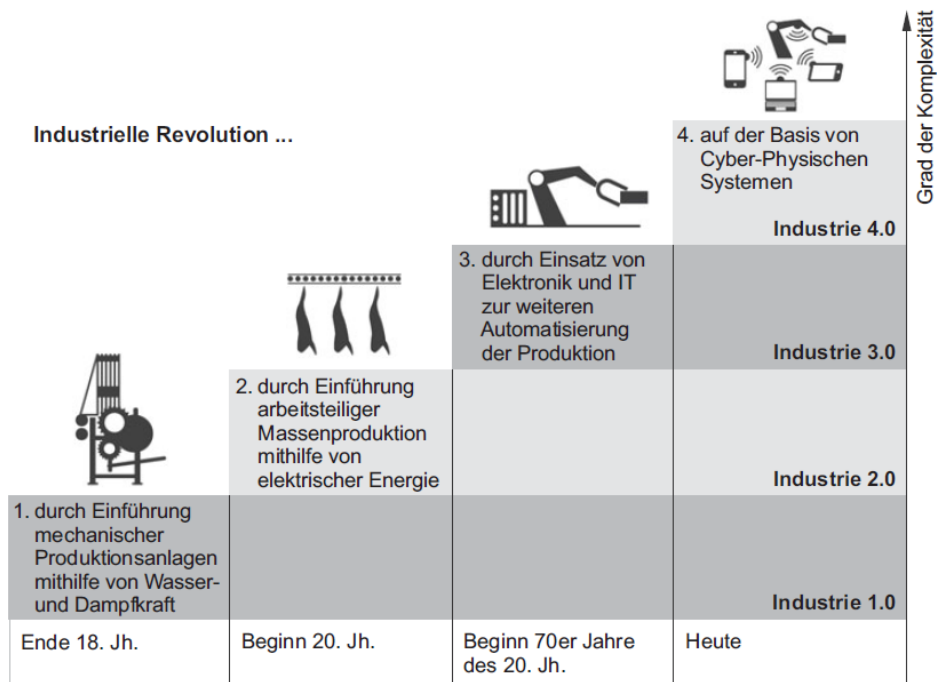
Zustandsüberwachungen, vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen bis hin zu Fernwartungsarbeiten übernehmen. Die Konzentration auf Kernkompetenzen und damit das Auslagern von Prozessen zu Lieferanten und Dienstleistern, zum Beispiel um vor Ort rasch Hilfestellungen bei Maschinenstörungen zu ermöglichen, erfordert eine digitale Anbindung der verschiedenen Akteure. Mittels IKT können die Transaktionskosten in der unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit dabei möglichst gering gehalten werden. (Voß 2015, 40).

Die skizzierte Entwicklung der Logistik ist also eng mit der Weiterentwicklung der informationstechnischen Möglichkeiten verbunden: Während die TUL-Logistik durch unternehmensspezifische individuelle Softwarelösungen und isolierte Einzelsysteme unterstützt wurde, benötigt das Supply Chain Management unternehmensübergreifende Planungssysteme. Je mehr sich die Logistik zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor wandelt, umso wichtiger wird das optimale Zusammenspiel zwischen IKT und den jeweiligen Wertschöpfungsprozessen. Smart Logistics wird somit zum Business Enabler: Ohne die entsprechenden Logistiklösungen sind viele innovative Geschäftsmodelle nicht realisierbar. (Krupp, Paffrath, Wolf 2010, 18) Insgesamt ist davon auszugehen, dass sich die enge Verzahnung zwischen IKT und Logistik in Zukunft weiter intensivieren wird, so dass beide Disziplinen sinnvollerweise künftig nicht mehr voneinander isoliert zu betrachten sind.

2.3 Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Logistik

Die sogenannte vierte industrielle Revolution (Abbildung 2) markiert nach verbreiteter Einschätzung den nächsten Entwicklungssprung in der industriellen Produktion und wird vielfach als Chance für die europäische Wirtschaft interpretiert, international konkurrenzfähig zu bleiben und neue Märkte zu erschließen. (Bauernhansl, ten Hompel, Vogel-Heuser 2014, 85) Einen wesentlichen Einfluss haben die mit dem Begriff Industrie 4.0 verbundenen technologischen Entwicklungen auch auf die logistischen Prozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Ein zentraler Aspekt ist dabei, dass Informationen und Daten wesentlich stärker miteinander vernetzt werden. Der Einsatz von cyber-physischen Systemen (kurz: CPS) – das heißt, dass physische Elemente wie Produkte, Behälter, Maschinen oder auch Transportmittel automatisch Daten, zum Beispiel über das Internet, austauschen - führt dazu, dass die physische Welt des Materialflusses immer mehr mit der virtuellen Datenwelt des Informationsflusses verschmilzt. (Kagermann, Wahlster, Helbig 2013, 17f)

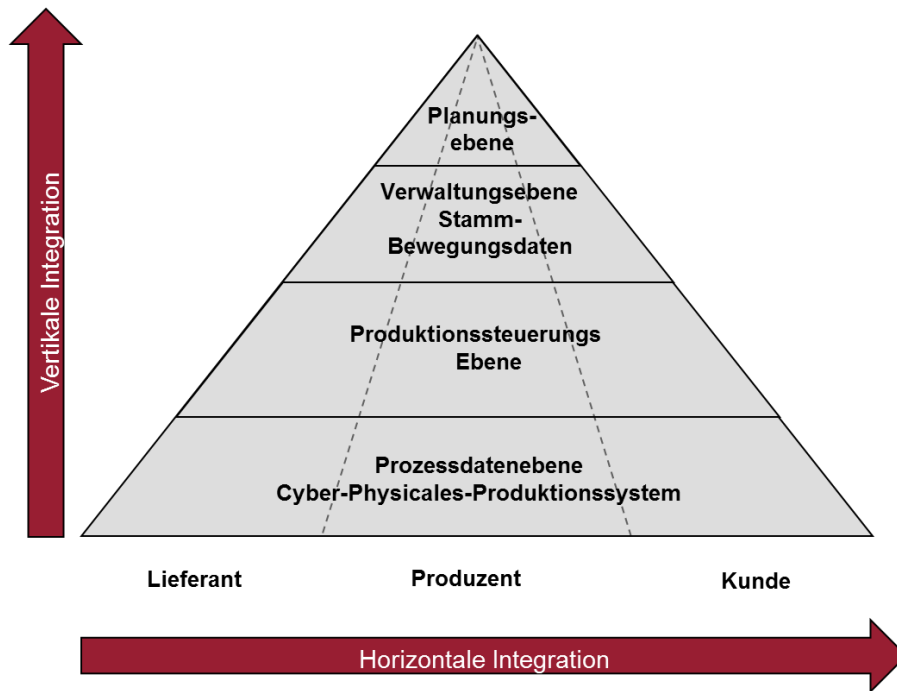
Abbildung 2: Vier Stufen der industriellen Revolution



Quelle: Schenk 2015

Die fortschreitende Digitalisierung der Wertschöpfungsprozesse kann dabei als Kombination von vertikaler und horizontaler Integration beschrieben werden (Abbildung 3). Dabei wird unter vertikaler Integration der durchgängige Informationsfluss über alle Unternehmenshierarchien hinweg verstanden. Die vertikale Integration schaltet Systeme und Daten unterschiedlicher Ebenen zu einem Gesamtsystem zusammen. Schnittstellen und einheitliche Standards sind Voraussetzung für den Aufbau eines durchgängigen Systems, bei dem die unterschiedlichen Komponenten mit Echtzeitdaten kommunizieren und interagieren. (Roth 2016, 37) Die horizontale Integration beschreibt die Vernetzung von Prozessen und Ressourcen entlang der Wertschöpfungskette, das heißt den Datenaustausch zwischen den Akteuren der Supply Chain, ausgehend vom Rohstofflieferanten bis hin zum Endkunden. (Kaufmann 2015, 7)

Abbildung 3: Horizontale und vertikale Integration



Quelle: Eigene Darstellung

Smart Logistics baut darauf auf, dass eine Verknüpfung der Datenebene mit allen Einheiten der physischen Kette stattfindet: Produkte, Maschinen, Behälter, Transportmittel und Mitarbeiter zum Teil unterschiedlicher Unternehmen stehen in direkter Kommunikation zueinander. So kann der Kunde zum Beispiel minutengenau mittels Short Message Services (kurz: SMS) über den Liefertermin der Waren informiert werden. Ein Anwendungsbeispiel sind Großbaustellen: Im städtischen Raum, wo die Anlieferung und Verarbeitung von Baumaterialien aufgrund der stark eingeschränkten Platzsituation und Parkmöglichkeiten besonders wichtig sind, stellen sie mitunter einen erheblichen Wettbewerbsfaktor des Baustofflieferanten dar. Vorausgesetzt er verfügt über die entsprechende IKT, um dieses Service kostengünstig anbieten zu können. Materialbestellung, Liefertermine und Routenplanung werden - unter Berücksichtigung der aktuellen Verkehrssituation - automatisch miteinander verknüpft und die für den Auftraggeber entscheidende Information der Ankunftszeit des Materials an der Entladestelle der Baustelle wird automatisch auf mobile Endgeräte der Mitarbeiter übertragen. Durch diese Vernetzung kann auf eine zusätzliche zentrale Steuerung – zum Beispiel durch einen Disponenten - weitestgehend verzichtet werden. (Bischoff 2015, 6f)

Die Grundlage für diese Vernetzung der digitalen mit der realen Welt bildet die Einführung des Internet Protokolls Version 6 (kurz: IPv6) Mitte 2012². (Kagermann, Wahlster, Helbig 2013, 17) Erst durch die Standardisierung der Datenschnittstellen wurde der Datenaustausch über die gesamte Wertschöpfungskette in Echtzeit per Internet möglich. Jede Einheit kann somit über eine eigene IP-Adresse verfügen und mit anderen beteiligten Elementen des Prozesses kommunizieren. Störungen des Ablaufs werden in Echtzeit an die jeweils relevanten Systeme übermittelt und eine dezentrale Neuplanung angestoßen und durchgeführt. (Bischoff 2015, 7)

In sogenannten Smart Factories kommunizieren heute bereits Maschinen und Produkte untereinander, zum Beispiel, um freie Anlagenkapazitäten zu nutzen oder um die Auswirkungen von Produktionsunterbrechungen zu minimieren. Die Maschinen und Produkte steuern damit den internen Materialfluss schnell und effizient ohne der Notwendigkeit einer menschlichen Interaktion. Dies ermöglicht einerseits hohe Produktivitätszuwächse, andererseits aber auch eine erhebliche Steigerung der Flexibilität. Individuelle Kleinserien bis hin zur Einzelfertigung werden dadurch wirtschaftlich rentabel umsetzbar. (Bartels 2014,15)

Die Aufgabe von Smart Logistics ist es, diese Smart Factories zu digitalen Wertschöpfungsnetzwerken zu verbinden und damit für den Kunden einen zusätzlichen Nutzen zu bieten. Dezentrale Entscheidungsstrukturen verkürzen Vorlaufzeiten in der Auftragsplanung und schaffen ein flexibles System, bei dem der Kunde seine Aufträge kurzfristig verschieben oder ändern kann. So können zum Beispiel Verzögerungen auf der Baustelle automatisch an den Baustofflieferanten weitergeleitet werden, der dann wiederum die Routenplanung seiner LKWs entsprechend anpasst. Die Verknüpfung mit den Echtzeitdaten macht es für den Kunden möglich, direkt in den laufenden Prozess einzugreifen und Änderungen vorzunehmen. (Gneuss 2014, 3) Das Beispiel der Baustellenbelieferung macht aber auch deutlich, dass genaue Vereinbarungen und Service Level Agreements zwischen den Akteuren benötigt werden, damit Änderungen und deren Folgekosten nicht zu Unstimmigkeiten in den Geschäftsbeziehungen führen.

Für jene Unternehmen, denen es gelingt, die relevanten Daten zu sammeln und diese entsprechend zu analysieren und zu bewerten, ergeben sich in Zukunft entscheidende Wettbewerbsvorteile. (Becker, Knopp 2015, 45) Beispielsweise kann die Absatzplanung einer Brauerei mit Wetterprognosen und Veranstaltungskalendern verknüpft werden und dadurch das Absatzvolumen der kommenden Tage und Wochen

² Ständen mit der Version IPv4 4.3 Milliarden IP Adressen weltweit zur Verfügung, so sind es nun 340 Sextillionen. So stehen theoretisch pro Quadratmillimeter Erdoberfläche 667 Billionen IP Adressen zur Verfügung. (Stähler 2002,167)

genauer prognostiziert werden. Der Einsatz von IKT kann Unternehmen nicht nur dabei unterstützen, bestehende Prozesse effizienter zu gestalten, sondern eröffnet auch die Möglichkeit, neue Geschäftsmodelle zu schaffen.

Auch wenn cyber-physische Systeme noch keine weite Verbreitung in Unternehmensnetzwerken gefunden haben, so ist doch eine entsprechende Sensibilisierung für IKT auf allen Ebenen der Unternehmensführung zu registrieren. Ebenso verbreitet sich die Einsicht, dass Smart Logistics in der Strategie vieler Unternehmen für die Zukunft unerlässlich ist. Insofern ist der Weg für die Verankerung der IKT in den Unternehmenszielen bereitet. (Schlobach 2015, 15)

2.4 Smart Logistics als Chance für KMU

Die Weiterentwicklung im Bereich der vernetzten Digitalisierung scheint vor allem an Großunternehmen gerichtet zu sein. Sie verfügen über die finanziellen Ressourcen, um neue Technologien relativ rasch implementieren zu können. Betrachtet man hingegen die Grundidee der vertikalen und horizontalen Integration, so wird klar, dass sich bei Smart Logistics mehrere unterschiedliche Akteure an der Digitalisierung der Supply Chain beteiligen müssen. Wollen KMU weiterhin als Partner für Großunternehmen attraktiv sein - zum Beispiel als Lieferant oder Logistikdienstleister - so werden sie sich der zunehmenden Digitalisierung nicht verschließen können. Unternehmen, welche die Bedeutung der digitalen Vernetzung nicht erkennen und diese nicht aktiv vorantreiben, werden in Zukunft keine relevanten Geschäftspartner in einer durchgängig vernetzten Supply Chain sein. Deshalb sind Betriebe, egal welcher Größe, gefordert, die Digitalisierung ihrer Prozesse durch den Einsatz von IKT im Sinne von Smart Logistics voranzutreiben.

Zudem bieten insbesondere neue Geschäftsmodelle für KMU zusätzliche Chancen. Während internationale Großkonzerne zwar über Know-how und Ressourcen verfügen, haben KMU einen wesentlichen Vorteil, wenn es um die Implementierung neuer Geschäftsmodelle geht: Sie haben meist weniger vorhandene Strukturen – wie zum Beispiel ein bestehendes weltweites Vertriebsnetz, umfangreiche Investitionen in Produktionsstandorte oder Warenhäuser oder auch langfristige Unternehmensverträge - die sie daran hindern, neue Geschäftsmodelle kurzfristig umzusetzen. Hier kann die Agilität und Flexibilität von KMU ein entscheidender Faktor sein, um den fortschreitenden technologischen Wandel im Bereich der Digitalisierung optimal nutzen zu können.

Die österreichische Wirtschaft ist geprägt von einem hohen KMU-Anteil.³ Es muss daher speziell für diese Unternehmen über die Bedeutung und Umsetzung der Digitalisierung diskutiert werden, um einen hohen Nutzen für den gesamten Wirtschaftsstandort erzielen zu können. Im folgenden Abschnitt wird versucht, diesbezüglich Handlungsfelder aufzuzeigen, die speziell für KMU unterschiedlicher Branchen und Größen zutreffen.

2.4.1 Flexibilität und Anpassungsfähigkeit weiter verbessern

Unternehmen sind permanent herausgefordert, sich noch stärker an den Kundenbedürfnissen auszurichten. In vielen Bereichen führt das zu kundenindividuellen Produkten und Dienstleistungen, die rasch und flexibel bereitgestellt werden müssen. Die Kunden sind aber kaum bereit, Leistungen wie die termingenaue Zustellung von Paketen oder die Individualisierung der Produkte mittels eines Online-Konfigurators mit höheren Preisen zu bezahlen. Damit steigt der Kostendruck auf die gesamte Wertschöpfungskette, was wiederum zu zunehmender Automatisierung und Digitalisierung führt. Um diese Kundenbedürfnisse befriedigen zu können, müssen Unternehmen heute in der Lage sein, eine hohe Variantenvielfalt zu den niedrigen Preisen einer Serienfertigung anbieten zu können. (Lasi et al. 2014, online) Damit steigen die Anforderungen im Hinblick auf die Flexibilität der Produktion. Kleine Losgrößen müssen effizient hergestellt werden können. Diese Entwicklung erfordert einen vermehrten Ressourcenaufwand im Bereich der Forschung und Entwicklung, um mit regelmäßigen Prozess- und Produktinnovationen auf die agilen Marktbedürfnisse reagieren zu können. (Bischoff 2015, 46)

Mittels IKT-Einsatz - zum Beispiel in Form von Prozess-Simulationen - können die Anforderungen und Auswirkungen dieser Kundenwünsche auf das Unternehmen, ohne Störung des laufenden Betriebs, analysiert und erprobt werden. Was würde es bedeuten, wenn die Anzahl der Produktvarianten durch eine kundenindividuelle Konfiguration sprunghaft ansteigt? Was würde eine Reduktion der Auftragsdurchlaufzeit für die Produktions- und Logistikprozesse bedeuten? Wo befindet sich aktuell der Engpass im Wertschöpfungsnetzwerk? Wenn es Unternehmen gelingt, diese Herausforderungen durch Smart Logistics zu bewältigen, können diese noch flexibler und anpassungsfähiger auf sich ändernde Kundenanforderungen reagieren.

³ Im Dezember 2015 waren 60,5 % der unselbstständigen Beschäftigten (Beschäftigungsverhältnisse ohne geringfügige Beschäftigte und ohne öffentlichen Dienst) in einem Unternehmen mit weniger als 250 Mitarbeitern beschäftigt. (WKO, 2015 online)

Dafür liefern Basistechnologien wie CPS, Big Data, Internet-Technologien oder auch autonom steuernde Maschinen und Transportmittel einen essentiellen Beitrag zur weiteren Flexibilisierung der gesamten Wertschöpfungskette. Die Implementierung neuer IKT ist jedoch oft mit hohem Investitions- und Wartungsaufwand verbunden. Durch Simulationen kann eine Entscheidungsbasis für die Auswahl geeigneter IKT gelegt werden, auf deren Basis in weiterer Folge neue Technologien aufsetzen können. (Kemmner, Sames 2016, 75)

2.4.2 Unternehmensübergreifende Zusammenarbeit stärken

Durch die digitale Erfassung der Daten entlang der Supply Chain stehen entscheidungsrelevante Informationen in Echtzeit zur Verfügung. Die Supply Chain Visibility, das heißt, die Transparenz innerhalb der Wertschöpfungskette, ist damit durchgängig gegeben. Lagerbestände im Warenausgang und Wareneingang unterschiedlicher Unternehmen können zum Beispiel optimal aufeinander abgestimmt und auf ein Minimum reduziert werden. Bestände werden dahingehend optimiert, dass Flexibilität und Reaktionsfähigkeit dennoch gewährleistet werden. (Voß 2014, 16). Geringere Kapitalbindung, aber auch die Reduktion des Bullwhip Effektes, können zu Einsparungen bei den Bestandskosten von ca. 30-40 % führen. (Bauernhansl, ten Hompel, Vogel-Heuser 2014, 31).

Besonders in volatilen Märkten ist es von entscheidender Bedeutung, dass Unternehmen rasch auf Nachfrageschwankungen reagieren können. Steigt der Bedarf kurzfristig an, so darf es zu keinen Lieferengpässen und damit zu Umsatzeinbußen kommen. Im Gegenzug darf eine sinkende Nachfrage weder dazu führen, dass hohe Lagerbestände oder gar Entsorgungskosten entstehen, noch dürfen verkaufsfördernde Maßnahmen wie Preis- oder Mengenrabatte die Erlöse reduzieren. Ein Kernthema der Logistik und damit des Supply Chain Managements ist daher auch in Zukunft eine flexible Bestandsführung. Bestände bieten einerseits eine gewisse Flexibilität und erlauben es, Unternehmen auf geänderte Anforderungen zu reagieren, andererseits führen sie jedoch zu gebundenem Kapital und erhöhten Lagerkosten. (Voß 2015,32) Der Trend zu immer stärkeren Nachfrageschwankungen aufgrund volatiler Märkte erschwert es zusätzlich, die Balance zwischen niedrigen Kosten und hohem Service-Level zu finden. (Spath et al. 2016, 6)

Big Data bietet für diese Problemstellung eine neue Herangehensweise. Mittels leistungsfähiger Hardware ist es möglich, große Datenmengen zeitnah zu verarbeiten. Algorithmen erkennen selbständig Muster und Zusammenhänge und ermöglichen vielfältige Formen der Datenanalyse. Big Data-Analysen erlauben es, Wirkungszusammenhänge in der gesamten Supply Chain festzustellen und diese für

Entscheidungen zu nutzen. So können beispielsweise Social Media Aktivitäten oder Internet-Suchabfragen Auskunft über zukünftige Bedarfsentwicklungen geben. (Waidner 2015, 7) Big Data-Analysen können als neue Herangehensweise bei der Datenaufbereitung eingesetzt werden, durch sie können die Prognosegenauigkeiten verbessert und damit eine Verringerung der Bestände in der gesamten Wertschöpfungskette erreicht werden.

Zudem erhöht der Einsatz von IKT die Bestandstransparenz entlang der Supply Chain, die einen weiteren Abbau der Bestände begünstigt. Der Bullwhip-Effekt wird minimiert, da keine Schwankungen durch Bedarfskumulationen, kalendarische Effekte, Sicherheiten etc. vorgetäuscht werden, die tatsächlich in den Bedarfsverläufen der Kunden nicht auftreten. (Dickmann 2015, 163) Der Datenaustausch zwischen den einzelnen Akteuren der Lieferkette kann beispielsweise mittels EDI (Electronic Data Interchange) oder Web-Plattformen standardisiert erfolgen. Treiber von diesen Lösungen sind meist Großunternehmen. Sie fordern von ihren Partnern eine Integration aller relevanten Daten des überbetrieblichen Materialflusses. Da KMU häufig in die Supply Chains größerer Unternehmen eingebunden sind, werden Anforderungen bezüglich des Datenaustauschs und der Integration der Systeme von den Großunternehmen vorgegeben. Gelingt es KMU nicht, diese Anforderungen zu erfüllen, ist mit dem Verlust von Aufträgen und in weiterer Folge der Marktposition zu rechnen (Dombrowski 209, 1)

2.4.3 Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Beschäftigten

Die Bevölkerungsentwicklung in Österreich zeigt, vergleichbar mit anderen Industriestaaten, einen nachhaltigen Wandel in der Einwohnerstruktur. Dieser ist geprägt von einer Alterung der Gesellschaft aufgrund niedriger Geburtenraten und gleichzeitig steigender Lebenserwartung. (Steiner, Hofbauer 2016, 46) Dies führt wiederum dazu, dass es immer schwieriger wird, geeignetes Fachpersonal zu rekrutieren und dieses langfristig an das Unternehmen zu binden. Häufig verfügen Beschäftigte von KMU über ein sehr breites Fachwissen und sind vielseitig einsetzbar, wodurch sie flexibler sind, Positionen, aber auch Arbeitgeber zu wechseln. (Bischoff 2015, 76) Natürlich betrifft der demographische Wandel ebenso größere Unternehmen. Diese verfügen jedoch meist über entsprechende Ressourcen, um Personalrecruitment und –entwicklung auf hohem Niveau sicherzustellen. Der Einsatz von IKT bietet für KMU neue Möglichkeiten, in dem die Attraktivität der Arbeitsplätze gesteigert werden kann und es einfacher wird, junge Mitarbeiter für das Unternehmen zu gewinnen. (Voß 2015, 25)

Der demographische Wandel führt auch dazu, dass das Potential älterer Erwerbstätiger stärker genutzt werden muss. Deshalb müssen Erleichterungen der Arbeitsbedingungen durch die Entwicklung und den Einsatz entsprechender digitaler Assistenzsysteme, vor allem für diese Gruppe, erzielt werden. Sowohl Politik als auch Unternehmen sind gefordert, durch gezielte Maßnahmen älteren Beschäftigten eine längere Erwerbstätigkeit zu ermöglichen, um von deren Erfahrungswissen und sozialer Kompetenz zu profitieren. Technische Assistenzsysteme, wie akustische oder visuelle Unterstützungsmaßnahmen sowie Mensch-Roboter Kooperationen, können die physische, aber auch die psychische Belastung der Belegschaft verringern und ermöglichen damit die Beschäftigung älterer Mitarbeiter. (Schenk 2015, 12f)

2.4.4 Effizienzsteigerung in den Wertschöpfungsprozessen

Bei den Prozesskosten können durch den Einsatz von IKT weitere Kostensenkungspotentiale realisiert werden. Einhergehend mit einem höheren Automatisierungsgrad, werden Prozesse stabiler, das heißt weniger anfällig für Fehler und Störungen und damit leistungsfähiger. Die menschliche Arbeitskraft kann vertikal, aber auch horizontal flexibler eingesetzt werden. (Bauernhansl, ten Hompel, Vogel-Heuser 2014, 32). Smart Logistics wird vor allem in den Bereichen Transport, Umschlag und Lagerung zu einer verstärkten Automatisierung und damit zu einer weiteren Reduzierung der manuellen Tätigkeiten führen. In den meisten Fällen sind diese Prozesse aktuell noch sehr personalintensiv. Automatisierungen und neue IKT werden diese Bereiche in Zukunft besser unterstützen und einen geringeren Einsatz manueller Arbeitskräfte notwendig machen. Diese Entwicklung führt aber auch dazu, dass Mitarbeiter in Zukunft verstärkt über logistisches und auch über informationstechnisches Know-how verfügen müssen. Selbst bei Tätigkeitsfeldern, die vermeintlich nur den physischen Materialfluss betreffen, werden zukünftig vermehrt digitale Technologien eingesetzt werden. (Dombrovski, Wagner 2014, 352) So werden zum Beispiel Frächter zukünftig Lieferavisos per Smart-Phone oder Tablet avisieren und damit ein festgelegtes Zeitfenster an der Entladerampe fixieren.

Auch in den unterstützenden Bereichen der Instandhaltung und des Qualitätsmanagements wird die Digitalisierung zu weitreichenden Änderungen führen. Während die Instandhaltung sicherstellt, dass es zu keinen unvorhergesehenen Maschinen- bzw. Anlagenausfällen kommt, beschäftigt sich das Qualitätsmanagement voranging mit der Sicherstellung der Produkt- und Prozessqualität. Da beide Bereiche sehr stark mit der Produktion und Logistik verknüpft sind, wird IKT auch hier Änderungen mit sich bringen. Vor allem in KMU sind die Prozesse der Instandhaltung und des Qualitätsmanagements immer noch stark geprägt von manueller

Datenerfassung. (Bischoff 2015, 272) Das Qualitätsmanagement und die Instandhaltung der Zukunft erfordern eine Weiterentwicklung beider Bereiche dahingehend, dass Daten direkt am Produkt bzw. in der Herstellung in Echtzeit gesammelt und ausgewertet werden, damit noch im laufenden Prozess der Fertigung auf etwaige Abweichungen reagiert werden kann. (Refflinghaus, Kern, Klute-Wenig 2016, 229) Alle Daten, die innerhalb der Wertschöpfungskette generiert werden, können so mittels geeigneter Algorithmen ausgewertet und für ein effizientes Qualitätsmanagement genutzt werden. (Refflinghaus, Kern, Klute-Wenig 2016, 7)

Eine intelligente Maschine-zu-Maschine Kommunikation ermöglicht eine Zustandsüberwachung bei der Ausfälle oder notwendige Wartungen sofort erkannt und die Fertigungsabläufe dementsprechend angepasst werden. Die Servicetechniker erhalten vorab genaue Informationen über notwendige Reparaturen und notwendige Ersatzteilbestellungen werden automatisch ausgelöst. Ausfälle und Wartungszeiten werden dadurch reduziert und die durchschnittlichen Stillstandzeiten können gesenkt werden. (Kaufmann 2015, 21) Mittels Sensorik werden Lasten und Zustand der Maschinen in Echtzeit erfasst. Verarbeitet man die dadurch gewonnenen Daten, so können zum Beispiel Maschinenhersteller diese Informationen über Zuverlässigkeit und Ausfallverhalten spezieller Maschinenkomponenten für weitere Optimierungen nutzen. (Kagermann, Wahlster, Helbig 2013, 107)

Instandhaltung wird zukünftig weniger stark reparaturorientiert stattfinden, sondern zustandsorientiert. (Güntner, Eckhoff, Markus 2014, 15) Durch die permanente Datenerfassung und -analyse werden mittels Algorithmen die optimalen Instandhaltungszyklen ermittelt, wodurch sichergestellt wird, dass diese weder zu früh noch zu spät durchgeführt werden. Neue Technologien werden dazu beitragen, die Wartungs-, Service- und Instandhaltungsarbeiten effizienter durchzuführen und ein Qualitätsmanagement zu ermöglichen, das über die gesamte Supply Chain, Qualitätsdaten vernetzen kann.

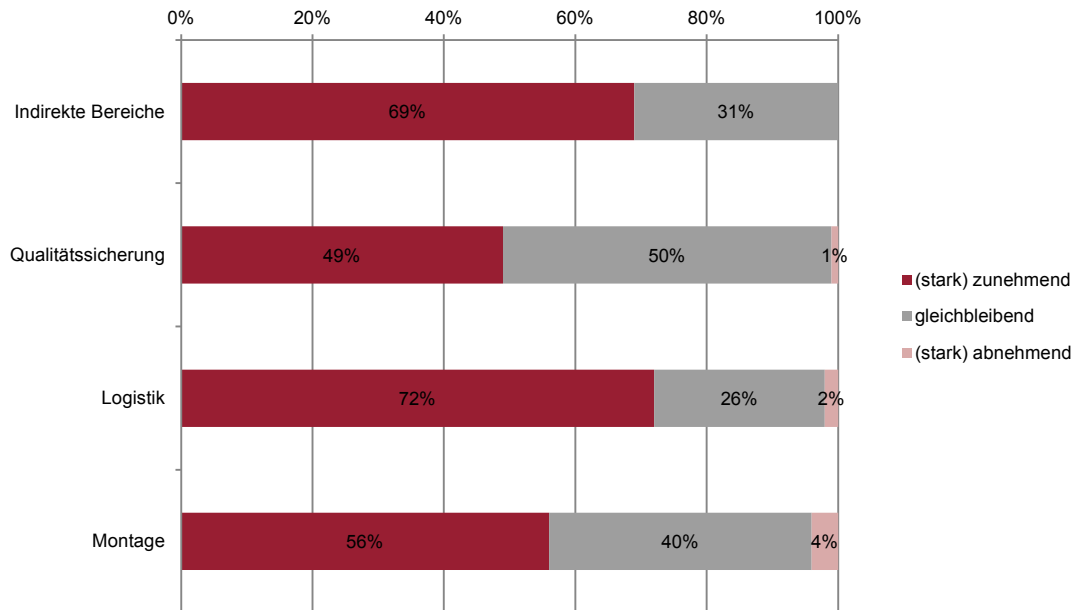
Die Nutzenpotentiale, welche aufgrund der Unterstützung der logistischen Prozesse durch IKT entstehen, sind je nach Branche und Unternehmen sehr unterschiedlich. Durch einfache informationstechnische Lösungen können mitunter große Effizienzsteigerungen in den Prozessen erzielt werden. Nicht nur im Umfeld der Produktion lassen sich mittels Einsatz von IKT Routinetätigkeiten reduzieren. Es werden damit auch Ressourcen freigelegt, die für anspruchsvollere Tätigkeiten genutzt werden können. (Bullinger, Warnecke, Westkämper 2003, 471) So können beispielsweise im Bereich der Beschaffung Prozesse verschlankt werden, indem Teilprozesse, wie unter anderem Bestellanforderung, Budgetkontrolle oder Angebotsanalyse, automatisiert werden. (Wannenwetsch 2014, 44)

3 Eine empirische Analyse der Produktionsstrukturen in KMU

Im ersten Teil dieser Managementstudie wurde die Bedeutung von Smart Logistics als möglicher Wettbewerbsfaktor für KMU erläutert. Der nun folgende Teil der Arbeit beschäftigt sich im Speziellen mit dem Prozess der Auftragsabwicklung in produzierenden KMU. Untersucht wurden dabei Strukturmerkmale der Produktionsplanung und –steuerung (kurz: PPS) und deren Ausprägungen, wie sie derzeit in österreichischen KMU zur Auftragsfertigung vorherrschen. Der Auftragsabwicklungsprozess, der neben der Beschaffung auch Produktion und Vertrieb beinhaltet, bildet das zentrale Element des Wertschöpfungsprozesses. Flexible und rasche Auftragsabwicklung, vernetzter Datenaustausch mit Kunden und Lieferanten oder die Beherrschung einer hohen Zahl an Produktvarianten lassen sich hier gut in der betrieblichen Praxis erkennen und analysieren.

Gleichzeitig stellt die Auftragsabwicklung für viele KMU eine wichtige Basis für Digitalisierungsmaßnahmen dar. Unternehmen sehen, neben den indirekten Bereichen, gerade in den Produktions- und Logistikprozessen in den kommenden Jahren ein hohes Potential in der Automatisierung. Die Studie des Fraunhofer Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation mit dem Titel „Industrie 4.0 – eine Revolution der Arbeitsgestaltung“ zeigt, dass von 518 befragten deutschen Industrieunternehmen, der Großteil einen stark zunehmenden Automatisierungsgrad in den indirekten Bereichen, der Montage und der Logistik sieht (Abbildung 4). (Schlund et al. 2014, 15)

Der Einsatz von CPS, Cloud Lösungen oder Maschine-zu-Maschine Kommunikation mag vor allem für KMU als erster Schritt hin zu Smart Logistics zu weit gegriffen sein. Im Hinblick auf die beschränkten personellen und finanziellen Ressourcen von KMU, liegt das Hauptpotential der Digitalisierung in der Implementierung von IKT in der Verbesserung der Datenverfügbarkeit und Durchgängigkeit. Auch wenn im ersten Schritt meist keine vollständig durchgängige horizontale und vertikale Integration der Daten möglich ist, so ist es auch für KMU unumgänglich, sich in Teilbereichen mit der Digitalisierung bzw. Automatisierung von Prozessen zu beschäftigen.

Abbildung 4: Entwicklung des Automatisierungsgrades in den nächsten 5 Jahren

Quelle: Eigene Darstellung nach: Schlund et al. 2014

3.1 Der Fertigungsleitstand als zentrales Steuerungsinstrument

Eine optimale Einplanung von Kundenaufträgen in die eigenen Fertigungs- und Herstellprozesse ist für viele Unternehmen ein entscheidender Erfolgsfaktor geworden. Die wesentlichsten Voraussetzungen einer erfolgreichen Einplanung stellen einerseits die Kundenzufriedenheit (z.B. durch rasche, termingerechte Lieferung), andererseits der betriebswirtschaftliche Erfolg (z.B. durch hohe Maschinenauslastung) dar.

Um aber die steigende Komplexität der Produktion, zum Beispiel durch unterschiedliche Produktvarianten, termingenaue Bereitstellung der Waren, etwaige Produktionsstörungen oder kurzfristige Änderungswünsche des Kunden beherrschen zu können, werden vermehrt sogenannte Produktionsleitstandssysteme verwendet. Der Produktionsleitstand ergänzt meist vorhandene PPS oder ERP-Systeme (Enterprise Resource Planning). Diese sind zwar in der Lage eine Reihenfolgenplanung für die Auftragsabwicklung durchzuführen, bieten aber kaum die Möglichkeit, die dafür notwendigen Ressourcen – wie zum Beispiel Maschinen, Mitarbeiter oder Materialien – bis ins Detail optimal auszulasten und auf Störungen in der Produktion rasch und flexibel reagieren zu können.

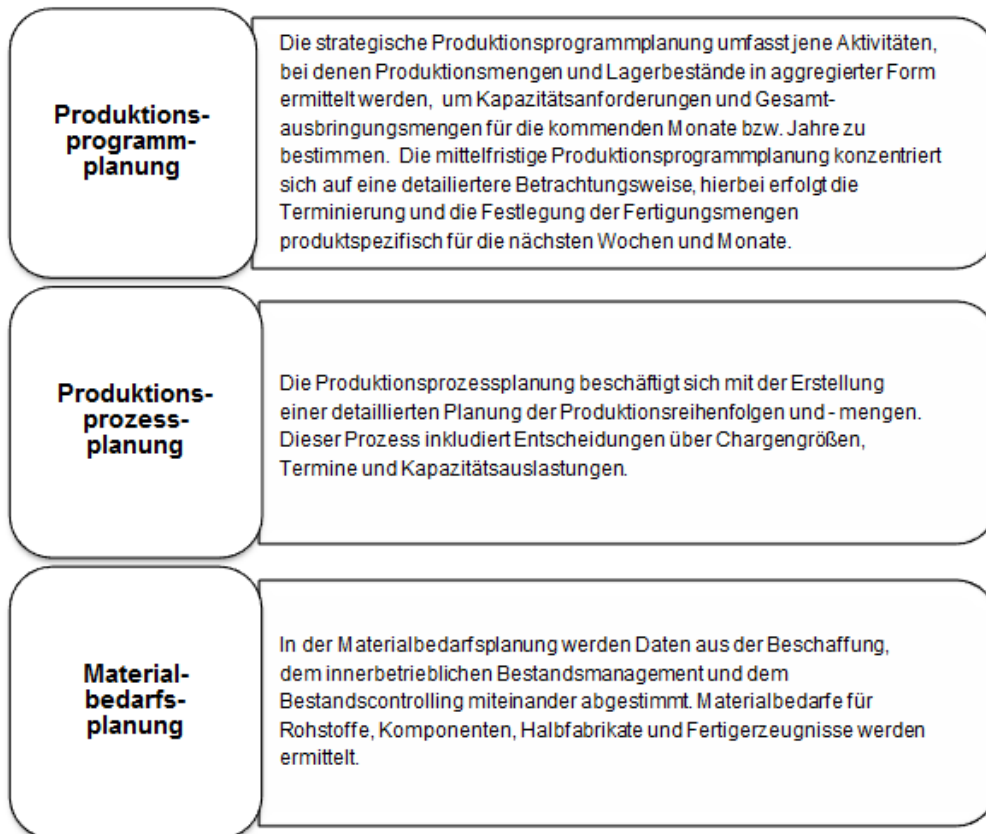
Im Rahmen eines Forschungsprojekts wurden gemeinsam mit dem Unternehmenspartner Ramsauer & Stürmer Software GmbH (kurz: R&S) 2014 und 2015 Konzepte zur Digitalisierung und Virtualisierung der PPS erarbeitet. Dabei sollte aufgezeigt werden, welche unterschiedlichen Strukturen, Prozesse und damit auch Herausforderungen für die Implementierung von Smart Logistics Lösungen im Bereich der Auftragsabwicklung vorherrschen.

3.2 Analyse der Produktionsstruktur zur Auftragsabwicklung

Um ein umfassendes Bild der Produktionsstrukturen von österreichischen Unternehmen im Bereich der Auftragsfertigung zu erhalten, wurde die empirische Analyse in 3 Abschnitte aufgeteilt. 3 relevante Forschungsfelder bilden die theoretische Basis der Untersuchung: Produktionsprogramm-, Produktionsprozess- und Materialbedarfsplanung (Abbildung 5).

Im Rahmen einer Voruntersuchung wurden 3 österreichische Unternehmen im Bereich der Auftragsfertigung ausgewählt und bezüglich der oben genannten Forschungsfelder analysiert. Die Voruntersuchung wurde in Form von Unternehmens- und Produktionsbesichtigungen sowie strukturierten Experteninterviews durchgeführt. Die Ergebnisse wurden auf Basis einer Literaturrecherche gemeinsam mit PPS-Experten sowie Forschungspartnern analysiert und anschließend jene Merkmale der PPS definiert, welche im Rahmen der empirischen Analyse der Produktionsstrukturen genauer zu untersuchen waren. Dies sind zum Beispiel: die Unternehmensgröße, die Anzahl der Mitarbeiter, die Anzahl der Aufträge pro Woche sowie die Anzahl an zu verplanenden Maschinen etc. (Tabelle 1). Nach Einschätzung des interdisziplinären Forschungsteams sind diese Merkmale entscheidend bei der Festlegung des optimalen IKT-Grads, da dieser im Bereich der PPS maßgeblich von der Ausprägung der definierten Merkmale abhängig ist. Um eine Auswahl geeigneter Unternehmen vornehmen zu können sowie eine entsprechende Auswertung und Interpretation der Daten sicherzustellen, wurden jeweils die minimalen und maximalen Kundenanforderungen pro Merkmal definiert.

Abbildung 5: Forschungsfelder



Quelle: Eigene Darstellung nach: Roth et al. 2008

Eine umfassende Literaturrecherche sowie die definierten Merkmale der PPS dienen als Basis zur Erstellung eines Fragebogens. Dieser umfasste insgesamt 24 Fragen und wurde in Form einer Online-Befragung an 241 österreichische Unternehmen versandt. Bei der Festlegung der Zielgruppe wurde möglichst breit über verschiedene Unternehmensgrößen und verschiedene produzierende Branchen gestreut, um ein repräsentatives Bild zu den unterschiedlichen Produktionsstrukturen zu erhalten. 52 Unternehmen nahmen an der Erhebung teil, die Rücklaufquote liegt somit bei 22 %.

Der Online-Fragebogen wurde in 4 Themengebiete unterteilt:

- Fragen zum Unternehmen
- Fragen zum Produktionsplanungsprozess
- Fragen zur Produktionssteuerung
- Fragen zur zukünftigen Einschätzung von bedeutenden Faktoren, Ressourcenbereitstellung und Maßnahmen zur Herstellkostensenkung

Tabelle 1: Relevante Unternehmensausprägungen für die PPS Strukturanalyse

Merkmale	Min. Ausprägung	Max. Ausprägung
Unternehmensgröße	100 Beschäftigte	1.000 Beschäftigte
Belegschaftsgröße im Produktionsbereich	50 Beschäftigte	250 Beschäftigte
Anzahl an Leitstand User (pro Maschinenpool)	Single User Konzept	Multi User Konzept
Verantwortungsumfang bzw. Position des Leitstand Users	Arbeitsvorbereitung	Fertigungsleitung
Durchschnittlich verfügbare Arbeitszeit für Leitstandplanungen	30 %	80 %
Durchschnittliche Anzahl der Aufträge pro Woche	10 Produktionsaufträge	200 Produktionsaufträge
Häufigkeit der Aktualisierung des Leitstands	max. 1x wöchentlich	stündlich
Typen von Ressourcen, die im Leitstand geplant werden	Nur Maschinen	Maschinen, Personal und Werkzeuge
Anzahl geplanter Ressourcen (Maschinen, Personal etc.)	5	300
Anzahl an Arbeitsschritten pro Fertigungsauftrag	1	< 20
Zeitlicher Planungsvorlauf (Planungshorizont)	5 Tage	1 Jahr

Quelle: Eigene Darstellung

3.3 Ergebnisse der empirischen Analyse der Produktionsstrukturen

Bevor im weiteren Verlauf dieser Managementstudie auf die detaillierte Auswertung der Online-Befragung eingegangen wird, erfolgt in diesem Abschnitt eine Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse der Analyse. Diese sind gemäß der Fragebogenstruktur in die Themengebiete Produktionsplanung, Produktionssteuerung und zukünftige Einschätzungen untergliedert.

Aus der Analyse des Themengebiets der Produktionsplanung lassen sich folgende Aussagen ableiten:

- Über 35 % der Unternehmen planen die Produktion manuell (mittels Excel-Tabellen, Planungsboard etc.) und nur 2 von 52 Unternehmen verwenden bereits ein Produktionsleitstand-System.
- Die Produktionsplanung wird vor allem von der Personalkapazität und der Materialverfügbarkeit beeinflusst, erst an dritter Stelle von der Maschinenkapazität. Das ist insofern bemerkenswert, da derzeit verfügbare Softwarelösungen primär für eine optimale Maschinenauslastung konzipiert sind.
- Die Planungszeiträume erstrecken sich bei fast allen Unternehmen über mehrere Wochen bzw. Monate. Die Anzahl der gleichzeitig eingeplanten Fertigungsaufträge beträgt bei mehr als einem Drittel der Unternehmen über 150 Aufträge. Dadurch entsteht eine erhebliche Komplexität in der Planung der Auftragsabwicklung.
- 30 % der Unternehmen machen hauptsächlich Einzelfertigungen. Das heißt, die Daten für eine digitale Auftragsabwicklung, wie zum Beispiel bestimmte Stammdaten, müssen jeweils im System neu angelegt werden. Hier stellt sich die Herausforderung, den Planungsaufwand durch die Digitalisierung nicht unnötig zu erhöhen. Dieses Risiko besteht vor allem dann, wenn die Daten nicht durchgängig vernetzt sind und an verschiedenen Stellen im Prozess in unterschiedlichen Systemen jeweils neu angelegt werden müssen.
- In Bezug auf Flexibilität spielt für die Unternehmen die Rückwärtsterminierung meist eine entscheidende Rolle. Das heißt, die Aufträge werden so spät wie möglich gestartet, um unnötige Bestände an Fertigwaren zu vermeiden. Bei Nachfrageschwankungen setzen aber vor allem größere Unternehmen nach wie vor auf eine Kombination aus auftragsbezogener Fertigung und Lagerfertigung. Letztere dient meist dazu, die Produktion optimal auszulasten und Unterauslastungen oder gar Stillstandzeiten zu vermeiden. Für viele Unternehmen reicht dafür eine tages- bzw. schichtgenaue Einplanung.

Während sich die Produktionsplanung mit der optimalen Einplanung der Fertigungsaufträge beschäftigt, liegt der Fokus der Produktionssteuerung auf der eigentlichen Auftragsfreigabe und der Überwachung der Auftragsabarbeitung, um auf ungeplante Ereignisse in der Produktion, wie zum Beispiel einem Werkzeugbruch oder einem Qualitätsproblem, rasch reagieren zu können. Aus dem Themengebiet der Produktionssteuerung lassen sich im Rahmen der empirischen Analyse folgende Aussagen ableiten:

- Probleme in der Materialverfügbarkeit führen am häufigsten dazu, dass Kundenaufträge nicht wie geplant, termingerecht für die Produktion freigegeben werden können. Eine Vernetzung der Materialverfügbarkeitsplanung mit der Produktionsplanung stellt hier eine wesentliche Verbesserungsmöglichkeit dar.
- Die Einhaltung des Liefertermins steht primär im Fokus der Abarbeitungsreihenfolge. Die Reihenfolge der Auftragseingänge bzw. eine optimale Auslastung der Maschinen spielen demgegenüber eine untergeordnete Rolle. Auch unterschiedliche Kundenprioritäten oder möglichst kurze Durchlaufzeiten haben eine verhältnismäßig geringe Auswirkung auf die Produktionssteuerung.
- Die regelmäßige Rückmeldung über den tatsächlichen Auftragsfortschritt ins ERP-System erfolgt teilweise noch immer manuell. Die Daten werden meist stündlich an das ERP-System weitergeleitet. Von einer Steuerung der Produktion mittels Echtzeit-Daten kann also nur in wenigen Ausnahmefällen ausgegangen werden.
- Die Reaktion auf ungeplante Ereignisse ist trotz aller Planungssysteme immer noch eine zentrale Aufgabe der Logistik. Die Durchführung von Eilaufträgen ist für viele Unternehmen von großer Bedeutung. Ein Hinweis darauf, dass gerade beim Einsatz von IKT die Flexibilität und Agilität der Produktionssteuerung eine essentielle Anforderung darstellt.

Im abschließenden Teil wird eine Abschätzung vorgenommen, welche Faktoren in Zukunft bei der Digitalisierung eines PPS-Leitstands für die Unternehmen von besonderer Bedeutung sind.

- Die Reduktion der Herstellkosten und die Beherrschung der Produktionskomplexität hat für die Unternehmen oberste Priorität. Im PPS-Bereich werden in den nächsten Jahren dafür die meisten Ressourcen eingesetzt werden.
- Bei der Reduktion der Herstellkosten spielen Vermeidung von Ausschuss und Nacharbeiten sowie eine Reduktion der Materialkosten eine wichtige Rolle. Die Verbesserung der Maschinenauslastung ist ebenfalls für viele Unternehmen ein wichtiges Thema. Dies deckt sich mit den Potentialen zur Steigerung der

Prozesseffizienz und der zunehmenden Vernetzung der Unternehmen, die im ersten Teil dieser Managementstudie beschrieben wurden.

- Wichtige Prozessparameter, wie die Materialverfügbarkeit oder SOLL-IST Vergleiche für die Termineinhaltung, müssen in Echtzeit im Produktionsleitstand verfügbar sein.
- Die Komplexität und Dynamik der Daten stellen eine zentrale Herausforderung für das Visualisierungskonzept eines Leitstandsystems dar. Diese Anforderungen werden zudem noch dadurch verschärft, dass Informationen nicht nur an hochauflösenden Monitoren, sondern auch auf relativ kleinen Bildschirmen von mobilen Endgeräten übersichtlich dargestellt werden müssen. Die einfache Bedienbarkeit und die Schnittstellen in das ERP-System werden dabei als sehr wichtig erachtet.

3.3.1 Angaben zu den befragten Unternehmen

Die Unternehmensgröße wurde anhand der Anzahl an Beschäftigten, wie in Tabelle 2 dargestellt, klassifiziert. Für die Analyse der Produktionsstrukturen hat sich eine Einteilung bis 500 Beschäftigte als zweckmäßig erwiesen. Eine detaillierte Analyse der Unternehmensdaten zeigt, dass ca. 50 % der insgesamt 52 befragten Unternehmen der Kategorie KMU zuzuordnen sind. Um entsprechende Referenzwerte zu unterschiedlichen Anforderungen von KMU und größeren Produktionsunternehmen zu erhalten, wurden auch Unternehmen über 500 Beschäftigte in die Befragung aufgenommen.

Tabelle 2: Unternehmensgröße nach Anzahl der Beschäftigten

Unternehmen klassifiziert nach Anzahl der Beschäftigten	Anzahl Unternehmen
0 - 50 Beschäftigte	13
51 - 150 Beschäftigte	10
151 - 500 Beschäftigte	7
> 500 Beschäftigte	10
keine Angabe	12
Summe	52

Quelle: Eigene Darstellung

Wie in Tabelle 3 ersichtlich, können die Unternehmen insgesamt 15 unterschiedlichen Branchen zugeordnet werden. Die beiden stärksten Gruppen setzen sich aus der Elektroindustrie (21 %) und der metallverarbeitenden Industrie (13 %) zusammen.

Tabelle 3: Anzahl der Unternehmen klassifiziert nach Branche

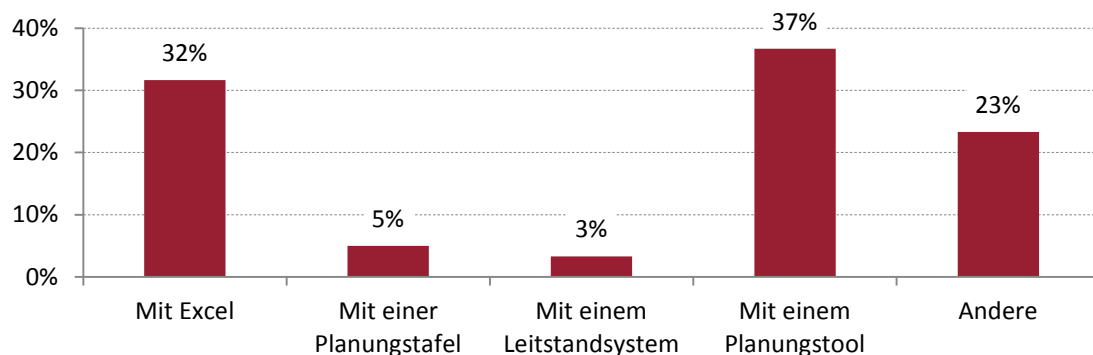
Unternehmen klassifiziert nach Branchen	Anzahl Unternehmen	Prozent
Automobilindustrie	5	10 %
Metallverarbeitende Industrie	7	13 %
Elektroindustrie	11	21 %
Energie	3	6 %
Maschinenbau	5	10 %
Kunststoffindustrie	3	6 %
Sonstiges	10	19 %
Keine Angaben	8	15 %
Summe	52	

Quelle: Eigene Darstellung

3.3.2 Detaillierte Ergebnisse zum Produktionsplanungsprozess

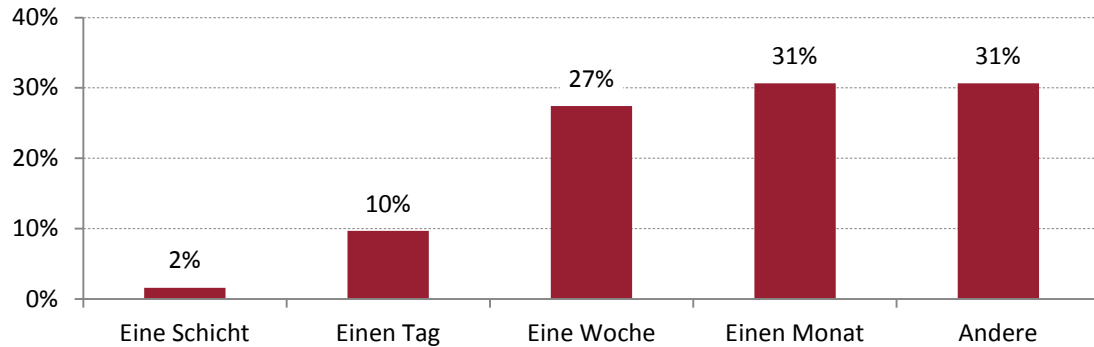
Die Untersuchung hat gezeigt, dass bisher nur wenige Unternehmen ein Leitstandsystem verwenden (insgesamt 2 von 52). Ein Großteil der befragten Unternehmen greift auf andere Planungstools, wie beispielsweise individuell programmierte Software oder spezielle Produktionsplanungssysteme, zurück. 32 % der befragten Unternehmen geben an, die Produktionsplanung mithilfe von Excel durchzuführen. Etwa ein Viertel gibt an, dass in deren Unternehmen andere Tools zur Planung verwendet werden, darunter fallen z.B. auch ERP-Systeme. Jene Unternehmen, die den Produktionsplanungsprozess mittels Excel oder Planungstafel manuell abbilden, verfügen meist über keine ausreichend digitalisierte Datenbasis, um die Potentiale der horizontalen und vertikalen Integration diesbezüglich nutzen zu können.

Abbildung 6: Häufigkeit von Planungstools zur Produktionsprogrammierstellung



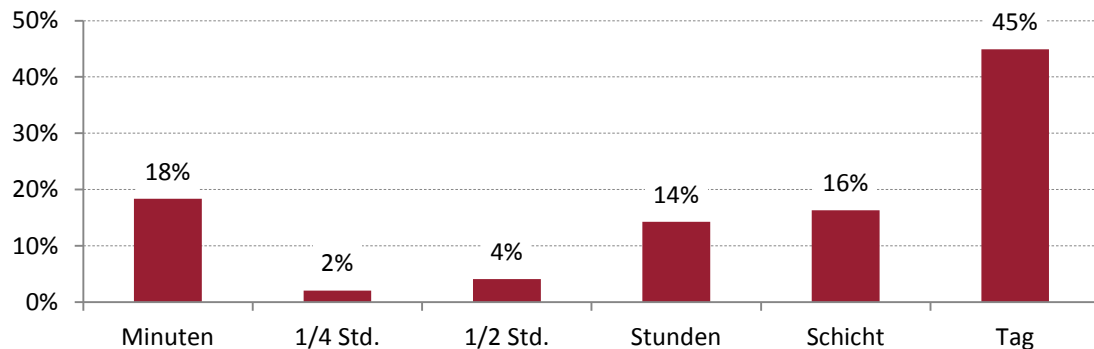
Quelle: Eigene Darstellung

Beinahe ein Drittel der befragten Unternehmen plant die Produktion für einen Monat im Voraus. Bei ca. 12 % erfolgt die Produktionsplanung für nur maximal einen Arbeitstag. 31 % der Unternehmen planen ihre Produktion für mehr als einen Monat - bis hin zu einem Jahr - im Voraus. Durch diesen sehr langen Planungshorizont ist eine Reaktion auf individuelle Kundenbedürfnisse nur erschwert möglich.

Abbildung 7: Zeitraum der Produktionsplanung

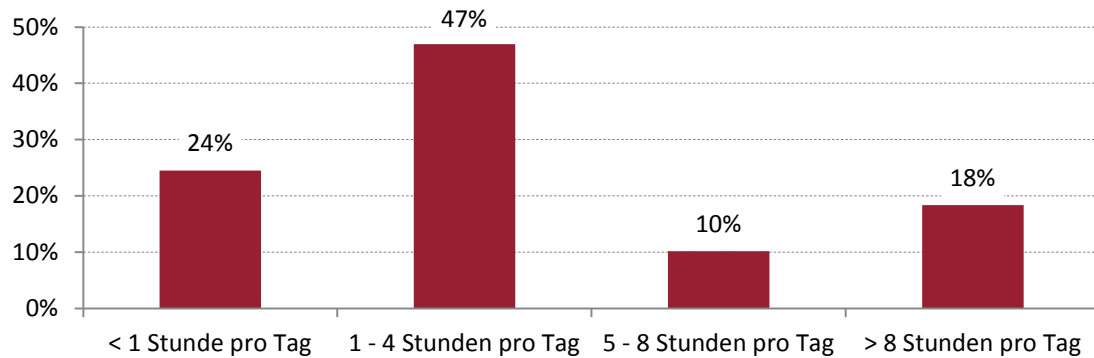
Quelle: Eigene Darstellung

Bei der Genauigkeit der Planung zeigt sich, dass etwa die Hälfte der Unternehmen ihre Fertigungsschritte bzw. Arbeitsgänge in der Produktion auf den Tag genau planen. Nur 18 % der Befragten planen ihre Produktion auf die Minute genau.

Abbildung 8: Planungsgenauigkeit von Produktionsarbeitsgängen

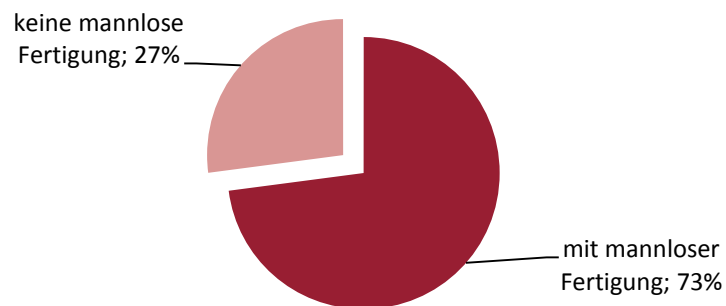
Quelle: Eigene Darstellung

Rund 71 % der Unternehmen benötigen pro Tag nicht mehr als 4 Stunden, um die Produktion zu planen. Bei kleinen Unternehmen (<100 Beschäftigte) gibt es keine einzige Rückmeldung, dass diese für die Planung über 4 Stunden pro Tag benötigen. Bei Unternehmen mit mehr als 500 Beschäftigten, benötigt rund ein Drittel davon mehr als 5 Stunden pro Tag.

Abbildung 9: Zeitaufwand für die Produktionsplanung

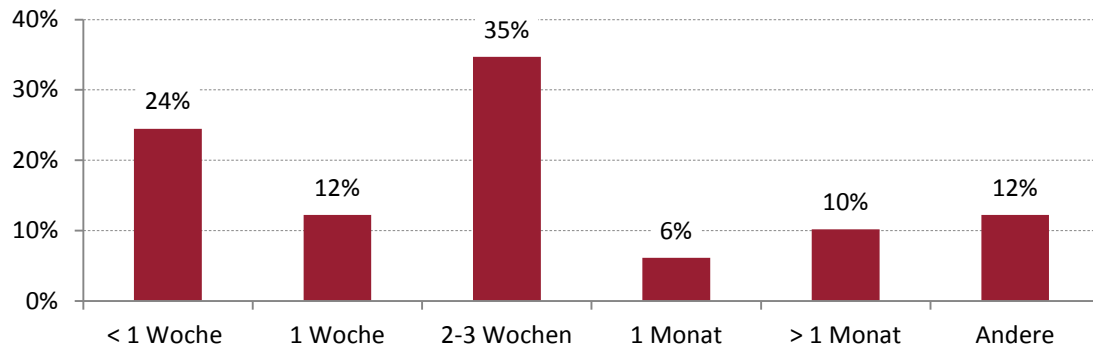
Quelle: Eigene Darstellung

Eine klare Mehrheit von 73 % gibt an, dass es in ihrer Produktion auch mannlose Fertigungsschritte gibt. Im Hinblick auf die Integration aller Daten, sollte deshalb darauf geachtet werden, einen automatischen Datenaustausch zu diesen Anlagen zu gewährleisten.

Abbildung 10: „Mannlose“ Fertigungsschritte

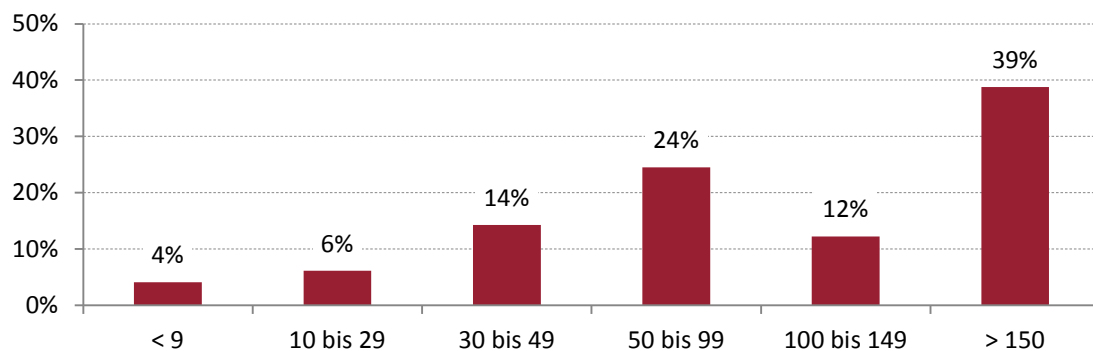
Quelle: Eigene Darstellung

Im Rahmen der Analyse wurde auch erhoben, wie lange typischerweise die Durchlaufzeit eines Fertigungsauftrags ist. Diese beträgt bei ca. 71 % der Unternehmen weniger als 3 Wochen, hingegen bei 16 % einen Monat oder mehr.

Abbildung 11: Durchlaufzeit pro Fertigungsauftrag

Quelle: Eigene Darstellung

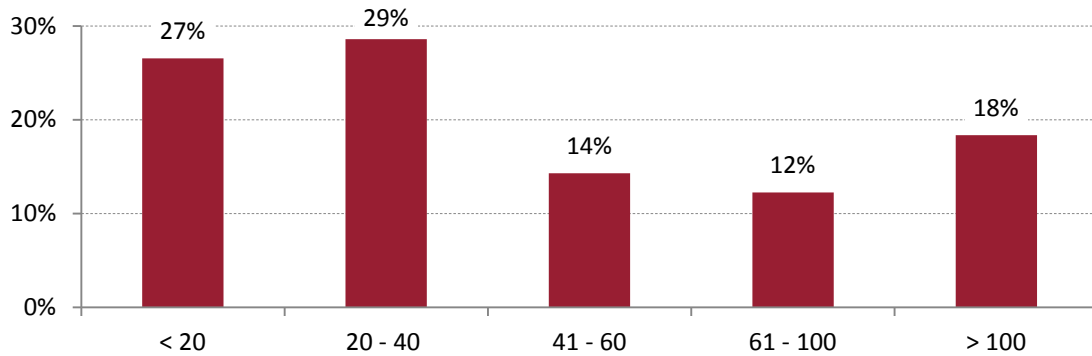
39 % der Unternehmen geben an, dass ihr Produktionsplan mehr als 150 Fertigungsaufträge pro Woche umfasst. Weitere 36 % teilen in der Erhebung mit, dass diese immerhin noch zwischen 50 und 149 Aufträge pro Woche einplanen. Nur knapp über ein Fünftel der Unternehmen hat einen Produktionsplan mit 10 bis 49 Aufträgen pro Woche und lediglich 4 % geben an, dass deren Produktionsplan gerade bis zu 9 Aufträge pro Woche umfasst.

Abbildung 12: Anzahl Fertigungsaufträge pro Woche

Quelle: Eigene Darstellung

Mehr als die Hälfte (56 %) der Unternehmen planen die Belegung von bis zu 40 Produktionsmaschinen in einem Leitstand. Vor allem bei größeren Unternehmen werden bis zu 100 Maschinen und mehr in der Produktionsplanung abgebildet.

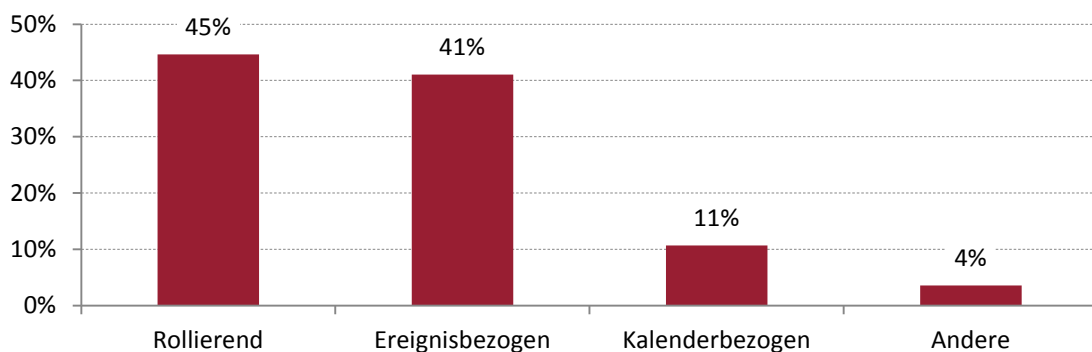
Abbildung 13: Anzahl Produktionsmaschinen



Quelle: Eigene Darstellung

45 % der Unternehmen planen ihre Produktion rollierend, weitere 41 % ereignisbezogen und die restlichen 15 % bedienen sich einer kalenderbezogenen Produktionsplanung oder anderer Methoden, wie etwa einer übergeordneten Kapazitätsplanung. Auffallend ist, dass vor allem in kleineren Unternehmen die Produktionsplanung tendenziell ereignisbezogen erfolgt, während in größeren Unternehmen eher eine rollierende Planung durchgeführt wird.

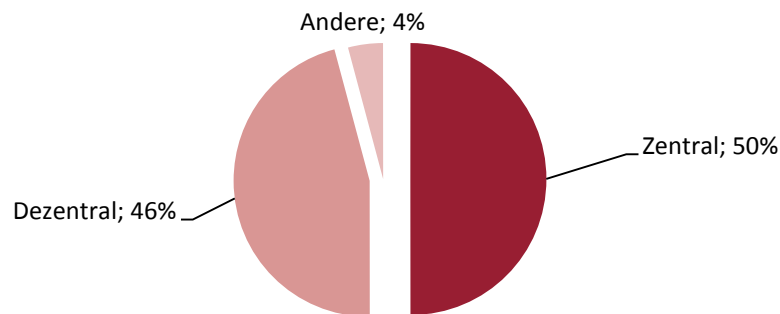
Abbildung 14: Auslöser für die Produktionsplanung



Quelle: Eigene Darstellung

Genau die Hälfte der Unternehmen plant die Produktion zentral. 46 % der befragten Betriebe planen die Produktion dezentral, die restlichen 4 % planen diese automatisch mithilfe eines ERP-Systems oder einer Mischung aus einer zentralen und dezentralen Planung.

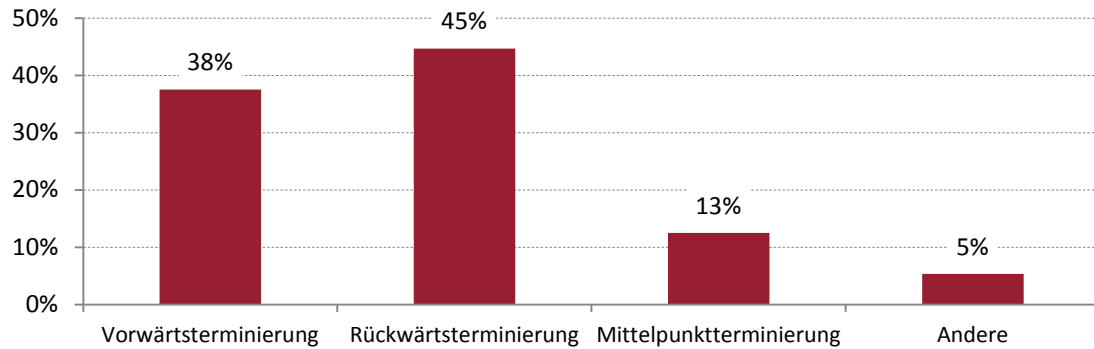
Abbildung 15: Angewandter Planungsansatz



Quelle: Eigene Darstellung

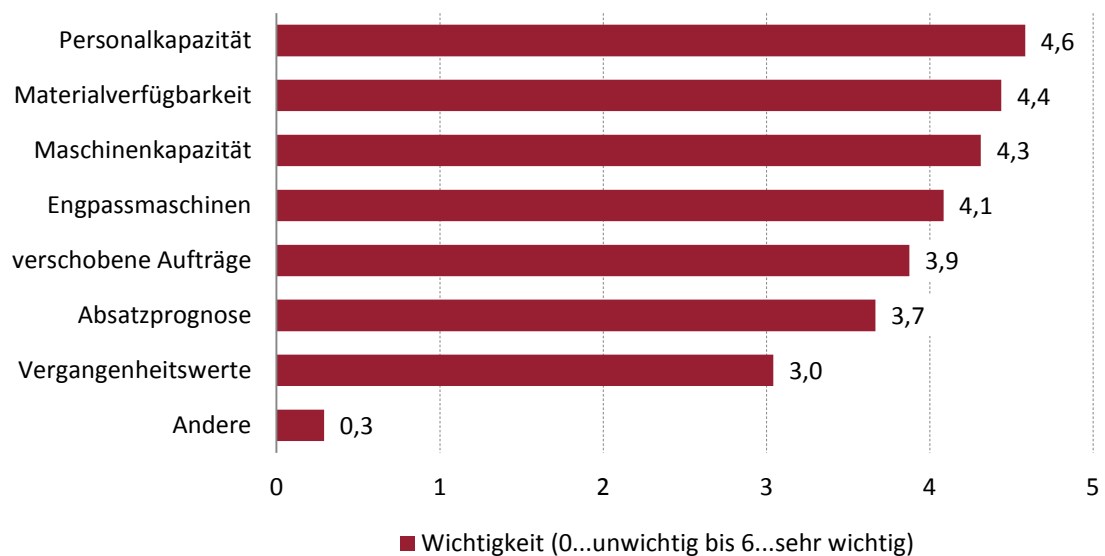
Kleinere Unternehmen bis zu 100 Beschäftigten organisieren die Produktionsplanung nach einem Single-User Prinzip. Das heißt, es gibt meist eine zentrale Stelle, die für die Einplanung der Fertigungsaufträge verantwortlich ist. Bei großen Unternehmen mit über 500 Beschäftigten wird mehrheitlich ein dezentraler bzw. automatisierter Planungsansatz verfolgt.

Mit 45 % verwendet ein Großteil der befragten Unternehmen die Rückwärtsterminierung, weitere 38 % wenden die Vorwärtsterminierung an, während nur 13 % der Befragten die Mittelpunkterminierung nutzen. In der Mehrzahl der Unternehmen wird der Fertigungsbeginn, abhängig von der Auftragsdurchlaufzeit und dem jeweiligen Liefertermin, so spät wie möglich gelegt, um „just-in-time“, die Waren ausliefern zu können. Bei der Vorwärtsterminierung hingegen wird der Fertigungsbeginn so früh wie möglich gelegt, um die freie Kapazität für zukünftige Aufträge nutzen zu können. Zudem wird die Anpassung an den jeweiligen Auftrag oder an fixe Zeiträume als alternative Möglichkeiten der Terminierung genannt. Die Vorwärtsterminierung wird mehrheitlich von kleinen Unternehmen eingesetzt, mittlere und große Unternehmen verwenden schwerpunktmäßig eine Rückwärtsterminierung.

Abbildung 16: Verwendetes Terminierungsverfahren

Quelle: Eigene Darstellung

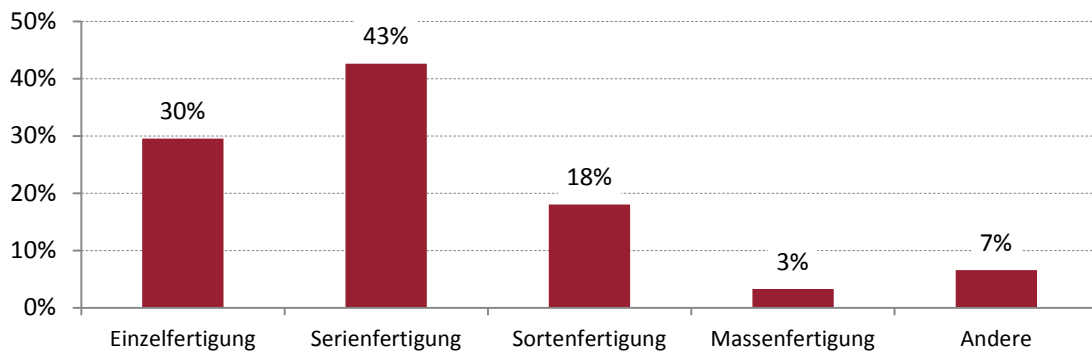
Aus Sicht der befragten Unternehmen beeinflussen die Personalkapazität und die Materialverfügbarkeit die Produktionsplanung am stärksten. Erst danach folgen Maschinenkapazität sowie Engpassmaschinen. Dementsprechend sollte ein Leitstandskonzept so ausgelegt werden, dass bei der Produktionsplanung, Personal- und Materialverfügbarkeiten ebenso wie Maschinenkapazitäten berücksichtigt werden können.

Abbildung 17: Einflussfaktoren auf die Produktionsplanung

Quelle: Eigene Darstellung

Der meist genannte Fertigungstyp ist die Serienfertigung mit 43 %, gefolgt von der Einzelfertigung mit 30 %. Lediglich 18 % bündeln ihre Fertigungsaufträge zu einer jeweils sortenreinen Losgrößenfertigung (kurz: Sortenfertigung), von nur 3 % wird die Massenfertigung eingesetzt. Als weitere Fertigungstypen werden die Parallelfertigung und die auftragsbezogene Einzelfertigung von Serienprodukten genannt.

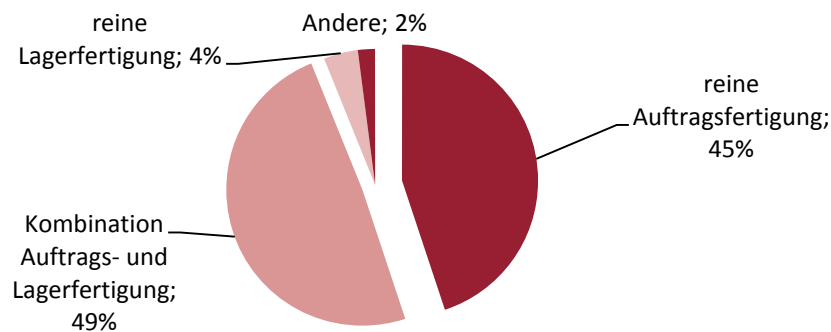
Abbildung 18: Unterschiedliche Fertigungsprinzipien



Quelle: Eigene Darstellung

Etwa die Hälfte der Unternehmen verfolgt eine Kombination aus kundenspezifischer auftrags- und kundenunabhängiger Lagerfertigung. Immerhin 45 % bedienen sich einer reinen Auftragsfertigung und nur knapp 4 % fertigen ausschließlich kundenneutral auf Lager. Auffällig ist, dass kleine Unternehmen eher nach Auftragsfertigung arbeiten, während größere Unternehmen meist eine Kombination aus Auftrags- und Lagerfertigung wählen.

Abbildung 19: Fertigungsansatz des Unternehmens

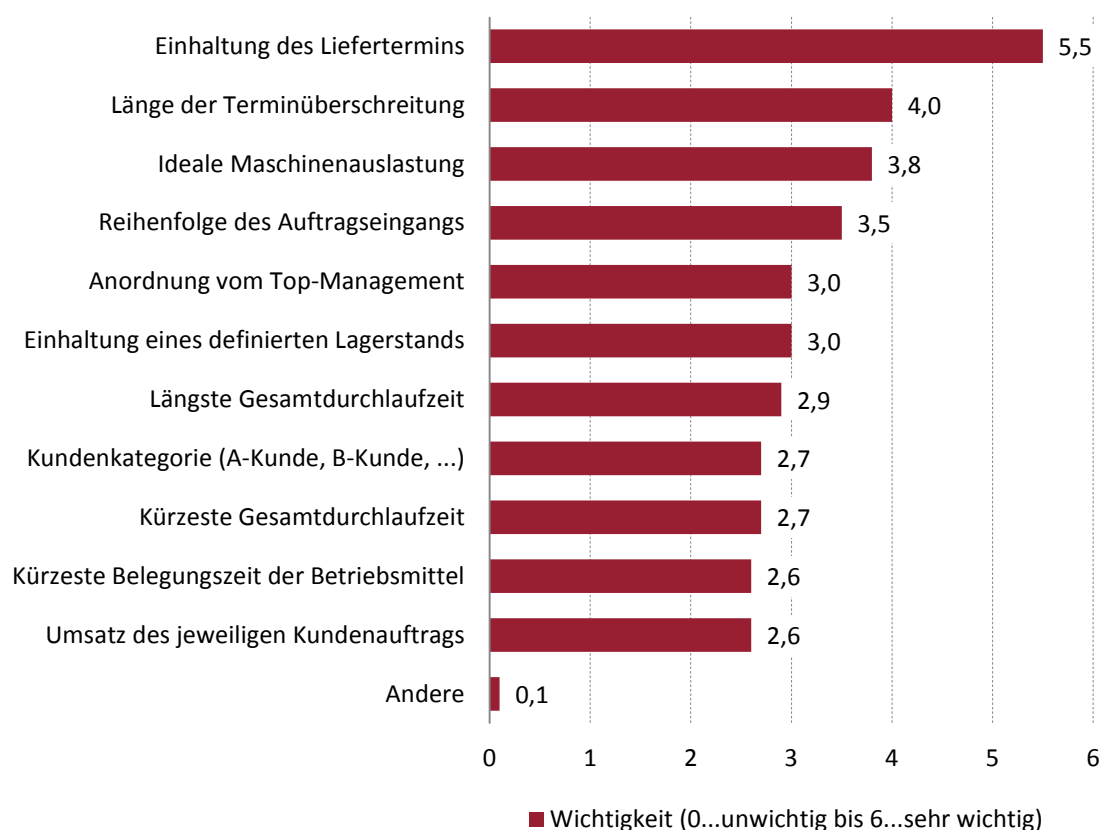


Quelle: Eigene Darstellung

3.3.3 Detaillierte Ergebnisse zur Produktionsprozesssteuerung

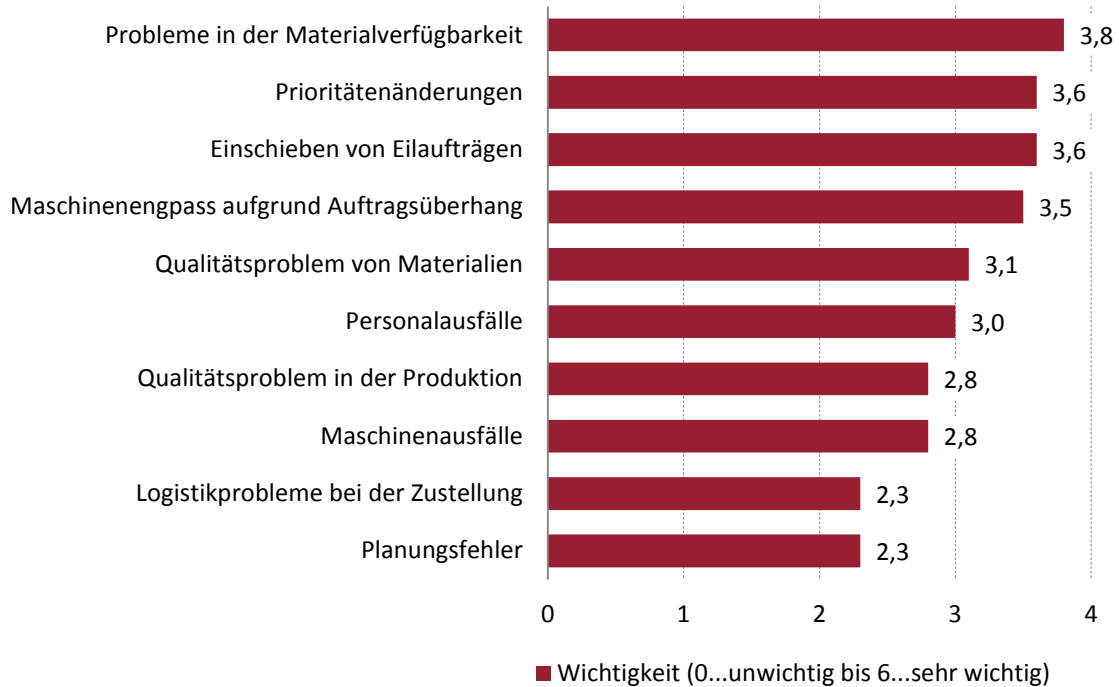
Bei der Produktionssteuerung zeigt sich deutlich, dass der wichtigste Faktor für die Abarbeitungsreihenfolge, die Einhaltung des Liefertermins ist. Ebenfalls von hoher Bedeutung sind die Länge der Terminüberschreitung, die ideale Maschinenauslastung und die Reihenfolge des Auftragseingangs. Eine hohe Auftragseingangsmenge für ein begrenztes Lieferterminfenster wird als weiterer bedeutender Faktor angegeben.

Abbildung 20: Einflussfaktoren auf die Abarbeitungsreihenfolge der Produktion



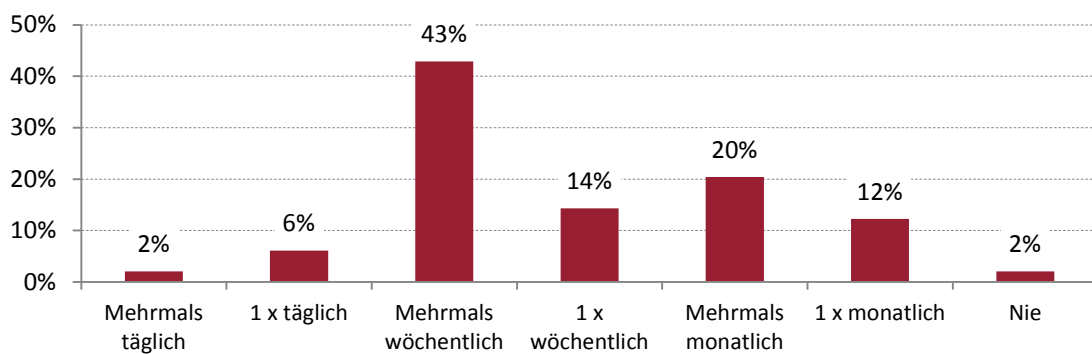
Quelle: Eigene Darstellung

Die Materialverfügbarkeit stellt die größte Herausforderung für die befragten Unternehmen dar, gefolgt von der kurzfristigen Einplanung und Umsetzung von Eilaufträgen aufgrund geänderter Prioritäten. Das Auftreten von Maschinenengpässen sollte durch die Einplanung vermieden werden können: Maschinenausfälle, Qualitätsprobleme und Planungsfehler sind demnach eher weniger stark verantwortlich für Verschiebungen.

Abbildung 21: Ursachen für die Verschiebung von Kundenterminen

Quelle: Eigene Darstellung

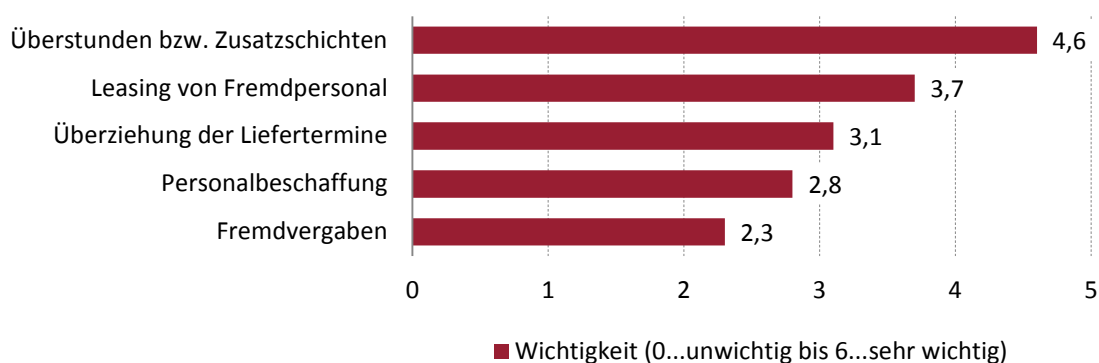
Bei 43 % der Unternehmen treten Eilaufträge mehrmals wöchentlich auf und bei weiteren 14 % einmal wöchentlich. 32 % geben an, dass einmal im Monat oder mehrmals monatlich Eilaufträge auftreten. Nur ein befragtes Unternehmen gab an, entweder nie oder mehrmals täglich mit Eilaufträgen konfrontiert zu sein.

Abbildung 22: Auftrittshäufigkeit von Eilaufträgen

Quelle: Eigene Darstellung

Ein Großteil der Unternehmen reagiert bei Kapazitätsengpässen mit der Anordnung von Überstunden oder zusätzlichen Schichten auf den Nachfrageüberhang. Möglichkeiten, die ebenfalls in Erwägung gezogen werden, sind das Leasing von Fremdpersonal oder das Verschieben von Kundenaufträgen.

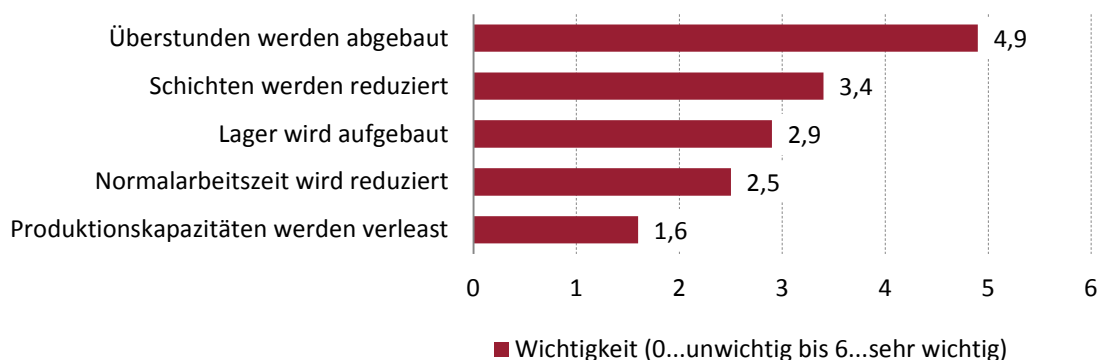
Abbildung 23: Reaktion bei Nachfrageüberhang



Quelle: Eigene Darstellung

Bei einer Unterauslastung reagieren Unternehmen, im Vergleich zu einem Auftragsüberhang, genau gegensätzlich, indem Überstunden abgebaut oder die Anzahl der zu arbeitenden Schichten reduziert werden. Manche Unternehmen schaffen auch Abhilfe, indem das Lager aufgebaut wird oder generell die Normalarbeitszeit reduziert wird. Die Auswertung der entsprechenden Fragen zeigt, dass schwankende Nachfragen hauptsächlich über die Anzahl der Beschäftigten im Produktionsbereich kompensiert werden, die Flexibilität des Personals spielt dementsprechend für die Unternehmen eine entscheidende Rolle.

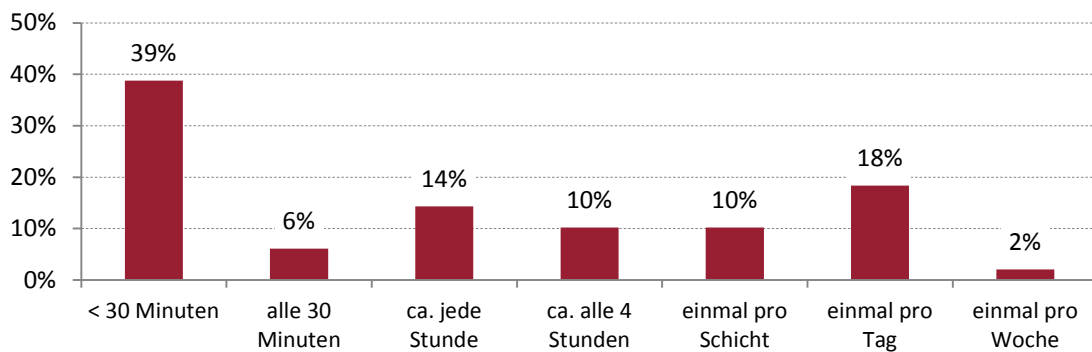
Abbildung 24: Reaktion bei Unterschreitung der Kapazitäten



Quelle: Eigene Darstellung

45 % der befragten Unternehmen geben an, dass die Rückmeldung von Daten in das ERP-System in Zeitintervallen von mindestens 30 Minuten erfolgt. Bei 14 % der Betriebe werden die Daten ca. jede Stunde an das ERP-System gemeldet, bei 10 % erfolgt eine Rückmeldung etwa alle 4 Stunden. Weitere 28 % teilen in der Befragung mit, dass in ihren Unternehmen die Rückmeldung der Daten nur einmal pro Schicht oder pro Tag durchgeführt wird. Die Datenbasis für die Verwendung von Echtzeitdaten ist damit bei den meisten Unternehmen noch nicht gegeben.

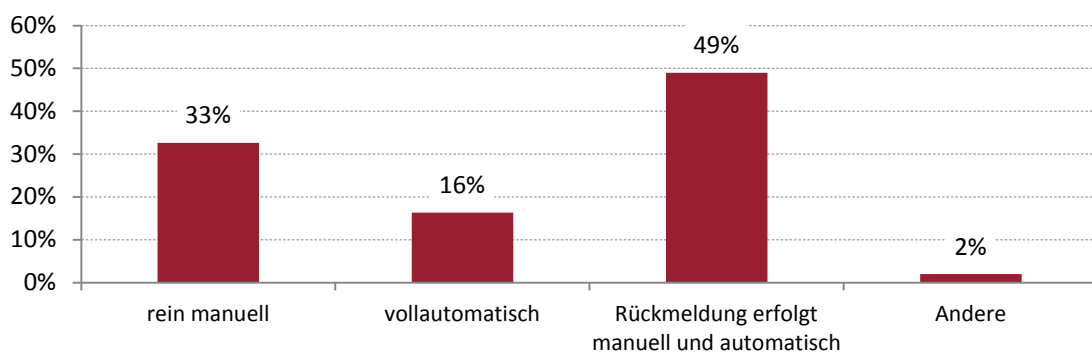
Abbildung 25: Häufigkeit der Rückmeldung von Daten ins ERP-System



Quelle: Eigene Darstellung

Bei fast der Hälfte der Unternehmen erfolgt die Rückmeldung vorwiegend in einer Mischung aus manuell erfassten und automatisch generierten Daten. Eine ausschließlich manuelle Rückmeldung erfolgt immer noch bei 33 %, eine vollautomatische Rückmeldung hingegen erst bei 16 % der Befragten.

Abbildung 26: Automatisierungsgrad der Daten-Rückmeldung

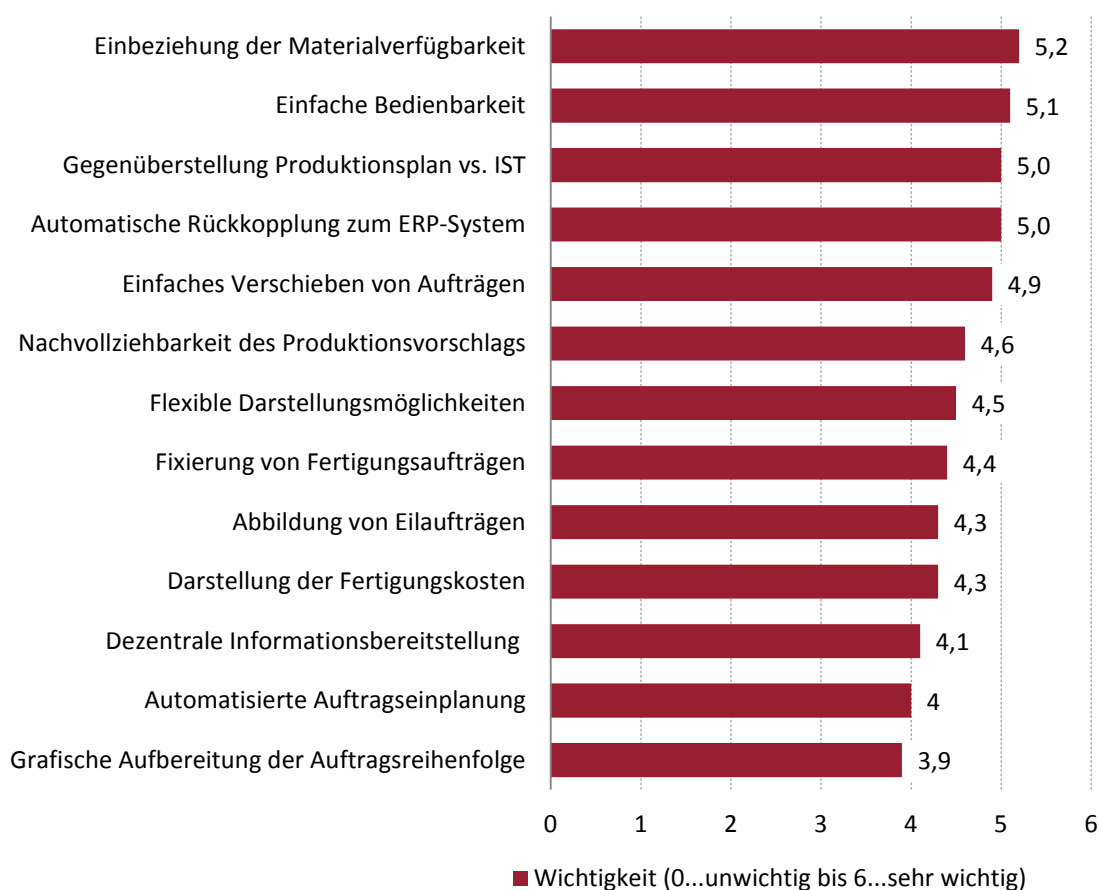


Quelle: Eigene Darstellung

3.3.4 Ansätze einer zukünftigen Weiterentwicklung

Im abschließenden Teil der Befragung wurden die Interviewpartner nach den wichtigsten Weiterentwicklungsfaktoren für ihre PPS in der Zukunft befragt. Als bedeutende Faktoren wurden vor allem die Einbeziehung der Materialverfügbarkeit in die Produktionsplanung, die einfache Bedienbarkeit, die automatische Rückkopplung zum ERP-System, der Soll-Ist-Vergleich sowie das einfache Verschieben von Aufträgen genannt. Weniger wichtig erscheinen den Unternehmen die grafische Aufbereitung der Auftragsreihenfolge oder eine vollautomatisierte Auftragseinplanung.

Abbildung 27: Bedeutende Weiterentwicklungsfaktoren der Produktionsplanung



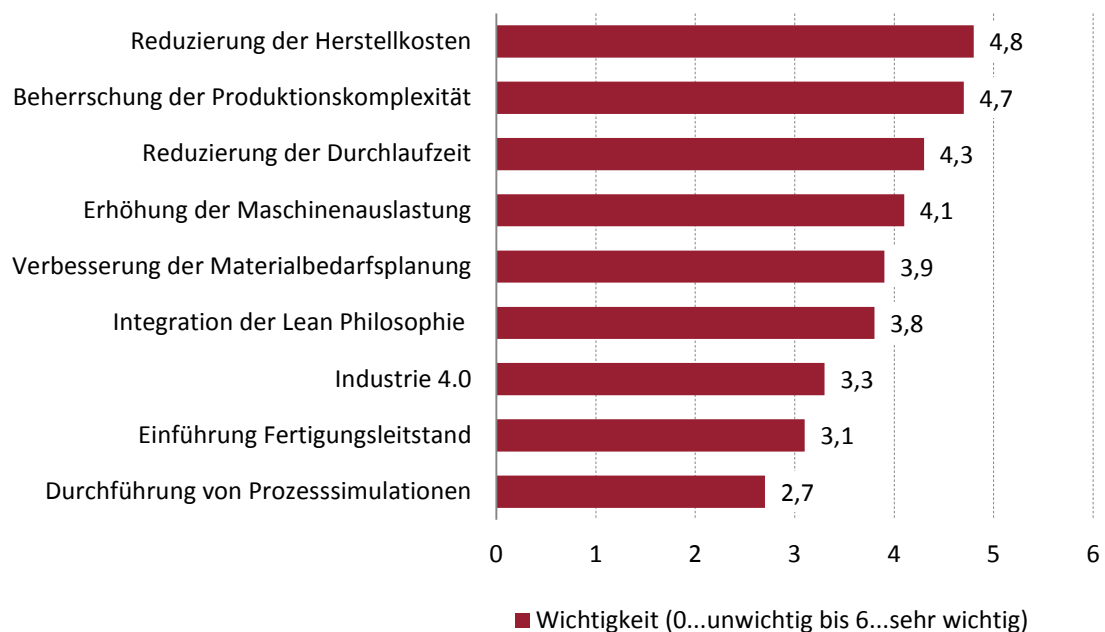
Quelle: Eigene Darstellung

Im Hinblick auf die Digitalisierung der PPS-Prozesse wird es umso wichtiger sein, dass alle dafür benötigten Daten in entsprechender Qualität durchgängig bereitgestellt werden. Stammdaten liefern dabei die Basisdatenquelle und legen den Grundstein für

die Datenqualität der darauf aufbauenden Prozesse. Die konsequente Datenerfassung innerhalb der betrieblichen Abläufe schafft eine Durchgängigkeit des Informationsflusses und ermöglicht eine flexible Reaktion auf Änderungswünsche. Dabei ist es unerheblich, ob diese extern vom Kunden geäußert werden, oder intern durch Störungen oder Umplanungen verursacht werden. In jedem Fall ist es notwendig, eine Kommunikation zwischen den unterschiedlichen Systemen aufzubauen, um den Datenaustausch in Echtzeit garantieren zu können.

Befragt man die Unternehmen, in welche Bereiche sie in den kommenden Jahren die meisten Ressourcen investieren werden, so werden die Reduktion der Herstellkosten und die Beherrschung der Produktionskomplexität genannt. Als weitere wichtige Bereiche werden die Reduktion der Durchlaufzeit, die Erhöhung der Maschinenauslastung sowie die Verbesserung der Materialbedarfsplanung angegeben. Weniger interessant erscheinen hingegen die Bereiche wie die Durchführung von Prozesssimulationen oder die Einführung eines Fertigungsleitstands.

Abbildung 28: Zukünftige Ressourcenbereitstellung

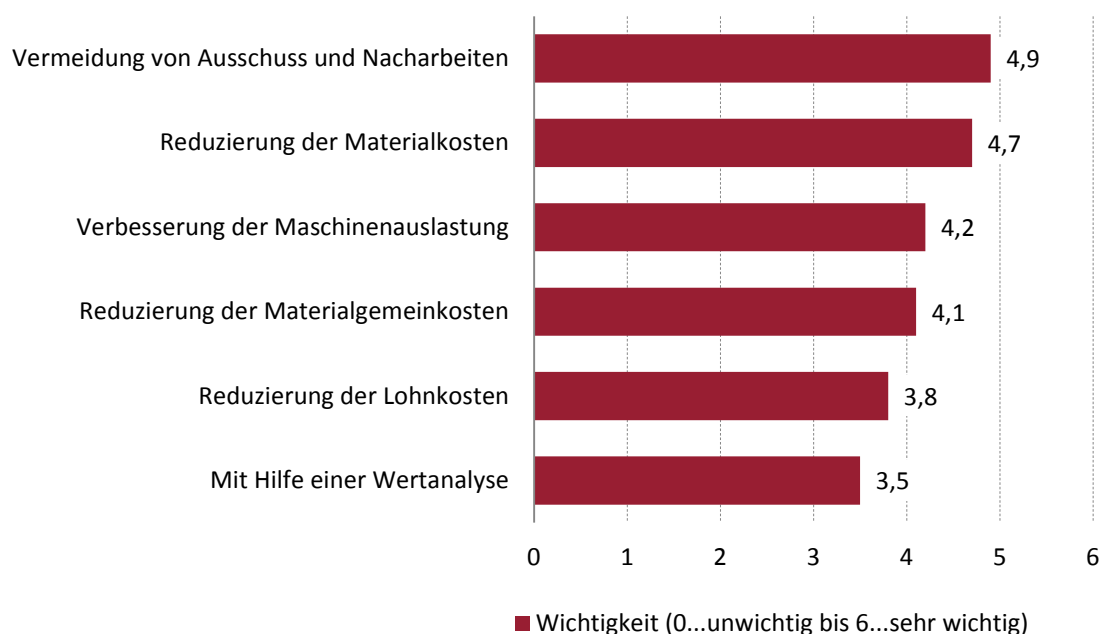


Quelle: Eigene Darstellung

Um die Herstellkosten künftig senken zu können, konzentrieren sich die Unternehmen hauptsächlich auf die Vermeidung von Ausschuss und Nacharbeiten sowie auf die Reduktion der Materialkosten. Einige versuchen, durch eine Verbesserung der

Maschinenauslastung oder eine Reduktion der Materialgemeinkosten, die Herstellkosten entsprechend zu senken. Die Reduktion der Herstellkosten mithilfe einer Wertanalyse oder durch Reduktion der Lohnkosten findet bei den Unternehmen weniger Anklang.

Abbildung 29: Zukünftige Maßnahmen zur Senkung der Herstellkosten



Quelle: Eigene Darstellung

3.4 Schlussfolgerungen zur Digitalisierung in der PPS

Die empirische Analyse zeigt, dass die Anforderungen an die PPS und damit geeignete IKT-Lösungen stark von der jeweiligen Unternehmensgröße abhängen. Über 35 % der Unternehmen planen die Produktion noch manuell (mit Excel, Planungsboard, etc.) Es stehen damit nur im begrenzten Umfang digitalisierte Daten zur Verfügung, wodurch zum gegenwärtigen Zeitpunkt weder eine horizontale noch eine vertikale Integration vollzogen werden kann. Dies spricht einerseits für ein enormes Potential, um ein entsprechendes Leitstandskonzept zu entwickeln bzw. mittels Einsatz von IKT diese „Datenlücken“ im Unternehmen zu schließen. Andererseits gaben die befragten Unternehmen an es vorzuziehen, den zukünftigen Ressourceneinsatz eher in die Reduzierung der Herstellkosten zu investieren als zum Beispiel die Einführung eines digitalen Fertigungsleitstandes voranzutreiben. Für die Unternehmen scheint die Digitalisierung der Produktionsprozesse demnach weniger im Vordergrund zu stehen.

Dies ist eventuell darauf zurückführbar, dass die Potentiale einer durchgängigen Datenvernetzung von vielen noch nicht erkannt werden.

Wie im ersten Teil der Managementstudie erläutert, basiert das Konzept von Smart Logistics unter anderem auf der Verwendung von Echtzeitdaten, die durch die Verknüpfung aller Einheiten der Wertschöpfungskette gewährleistet wird. Betrachtet man die Ergebnisse der empirischen Analyse, so wird deutlich, dass bei vielen Unternehmen die Basis für die Verarbeitung von Echtzeitdaten noch nicht geschaffen wurde. So erfolgt nur bei 16 % der Befragten eine Rückmeldung der Produktionsdaten in das ERP-System vollautomatisiert. Über 50 % der befragten Unternehmen geben an, dass die Rückmeldung der Daten etwa jede Stunde oder in einem noch größeren Zeitintervall und in vielen Fällen überhaupt noch manuell erfolgt.

Die befragten Unternehmen sehen als Haupteinflussfaktoren der Produktionsplanung die Personalkapazität und die Materialverfügbarkeit. Die Digitalisierung bietet hier einen Ansatzpunkt und ermöglicht eine durchgängige Abbildung aller Prozessdaten. Dadurch wird eine Datenbasis geschaffen, welche die dezentrale Planung und Produktionssteuerung unter Berücksichtigung der gegebenen Materialverfügbarkeiten und Personalkapazitäten ermöglicht. Dieses flexible Produktionssystem berücksichtigt auch kurzfristig nicht ausreichende Materialverfügbarkeiten, Personal- bzw. Maschinenausfälle sowie Kundeneilaufträge. Die Befragten nennen Probleme bei der Materialverfügbarkeit und das Einschleusen von Eilaufträgen als Hauptfaktoren für die Verschiebung von Kundenterminen. Die Analyse zeigt weiter, dass bei mehr als 50 % der Befragten, Eilaufträge mehrmals wöchentlich bis hin zu mehrmals täglich auftreten. Die Unternehmen werden also in zunehmendem Maße von ihren Kunden aufgefordert, flexibel und schnell zu reagieren.

Diese Flexibilität und Reaktionsfähigkeit kann insbesondere durch die horizontale und vertikale Integration der Daten erheblich gesteigert werden. Jedoch müssen die Unternehmen erst die Grundlagen dafür schaffen. Hier gilt es zunächst die einzelnen PPS-Prozesse mittels geeigneter IKT-Systeme zu unterstützen, um sich schrittweise der Vision einer sogenannten „Smart Factory“ anzunähern. Das Ziel sind Fertigungsanlagen und Logistiksysteme, die selbstständig miteinander kommunizieren und Entscheidungen treffen können, um eine möglichst effiziente Auftragsabwicklung sicher zu stellen.

Die empirische Analyse der Produktionsstrukturen zeigt, dass die Anforderungen an die Auftragsabwicklung je nach Unternehmensgröße stark unterschiedlich sind. Im Rahmen der vorliegenden Ergebnisse können Lösungsansätze und Potentiale im Bereich der Digitalisierung der Auftragsabwicklung zwar aufgezeigt werden, hier stehen gerade KMU aber vor der Herausforderung, dass relativ hohe IKT-Aufwendungen einer mangelnden Nutzentransparenz gegenüberstehen. Erschwert

wird diese Situation dadurch, dass neue Geschäftsmodelle oder weitere Schritte zur Verbesserung der Prozesseffizienz nur möglich sind, wenn zuvor die notwendigen Voraussetzungen im Bereich der IKT geschaffen wurden.

Eine detaillierte Auswertung der Produktionsstrukturen bezüglich der Häufigkeit bestimmter Merkmalsausprägungen ermöglicht es, die unterschiedlichen Anforderungen und in weiterer Folge bedarfsorientierte IKT-Lösungen besser eingrenzen zu können. Die folgende Übersichtstabelle, zeigt den Vergleich typischer Produktionsstrukturen in Abhängigkeit von der Unternehmensgröße. (Tabelle 4)

Tabelle 4: Produktionsstrukturen in Abhängigkeit der Unternehmensgröße

Produktionskriterien	Unternehmen Typ Klein			100 < Mitarbeiter < 500			500 < Mitarbeiter		
	Excel	Planungstool / Leitstandsystem	Planungstool / ERP-System	1 Monat	tages- / schichtgenau bis zu 4 Stunden	1 Monat	1 Monat	tages- / schichtgenau bis unterschiedlich bis >8 Stunden	> 1 Monat
Planungshorizont	1 Woche	1 Monat	1 Monat	1 Monat	tages- / schichtgenau bis zu 4 Stunden	1 Monat	1 Monat	minuten- / stundengenau sehr unterschiedlich bis >8 Stunden	> 1 Monat
Planungsgenauigkeit	tagesgenau	tages- / schichtgenau	tages- / schichtgenau	tages- / schichtgenau	tages- / schichtgenau	tages- / schichtgenau	tages- / schichtgenau	minuten- / stundengenau	minuten- / stundengenau
Planungsaufwand	bis zu 4 Stunden	bis zu 4 Stunden	bis zu 4 Stunden	bis zu 4 Stunden	bis zu 4 Stunden	bis zu 4 Stunden	bis zu 4 Stunden	sehr unterschiedlich bis >8 Stunden	sehr unterschiedlich bis >8 Stunden
mannlose Fertigungsschritte	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Auftragsdurchlaufzeit	> 1 Monat	> 1 Monat	> 1 Monat	> 1 Monat	2-3 Wochen	2-3 Wochen	2-3 Wochen	bis zu 1 Woche	bis zu 1 Woche
Aufträge pro Woche	10-150	10-150	10-150	10-150	30-150	30-150	30-150	mehr als 150	mehr als 150
Anzahl Produktionsmaschinen	bis 40	bis 40	bis 40	bis 40	20-100	20-100	20-100	>100	>100
Auslöser für Produktionsplanung	Ereignisbezogen	Ereignisbezogen	Ereignisbezogen	Ereignisbezogen	Ereignisbezogen / rollierend	Ereignisbezogen / rollierend	Ereignisbezogen / rollierend	rollierend	rollierend
Planungsverantwortung	zentral	zentral	zentral	zentral	zentral / dezentral	zentral / dezentral	zentral / dezentral	dezentral	dezentral
Terminierungsverfahren	Vowärtsterminierung	Vowärtsterminierung	Vowärtsterminierung	Vowärtsterminierung	Rückwärtsterminierung	Rückwärtsterminierung	Rückwärtsterminierung	Rückwärtsterminierung	Rückwärtsterminierung
Faktoren der Produktionsplanung	Personalkapazität Materialverfügbarkeit	Personalkapazität Materialverfügbarkeit	Personalkapazität Materialverfügbarkeit	Personalkapazität Materialverfügbarkeit	Personalkapazität	Personalkapazität	Personalkapazität	Maschinenkapazität Materialverfügbarkeit	Maschinenkapazität Materialverfügbarkeit
Fertigungstyp	Serienfertigung	Serienfertigung	Serienfertigung	Serienfertigung	Einzel- / Serienfertigung	Einzel- / Serienfertigung	Einzel- / Serienfertigung	Serienfertigung	Serienfertigung
Fertigungsansatz	Auftragsfertigung	Auftragsfertigung	Auftragsfertigung	Auftragsfertigung	Auftragsfertigung	Auftragsfertigung	Auftragsfertigung	Auftrags- und Lagerfertigung	Auftrags- und Lagerfertigung
Faktoren der Abarbeitungsreihenfolge	Einhaltung Liefertermin	Einhaltung Liefertermin	Einhaltung Liefertermin	Einhaltung Liefertermin	Einhaltung Liefertermin	Einhaltung Liefertermin	Einhaltung Liefertermin	Einhaltung Liefertermin	Einhaltung Liefertermin
Faktoren Auftragsverschiebungen	Materialverfügbarkeit/ Eilaufträge	Materialverfügbarkeit/ Eilaufträge	Materialverfügbarkeit/ Eilaufträge	Materialverfügbarkeit/ Eilaufträge	Prioritätenänderungen/ Eilaufträge	Prioritätenänderungen/ Eilaufträge	Prioritätenänderungen/ Eilaufträge	Materialverfügbarkeit/ Maschinenengpass	Materialverfügbarkeit/ Maschinenengpass
Anzahl Eilaufträge	mehr. wöchentlich	mehr. wöchentlich	mehr. wöchentlich	mehr. wöchentlich	mehr. wöchentlich	mehr. wöchentlich	mehr. wöchentlich	mehr. monatlich	mehr. monatlich
Ausgleich Kapazitätsengpass	Überstundenaufbau	Überstundenaufbau	Überstundenaufbau	Überstundenaufbau	Überstundenaufbau	Überstundenaufbau	Überstundenaufbau	Überstundenaufbau	Überstundenaufbau
Ausgleich Kapazitätsüberhang	Überstundenabbau	Überstundenabbau	Überstundenabbau	Überstundenabbau	Überstundenabbau	Überstundenabbau	Überstundenabbau	Überstundenabbau	Überstundenabbau
Häufigkeit der Rückmeldung	mind. 1 x täglich	mind. 1 x täglich	mind. 1 x täglich	mind. 1 x täglich	mind. 1 x stündlich	mind. 1 x stündlich	mind. 1 x stündlich	mind. 1 x stündlich	mind. 1 x stündlich
Art der Rückmeldung	manuell	manuell	manuell	manuell	manuell + automatisch	manuell + automatisch	manuell + automatisch	automatisch	automatisch
Faktoren zuk. Produktionsplanung	Miteinbeziehung der Materialverfügbarkeit/ Einfaches Verschieben von Aufträgen	Miteinbeziehung der Materialverfügbarkeit/ Einfaches Verschieben von Aufträgen	Miteinbeziehung der Materialverfügbarkeit/ Einfaches Verschieben von Aufträgen	Miteinbeziehung der Materialverfügbarkeit/ Einfaches Verschieben von Aufträgen	Auto. Rückkoppelung ins ERP-System/ Gegenüberstellung Soll vs. Ist	Auto. Rückkoppelung ins ERP-System/ Gegenüberstellung Soll vs. Ist	Auto. Rückkoppelung ins ERP-System/ Gegenüberstellung Soll vs. Ist	Miteinbeziehung der Materialverfügbarkeit/ Auto. Rückkoppelung ins ERP-System	Miteinbeziehung der Materialverfügbarkeit/ Auto. Rückkoppelung ins ERP-System
Zuk. Optimierungsbereiche	Reduzierung Herstellkosten/ Beherrschung Produktionskomplexität	Reduzierung Herstellkosten/ Beherrschung Produktionskomplexität	Reduzierung Herstellkosten/ Beherrschung Produktionskomplexität	Reduzierung Herstellkosten/ Beherrschung Produktionskomplexität	Reduzierung Herstellkosten/ Beherrschung Produktionskomplexität	Reduzierung Herstellkosten/ Beherrschung Produktionskomplexität	Reduzierung Herstellkosten/ Beherrschung Produktionskomplexität	Beherrschung Produktionskomplexität/ Reduzierung Herstellkosten	Beherrschung Produktionskomplexität/ Reduzierung Herstellkosten
Maßnahmen zur Reduzierung der Herstellkosten	Vermeidung von Ausschuss/ Reduzierung Materialkosten	Vermeidung von Ausschuss/ Reduzierung Materialkosten	Vermeidung von Ausschuss/ Reduzierung Materialkosten	Vermeidung von Ausschuss/ Reduzierung Materialkosten	Reduzierung Materialkosten/ Vermeidung von Ausschuss	Reduzierung Materialkosten/ Vermeidung von Ausschuss	Reduzierung Materialkosten/ Vermeidung von Ausschuss	Vermeidung von Ausschuss/ Reduzierung Lohnkosten	Vermeidung von Ausschuss/ Reduzierung Lohnkosten

4 Smart Logistics am Beispiel der Fahrzeugdistribution

Im folgenden Abschnitt wird anhand einer konkreten Aufgabenstellung aus dem Bereich der PKW-Fahrzeugdistribution veranschaulicht, wie die Optimierung von Lagerprozessen mithilfe von Smart Logistics Ansätzen umgesetzt werden kann. Zur Anwendung kamen in diesem Projekt Vorgehensweisen sowie Methoden der diskreten Simulation zur Prozessanalyse und Optimierung, als auch die Anwendung neuer IKT zur Automatisierung des Informationsflusses in der innerbetrieblichen Lagerlogistik.

In diesem Abschnitt werden zudem die Grundzüge, die Funktionsweisen und die Einsatzfelder diskreter Simulationen im Allgemeinen betrachtet und der praktische Einsatz von IKT anhand eines Forschungsprojekts, das gemeinsam mit der Firma Lagermax Autotransport GmbH durchgeführt wurde, vorgestellt. Die Lagermax Autotransport GmbH (kurz: Lagermax) ist eine Tochterfirma der Lagermax Gruppe mit Firmensitz in Straßwalchen / Oberösterreich.

4.1 Herausforderungen in der Lagerlogistik der Fahrzeugdistribution

Die Distribution von fertigen Fahrzeugen für Original Equipment Manufacturer (kurz: OEM), das heißt die Auslieferung vom Fahrzeugwerk des Herstellers bis zum jeweiligen Fahrzeughändler vor Ort, stellt Logistikdienstleister wie die Firma Lagermax vor zunehmende Herausforderungen. Neben der Reduktion der Durchlaufzeiten und den steigenden Qualitätsanforderungen, zwingt vor allem der zunehmende Kostendruck zu einer ständigen Optimierung der internen Lagerprozesse. Dabei stellt das Ein- und Auslagern sowie die Aufbereitung der Fahrzeuge am jeweiligen Auto-Terminal (Distribution Center) eine personalintensive Aufgabe dar.

In dem hier vorliegenden Fall werden die Fahrzeuge per LKW- und Bahntransport in das Distributionslager, d.h. in das Auto-Terminal der Firma Lagermax geliefert. Nach dem Entladen der PKWs werden diese von Mitarbeitern auf die dafür vorgesehenen Stellplätze gefahren. Die Lagerfläche für Neuwagen im Auto-Terminal in Straßwalchen umfasst insgesamt rund 600.000 qm. Nach der Einlagerung der Fahrzeuge werden die Mitarbeiter aufgrund der weitläufigen Lagerfläche mittels interner Shuttlebusse zum Ausgangspunkt zurückgebracht. Dadurch entstehen Leerfahrten und zusätzliche Kosten durch den Betrieb von Shuttlebussen. In umgekehrter Reihenfolge, aber nach demselben Prinzip, erfolgt die Auslieferung der Fahrzeuge. Die Mitarbeiter werden per Shuttlebus zu den Fahrzeugen gebracht, um diese anschließend zur Fahrzeugaufbereitung bzw. zur Auslieferungszone zu fahren. Das Unternehmen

verzeichnet dabei jährlich einen Umschlag von ca. 280.000 Fahrzeugen. (Lagermax Lagerhaus und Speditions AG 2016, online).

Im Rahmen des Projekts wurde untersucht, ob und wie es durch den Einsatz von IKT möglich ist, die Ein- und Auslagerungsprozesse derart zu kombinieren, dass die Mitarbeiter nach dem Einlagern eines Fahrzeugs direkt zu einem weiteren Fahrzeug in unmittelbarer Nähe gelangen, welches dann zur Aufbereitungs- bzw. Auslieferungszone gebracht wird. Durch einen derartigen „Ringverkehr“ könnten Leerfahrten der Fahrer sowie der Betrieb von Shuttlebussen weitestgehend eliminiert werden.

Dafür ist es unter anderem notwendig, den Fahrern die Daten in Echtzeit auf mobile Endgeräte zu übermitteln und die Stellplatzwahl unterschiedlicher Fahrzeugtypen derart zu optimieren, dass für die Fahrer möglichst kurze Wegzeiten zwischen den ein- und auszulagernden Fahrzeugen entstehen.

Sobald die Fahrzeuge unterschiedlicher OEMs versandfertig in der Auslieferungszone bereitstehen, werden diese spezifisch für die jeweiligen Händler und Regionen auf LKW-Autotransporter oder auf spezielle Bahnwagons verladen und zu den Händlern geliefert.

Das Ziel des im Folgenden beschriebenen Forschungsprojekts ist die Erstellung eines praxistauglichen Konzepts zur Digitalisierung der innerbetrieblichen Lagerprozesse, um eine Minimierung der Leerfahrten und Wegstrecken in einem Auto-Terminal zu erreichen.

Im Rahmen des Projekts wurden verschiedene Prozessvarianten entwickelt und hinsichtlich ihrer Machbarkeit und Effizienz simuliert, analysiert und evaluiert. Die Minimierung der Leerfahrten erfolgt durch eine gezielte Reihung und Kombination von Ein- und Auslagerungsvorgängen, die im firmeninternen IT-System errechnet werden. Die Datenerfassung und Informationsübermittlung an die Fahrer wird durch den Einsatz elektronischer Handheld-Geräte in Echtzeit ermöglicht.

In der folgenden Abbildung sind in vereinfachter Form die drei wesentlichen Prozessschritte im Auto-Terminal dargestellt: Das Einlagern der Fahrzeuge auf den jeweiligen Stellplatz, die Bereitstellung der Fahrzeuge für die Fahrzeugaufbereitung und die Auslagerung der Fahrzeuge in den Versandbereich, wo die entsprechenden LKW-Ladungen für die jeweiligen Händler zusammengestellt werden. (Abbildung 30)

Abbildung 30: Vereinfachte Prozessdarstellung im Auto-Terminal Straßwalchen

Quelle: Lagermax Autotransport GmbH

Um die technische Machbarkeit eines Ringverkehrs und die damit einhergehende Effizienzsteigerung in den innerbetrieblichen Logistikprozessen besser beurteilen zu können, wurden im Rahmen des Projekts eine diskrete Simulation durchgeführt. Dies war notwendig, um die Dynamik und Komplexität der Prozesse, wie zum Beispiel unterschiedliche Anliefer- und Versandmengen pro Arbeitstag, Auswirkungen von Anlieferungen per Bahn statt per LKW, oder auch die Auswirkungen von Lagerrestriktionen, wie zum Beispiel vertraglich zugesicherte Stellplätze, genauer analysieren und beurteilen zu können.

Im folgenden Abschnitt wird auf die Bedeutung und die Einsatzmöglichkeiten von Simulationen zur Prozessoptimierung näher eingegangen.

4.2 Einsatz von Simulationssoftware zur Prozessoptimierung

Die Optimierung bestehender Produktions- bzw. Logistikprozesse stellt Unternehmen immer wieder vor große Herausforderungen. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die Folgen der geplanten Maßnahmen, aufgrund der vorhandenen Komplexität und Dynamik der Prozesse, nicht oder nur unzureichend abschätzbar sind und eine reale Testumgebung nicht zur Verfügung steht bzw. unverhältnismäßig kostspielig wäre. Die konkreten Auswirkungen der geplanten Veränderungen auf die jeweiligen Prozesse, wie zum Beispiel die Auftragsdurchlaufzeit, die Kapazitätsauslastung oder die notwendige Lagergröße, sind mit herkömmlichen Methoden nicht genau kalkulierbar. Das führt dazu, dass manche Ideen in der Praxis aufgrund des hohen Risikos für den operativen Betrieb erst gar nicht weiter verfolgt werden (Effert, Potthast 2013, 682). Durch die Verwendung von Simulationen ist es möglich, Prozesse genauer zu analysieren und die Auswirkungen von Prozessoptimierungen vorab zu testen, ohne den laufenden Betrieb zu stören.

Mit Hilfe von Simulationsmodellen können Optimierungspotentiale identifiziert und die Auswirkungen von Prozessveränderungen auf bestehende Prozesse untersucht werden. Wenn in einem Prozessmodell zum Beispiel die Prozesse in einem Auto-Terminal virtuell abgebildet werden, ist von einer digitalen Simulation oder einer Computersimulation die Rede. (Hedtstück 2013, 1; Eley 2012, 3) In dieser Managementstudie ist mit dem Begriff Simulation immer die digitale Simulation mittels Computersoftware gemeint.

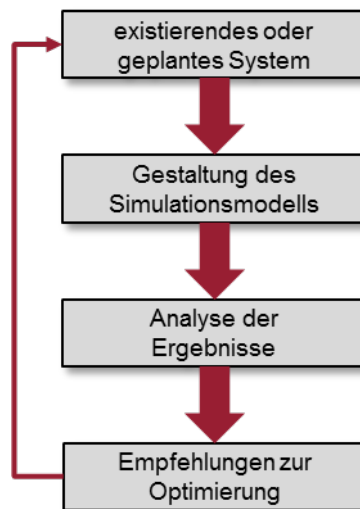
Die Begriffe System und Modell sind mit der Simulation eng verbunden. Ein System besteht aus einer bestimmten Zahl von Objekten und deren Eigenschaften, die wiederum in Wechselbeziehungen zueinander stehen können. (Eley 2012, 3) Objekte in einer Simulation sind beispielsweise Maschinen, Werkstücke oder auch Transportmittel. Jedem dieser Objekte werden bestimmte Eigenschaften zugeordnet, wie zum Beispiel Bearbeitungszeiten auf Maschinen oder auch zurückzulegende Wege. Güter, Paletten oder Läger können typische Objekte mit zugehörigen Eigenschaften in einem Logistiksystem sein. (Eley 2012, 4) Bei einem Modell handelt es sich dabei immer um die Nachbildung eines Produktions- oder Logistiksystems, das aus einer Vielzahl von Objekten und Eigenschaften besteht, die zueinander in Beziehung stehen. Dabei bildet das Modell eine vereinfachte Darstellung des realen Systems ab, welches sich auf die Kernelemente des Produktions- oder Logistiksystems beschränkt. (Rose, März 2011, 13)

Mittels des Simulationsmodells werden unterschiedliche Simulationsläufe über einen bestimmten Zeitraum, den sogenannten Simulationszeitraum, durchgeführt. Dabei werden jeweils mehrere Experimente durchgeführt, um die Auswirkung von stochastischen Prozessgrößen, wie zum Beispiel unterschiedliche Bearbeitungszeiten,

Ankunftsintervalle von Waren und Gütern oder Anlagenstörungen besser beurteilen zu können. Bei jedem einzelnen Experiment werden somit unterschiedliche Ergebnisse errechnet, selbst wenn das System, seine Objekte und Eigenschaften, nicht verändert werden (Eley 2012, 4). Die statistische Auswertung der einzelnen Experimente ermöglicht eine qualifizierte Aussage über die Auswirkungen der stochastischen Prozessgrößen auf die jeweiligen Zielgrößen des Prozesses, wie zum Beispiel minimaler oder maximaler Output pro Stunde oder die durchschnittliche Auslastung bestimmter Maschinen in der Produktion.

Die Simulation ermöglicht darüber hinaus, dass einzelne Parameter, wie zum Beispiel die Anzahl der Stellplätze in einem Lager oder innerbetriebliche Wegzeiten, mit leicht veränderbaren Parametern hinterlegt werden können. (Hedtstück 2013, 1) Dadurch kann der Einfluss der Objekte und Eigenschaften auf das Gesamtsystem und deren Auswirkungen besser analysiert und verstanden werden. Auf dieser Basis können unterschiedliche Alternativen entwickelt werden. Voraussetzung für die erfolgreiche Anwendung der Simulation ist, dass die gewonnenen Erkenntnisse auf das reale System übertragbar sind. (Rose, März 2011, 13)

Simulationen haben somit das Ziel, Prozesse so real wie möglich und so detailliert wie notwendig darzustellen, sie durch Veränderung einzelner Prozessparameter zu analysieren und letztendlich Handlungsempfehlungen für deren Optimierung zu generieren. Als Ausgangspunkt dient meist ein realer oder noch in Planung befindlicher Unternehmensprozess, der in ein Simulationsmodell übertragen wird, um gezielt unterschiedliche Experimente durchführen zu können. Demzufolge werden im Rahmen der Simulation verschiedene Ergebnisse erzeugt, welche individuell bewertet werden. (Eley 2012, 4f) In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass die Qualität der Ergebnisse – und infolgedessen die Aussage über die Konsequenzen bestimmter Maßnahmen – umso höher ist, je mehr Versuche an dem Modell durchgeführt wurden. (Georgii 2004, 118-129) Gleichzeitig mit der Bewertung der Ergebnisse erfolgt die Interpretation mit den daraus resultierenden Empfehlungen. Diese Änderungen finden am realen System statt. Das bedeutet, dass die Simulation auf Basis eines realen oder geplanten Systems geschieht, die Versuche zwar virtuell dargestellt, die Umsetzung dann jedoch am realen System erfolgt. (Eley 2012, 4f) Somit ergibt sich ein Kreislauf vom realen System über die Simulation und deren Experimente zurück auf das reale System.

Abbildung 31: Kreislauf zur Anwendung von Simulationen

Quelle: Eigene Darstellung nach: Eley 2012

Die Simulation liefert Auswertungen in Form von Statistiken und Diagrammen, die Auskunft darüber geben, wie sich zum Beispiel die Auslastung oder die Durchlauf- oder Wartezeiten im Simulationszeitraum verändern. Folgeereignisse, die fallweise erst durch das Eintreten eines anderen Ereignisses auftreten, wie etwa eine Überlastung bestimmter Transporteinheiten oder eine Unterauslastung von Maschinen aufgrund einer zu geringen Anzahl an Werkstückträgern, können so im Rahmen der Simulation identifiziert werden. Die Durchführung eines Simulationslaufes ist dabei meist nicht die eigentliche Schwierigkeit der Simulation; entscheidend ist es, vorab ein geeignetes Modell des Systems zu gestalten, um die Qualität der Simulation sicherzustellen. (Hedtstück 2013, 8)

4.2.1 Ziele der Simulation

Wesentliche Ziele und Vorteile des Einsatzes von Simulationen sind genauere Vorhersagen, Zeit- und Kostenersparnisse sowie das Vermeiden von Testversuchen am bestehenden System. (Gadatsch 2010, 220) Da Versuche mit Kapazitäten, Abläufen oder Störfällen digital durchgeführt werden können, muss das existierende System nicht verändert werden. Die Prognosen über die möglichen Auswirkungen können sehr genau dargestellt werden, da es sich um reale Daten, entweder in Form von Vergangenheitswerten oder entsprechende Prognosedaten aus dem Produktivsystem handelt. Somit bleibt die Durchführung von zeit- und kostenintensiven realen Versuchen und Tests erspart, ohne auf Erkenntnisse von alternativen Vorgehensweisen verzichten zu müssen.

Bei allen sich anbietenden Veränderungsmöglichkeiten ist es wichtig, zwischen Einfluss- und Zielgrößen zu unterscheiden. Zielgrößen, wie zum Beispiel die Output-Rate in Form von fertigen Einheiten pro Zeit oder die Auslastung, können entsprechend minimiert, maximiert oder auf einen bestimmten Wert hin optimiert werden. Einflussgrößen (wie z.B. Reihenfolgen, Stückzahlen im System, etc.) sind Auswirkungen auf solche Zielgrößen, da sie die Zustände im Modell verändern. Ein System beinhaltet meist mehrere – häufig voneinander abhängige - Einflussgrößen, deren Wechselwirkungen mitunter einen entscheidenden Einfluss auf die Zielgrößen haben können. Das Identifizieren der richtigen Stellschrauben ist also sehr wichtig, da dies zu einem besseren Systemverständnis und in weiterer Folge insgesamt zu einem besseren Ergebnis führt. (Weigert, Rose 2011, 29)

Eine weitere Unterscheidung gilt es zwischen einer Simulation und einer Optimierung zu treffen. Die Simulation selbst optimiert kein System und findet demzufolge auch keine besseren Alternativen zu bestehenden Systemen – sie bewertet diese lediglich. Erst durch die Kombination mit der Optimierung, durch die bessere oder gar optimale Lösungen gefunden werden können, wird dieser Aufgabe bewältigt. In nahezu allen Fällen wird die Simulation in Einklang mit der Optimierung eingesetzt, da es sich beim Verändern von Parametern um Optimierungen handelt. (März, Krug 2011, 41f)

4.2.2 Einsatzmöglichkeiten der Simulation

Simulationen werden in unterschiedlichen Phasen zur Prozessoptimierung eingesetzt. Konkret können Simulationsanalysen in der Konzept-, Realisierungs- oder Betriebsphase von Produktions- und Logistikprozessen unterschieden werden. Im Folgenden wird auf die unterschiedlichen Aspekte der Simulation in den jeweiligen Phasen detaillierter eingegangen.

Simulation zur Entwicklung neuer Produktions- und Logistikkonzepte

Die Nutzung von Simulationsmodellen und -analysen während der Konzeptionierungsphase dient unter anderem dazu, Ideen und Alternativen zu entwickeln, um verschiedene Lösungsansätze zu ermitteln und die Simulationsergebnisse für die Entscheidungsfindung zu nutzen. Wichtig in diesem Zusammenhang ist, dass die Anforderungen bzw. eine grobe Vorstellung über die Leistungsfähigkeit des zukünftigen Produktions- oder Logistiksystems bereits existieren und damit ein Modell bzw. mehrere alternative Modellvarianten erarbeitet werden können. Die Simulationsanalyse in dieser Phase bezieht sich meist auf allgemeine Merkmale und Charakteristika wie zum Beispiel die Auslegungskriterien für Kapazitäten, die Anzahl an Maschinen, benötigte Fertigungsflächen oder Lagerstellplätze. Eine typische Nutzungsmöglichkeit in dieser Phase liegt zum Beispiel im Ermitteln von potentiellen Systemengpässen. Um Engpässe oder Planungsfehler im System zu entdecken, liefert die Simulation die Möglichkeit zur rechtzeitigen Korrektur. Sowohl die minimale als auch die maximale Auslastung des Systems spielen gerade in volatilen Märkten eine entscheidende Rolle, wenn es darum geht, auf Basis unsicherer Prognosen agile und flexible Fertigungssysteme zu entwerfen. Des Weiteren können verschiedene Planungsvarianten miteinander verglichen werden, um später die beste auszuwählen und zu implementieren. Auch der Einsatz von Sensitivitätsanalysen durch gezieltes Verändern wesentlicher Parameter hilft, um optimale Zustandsverläufe hinsichtlich Kapazität, Effektivität, Durchlaufgeschwindigkeit oder Lagerbestand zu erreichen. (Bangsow 2008, 9; Eley 2012, 7)

Sensitivitätsanalysen sind wesentlicher Bestandteil der Simulationsanalyse in der Konzeptionierungsphase. Die Grenzen der Leistungsfähigkeit des zukünftigen Systems können so im Vorhinein bestimmt werden. Neben den technischen Daten, wie Durchlaufzeiten und Kapazitäten, beeinflusst die Konzeptionierungsphase häufig auch weitreichendere Konzeptüberlegungen, wie zum Beispiel das optimale „Layout“ der Fabrik oder die für die Auftragsabwicklung notwendigen Material- und Informationsflüsse. Fehler in der Auslegung und Dimensionierung können dadurch weitestgehend ausgeschlossen werden. (Eley 2012, 7)

Simulationsmöglichkeiten während der Realisierungsphase

In der nächsten Phase, der Realisierungsphase, existiert das System bereits in seiner Form des späteren Betriebs. Die Gestaltung, das „Layout“ und generell die Planung verschiedener Varianten ist hier bereits abgeschlossen. Es geht in dieser Phase primär um die Simulation verschiedener zu erwartender Betriebszustände. Die optimale Anzahl an Gütern, Produkten oder anderer Hilfsmittel, wie zum Beispiel der benötigten Transportpaletten, können im Detail bestimmt und optimiert werden, um die kürzest mögliche Durchlaufzeit und die maximale Output-Rate zu ermitteln. (Hedtstück

2013,119) Eng mit diesem Anliegen ist die Reihenfolgeplanung verbunden, bei der es im Wesentlichen darum geht, welche Artikel mit welcher Priorität behandelt werden, um wichtige Zielwerte zu erreichen. (Hedtstück 2013, 118) In beiden Fällen geht es vorwiegend darum, Ineffizienzen zu vermeiden und keine Verzögerungen in der Produktion hervorzurufen. Solche Verzögerungen können entstehen, wenn zum Beispiel die falschen Artikel zuerst bearbeitet werden und dadurch Kapazitäten blockiert bzw. Produktionsrückstaus und Liegezeiten verursacht werden.

Typischerweise verfügen Produktions- und Logistiksysteme über einen stetigen und ereignisorientierten Ablauf, der mehr oder weniger starken zeitlichen Schwankungen unterliegt. Diese können durch abweichende Kundennachfragen, Anlagenstörungen oder Fehlteile verursacht werden. (Bracht, Geckler, Wenzel 2011, 74) Maschinenausfälle in Folge von Beschädigungen, Überlastungen oder Wartungsarbeiten zählen zu solchen Störungen, die den Ablauf und die exakten Vorhersagen über die Fertigstellungstermine erschweren. In der Simulation können die Auswirkungen dieser Ereignisse risikofrei überprüft werden. So kann festgestellt werden, ob ab einer bestimmten Fehlmenge oder Ausfallszeit, die Liefertermine noch eingehalten werden können oder ob es zu entsprechenden Verzögerungen in der Auslieferung kommt und wie lange diese voraussichtlich ausfallen werden. Dadurch kann auch eine Aussage darüber getroffen werden, ob die vorhandenen Kapazitäten ausreichen oder ob Sondermaßnahmen gestartet werden müssen. (Bangsow 2008, 9)

Simulation zur Unterstützung des laufenden Betriebs

Simulationen können nicht nur in der Konzeptionierungs- und Realisierungsphase sinnvoll angewandt werden, sondern auch während des laufenden Betriebs besteht die Möglichkeit, Simulationen sinnvoll einzusetzen.

Notfallstrategien und die Reaktion auf Störfälle werden zwar bereits weitestgehend während der Realisierungsphase entworfen, jedoch ist es zweckmäßig, diese Strategien regelmäßig zu überprüfen und gegebenenfalls zu erneuern. (Bangsow 2008, 10) Es besteht die Möglichkeit, dass Störungen auftreten, die in der bisherigen Planung und Simulation nicht berücksichtigt wurden. Somit ist eine kontinuierliche Beschäftigung mit außergewöhnlichen Systemzuständen ratsam. Die Planung und Überprüfung der Strategie empfiehlt sich ebenso, da daraus Alternativen zur Steuerung und Gestaltung von Prozessen geschaffen werden und diese im Rahmen eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses zu weiteren Prozessoptimierungen genutzt werden können. Ebenso vorteilhaft ist die Berücksichtigung von Simulationen bei kurzfristigen Entscheidungen. Damit bleibt ein System flexibel und die Produktivität langfristig hoch. (Eley 2012, 7)

Neben verkürzten Einführungszeiten, höherer Effizienz während der Produktion und verringerten Herstellkosten, hat die Simulation also auch positive Auswirkungen auf die Produktionsplanung insgesamt. Kurzfristige Effekte, wie zum Beispiel niedrigere Projektplanungskosten, ergeben sich dabei ebenso wie langfristige positive Auswirkungen durch optimale Gestaltung des Produktionssystems. Des Weiteren wird dadurch ermöglicht, dass ein einzelner Mitarbeiter mehrere Planungsaufgaben zeitgleich ausführen kann. So kann in einem Arbeitsgang sowohl die Anzahl an benötigten Maschinen, die dafür notwendigen finanziellen Investitionen und der laufende Energiebedarf der Fertigung ermittelt werden, als auch Abhängigkeiten der unterschiedlichen Faktoren und Objekte berücksichtigt werden. (Bracht, Geckler, Wenzel 2011, 59)

4.2.3 Vorgehensweise zur Durchführung von Simulationsstudien

Zu Beginn jeder Simulationsanalyse ist eine möglichst exakte Problemdefinition vorzunehmen. Diese ermöglicht es in weiterer Folge, Einfluss- und Zielgrößen zu bestimmen und – soweit vorhanden – alle relevanten Prozessdaten zu ermitteln sowie das bestehende System mithilfe der Simulation zu modellieren und analysieren. Das zu untersuchende „Problem“ in der Lagermax-Simulation bestand demnach darin, die Leer- und Wegezeiten der Mitarbeiter zu minimieren, da sich diese negativ auf die Durchlaufzeit eines Auftrags auswirken.

Zu Beginn wird die Simulationswürdigkeit geprüft: Indikatoren hierfür sind eine hohe Anzahl an variablen Größen, stochastische Einflussgrößen, die sich gegenseitig beeinflussen und eine hohe Komplexität und Dynamik des zu simulierenden Systems. (Bangsow 2008, 10f).

Nachdem die Überprüfung der Simulationswürdigkeit positiv abgeschlossen wurde, kann mit dem nächsten Schritt, der Zielformulierung, begonnen werden. Logistische Ziele beeinflussen sich meist gegenseitig (Hedtstück 2013, 6f), diese Wechselwirkung schließen die Anwendung statischer Verfahren weitestgehend aus (März, Weigert 2011, 4). Die definierten Ziele stellen die Voraussetzung für die Simulationsauswertung dar, da sie in den anschließenden Simulationsläufen statistisch erhoben und ausgewertet werden. Bezogen auf Lagermax war dies die Minimierung der Durchlaufzeit sowie der Leer- und Wegezeiten der Fahrer.

Im Anschluss daran kann die Modellierung beginnen (Bangsow 2008, 13), welche in zwei Phasen – nämlich in die Phase der Erstellung eines formalen und in die Phase der Erstellung eines ausführbaren Modells – gegliedert wird. Das formale Modell zeigt

in einer vereinfachten Darstellung die wesentlichen Elemente und die Zusammenhänge des zu simulierenden Systems auf. Dazu gehören zentrale Elemente wie Quellen (entspricht z.B. der Anlieferung neuer Fahrzeuge in den Auto-Terminal) und Senken (entspricht der Auslieferung von Fahrzeugen mittels LKW), aber auch Anzahl der Fahrer, Lagerplätze u.v.m.

Abgebildet wird alles, was mit dem zu untersuchenden System zu tun hat und für die Modellierung als relevantes Element bestimmt wurde. (Bangsow 2008, 12). Die anschließend erforderliche Datenbeschaffung erfolgte im hier vorliegenden Projekt unter anderem durch das Auslesen der systeminternen Datenbanken, die manuelle Erfassung von Prozessdaten und durch die Befragung von Prozess-Experten.

Durch die Implementierung der Daten in das formale Modell entsteht nun ein ausführbares Modell, welches als Grundlage für die nun folgende Simulation dient (Wenzel et al 2008, 7). Die Simulationsergebnisse werden mit den realen IST-Werten aus der betrieblichen Praxis abgeglichen. Bei der Modellierung sind außerdem die Korrektheit und die Gültigkeit des Modells zu berücksichtigen. Die Korrektheit drückt aus, ob das erstellte Modell aus logischer Sicht richtig erstellt wurde und keine Fehler enthalten sind. Im Gegensatz dazu, bedeutet Gültigkeit in diesem Zusammenhang, dass sich das erstellte Modell zeitlich und strukturell so verhält wie das reale System. Der wesentliche Unterschied zwischen Korrektheit und Gültigkeit besteht also darin, dass man einerseits das Modell mit seinen Elementen und Objekten abbildet (Korrektheit) und andererseits ein geeignetes Modell für die jeweilige Problemstellung erstellt (Gültigkeit) (Hedtstück 2013, 8).

Die eigentliche Simulation besteht aus dem Durchführen mehrerer Simulationsläufe mittels verschiedener Daten und Parameter. Dadurch kommen unterschiedliche Ergebnisse zustande, an welchen die Wirkung und die Sensitivität der Änderungen abgelesen werden kann. Sämtliche Eingangsparameter und die dazugehörigen Ergebnisse des Simulationsmodells werden dokumentiert, um im nächsten Schritt, der Ergebnisanalyse und Interpretation, keine Fehler zu begehen (Bangsow 2008, 14). Im Lagermax-Projekt dienen zum Beispiel die Fahrzeiten der Mitarbeiter, die diese benötigen um Fahrzeuge einzuparken oder von Punkt A zu Punkt B zu bewegen, als eine wesentliche Einflussgröße und damit als Basis für weiterführende detaillierte Analysen. Diese Parameter können dann entsprechend verändert bzw. noch detaillierter erhoben und spezifiziert werden, um zu sehen, wie groß deren Auswirkung auf die Durchlaufzeiten tatsächlich ist.

Die Analyse und Interpretation der Ergebnisse erfolgt jeweils gemeinsam mit den Prozessexperten im Projektteam und zielt darauf ab, zu ermitteln, welche Werte und

Parameter das gewünschte Ergebnisse liefern und den höchsten Einfluss auf die Zielgrößen haben. Dieser Schritt führt zu Handlungsanweisungen an das reale System (Bangsow 2008, 14), unerwartete Ergebnisse dürfen dabei keinesfalls ignoriert werden, sondern müssen im Gegenteil genauer analysiert werden. Führt dieser Schritt zu der Erkenntnis, dass die Simulationsstudie noch detaillierter durchzuführen ist oder etwaige Fehler im Modell korrigiert werden müssen, so muss die hier beschriebene Vorgehensweise ab der Zielformulierung, ein weiteres Mal ausgeführt werden (Bangsow 2008, 14).

Zum Abschluss empfiehlt sich eine vollständige Dokumentation des gesamten Vorgehens inklusive aller Experimente, die im Rahmen der Simulation durchgeführt wurden. Vorschläge für Maßnahmen zur Umsetzung in der betrieblichen Praxis werden als zentrale Ergebnisse der Simulationsanalyse in den Bericht aufgenommen (Bangsow 2008, 14).

Zusammenfassend lässt sich der Ablauf einer Simulationsanalyse wie folgt beschreiben:

1. Problemformulierung
2. Prüfung der Simulationswürdigkeit
3. Zielformulierung
4. Datenbeschaffung
5. Modellierung
6. Durchführung von Simulationsläufen
7. Ergebnisanalyse und Interpretation
8. Dokumentation

Bei dieser Vorgehensweise handelt es sich nicht um eine standardisierte Version, diese gilt allerdings weithin als akzeptiert und anerkannt.⁴ (März, Weigert 2011, 6)

⁴ Vergleiche mit Wenzel et al. (2008, 6ff)

4.3 Smart Logistics am Beispiel der Lagermax Autotransport GmbH

Teil 1 – Entwicklung eines optimalen SOLL-Prozesses mittels Simulation

Der bestehende Geschäftsprozess durchläuft eine Vielzahl an Informations- und Steuerungsschnittstellen. Der Erstkontakt zwischen Fahrzeugimporteur bzw. -hersteller und der Lagermax Autotransport GmbH erfolgt über die Organisationseinheit „Markenverantwortung“ des Unternehmens. Diese ist die erste Schnittstelle und erhält, zumeist vorab vom jeweiligen Hersteller verschiedene Fahrzeuginformationen (wie Eingangsdatum, Anzahl der Fahrzeuge, Typ/Modell, etc.). Die Daten werden in der Abteilung ergänzt und in das System eingegeben. Nach Eintreffen der Fahrzeuge am Standort Straßwalchen werden diese von entsprechend geschultem Personal zunächst auf Schäden oder sonstige Auffälligkeiten überprüft. Nach der Begutachtung der Fahrzeuge werden diese in sogenannten Pufferzonen zwischengelagert. Je nach Einlagerungsanforderungen wie zum Beispiel: überdachter Stellplatz, Stellplatz unter Hagelnetzen oder asphaltierter Stellplatz werden die Fahrzeuge ihrem jeweiligen Lagerplatz zugeteilt.

Entsprechend geschulte Mitarbeiter sind für die Entleerung des Puffers, das heißt für die Einlagerung der Fahrzeuge verantwortlich. Bei diesem Prozess entstehen die bereits erwähnten Leerfahrten und damit unnötige Wegstrecken, da die Mitarbeiter nach jeder Einlagerung wieder mit einem eigenen Shuttlebus zum Anlieferbereich zurückgebracht werden müssen, um weitere Fahrzeuge einlagern zu können.

Die wichtigste Informationsschnittstelle bezüglich der Auslieferung der Fahrzeuge ist die Organisationseinheit „Disposition“. Hier erfolgt die Zuteilung zu den verschiedenen Fahrzeughändlern bzw. die Zusammenstellung der entsprechenden LKW-Ladungen. Nachdem die Disposition die Fahrzeuge einer Ladung bzw. Ladereihe zugeteilt hat, werden die Autos entsprechend ausgelagert. Die Teams bewegen dann die Fahrzeuge entweder direkt zur LKW-Ladereihe im Auslieferungsbereich oder vor die Werkstatt oder das Pre-Delivery-Inspection Center (kurz: PDI-Center), wo eine finale Inspektion der Fahrzeuge vor dem Versand und eine entsprechende Fahrzeugaufbereitung stattfindet.

Die Daten für die Simulation wurden während der IST-Analyse erhoben und ermöglichen somit eine realistische Darstellung dieses komplexen Gesamtprozesses, der im Wesentlichen aus der Einlagerung, Fahrzeugaufbereitung und Auslagerung besteht. Das formale Simulationsmodell basiert auf vorgegebenen Elementen und Bausteinen, welche je nach Verwendungsart und typischen Merkmalen zu modifizieren sind. Hier existieren statische Elemente wie Lagerplätze oder Bearbeitungsstationen, die Attribute wie Zeit oder Größe zugewiesen bekommen. Fördergüter – in diesem Fall die Autos – oder Fördermittel – in diesem Fall die Fahrer – bewegen sich durch den

Prozess und gelten somit als dynamische Elemente. Die zugewiesenen Attribute wurden vor der Implementierung erhoben, um die Prozesse möglichst realitätsnah darzustellen. Dynamische Elemente, wie z.B. die Fahrzeuge, werden in Quellen – in unserem Fall bei der Fahrzeuganlieferung - erzeugt und gelangen somit in das System des Auto-Terminals. Die Erzeugungsmengen, -zeitpunkte und -abstände der verschiedenen Elemente sind stochastische Größen und werden zum Beispiel über entsprechende Verteilungsfunktionen oder Wahrscheinlichkeitstabellen definiert. Über sogenannte Senken – das heißt durch die Auslieferungen der Fahrzeuge – verlassen diese Elemente wieder das System in Form des gewünschten Output.

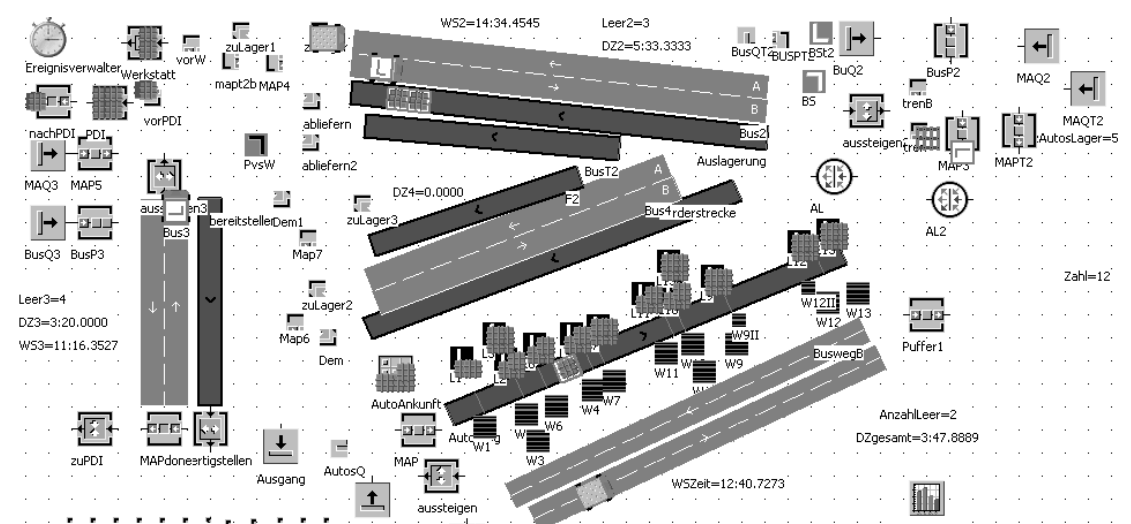
Nachdem das Grundgerüst für die Simulation anhand des IST-Prozesses aufgebaut wurde, wurden die erhobenen Daten und Zeiten in das Tool eingespielt. Im Anschluss wurden die Ergebnisse der Simulation mit dem IST-Prozess verglichen. Die Auswertungen der IST-Variante betreffen verschiedene Bereiche. Zum einem wurde die zurückgelegte Strecke der Busse und die reine Fahrzeit der Mitarbeiter ausgewertet, zum anderen wurde der Output (Eingänge und Ausgänge) analysiert. Um detaillierte Auswertungen durchführen zu können, wurden verschiedene Prämissen anhand der erhobenen Daten angenommen. Die Ergebnisse der IST-Simulation spiegeln das tatsächliche Bild der Realität wider.

Der IST-Prozess im Modell

Zu Beginn des Prozesses werden Autos angeliefert und auf Basis einer vom Unternehmen dargestellten Liste, 12 verschiedene Typen von Autos mit deren Lagerzonen, Ankunftszeiten und –mengen erfasst. Im Einlagerungsprozess nimmt sich jeder Fahrer ein Auto, wobei die Aufteilung in den meisten Fällen so ausfällt, dass jeder Mitarbeiter zur gleichen Lagerzone fährt. Je nach Typ des gefahrenen Autos wird dieses in die zugehörige Lagerzone gefahren. Beispielsweise steht „Auto 1“ für ein Auto, welches in Lagerzone 1 gehört, „Auto 2“ für Lagerzone 2, usw. Daraus resultieren verschiedene Distanzen. Anschließend werden die Mitarbeiter mit einem Shuttlebus zum Eingangsbereich zurückgebracht. Jede Lagerzone hat einen anderen Abstand zum Eingangsbereich und es ergeben sich verschiedene Wartezeiten für die Mitarbeiter, da der Bus zuerst jene abholt, die weiter entfernt sind. Der Bus fährt immer nur so weit, wie der weitest entfernte Mitarbeiter gefahren ist und bringt diese zurück zum Eingangsbereich. Die Zuweisung an die Einlagerung wird mithilfe von Sensoren vollzogen, welche die benötigten Informationen abfragen und Befehle erteilen. Die Vorgehensweise bei der Strecke zum PDI-Center und zur Werkstatt läuft sehr ähnlich ab. Auch hier erkennen Sensoren den Typ des gefahrenen Autos und errechnen so die Distanz zum Ziel. So ergeben sich unterschiedliche Fahr- und Wartezeiten bei den Fahrern. Eine Besonderheit dieses Prozesses liegt darin, dass Fahrten auch direkt zum Ausgang möglich sind. Deswegen wird jede fünfte Fahrt jedes Mitarbeiters und

der beiden Busse direkt zum Ausgang ausgeführt. Im PDI-Center werden die Fahrzeuge aufbereitet. Die durchschnittlichen Bearbeitungszeiten wurden anhand der bearbeiteten Jahresmenge abgeschätzt und auf den Output einer Stunde umgewandelt. Nachdem die Autos fertig bearbeitet sind, werden diese von den Mitarbeitern abgeholt und zum Ausgang gefahren. Die Mitarbeiter werden wiederum von einem Bus zum PDI-Center zurück gebracht.

Abbildung 32: Simulation des IST-Prozesses



Quelle: Eigene Darstellung

Konzeptionierung und Simulation des SOLL-Prozesses

Für den SOLL-Prozess wird im Zuge der Prozessoptimierung ein durchgängiger Ringverkehr aufgebaut, der die einzelnen Prozesse als einen in sich geschlossenen Gesamtprozess abbildet. Die bisherigen Busfahrten sollen dadurch weitestgehend entfallen.

Der geplante optimierte Ablauf lautet nun wie folgt: Die Fahrzeuge werden vom Eingangspuffer zu der - dem jeweiligen Fahrzeug zugewiesenen - Lagerzone gebracht und eingelagert. Der Fahrer stellt dabei das einzulagernde Fahrzeug möglichst nahe an das Fahrzeug, das er als nächstes bewegen soll. Das auszulagernde Fahrzeug wird im Anschluss vor dem PDI-Center bzw. in den dafür vorgesehenen Puffer-Parkplatz gestellt. Anschließend übernimmt der Fahrer ein bereits fertig aufbereitetes Fahrzeug und bringt dieses in die entsprechende Ladereihe im Ausgangsbereich. Nun geht der Fahrer zum Eingangsbereich und der Prozess wiederholt sich von neuem. Der SOLL-

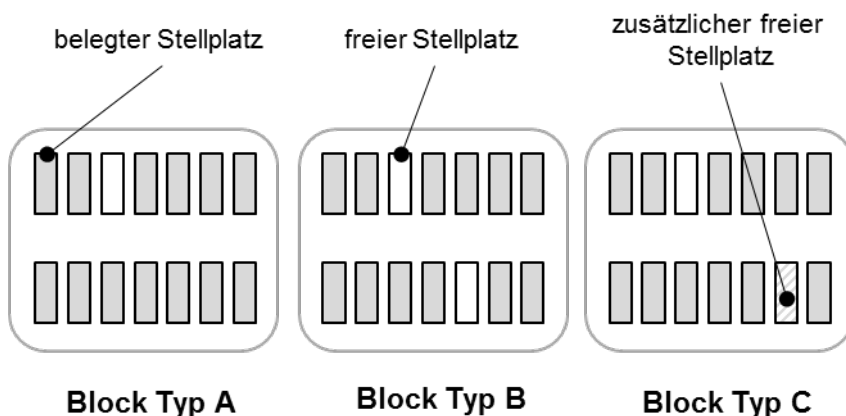
Prozess wird durch einen Optimierungsalgorithmus gesteuert, welcher mittels einer Software in die bestehenden IT-Systeme implementiert werden kann.

Die Fahrzeuge werden in der Reihenfolge eingelagert, die durch das System bestimmt wird. Dabei wird darauf geachtet, dass jedes Auto zu einer Lagerzone gebracht wird, die möglichst nahe an dem auszulagernden Fahrzeug liegt. Es werden innerhalb verschiedener Lagerblöcke zusätzliche Plätze freigelassen, damit das System immer geeignete alternative Plätze zur Verfügung stellen kann. Diese Maßnahme reduziert die Gehwege pro Mitarbeiter und ermöglicht Ausweichmöglichkeiten, falls der ursprünglich vorgesehene Lagerplatz nicht verfügbar sein sollte. Zusätzlich können freie Plätze durch Fahrzeuge, die mit dem Zug angeliefert wurden, belegt werden. Falls Fahrzeuge dennoch per Busbetrieb ausgelagert werden müssen, entstehen zusätzlich freie Plätze. Die folgende Abbildung zeigt die neue Struktur der Stellplätze im Auto-Terminal. (Abbildung 33)

Die Fahrzeugauslieferung wird somit zum Taktgeber für den gesamten Prozess. Das heißt, anhand der Eigenschaften der Ausgangsfahrzeuge wird bestimmt, welche Fahrzeuge einzulagern sind. Jenes Fahrzeug, das als Nächstes der Auslieferung zugeteilt wurde, muss bzw. sollte vom gleichen Lagerzonen-Typ sein wie das Fahrzeug, das eingelagert wird. Wenn also z.B. ein Fahrzeug vom Blocktyp A auszuliefern ist bzw. auf die Auslieferung vorbereitet werden muss, soll im Idealfall ein Fahrzeug vom (gleichen) Blocktyp A eingelagert werden.

Diese Abstimmung reduziert die Gehwege innerhalb der Lagerzonen auf ein Minimum. Falls es aber zu dem Fall kommen sollte, dass die Lagertypen nicht ident sind, ermittelt das System den bestmöglichen Lagerplatz für das einzulagernde Fahrzeug. Auf diese Weise wird trotz unterschiedlicher Lagertypen, der Gehweg für den Mitarbeiter vom System optimiert und so kurz wie möglich gestaltet. Zusätzlich kommt noch hinzu, dass im System, je nach Auslastung, eine bestimmte Anzahl an Lagerplätzen freigehalten werden kann, sodass die Gehwege auf diese Weise optimiert werden können.

Im SOLL-Prozess wurde in der Simulation eine Maximierung des Wertes „Bewegte Fahrzeuge pro Mitarbeiter“ angestrebt und anhand von verschiedenen Szenarien wurden entsprechende Sensitivitätsanalysen mit der Simulation durchgeführt.

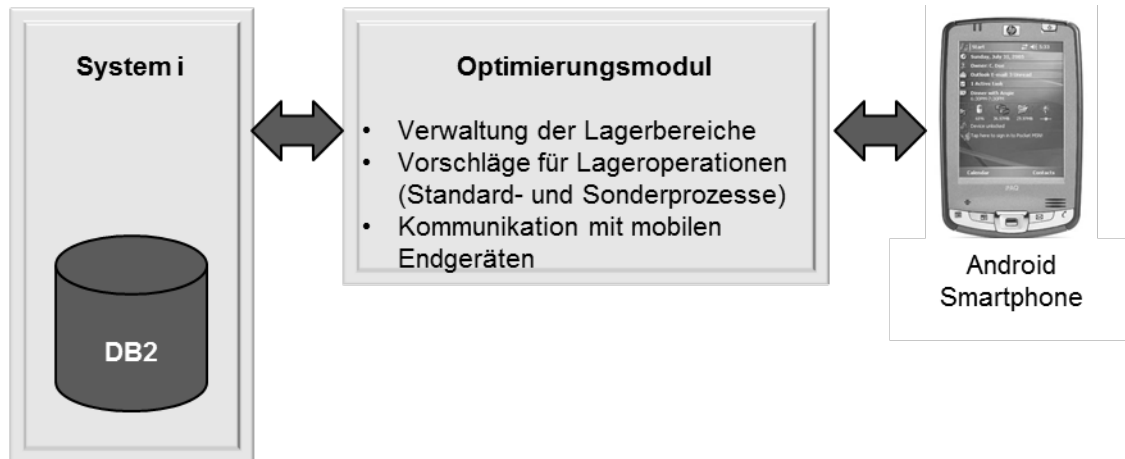
Abbildung 33: Nutzung freier Stellplätze

Quelle: In Anlehnung an Salzburg Research

Teil 2 – Implementierung von IKT zur Realisierung des SOLL-Prozesses

Der mittels Simulation optimierte Ein- bzw. Auslagerungsprozess setzt ein adaptierendes und funktionierendes IT-System voraus, das problemlos und schnell auf verschiedenste Situationen reagieren kann und somit den Ablauf der Ein- bzw. Auslagerung zu jeder Zeit gewährleisten kann. Das dafür notwendige Optimierungsmodul wurde in das bestehende IT-System integriert und an die vorhandene Datenbank angebunden. Da die Daten ständig aktuell sein müssen und eine dynamische Berechnung erforderlich ist, muss das System jederzeit eine Reihenfolge der ein- bzw. auszulagernden Autos errechnen und einen Überblick über die verfügbaren Lagerplätze geben können.

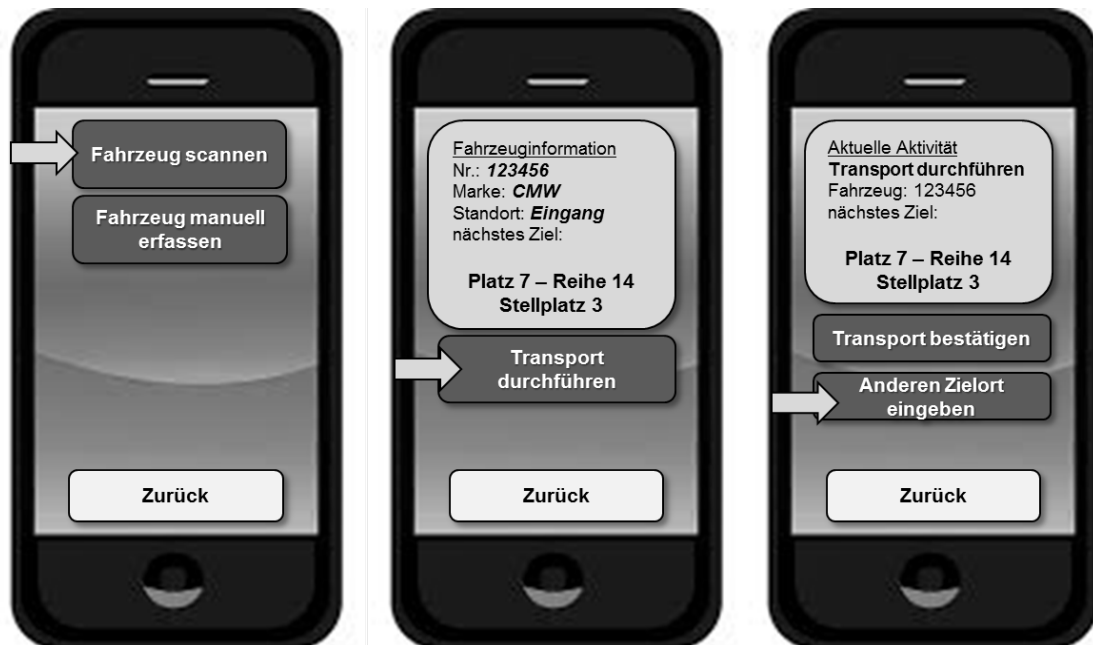
Die Fahrer werden mit mobilen Endgeräten – sogenannten Handhelds - ausgestattet, mit deren Hilfe sie über ein WLAN-Netzwerk mit dem System kommunizieren können. Die Handhelds müssen dabei je nach Aufgabenbereich unterschiedliche Funktionen bereitstellen. Das neue Tool setzt eine Schulung des Personals voraus, damit diese den Umgang mit den neuen Geräten beherrschen und jederzeit auf die notwendigen Daten zugreifen und auch Informationen in das System weitergeben können. Als Plattform für mobile Endgeräte soll das Betriebssystem Android eingesetzt werden. Die Geräte müssen außerhalb der WLAN-Bereiche eine mobile Datenverbindung nutzen und sollen zudem alltagstauglich, das heißt möglichst robust gegen Umwelteinflüsse wie Schnee, Regen oder starke Sonneneinstrahlung sein.

Abbildung 34: Systemarchitektur für den Einsatz mobiler Endgeräte

Quelle: In Anlehnung an Salzburg Research

Wichtig für eine einfache und fehlerfreie Bedienung ist das Visualisierungskonzept für die mobilen Endgeräte. Die Geräte ermöglichen, wie bereits vorhergehend angeführt, mittels WLAN bzw. mobiler Datenverbindung die Kommunikation mit dem IT-System bzw. dem Optimierungsmodul und stellen einen reibungslosen Ablauf sicher. Das Optimierungsmodul überträgt die notwendigen Daten auf die Android-basierten Geräte. Dadurch erhalten die Mitarbeiter die benötigten Informationen und können auf diesem Weg jederzeit mit dem System kommunizieren. Die folgende Abbildung zeigt, wie die Bedienbarkeit bzw. das Handling des auf Android basierenden Geräts aufgebaut ist. (Abbildung 35) Es wird der Prozess der Einlagerung gezeigt, d.h. das Fahrzeug wird mit dem mobilen Endgerät gescannt und damit eindeutig identifiziert. Diese Aktion startet den Prozess der Einlagerung, indem der Mitarbeiter nach Betätigung des Buttons „Transport durchführen“ den Auftrag annimmt und das Fahrzeug aus dem Eingangsbereich auf den, vom System vorgeschlagenen Stellplatz, bewegt. Sollte dieser nicht verfügbar sein, so kann der Fahrer einen anderen freien Stellplatz wählen und den neuen Platz an das System weiterleiten, damit dieses für die weiteren Berechnungen berücksichtigt werden kann. In ähnlicher Weise erhält der Fahrer dann die Information über den Stellplatz des aufzubereitenden bzw. auszulagernden Fahrzeugs. Durch den Einsatz entsprechender Handheld-Geräte werden die Daten in Echtzeit zwischen den Fahrern und dem IT-System ausgetauscht.

Abbildung 35: Visualisierungskonzept der mobilen Endgeräte (Prinzipdarstellung)



Quelle: In Anlehnung an Salzburg Research

Durch die Umsetzung dieses Optimierungsansatzes konnte die Anzahl der Leerfahrten mit Bussen erheblich reduziert und die Anzahl der bewegten Fahrzeuge pro Mitarbeiter signifikant gesteigert werden. Zudem ist es möglich, wesentlich mehr Fahrzeuge pro Tag am Gelände zu bewegen und auf Marktanforderungen – wie zum Beispiel neue Fahrzeugtypen oder steigende Fahrzeugnachfrage – flexibler zu reagieren.

Im Rahmen des Projekts wurden die Einsparungspotentiale sowie Produktivitätssteigerungen mittels Simulation im Detail berechnet und anhand eines realen Testbetriebs verifiziert. Eine explizite Darstellung der Ergebnisse kann aufgrund der für das Projekt abgeschlossenen Geheimhaltungsvereinbarung im Rahmen der hier vorliegenden Managementstudie jedoch nicht erfolgen.

Zusammenfassung

Der zunehmende Kostendruck und die steigenden Qualitätsanforderungen der Kunden setzen bei Unternehmen wie der Lagermax Autotransport GmbH eine konstante Auseinandersetzung und Optimierung der internen Lagerprozesse voraus, um auch langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben.

Die sehr personalintensiven Prozesse der Ein- und Auslagerung der Fahrzeuge sind ein wesentlicher Kostentreiber. Durch den Einsatz von Simulationen konnten diese

Prozesse ohne Eingriff in den laufenden Betrieb umgestaltet und getestet werden, wodurch eine effiziente Re-Organisation der Abläufe erzielt werden konnte.

Die Ausgangsbasis für diese Umgestaltung bildet die Erhebung der IST-Prozesse. Diese zeigt beim Unternehmen Lagermax einen sehr hohen Anteil an Leerfahrten aufgrund der Abarbeitungsreihenfolge der Ein- und Auslagerungen. Mittels Simulation konnte der SOLL-Prozess der Ein- und Auslagerung in Form eines Ringverkehrs gestaltet werden, wodurch sich die Anzahl der Leerfahrten erheblich reduziert haben. Die Umsetzung des SOLL-Prozesses erfolgte mittels Unterstützung einer effizienten, sicheren und integrierten IKT. Mit Hilfe mobiler Endgeräte werden laufend Echtzeitdaten generiert, die anschließend von einer Software dynamisch ausgewertet und verarbeitet werden. Diese Auswertungen dienen in weiterer Folge dazu, die optimale Abarbeitungsreihenfolge festzulegen.

Die Fallstudie zeigt, dass Smart Logistics – das heißt der umfassende Einsatz von IKT in der Logistik - einen wesentlichen Beitrag zur Effizienzsteigerung leisten kann. Um einen möglichst optimalen Nutzen aus der Implementierung neuer IKT ziehen zu können, müssen vor deren Einführung, die bestehenden Prozesse analysiert und optimiert werden. Die Verwendung von Simulationen ermöglicht es, die Auswirkungen von Störungen oder alternativen Prozessabläufen zu testen und zu analysieren, ohne dass dabei störend in den laufenden Betrieb eingegriffen werden muss. Dadurch können Unternehmen rascher, flexibler und anpassungsfähiger auf sich ändernde Prozessanforderungen reagieren.

4.4 Handlungsempfehlungen zur Umsetzung von Simulationen

Im Rahmen dieses Projekts hat sich gezeigt, wie wichtig es für einen reibungslosen Projektablauf ist, entsprechende Qualitätskriterien für die Simulationsanalyse von Anfang an gemeinsam mit dem Auftraggeber zu vereinbaren. Die Integration des Auftraggebers, der zwar meist über wenig Know-how und Erfahrung im Bereich der Simulation verfügt, dafür aber die praktische Relevanz der Ergebnisse abschätzen kann, führt insgesamt zu einer hohen Qualität der Simulation. Der Auftraggeber verfügt in der Regel über die notwendige Prozess-Expertise im zu simulierenden Bereich, außerdem kann eine geeignete Problem- und Zieldefinition nur in einer offenen Kooperation erfolgen (Wenzel et al. 2008, 37).

Bei den im Folgenden beschriebenen Ansätzen handelt es sich um Maßnahmen, die aus Sicht des Projektteams für die Qualitätssicherung eines Simulationsprojekts wesentlich sind.

Kick-off-Meeting

Während des Kick-off-Meetings mit dem Auftraggeber ist darauf zu achten, dass man alle relevanten Informationen und Vereinbarungen mit Bezug auf die Simulationsstudie klärt. Sollten nicht alle benötigten Daten und Informationen unmittelbar verfügbar sein, ist die Vorgehensweise zur Beschaffung abzustimmen. Des Weiteren müssen Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten innerhalb des Projekts eindeutig geklärt und ein detaillierter Zeitplan mit Meilensteinen erstellt werden. (Wenzel et al. 2008, 112)

Datenbeschaffung und deren Aufbereitung

Die Qualität der Daten ist ausschlaggebend für den späteren Erfolg der Simulationsstudie, da ohne sie die speziellen Eigenschaften eines Systems nicht dargestellt werden können. Folglich liefert die Simulation aufgrund unzureichender Eingangsdaten, irreführende und im extremsten Fall, falsche Ergebnisse, Empfehlungen und Handlungsanweisungen.

Nur jene Daten, die für das Ergebnis von Bedeutung sind, sind auch im Modell zu erfassen. Keinesfalls muss man also alle Daten, die vorhanden sind ins System integrieren, solange sie das Verhalten des Systems nicht verändern. Eine Berücksichtigung sämtlicher Daten verursacht eine komplizierte Modellbildung und damit einen vermeidbaren Mehraufwand (Wenzel et al 2008, 120). So war es für die Simulation des Lagermax-Prozesses beispielsweise nicht notwendig, zu simulieren, wann oder in welchen Abständen die Autos abgeholt werden. Für das am Beginn des Projekts definierte Ziel war diese Information nicht erforderlich.

Modellbildung

Die Modellbildung ist die Grundlage für die Durchführung von Experimenten, da ohne Modell keine Simulationsläufe absolviert werden können. Da im Rahmen der Simulationsanalyse Empfehlungen für das reale System erst in der Phase der Simulationsläufe bzw. der Experimente erzeugt werden, muss genügend Zeit für das eigentliche Experimentieren im Projekt eingeplant werden (Wenzel et al. 2008, 125).

Um Qualitätskriterien in der Phase der Modellbildung gerecht zu werden, gibt es Grundsätze bezüglich des Vorgehens: Man beginnt mit einem einfachen Modell, welches schrittweise komplexer und detaillierter gestaltet wird. Die Komplexität erhöht man zuerst an den Stellen, die für das Modell von größter Bedeutung sind, beispielsweise wie im Lagermax-Prozess an Engpässen wie dem sogenannten PDI-Center. Merkt man während der Erweiterung des Modells, dass sich keine nennenswerten Veränderungen ergeben, kann das Modell gegebenenfalls wieder vereinfacht werden. Durchgehende Prüfungen der Richtigkeit und Gültigkeit des

Modells sind von Vorteil, da dadurch Zeit- und Qualitätsverluste vermieden werden. (Wenzel et al. 2008, 127)

Der Detaillierungsgrad eines Modells ist ein wichtiger und erfolgsbestimmender Bestandteil jeder Simulation. Die Herausforderung in diesem Zusammenhang besteht darin, eine gerade noch ausreichende Genauigkeit zu erzielen und richtig abzuschätzen, welche Komponenten große Wichtigkeit für das Modell besitzen. Wenn der Detaillierungsgrad sehr hoch angesetzt ist, so inkludiert man zwar alle Details und Parameter, allerdings steigt der Aufwand der Modellierung enorm. Außerdem tendieren Modelle mit einem solch hohen Grad der Detaillierung zu längeren Laufzeiten, was neben dem zeitlichen Aufwand für Simulationsläufe, auch die benötigte Rechnerkapazität erhöhen kann. Wenn jedoch zu sehr vereinfacht wird, fehlen dem Modell wichtige Aspekte und eine Lösung der Problemstellung ist nicht möglich oder zumindest nicht aussagekräftig für die praktische Umsetzung. Festzuhalten ist, dass es in jedem System Komponenten gibt, die gröber simuliert werden können, ohne dass dabei ein Qualitätsverlust produziert wird. (Wenzel et al. 2008, 128)

Experimente und Analysen

Ein Qualitätskriterium für Simulationen liegt in der Anzahl der durchgeführten Simulationsläufe bzw. Experimente. So besitzen Ergebnisse eine höhere Aussagekraft, wenn mehrere Versuche gemacht werden (Georgii 2004, 118ff), da eine singular durchgeführte Simulation immer nur Stichprobencharakter besitzt.

Die Untersuchung von seltenen Ereignissen, die einen hohen Einfluss auf das Verhalten des Systems besitzen, stellt ein weiteres Qualitätskriterium dar. Hierzu zählen beispielsweise ein aufwendig zu behebender Schaden an einem Auto oder Probleme bzw. Verzögerungen im PDI-Center. Inkludiert man solche Zustände, die nicht häufig, aber ausschlaggebend für das Systemverhalten sind, erzeugt man ein realistisches Modell, welches infolgedessen in der Lage ist, aussagekräftige und vor allem praxistaugliche Empfehlungen zu liefern.

5 Wege zu Smart Logistics

5.1 Anforderungen an den Wirtschaftsstandort

Die erfolgreiche Anwendung der Digitalisierung in der betrieblichen Praxis ist stark von den jeweiligen Rahmenbedingungen des Unternehmens und der zugehörigen Branche abhängig. Diese Rahmenbedingungen sind sowohl technischer, normativer als auch organisatorischer Natur und müssen in vielen Bereichen erst geschaffen bzw. definiert werden. (Bauer et al. 2014, 37)

Mit Standardisierung und Normung zu mehr Datenaustausch

Eine Voraussetzung für die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und zur weiteren Steigerung der Prozesseffizienz liegt im unternehmensübergreifenden Datenaustausch und damit in der Verwendung einheitlicher IT-Standards. Das Beispiel der Firma Lagermax zeigt, wie innerhalb eines Unternehmens Prozesse optimiert werden können. Durch einen noch intensiveren unternehmensübergreifenden Datenaustausch zwischen den Fahrzeug-OEM, den Logistik Service Providern sowie den Händlern könnte allerdings die Datengenauigkeit für Anlieferzeitpunkte, Fahrzeugtypen, etc. weiter verbessert werden, sodass zum Beispiel durch eine optimale Synchronisation der An- und Auslieferung von Fahrzeugen im Auto-Terminal Straßwalchen eine Lagerung von Fahrzeugen mit kurzer Verweildauer zumindest teilweise entfallen könnte.

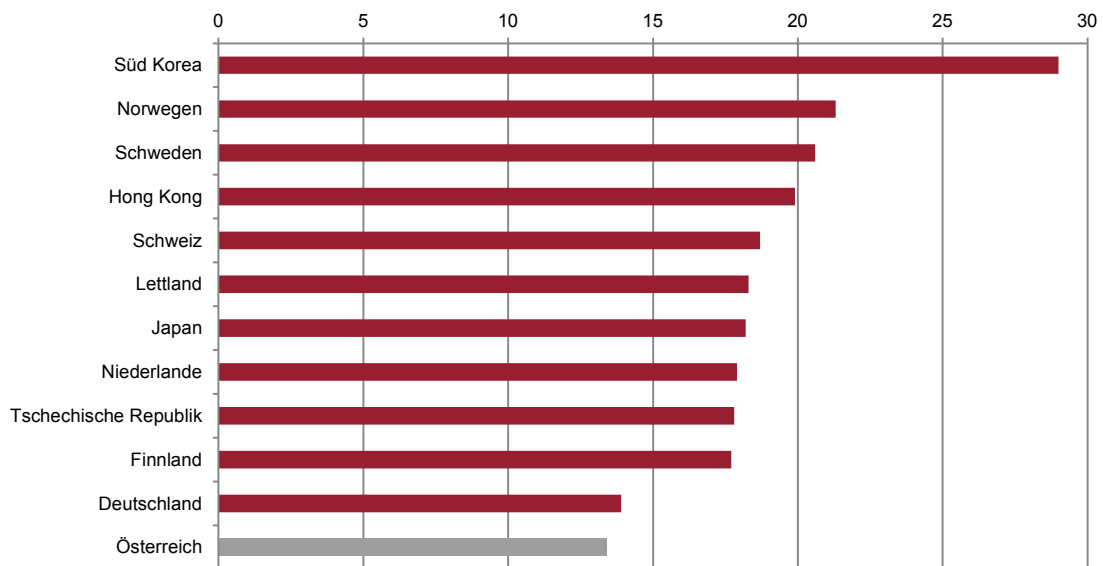
Ebenso wie Standardbehälter im Materialfluss effiziente Logistikprozesse erst ermöglichen, kann ein effizienter Datenaustausch ohne IT-Standards nicht realisiert werden. Während beim Materialfluss zum Beispiel Ladungsträger wie die EURO-Palette oder Seefrachtcontainer genormt sind, erfordert der Informationsfluss eine Standardisierung der elektrotechnischen Kommunikation. Einheitliche Standards vor allem in Bezug auf die Datensicherheit garantieren die Kommunikation vom kleinsten intelligenten Sensor auf einer Verpackung bis zur obersten Unternehmensebene und weiter bis zu unternehmensübergreifenden Logistikplattformen. (Bauernhansl, ten Hompel, Vogel-Heuser 2014, 326).

Der Erfolg und die Akzeptanz von cyber-physischen Systemen basiert wesentlich auf der Schaffung von international gültigen Standards und Normen. Nur so können zuverlässige, sichere und beherrschbare Gesamtsysteme garantiert werden. (Pinnow, Schäfer 2015, 130) Die Schaffung von Normen und Standards findet auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene statt. (DIN, DKE 2015, 12) Als Ansprechpartner in Österreich fungiert die Arbeitsgruppe Normen und Standards der Plattform Industrie 4.0. (Verein Industrie 4.0 Österreich 2016, online)

Schaffung digitaler Infrastruktur

Ein effizienter Datenaustausch und damit die Verfügbarkeit von Echtzeitdaten, kann nur dann gewährleistet werden, wenn entsprechend leistungsfähige IT-Infrastrukturen vorhanden sind. Flächendeckende, schnelle und sichere Breitbandnetze bilden die Basis für den Austausch großer Datenmengen. Betrachtet man die durchschnittlichen Breitbandgeschwindigkeiten in Österreich, so ist ersichtlich, dass in diesem Bereich Handlungsbedarf besteht. Weltweit gesehen liegt Österreich in Bezug auf die Breitbandgeschwindigkeit gemessen in Mbit/s auf dem 29. Rang. Vor allem in Asien und in den nordeuropäischen Ländern ist die Versorgung mit „superschnellem“ Breitbandinternet weiter vorangeschritten als dies in Österreich oder auch in Deutschland der Fall ist. (Belson 2016, 12f)

Abbildung 36: Durchschnittliche Breitbandgeschwindigkeit in Mbit/s (Q1 2016)



Quelle: Belson, 2016

Ein flächendeckendes, schnelles Breitbandnetz ist - ähnlich einer gut ausgebauten Verkehrsinfrastruktur - ein Faktor, der sich positiv auf den Wirtschaftsstandort auswirken kann. Zudem werden hohe Bandbreiten zukünftig einen starken Einfluss auf die Standortwahl von global agierenden Unternehmen haben. (BDI 2015, 16)

Datenschutz und -sicherheit in vernetzten Systemen

Die Akzeptanz und damit die Implementierung neuer IKT-Systeme sind wesentlich geprägt durch das Thema Datenschutz und -sicherheit. Nur wenn sich die Akteure der

Wertschöpfungskette sicher sein können, dass ihre Daten in einem integrierten Gesamtsystem geschützt sind, steigt die Bereitschaft des Austausches von hochsensiblen Unternehmensdaten. Dabei spielt nicht nur der Datenschutz⁵ eine Rolle, sondern auch die Datensicherheit. Die Datensicherheit bezieht sich auf die Verfügbarkeit der Daten, z.B. bei technischen Ausfällen einzelner Systeme sowie die Vertraulichkeit und Integrität der Daten, wobei die Änderungen von Daten durch dazu unbefugte Dritte verhindert werden müssen. Unternehmen sind auf den globalen Datenaustausch angewiesen und werden zukünftig vermehrt auftrags- oder kundenbezogene Daten mit Unternehmensdaten verknüpfen, um individuelle Lösungen anbieten zu können. Es ist notwendig, einen Rechtsrahmen zu definieren, der einerseits personenbezogene Daten schützt, andererseits Innovationen in der Datenverarbeitung ermöglicht. (BDI 2015,30) Außerdem bedarf es weiterhin der kontinuierlichen Forschung, um die technischen Möglichkeiten zur Optimierung der Datensicherheit zu ermitteln. (Bauer et al. 2014, 37)

Mitbestimmungsrechte der Beschäftigten und Arbeitsgestaltung

Die Digitalisierung hat enormen Einfluss auf den Bereich der Arbeitsplatzgestaltung. Die neuen technischen Möglichkeiten werden nicht nur die bisherigen Begriffsdefinitionen von Arbeitszeit und Arbeitsort verändern. Das Beispiel der Firma Lagermax zeigt, dass Mitarbeiter mittels IKT laufend Daten in Echtzeit an das IT-System melden. Damit kann jederzeit der Standort der Mitarbeiter im Auto-Terminal, die Arbeitsleistung oder auch die Fehlerquote der Mitarbeiter ermittelt und womöglich untereinander verglichen werden. Belegschaft und Unternehmen sind gleichermaßen gefordert, Flexibilität und Veränderungsbereitschaft zu zeigen. Allerdings müssen auch kritische Auswirkungen neuer IKT auf die Arbeitsplatzgestaltung und die Arbeitsbelastung der Belegschaft umfassend berücksichtigt werden. Zudem wird durch mobile Arbeit in vielen Bereichen die klare Trennung zwischen Arbeit und Privatleben aufgehoben. (Schwarzbach 2016, 19) Derzeitige soziale Schutzsysteme sind noch unzureichend auf die neuen Arbeitsformen und -modelle abgestimmt und bedürfen einer laufenden Erweiterung und Anpassung. (Gäde-Butzlaff 2015, 20) Es gilt die Balance zu finden zwischen einer gewissen zeitlichen Flexibilität der Belegschaft und einer Arbeitsorganisation, frei von Zeiterfassung und Einhaltung von gesetzlichen Pausen und Ruhezeiten. (Schwarzbach 2016, 19)

⁵ Unter Datenschutz versteht man den gesetzlich definierten Schutz von personenbezogenen Daten gemäß dem Bundesdatenschutzgesetz. (Heuermann 2014, 153)

5.2 Handlungsfelder für KMU

Digitalisierungsstrategie als Element der Unternehmensstrategie

Die Verzahnung von IKT mit den logistischen Prozessen ist bereits voll im Gange und wird auch in Zukunft ein entscheidender Wettbewerbsfaktor sein. Dabei geht es nicht nur darum, bestehende Prozesse neu zu gestalten und mit entsprechenden Technologien zu unterstützen, vielmehr kann die Digitalisierung auch zu einem „Enabler“ für komplett neue Geschäftsmodelle werden. (Krupp, Paffrath, Wolf 2010, 18) Die Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten der Digitalisierung muss deshalb auf Höhe des strategischen Managements erfolgen und bedarf einer Verankerung in der Unternehmensstrategie.

Schrittweise Umsetzung

Die Implementierung eines Systems, welches die horizontale und vertikale Integration entlang der gesamte Supply Chain berücksichtigt, kann nur schrittweise erfolgen. (Bischoff 2015, 142) Es gilt vorerst einzelne logistische Prozesse herauszufiltern, bei denen durch den Einsatz von IKT schnell ein wirtschaftlicher Erfolg erzielt werden kann und die Ausgangsbasis für weitere Implementierungen bietet. Umsetzungserfolge in einzelnen Teilprozessen liefern in Folge die Argumentation und die nötigen finanziellen Mittel für gesamtheitliche Lösungen. (Spath 2014, 122)

Eine allgemein gültige Vorgehensweise für die schrittweise Umsetzung der horizontalen und vertikalen Integration kann nicht entworfen werden, da sich die einzelnen Unternehmen in ihrer Größe, Struktur, Branche und Arbeitsweise stark unterscheiden können. (Bischoff 2015, 142) Die Erhebung der Produktionsstruktur im Rahmen des Forschungsprojekts mit Ramsauer & Stürmer Software GmbH zeigt, wie unterschiedlich die PPS in den jeweiligen Unternehmen umgesetzt wird. Viele Unternehmen verfügen über keine standardisierte Datenerfassung und steuern diesen Prozess noch überwiegend manuell. Bei diesen Unternehmen ist die Implementierung eines gesamtheitlichen Systems der Datenerfassung, wie es die vertikale Integration vorsieht, weitaus komplexer, als bei Unternehmen, die Leitstandskonzepte verwenden und damit für den Produktionsplanungsprozess bereits eine umfassende Datenbasis geschaffen haben.

Potentiale der Digitalisierung für einzelne Prozesse nutzen

Die Leistungsfähigkeit der Prozesse kann mittels Einsatz von IKT-Systemen gesteigert werden, dies gilt für KMU im gleichen Sinne wie für Großunternehmen. Manuelle Arbeiten werden reduziert, Prozesse standardisiert und professionalisiert. Die Basis für diese Leistungssteigerung ist je nach Unternehmensgröße unterschiedlich, aufgrund

der Skaleneffekte ersetzt ein IT-System in einem Großunternehmen vor allem manuelle Tätigkeiten und führt dabei auch zu größeren Kosteneinsparungen. (Fuchs 2013, 114) Für KMU ist eine gezielte Auswahl der Prozesse für die Implementierung neuer Technologien deshalb essentiell, um kurzfristig realisierbare Einsparungspotentiale zu erkennen und rasch verwertbare Ergebnisse erzielen zu können. (Spath 2014, 122). Im Forschungsprojekt mit dem Unternehmen Lagermax konnte mittels Einsatz von Simulationssoftware der IST-Prozess transparent dargestellt und analysiert werden. Dies lieferte die Grundlage für die Entwicklung der SOLL-Prozesse, wodurch die Effizienz bei den Ein- und Auslagerungen erheblich gesteigert werden konnte.

Auseinandersetzung mit den Basistechnologien

Cyber-physische Systeme, als Technologie zur horizontalen und vertikalen Integration, sind in den Supply Chains noch nicht weit verbreitet. Sie werden aber als Grundlage für den Erfolg von Industrie 4.0 angesehen (Zsifkovits, Altendorfer-Kaiser 2015, 23). KMU sind jetzt gefordert sich mit den Basistechnologien auseinanderzusetzen, um einen sicheren und effizienten Datenaustausch innerhalb der Supply Chain gewährleisten zu können. Dabei wird es auch notwendig sein, Bereichsgrenzen zu überwinden und organisatorische bzw. rechtliche Rahmenbedingungen zu ändern. (Bischoff 2015, 143) Eine Herausforderung bei der horizontalen und vertikalen Integration wird darin bestehen, die Implementierung der IKT in Unternehmen verschiedenster Größe und Struktur bedarfsgerecht zu gestalten sowie für diese eine Minimierung von Aufwand und Kosten sicherzustellen. (Manzei, Schleupner, Heinze, 2016, 90)

Überprüfung der IT-Sicherheit im eigenen Unternehmen

Die informationstechnische Vernetzung unterschiedlicher Systeme bergen Risiken bezüglich der IT-Datensicherheit. Kommunizieren Prozesse untereinander sowie mit Sensoren und Aktoren, so ist eine Verschlüsselung und Identitätskontrolle Grundvoraussetzung für die Sicherheit des Gesamtsystems. Vor allem KMU verfügen über ein nicht ausreichendes Schutzniveau ihrer Betriebssysteme und unterschätzen das Schadenspotential. (Pinnow, Schäfer 2015, 131) Die informationstechnische Vernetzung von mehreren Betriebssystemen darf nicht dazu führen, dass sensible Daten ungewollt ausgelesen oder manipuliert werden. (DIN, DKE 2015, 23) Deshalb sind KMU bereits jetzt gefordert, ihre vorhandenen Systeme im Hinblick auf ihre IT-Sicherheit laufend zu analysieren und zu ergänzen.

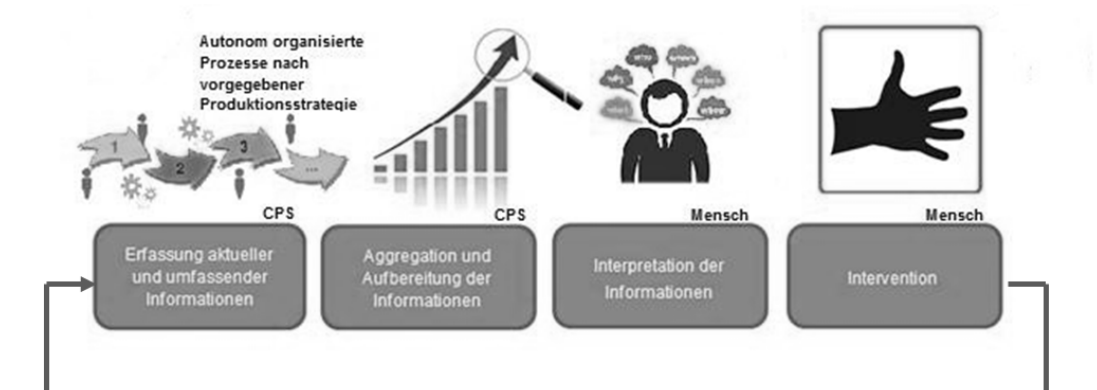
Kunden- und Lieferantenanbindungen mittels IT-Technologien stärken

Die informatorische Anbindung von Lieferanten und Kunden erfolgt zur Zeit meist über Electronic Data Interchange (EDI). Geschäftspartner tauschen dabei elektronisch Geschäftsdokumente aus und reduzieren damit den operativen Aufwand innerhalb der Beschaffungsprozesse. (Göpfert 2016, 208) Die Kommunikation mittels EDI erfolgt über einheitliche Datenformate und gewährleistet eine Eins-zu-eins-Anbindung zwischen den Akteuren. (editel, online) Die hohen Implementierungskosten für EDI sind vor allem für KMU ein wesentlicher Grund, um auf die Einführung zu verzichten. Dennoch sollten KMU die Bereitstellung einer EDI-Schnittstelle für Großkunden in Betracht ziehen, um eine automatisierte Kommunikation zu gewährleisten und um sich letztendlich einen Wettbewerbsvorteil gegenüber der Konkurrenz zu verschaffen. (Fuchs 2013, 111) EDI-Anbindungen können als ein erster Schritt zu einer durchgängigen Datentransparenz in der gesamten Supply Chain beitragen.

Qualifizierungsmaßnahmen und Personalbindung

Wie bereits erläutert, bietet der verbreitete Einsatz von IKT neue Herausforderungen, aber auch Chancen für die Beschäftigten eines Unternehmens. In einem selbstorganisierenden System nimmt der Mensch vorrangig die Rolle des Systemplaners und -betreuers ein. Seine primäre Aufgabe ist die Auseinandersetzung und Vorgabe der Automatisierungsstrategie sowie deren Anpassung im Bedarfsfall. (Bauernhansl, ten Hompel, Vogel-Heuser 2014, 527).

Abbildung 37: Der Mensch als Planer und Überwacher der Automatisierung



Quelle: In Anlehnung an Bauernhansl, ten Hompel, Vogel-Heuser 2014

Zentrale Managementsysteme werden durch die autonom ablaufenden Planungs- und Steuerungsvorgänge entlastet und nur in Ausnahmefällen werden Parameter geändert

oder Nachkorrekturen vollzogen. Routinetätigkeiten können überwiegend an Systeme und Maschinen verlagert werden, womit sich die Arbeitsinhalte für die Beschäftigten abwechslungsreicher gestalten lassen. (Bischoff 2015, 132) Das Aufgabenspektrum und die Qualifikationsanforderungen an die Belegschaft ändern sich stetig. Das Personal wird – wie im Falle von Lagermax – mit geeigneten technischen Hilfsmitteln in Form von mobilen Endgeräten ausgestattet. Dadurch sind Fachkräfte einerseits gefordert sich mit der Bedienung dieser Geräte auseinanderzusetzen, andererseits muss ein Verständnis für die neuen Geschäftsprozesse und dem damit verbundenen Datenbedarf aufgebaut werden. Von den Beschäftigten wird daher im zunehmenden Maße Interdisziplinarität gefordert, die ein Wissen über die Methoden, Technologien und auch ein grundlegendes Verständnis hinsichtlich des Umgangs mit Informationen voraussetzt. (Schönauer 2014, 5) Die Beschäftigten können diesen Anforderungen nur gerecht werden, wenn deren Qualifikationen durch entsprechende Programme in den Unternehmen aufgebaut werden. Zeiten, in denen geringere Auslastungen vorliegen, bieten sich an, um diese für Schulungen zu nutzen (Spath et al. 2016, 86)

Wissen und Qualifikation sind kritische Erfolgsfaktoren für die Umsetzung von Smart Logistics. KMU stehen im Konkurrenzkampf mit Großunternehmen bei der Rekrutierung neuer qualifizierter Fachkräfte oder der Bindung von erfahrenen Mitarbeitern an ihr Unternehmen und können im Vergleich zu diesen weniger Aufstiegschancen und Weiterbildungsmöglichkeiten bieten. (Malshe, Eekhoff 2012, 12) Deshalb müssen für KMU die Personalbindung und deren Qualifikation zentrale Themen der Personalstrategie, insbesondere im Zusammenhang mit der zunehmenden Digitalisierung, sein.

6 Ausblick zu Smart Logistics

Im Rahmen dieser Managementstudie wurden Lösungsansätze, Möglichkeiten, Chancen, aber auch Risiken und Herausforderungen einer zunehmenden Digitalisierung der Wertschöpfungsprozesse insbesondere für KMU aufgezeigt. Smart Logistics bietet speziell KMU Möglichkeiten, Kundenbedürfnisse durch einen umfassenden Einsatz von IKT in Zukunft noch besser erfüllen zu können. Individuelle Produkte, rasch und flexibel bereit zu stellen, wird auch in Zukunft ein entscheidender Wettbewerbsfaktor sein. Wer die zunehmende Digitalisierung nutzen kann, um im direkten Kunden- und Lieferantkontakt neue innovative Dienstleistungen zu entwickeln, wird sich in weiterer Folge mittels Smart Services einen weiteren Wettbewerbsvorteil erarbeiten können.

Das größtmögliche Potential der Digitalisierung ist dann gegeben, wenn die gesamte Wertschöpfungskette und damit auch die logistischen Prozesse in einem Gesamtsystem konsequent an den Kundenbedürfnissen ausgerichtet werden. Diese durchgängige Datenintegration innerhalb der Supply Chain ist nur dann realisierbar, wenn alle Netzwerkpartner die Vernetzung des Informations- mit dem Materialfluss vorantreiben. Aus diesem Grund ist es auch für KMU von zunehmender Bedeutung, sich mit Smart Logistics - also dem umfassenden Einsatz von IKT zur Optimierung der Logistikprozesse - auseinanderzusetzen, um zukünftig Akteure einer digitalen Supply Chain sein zu können.

Wie die Produktionsstrukturanalyse zur Auftragsfertigung in österreichischen Unternehmen zeigt, ist die Ausgangslage für die Implementierung von Smart Logistics Lösungen sehr unterschiedlich. Mehr als ein Drittel der Unternehmen betreiben den Prozess der Produktionsplanung noch immer überwiegend manuell und verfügen deshalb nicht über eine durchgängige Datenvernetzung ihrer Systeme. Hier gilt es möglichst rasch die Grundlagen zu schaffen, um eine horizontale und vertikale Integration der Daten voranzutreiben und damit die Flexibilität sowie die Reaktionsfähigkeit weiter steigern zu können. Denn Flexibilität und Reaktionsfähigkeit wird von Seiten der Kunden immer stärker gefordert. Mehr als die Hälfte der befragten Unternehmen gaben an, dass Eilaufträge mehrmals wöchentlich bis hin zu mehrmals täglich auftreten.

Die Implementierung neuer IKT sollte nicht ohne vorherige Optimierung der Produktions- und Logistikprozesse erfolgen. Im Gegenteil: die Digitalisierung erfordert vorab eine genaue Analyse der IST-Prozesse, um vor der IT-technischen Umsetzung geeignete SOLL-Prozesse entwickeln zu können. Am Beispiel der Lagerprozesse des Unternehmens Lagermax Autotransport GmbH wurde dargestellt, welchen Beitrag Simulationen bei der Optimierung von Prozessen liefern können. Mittels moderner

Simulationstools wurde ohne Störung des laufenden Betriebs, die Umstrukturierungen in den Prozessen vorgenommen und die technische sowie organisatorische Machbarkeit der SOLL-Prozesse konnten, vor der eigentlichen realen Umsetzung, virtuell erprobt werden. Durch den Einsatz von IKT in Form von mobilen Endgeräten und einer integrierten Softwarelösung zur Optimierung der Ein- und Auslagerungsvorgänge, konnten in Folge die Leerfahrten und Wartezeiten erheblich reduziert werden.

Der Einsatz von neuen Technologien und technischen Hilfsmitteln erweitern das Aufgabenspektrum und damit die Anforderungen an die Beschäftigten. Interdisziplinarität wird in Form von Prozesswissen als auch in Form von Methoden- und Technologiekompetenz gefordert. Verfügen Fachkräfte über interdisziplinäre Qualifikationen, so können sie flexibler im Unternehmen eingesetzt werden und damit erheblich zur Flexibilisierung der Prozesse beitragen. Neue Technologien tragen außerdem dazu bei, die Leistungsfähigkeit der Belegschaft zu steigern und die Attraktivität des Arbeitsplatzes zu erhöhen.

Qualifiziertes Personal ist ein kritischer Erfolgsfaktor für die Umsetzung von Smart Logistics. Die Kombination von betriebswirtschaftlichen Kenntnissen zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle sowie optimaler Geschäftsprozesse, mit Know-how aus dem Bereich der Informatik, wird in den nächsten Jahren eine zentrale Kernkompetenz für Unternehmen bei der Umsetzung ihrer Digitalisierungsmaßnahmen sein.

Auch wenn viele derzeit von einer vierten industriellen Revolution sprechen, spricht einiges dafür, dass es weniger ein plötzlicher, radikaler Umbruch als vielmehr eine kontinuierliche Weiterentwicklung ist, die bereits Anfang der 1990er Jahre begonnen hat und noch viele Jahre und Jahrzehnte andauern wird. Auffallend ist allerdings, dass die Dynamik dieser Entwicklung auch nach über zwei Jahrzehnten weiter zunimmt. Wer also nicht rechtzeitig beginnt die digitale Transformation in seinem Unternehmen aktiv zu gestalten, wird wohl früher oder später vom Markt verschwinden.

Literaturverzeichnis

Bangsow, S. (2008): Fertigungssimulationen mit Plant Simulation und SimTalk. München: Carl Hanser Verlag

Bartels, J. (2014): Eine Fabrik für alle Fälle. In: Reflex Verlag GmbH (Hg.): Industrie 4.0. Die vierte industrielle Revolution. Berlin: Reflex Verlag GmbH, Seite 15

Bauer, W., Schlund, S., Marrenbach, D., Ganschar, O., BITKOM (Hg.) (2014): Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Berlin: Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.

Bauernhansl, T., ten Hompel, M., Vogel-Heuser, B. (Hg.) (2014): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden: Springer Vieweg

BDI - Bundesverband der deutschen Industrie e.V. (Hg.) (2015): Chancen nutzen. Vertrauen stärken. Gemeinsam handeln. Digitale Agenda der Deutschen Industrie. Berlin: Industrie Förderungs GmbH

Bechtold, J., Lauenstein, C., Kern, A., Bernhofer, L. (2014): Industry 4.0 - The Capgemini Consulting View. Sharpening the Picture beyond the Hype. Capgemini Consulting

Becker, T., Knop, C. (Hg.) (2015): Digitales Neuland – Warum Deutschlands Manager jetzt Revolutionäre werden. Wiesbaden: Springer Gabler

Belson, D. (Hg.) (2016): akamai's state of the internet – Q1 2016 report. Cambridge: Akamai Technologies

Bischoff, J. (Hg.) (2015): Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand. Auftraggeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hg.) (2015): Industrie 4.0 – Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland. Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Bracht, U., Geckler, D., Wenzel, S. (2011): Digitale Fabrik. Methoden und Praxisbeispiele. Berlin Heidelberg: Springer Verlag

Bullinger, H., Warnecke, H., Westkämper (Hg.) (2003): Neue Organisationsformen im Unternehmen. Ein Handbuch für das moderne Management. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag

Crisp Research AG (Hg.) (2015): Digital Leader. Leadership im digitalen Zeitalter. Ergebnisse einer empirischen Studie in Kooperation mit Dimension Data Deutschland. Bad Homburg: Dimension Data Germany AG & Co. KG

Dickmann, P. (Hg.) (2015): Schlanker Materialfluss – mit Lean Production, Kanban und Innovationen. 3. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg

- DIN e.V., DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik (Hg.) (2015): Deutsche Normungs-Roadmap: Industrie 4.0. Version 2. Berlin, Frankfurt: DIN e.V, DKE
- Dombrowski, U., Hermann, C., Lackner, T., Sonnentag, S. (Hg.) (2009): Modernisierung kleiner und mittlerer Unternehmen. Ein ganzheitliches Konzept. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag
- Dombrowski, U., Wagner, T. (2014): Arbeitsbedingungen im Wandel der Industrie 4.0. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jg. 2014, Nr. 5, Seiten 351–355
- Effert, C., Potthast, A. (2013): Einsatzmöglichkeiten von Augmented Reality in der Produktion. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jg. 2013, Nr. 9, Seiten 682-686
- Eley, M. (2012): Simulation in der Logistik. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler
- Eißig, M., Hofmann, E., Stölzle, W. (2013): Supply Chain Management. München: Verlag Franz Vahlen
- Fuchs, C. (2013): IT steigert die Supply-Chain-Leistung – immer? In: HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik, Jg. 2013, Nr. 50, Seiten 107-114
- Gadatsch, A. (2010): Grundkurs Geschäftsprozess-Management. Methoden und Werkzeuge für die IT-Praxis: Eine Einführung für Studenten und Praktiker. 6. Aufl. Wiesbaden: Vieweg & Teubner
- Gäde-Butzlaff, V. (2015): Arbeiten in der digitalen Welt. In: Schlick, C. (Hg.): Arbeit in der digitalisierten Welt: Beiträge der Fachtagung des BMBF 2015. Frankfurt am Main: Campus Verlag GmbH
- Georgii, H.O. (2004): Stochastik. Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik. 2. Aufl. Berlin: Walter de Gruyter
- Gleißner, H., Femerling, J. (2008): Logistik – Grundlagen, Übungen, Fallbeispiele. 1. Aufl., Wiesbaden: Gabler
- Gneuss, M. (2014): Als die Werkstücke laufen lernten. In: Reflex Verlag GmbH (Hg.): Industrie 4.0. Die vierte industrielle Revolution. Berlin: Reflex Verlag GmbH, Seiten 3-4
- Göpfert, I. (Hg.) (2016): Logistik der Zukunft - Logistics for the future. 4. Aufl. Wiesbaden: Gabler
- Güntner, G., Eckhoff, R., Markus, M. (2014): Bedürfnisse, Anforderungen und Trends in der Instandhaltung 4.0. Salzburg: Salzburg Research
- Hedtstück, U. (2013): Simulation diskreter Prozesse. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag
- Heuermann, R. (2014): Strategisches IT-Management in Privatwirtschaft und Verwaltung. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH

Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J. (Hg.) (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft - Wissenschaft, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.

Kaufmann, T. (2015): Geschäftsmodelle in Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge: Der Weg vom Anspruch in die Wirklichkeit. Wiesbaden: Springer Vieweg

Kemmner, D., Sames, D. (2016): Industrie 4.0 beginnt mit der Disposition 4.0. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jg. 2016, Nr. 111, Seiten 73-75

Kohnhauser, V., Mayr, O., Schobesberger, M., Kiechle, G. (2016): Smart Logistics – Wie Digitalisierung die Wettbewerbsfähigkeit erhöht. Steyr: Verein Netzwerk Logistik Österreich

Krupp, T., Paffrath, R., Wolf, J. (2010): Praxishandbuch IT-Systeme in der Logistik: Grundlagen, Lösungsansätze, Anwendungsbeispiele. 1. Aufl. Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag

Kummer, S., Grün, O., Jammerneegg, W. (Hg.) (2006): Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik. München: Pearson

Malshe, A., Eekhoff, J. (2012): Triebwerk des Erfolgs – der deutsche Mittelstand im Fokus. Wales: GE Capital EMEA Services Limited

Manzei, C., Schleupner L., Heinze, R. (Hg.) (2016): Industrie 4.0 im internationalen Kontext: Kernkonzepte, Ergebnisse, Trends. Berlin, Offenbach: VDE Verlag GmbH

März, L., Krug, W. (2011): Kopplung von Simulation und Optimierung. In: März, L., Krug, W., Rose, O., Weigert, G. (Hg.): Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik. Praxisorientierter Leitfaden mit Fallbeispielen. Berlin, Heidelberg: Springer, Seiten 41-45

März, L., Weigert, G. (2011): Simulationsgestützte Optimierung. In: März, L., Krug, W., Rose, O., Weigert, G. (Hg.): Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik. Praxisorientierter Leitfaden mit Fallbeispielen. Berlin, Heidelberg: Springer, Seiten 3-12

Pinnow, C., Schäfer, S. (2015): Industrie 4.0 – Grundlagen Anwendungen: Branchentreff der Berliner Wissenschaft und Industrie. Berlin, Wien, Zürich: Beuth Verlag GmbH

Refflinghaus, R., Kern, C., Klute-Wenig, S. (Hg.) (2016): Qualitätsmanagement 4.0 – Status Quo! Quo vadis? Kassel: Kassel University Press GmbH

Roland Berger Strategy Consultants GmbH (Hg.) (2015): Die digitale Transformation der Industrie. Was sie bedeutet. Wer gewinnt. Was jetzt zu tun ist. Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.

Rose, O., März, L. (2011): Simulation. In: März, L., Krug, W., Rose, O., Weigert, G. (Hg.): Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik. Praxisorientierter Leitfaden mit Fallbeispielen. Berlin, Heidelberg: Springer, Seiten 13-19

- Roth, A. (Hg.) (2016): Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0: Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler
- Roth, A., Schroeder, R., Huang, X., Kristal, M. (2008): Handbook of Metrics for Research in Operations Management – Multi-item Measurement Scales and Objective Items. London: Sage Publications Ltd.
- Schenk, M. (Hg.) (2015): Produktion und Logistik mit Zukunft. Digital Engineering and Operation. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg
- Schlobach, H. (2015): Reale Wertschöpfung im Fokus. In: Business & Logistic, Jg. 2015, Nr.5, Seiten 14-20
- Schlund, S., Hämmerle, M., Strölin, T., Ingenics AG (Hg.) (2014): Industrie 4.0 – Eine Revolution der Arbeitsgestaltung. Wie Automatisierung und Digitalisierung unsere Produktion verändern werden. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
- Schönauer, I. (2014): Smarte Fabrik braucht smarte Mitarbeiter. In: Reflex Verlag GmbH (Hg.): Industrie 4.0. Die vierte industrielle Revolution. Berlin: Reflex Verlag GmbH, Seite 5
- Schulte, C. (2009): Logistik: Wege zur Optimierung der Supply Chain. 5. Aufl. München: Verlag Franz Vahlen
- Schwarzbach, M. (2016): Digitale Arbeit, E-Government, Arbeit 4.0: Handlungsmöglichkeiten von Personal- und Betriebsrat. Regensburg: Walhalla
- Sendler, U. (Hg.) (2013): Industrie 4.0: Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg
- Spath, D. (Hg.), Ganschar, O., Gerlach, S., Hämmerle, M., Krause, T. Schlund, S. (2013): Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Stuttgart: Fraunhofer – Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
- Stähler, P. (2002): Geschäftsmodelle in der digitalen Ökonomie: Merkmale, Strategien und Auswirkungen. 2. Aufl. Lohmar, Köln: Josef Eul Verlag
- Steiner, R. , Hofbauer, R. (Hg.) (2016): Salzburg 2025 – Szenarien regionaler Wirtschaftsentwicklungen und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen. Salzburg: Fachhochschule Salzburg GmbH
- Voß, P. (Hg.) (2015): Logistik – eine Industrie, die (sich) bewegt: Strategien und Lösungen entlang der Supply Chain 4.0. Wiesbaden: Springer Gabler
- Waidner, M. (Hg.) (2015): Chancen durch Big Data und die Frage des Privatsphärenschutzes – Begleitpapier Bürgerdialog. Stuttgart: Fraunhofer Verlag
- Wannenwetsch, H. (2014): Integrierte Materialwirtschaft, Logistik und Beschaffung. 5. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg

Weigert, G., Rose, O. (2011): Stell- und Zielgrößen. In: März, L., Krug, W., Rose, O., Weigert, G. (Hg.): Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik. Praxisorientierter Leitfaden mit Fallbeispielen. Berlin, Heidelberg: Springer, Seiten 29-39

Wellbrock, W. (2015): Innovative Supply-Chain-Management-Konzepte – Branchenübergreifende Bedarfsanalyse sowie Konzipierung eines Entwicklungsprozessmodells. Wiesbaden: Springer Gabler

Wenzel, S., Weiß, M., Collisi-Böhmer, S., Pitsch, H., Rose, O. (2008): Qualitätskriterien für die Simulation in Produktion und Logistik. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag

Zsifkovits, H., Altendorfer-Kaiser, S. (Hg.) (2015): Management logistischer Informationsflüsse: 3. Wissenschaftlicher Industrielogistik-Dialog in Leoben. München, Mering: Rainer Hampp Verlag

Internetquellen:

EDITEL Austria GmbH (2016): Was ist EDI? EDI-Innovation mit Tradition. URL <https://www.editel.at/was-ist-edi/> Zugriff am: 11.08.2016

Lagermax Lagerhaus und Speditions AG (2016): Autotransport. URL <http://www.lagermax.com/at-de/dienstleistungen/autotransport/>. Zugriff am: 11.08.2016

Lasi, H., Fettke, P., Feld, T. Hoffmann, M. (2014): Industrie 4.0. URL link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11576-014-0424-4.pdf. Zugriff am: 11.08.2016

Verein Industrie 4.0 Österreich – die Plattform für intelligente Produktion (2016): Normen & Standards. Warum sich Technologien für Industrie 4.0 verstehen müssen. URL <http://plattformindustrie40.at/themen-normen-standards/> Zugriff am 11.08.2016

WKO (2015): Klein- und Mittelbetriebe in Österreich. KMU-Definition. URL https://www.wko.at/Content.Node/Interessenvertretung/ZahlenDatenFakten/KMU_Definition.html. Zugriff am: 11.08.2016

WKO (2015): Größenklassenauswertung für die gewerbliche Wirtschaft, Dezember 2015. URL <http://wko.at/Statistik/KMU/WKO-BeschStatK.pdf>. Zugriff am: 11.08.2016

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

CPS	cyber-physische Systeme
EDI	Electronic Data Interchange
ERP	Enterprise Resource Planning
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IT	Informationstechnologie
KMU	Kleine und mittelgroße Unternehmen
OEM	Original Equipment Manufacturer
PDI	Pre-Delivery-Inspection
PPS	Produktionsplanung und Steuerung
TUL.....	Transport, Umschlag und Lagerung
WLAN	wireless local area network

AutorInnen

Prof. (FH) DI Dr. Veit Kohnhauser ist seit 2012 Leiter des Fachbereichs Logistik und Operations Management am Studiengang Betriebswirtschaft und seit September 2014 wissenschaftlicher Leiter des Studiengangs KMU-Management und Entrepreneurship. An der TU Wien absolvierte er das Diplomstudium „Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau“ und promovierte 2000 auf dem Gebiet der widerspruchsorientierten Problemlösung. Von 2000-2012 verantwortete er unterschiedliche Managementfunktionen der BMW Group. Zudem arbeitet er als Universitätslektor an der TU Wien und als selbständiger Unternehmensberater mit Schwerpunkt Produktentwicklung und Optimierung von Logistik- und Produktionsprozessen.

Mag.^a (FH) Monika Schobesberger arbeitet als hauptberufliche Mitarbeiterin in Lehre und Forschung im Fachbereich Logistik und Operations Management am Studiengang Betriebswirtschaft und KMU-Management und Entrepreneurship an der Fachhochschule Salzburg. Davor war sie mehrere Jahre im Supply Chain Management der Salinen Austria AG und in Bereich der Warenausgangslogistik bei der Robert Bosch AG tätig.

Mag.^a (FH) Maria Siller ist als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Lehre am Studiengang Betriebswirtschaft im Fachbereich Logistik und Operations Management an der Fachhochschule Salzburg tätig. Mehrjährige Berufserfahrung sammelte sie im Supply Chain Management und Vertrieb für Unternehmen im FMCG und Pharma-Bereich.

Christoph Peterwagner (BA) ist aktuell Studierender im Masterstudiengang Supply Chain Management an der FH Oberösterreich, gleichzeitig ist er als Werkstudent bei der Firma Kiefel im Bereich Supply Chain Management tätig. Durch seine Tätigkeit an der FH Salzburg im Fachbereich Logistik und Operations Management konnte er Erfahrungen im Einsatz mit Simulationen sammeln.

ISBN 978-3-9503300-3-8
15 EUR