

# INTELLIGENTE PRODUKTIONS- UND LOGISTIKSYSTEME (iPULS)



## Technologietransfer für den Mittelstand - Potenziale nutzen -



**Europäische Union**  
Europäischer Fonds für  
regionale Entwicklung



# INTELLIGENTE PRODUKTIONS- UND LOGISTIKSYSTEME (IPULS)



**Technologietransfer für den Mittelstand  
– Potenziale nutzen –**

## Prof. Dr. Markus Schneider

*Professur für Logistik, Material- und Fertigungswirtschaft, Wissenschaftlicher Leiter des Technologiezentrum PULS (Produktions- und Logistiksysteme), stellvertretender Geschäftsführender Gesellschafter Technologiezentrum Dingolfing GmbH, An-Institut der Hochschule Landshut*

Prof. Dr. Markus Schneider war über viele Jahre in der Logistikplanung der AUDI AG tätig, u. a. als Projektleiter „Virtuelle Logistik“. Er promovierte zum Thema Planungsmethodik vor Start of Production. Seit 2009 leitete er an der Hochschule Landshut zahlreiche Projekte, u. a. sieben kooperative Promotionen mit den thematischen Schwerpunkten Lean Produktionssysteme, Controlling in Lean Unternehmen, Fabrikplanung und Lean und Industrie 4.0. Seit 2011 leitet er eine Lern- und Musterfabrik für intelligente Produktionslogistik, die stark in den Bereich Industrie 4.0 weiterentwickelt wird. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die virtuelle Planungsunterstützung, die nun im Aufbau des „VR-Lab“ resultiert. 2012 baute er den berufsbegleitenden Masterstudiengang „Prozessmanagement & Ressourceneffizienz“ auf. Prof. Dr. Schneider gründete den Forschungsschwerpunkt Produktions- und Logistiksysteme (FSP PULS) und ist seit 2015 wissenschaftlicher Leiter des Technologiezentrums PULS.



### Thematische Schwerpunkte

- Fabrikplanung / Materialflussplanung
- Produktionslogistik
- Planungsmethodik
- Lean Production & Lean Logistics
- Indoor-Ortung (Industrie 4.0)

**E-Mail:** Markus.Schneider@haw-landshut.de

---

## Prof. Dr. Sebastian Meißner

*Professur für Produktionsmanagement und Logistik, Leiter des Forschungsschwerpunktes Produktions- und Logistiksysteme (FSP PULS)*

Sebastian Meißner war in unterschiedlichen Managementpositionen in der Industrie tätig und leitete unter anderem die Logistikplanung beim Maschinen- und Anlagenbauer MAN Diesel & Turbo sowie beim Nutzfahrzeughersteller MAN Truck & Bus. Bis 2009 war er im Leitungskreis des Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik der TU München für die Forschungsfelder Materialfluss und Logistik sowie Automobillogistik verantwortlich. Für seine Dissertation im Themenbereich Produktions- und Logistiksteuerung erhielt er den Wissenschaftspreis der Bundesvereinigung Logistik. Sebastian Meißner übernahm 2015 die Professur für Produktionsmanagement und Logistik an der Hochschule Landshut. Seine Forschungsthemen liegen im Bereich der Planung von intelligenten Produktions- und Logistiksystemen und der effizienten Gestaltung von logistischen Schnittstellen. Seit 15. März 2019 leitet er den Forschungsschwerpunkt Produktions- und Logistiksysteme (FSP PULS). In unterschiedlichen Transferprojekten unterstützt er zudem Unternehmen beim digitalen Wandel und der Weiterentwicklung von Prozessen und Technologien im Wertstrom ihrer Fabriken.



### Thematische Schwerpunkte

- Produktionssteuerung
- Logistikplanung
- Materialflusstechnik
- Internet der Dinge (Industrie 4.0)

**E-Mail:** Sebastian.Meissner@haw-landshut.de

---

## Prof. Dr.-Ing. Sven Roeren

*Professor für Produktionsmanagement, Prodekan der Fakultät Maschinenbau, Unternehmer*

Sven Roeren ist Maschinenbau-Ingenieur (Studium und anschließende Promotion mit Auszeichnung an der TU München) und beschäftigt sich seit der Jahrtausendwende mit herausfordernden Produktionsaufgaben an der Schnittstelle zwischen Automobil-OEM und Zulieferern. Er hat mehrere Jahre die Produktion von MEILLER Kipper in München geleitet und etwa 200 Forschungs- und Beratungsprojekte zur Reduzierung von stellenweise unnötiger Komplexität in der Produktion verantwortet sowie ca. 50 einschlägige Publikationen erstellt. 2011 wurde er zum Professor für Produktionssystematik an der Hochschule in Landshut ernannt. Er war neben seiner Lehr- und Forschungstätigkeit mehrere Jahre Dekan der Fakultät Maschinenbau und leitet neben seiner Forschungstätigkeit u. a. ein Beratungsunternehmen mit 30 Mitarbeitern sowie das An-Institut der Hochschule Landshut „Technologiezentrum Dingolfing GmbH“.



### Thematische Schwerpunkte

- Kennzahlen in Produktion / Logistik
- Prozesskettenmanagement
- Produktionsmanagement
- Komplexitätsmanagement

**E-Mail:** [Sven.Roeren@haw-landshut.de](mailto:Sven.Roeren@haw-landshut.de)

---

## Prof. Dr.-Ing Holger Timinger

*Professor für Projektmanagement, Vizepräsident für Forschung und Transfer der Hochschule Landshut, Leiter des Institute for Process and Data Science (IDP), Studiengangsleiter der Studiengänge Systems and Project Management (MBA, berufsbegleitend) und Applied Research in Engineering Sciences*

Holger Timinger studierte Elektrotechnik an der Universität Ulm und der University of Massachusetts, USA. Schon früh fokussierte er sich auf Themen der Künstlichen Intelligenz und Algorithmik. Nach seiner Promotion mit Auszeichnung war er als Research Scientist in den Philips Forschungslaboratorien Hamburg beschäftigt. Ab 2005 leitete er internationale Projekte im Bereich Medizinprodukte. 2011 wechselte Timinger als Professor für Projektmanagement an die Fakultät Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen der Hochschule Landshut. Seit 2012 ist er Vizepräsident für Forschung und Transfer. 2014 gründete er das Institut für Projektmanagement und Informationsmodellierung (IPIM), das 2020 unter seiner Leitung zum Institute for Data and Process Science (IDP) ausgebaut wurde und heute vier Professuren und elf wissenschaftliche Mitarbeitende mit Promotionsabsicht beheimatet. Holger Timinger ist Autor und Co-Autor mehrerer Fachbücher und zahlreicher peer reviewed Veröffentlichungen. Sein Buch „Modernes Projektmanagement“, das 2017 im Wiley-VCH Verlag erschien, ist Standardwerk und Bestseller in seinem Bereich.



### Thematische Schwerpunkte

- Projektmanagement
- Agiles Management und agile Transformation
- Systems Engineering
- Entwicklungsmanagement und -prozesse
- Qualitätsmanagement in der Medizintechnik

**E-Mail:** [Holger.Timinger@haw-landshut.de](mailto:Holger.Timinger@haw-landshut.de)

---

# DAS PROJEKTTEAM

## Aufleger, Max

Informatiker (M. Sc.)  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Technologietransferprojekt KIP  
Arbeitspaket PlanMet AP P2.2 „Logistische Informationsflusssysteme  
und IIoT-Plattformen“  
Arbeitskreis AK 1 „Taktische Logistikplanung“



## Alt, Denis

Maschinenbauingenieur (B. Eng.)  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Technologietransferprojekt KIP  
Arbeitspaket PlanMet AP P1.2 „Flexible Puffersteuerung“  
Arbeitskreis AK 3 „Komplexitätsreduzierung“



## Bäumli, Stephanie

Dipl. Betriebswirtin (FH) und Wirtschaftsingenieurin (MBA & Eng.)  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Technologietransferprojekt KIP  
Arbeitspaket IntSys AP I2 „Intelligente Bereitstellungshilfsmittel“  
Arbeitskreis AK 2 „Intelligente Logistiksysteme“



## Hilpoltsteiner, Daniel

Informatiker (M. Sc.)  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Technologietransferprojekt KIP  
Arbeitspaket IntSys AP I1 „Entwicklung eines Softwarewerkzeuges“



---

### Haselbeck, Sabine

Dipl. Wirtschaftsingenieurin (FH)  
Projektkoordinierung des Technologietransferprojekts KIP



---

### Meier, Sandra

Maschinenbauingenieurin (B. Eng.)  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Technologietransferprojekt KIP  
Arbeitspaket PlanMet AP P1.1 „Logistikkennzahlensysteme“  
Arbeitskreis AK 3 „Komplexitätsreduzierung“



---

### Spanner, Katharina

Dipl. Geographin  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Technologietransferprojekt KIP  
Teilprojekt „Technologietransfer“



---

### Weindl, Stephanie

Wirtschaftsingenieurin (M. Eng.)  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Technologietransferprojekt KIP  
Arbeitspaket PlanMet AP P2.1 „Taktische Logistikplanung und  
Erkennung von Anpassungsbedarfen bei Logistikstandardprozessen“  
Arbeitskreis AK 1 „Taktische Logistikplanung“





Obeya in der Lern- und Musterfabrik



**Bernd Sibler**  
Bayerischer Staatsminister  
für Wissenschaft und Kunst



**Hubert Aiwanger**  
Bayerischer Staatsminister  
für Wissenschaft, Landesentwicklung  
und Energie  
Stellvertretender Ministerpräsident

## Grußwort

### **des Bayerischen Staatsministers für Wissenschaft und Kunst, Bernd Sibler, und des Bayerischen Staatsministers für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, Hubert Aiwanger, für die Broschüre des EFRE-Projekts „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“**

Der Freistaat Bayern fördert intensiv und verlässlich die Zusammenarbeit von Hochschulen und Wirtschaft. Wir sehen darin einen Schlüssel, um Innovationen voranzutreiben und die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen weiter zu stärken. Alleine aus den Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) stellen wir in der laufenden Förderperiode 2014 bis 2020 fast 59 Millionen Euro für Technologietransferprojekte bereit. Damit ist dieser Fonds ein bedeutendes strukturpolitisches Instrument, das die Regionen bei der Verwirklichung solcher Projekte wirksam unterstützt. Die Nachfrage und die hohe Qualität der geförderten Vorhaben zeigen, dass wir mit diesem Förderansatz goldrichtig liegen.

Das EFRE-Technologietransferprojekt „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“ (KIP) steht geradezu exemplarisch für diese erfolgreiche Politik. Hier haben sich Unternehmen und das Technologiezentrum Produktions- und Logistiksysteme (TZ PULS) der Hochschule Landshut zusammengetan, um neue Wege bei der Digitalisierung der Produktionslogistik zu erforschen. Mittelständische bayerische Unternehmen erhalten so Zugang zu modernsten Technologien und können ihre Innovationskraft durch gemeinsame Arbeitskreise mit Großunternehmen weiter steigern. Es ist beeindruckend, wie engagiert alle Akteure des Netzwerks zusammenwirken und den Technologietransfer zum Nutzen der ganzen Region vorantreiben.

Dabei liegt es uns besonders am Herzen, dass aus solchen Projekten ein dauerhafter und nachhaltiger Innovationsprozess hervorgeht. Der Freistaat Bayern unterstützt das TZ PULS deshalb künftig mit einer Grundfinanzierung in Höhe von 300.000 Euro jährlich. Und im Rahmen der großen Technologieoffensive Hightech Agenda Bayern stellen wir zusätzlich rund 2,6 Millionen Euro für das neue Forschungsprojekt „PRrocess INnovation CEenter“ (PR|IN|CE) zur Verfügung. Damit kann sich das Technologiezentrum zu einem wahren Think Tank von überregionaler Bedeutung entwickeln.

Diese Erfolgsgeschichte basiert nicht zuletzt auf den hervorragenden Erfahrungen, die schon bisher mit dem KIP gesammelt werden konnten. Hierfür danken wir dem TZ PULS sowie den beteiligten Unternehmen und wünschen ihnen auch weiterhin viel Erfolg.

München, im August 2020

*Bernd Sibler*

*Hubert Aiwanger*



Armin Grassinger  
Erster Bürgermeister der Stadt Dingolfing



Werner Bumeder  
Landrat des Landkreises Dingolfing-Landau

## Technologietransfer essenziell für Standorticherung

Das Technologiezentrum Produktions- und Logistiksysteme, in welches die Stadt Dingolfing mehr als elf Millionen Euro für den Aufbau der beeindruckenden Forschungs- und Lehrlandschaft investierte, hat sich innerhalb der letzten vier Jahre erfolgreich etabliert. Die Einzigartigkeit des Standortes resultiert aus dem Engagement der Stadt Dingolfing, der Hochschule Landshut, des TZ PULS-Beirats sowie den Fabrikaurüstern, die Einrichtungsgegenstände und Maschinen im Wert von rund 1,5 Millionen Euro für die Lern- und Musterfabrik gestiftet haben.

Das Technologietransferprojekt „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik (KIP)“ entwickelt die Lern- und Musterfabrik weiter, um neueste Prozesse und Technologien in natura zu testen und anschließend für die Firmen fruchtbar zu machen. Genau solche Projekte haben erneut gezeigt, wie wichtig die Zusammenarbeit von Wirtschaft und Forschung für die Weiterentwicklung eines Industriestandortes ist und gleichzeitig zur Festigung von interessanten und sicheren Arbeitsplätzen für die Menschen in unserer Heimat beiträgt.

Zum Ende des Projekts ist es wichtig die Ergebnisse nachhaltig für die Region zu nutzen und die Erkenntnisse, welche künftigen Entwicklungen für die Wirtschaft notwendig sind in weiteren Forschungs- und Transfervorhaben zu untersuchen und zu realisieren.

Dingolfing, im Juni 2020

## Innovationskraft im Mittelstand fördern

Leistungsstarke Industriebetriebe, hervorragendes Handwerk und Mittelstand prägen den Landkreis Dingolfing-Landau. Das Technologiezentrum Produktions- und Logistiksysteme ist ein wichtiges Bindeglied zwischen wissenschaftlicher Lehre und Praxis. Die Bündelung von Expertenwissen trägt maßgeblich zur Weiterentwicklung der Innovationskraft und damit zur Stärkung der Region bei. Digitalisierung und Automatisierung bringen massive Veränderungen, die nun erforscht und genutzt werden müssen. Durch die Erschließung neuer Technologien wird die Wettbewerbsfähigkeit erhöht und der Landkreis bleibt dadurch auch in Zukunft ein attraktiver Standort für die Unternehmen.

Das Herzstück des TZ PULS ist dabei die 900 qm große Lern- und Musterfabrik. Ich danke der Stadt Dingolfing, die sich an der Errichtung des Gebäudes mit einer erheblichen Investitionssumme beteiligt und dadurch die nötige Infrastruktur geschaffen hat.

Ich wünsche dem TZ PULS, dass die Zusammenarbeit von Forschung und Industrie weiterhin so gut funktioniert und die Potenziale auch im Hinblick auf unsere in der Region verwurzelten Unternehmen ausgebaut werden können.

Dingolfing-Landau, im Juni 2020



Prof. Dr. Markus Schneider  
Wissenschaftlicher Leiter des TZ PULS  
Gesamtprojektleiter „Kompetenznetzwerk  
Intelligente Produktionslogistik“

## Intelligente Produktionslogistik als Erfolgsfaktor für den bayerischen Mittelstand

Die diesjährige Broschüre „Potenziale nutzen“ des Technologietransferprojekts „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik (KIP)“ stellt als Schwerpunkt unsere nachhaltige Transfermethoden vor. In dieser finalen Phase zeigen sich nun die Früchte der erfolgreichen Zusammenarbeit von Hochschule, kleinen und mittelständischen Unternehmen und Großunternehmen als Impulsgeber.

Für den nachhaltigen Technologietransfer in der Lern- und Musterfabrik des TZ PULS wurden diverse Anwendungsszenarien sowie mobile Plan- und Workshops im Bereich der intelligenten Produktionslogistik für KMU entwickelt. Die erlebbaren Technologien, die im Rahmen des KIP-Projektes entstanden sind und erheblich zur nachhaltigen Weiterentwicklung der Lern- und Musterfabrik beigetragen haben, stehen auch nach Projektende interessierten KMU zur Verfügung und tragen zur Sichtbarkeit der Region bei.

Der erfolgreiche Technologietransfer zeigt sich zudem durch die Veranstaltungen des Projekts, welche eine hohe Teilnehmerzahl vor allem von kleinen und mittelständischen Unternehmen aufwiesen. Ein Beispiel hierfür ist der „Digital Tag“, welcher 2019 in Kooperation mit dem Projekt TRIO und dem Inkubator Passau durchgeführt wurde und 150 Teilnehmern verzeichnen konnte. Dies verdeutlicht einmal mehr den hohen Bedarf an Technologie- und Wissenstransfer.

Aufgrund des sehr erfolgreichen Formats der thematischen Arbeitskreise wird darüber nachgedacht, diese am TZ PULS weiterzuführen, um die Herausforderungen und Bedarfe der Industrie, insbesondere die des Mittelstands in Form von Diskussionen zu erfahren und somit an aktuellen Themen forschen zu können.

Dies kommt künftigen Projekten zugute, wie beispielsweise dem im August 2020 startenden Forschungsprojekt „Process Innovation Center (PR|IN|CE)“, da hier die gewonnenen Erkenntnisse aus dem Projekt KIP miteinbezogen und auch weiterentwickelt werden können. Ziel des Projekts ist der Ausbau des TZ PULS zu einem „Process Innovation Center (PR|IN|CE)“, um die Wettbewerbsfähigkeit der bayerischen Unternehmen vor dem Hintergrund der Digitalisierung, Industrie 4.0 und Künstlicher Intelligenz (KI) gezielt durch Prozessinnovationen im Bereich Produktion und Logistik zu stärken.

Rückblickend hat sich wieder einmal gezeigt, wie gewinnbringend das Zusammenspiel aus Wirtschaft und Wissenschaft ist. Die kooperierenden Unternehmen profitierten sehr stark durch die Kombination aus theoretischer Methodenvermittlung und anwendungsorientierten Praxisparts. Ebenso konnte sich das Technologiezentrum kontinuierlich weiterentwickeln und bleibt so am PULS der Zeit.

Ich danke meinen Kollegen und unseren Mitarbeitern für diese produktive und spannende Zeit und hoffe auf weitere erfolgreiche Transferprojekte!

Dingolfing, im Juni 2020



Prof. Dr. Fritz Pörnbacher  
Präsident der Hochschule Landshut

## Intensiver Austausch als Erfolgsfaktor

Nach über drei Jahren Projektlaufzeit sehen wir nun, wie lehrreich die Zusammenarbeit, nicht nur für die Industrie sondern auch für die Außenstelle der Hochschule Landshut war. Diese außergewöhnliche Kooperation von Hochschule, KMU und impulsgebenden Großunternehmen im Technologietransferprojekt „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“ (KIP) hat erneut gezeigt, wie wichtig der ständige Austausch mit den Unternehmen für die Weiterentwicklung des Technologiezentrums ist. Zugleich bietet die Zusammenarbeit auch für die beteiligten Unternehmen und die Hochschule wertvolles Potential für die weitere Entwicklung.

In dieser Broschüre möchten wir Ihnen die Vielfalt der Ergebnisse des Projekts vorstellen, wie in den Arbeitskreisen, Workshops und insbesondere in den interaktiven Anwendungsszenarien in der Lern- und Musterfabrik die Impulse und Herausforderungen der Industrie in die Hochschule gebracht und aber auch gleichzeitig Technologie- und Wissenstransfer zurück in die Wirtschaft gegeben wurden.

Dieses Projekt hat wiederholt gezeigt, dass ein Technologietransfer nur in einem kooperativen Verbund mit der Industrie in einem dynamischen Wirtschaftsgeschehen zielführend stattfinden kann. Mit den gewonnenen Erkenntnissen möchte die Hochschule auch weitere innovative Vorhaben und Projekte am TZ PULS durchführen.

Landshut, im Juni 2020

# Fahrplan Routenzug GLT



H 1		H 2		H 3		H 4	
Ankunft	Abfahrt	Ankunft	Abfahrt	Ankunft	Abfahrt	Ankunft	Abfahrt
08:00	08:02	08:03	08:06	08:07	08:10	08:11	08:14
08:30	08:32	08:33	08:36	08:37	08:40	08:41	08:44
09:00	09:02	09:03	09:06	09:07	09:10	09:11	09:14
09:30	09:32	09:33	09:36	09:37	09:40	09:41	09:44
10:00	10:02	10:03	10:06	10:07	10:10	10:11	10:14
10:30	10:32	10:33	10:36	10:37	10:40	10:41	10:44
11:00	11:02	11:03	11:06	11:07	11:10	11:11	11:14
11:30	11:32	11:33	11:36	11:37	11:40	11:41	11:44
Pausen		Pausen		Pausen		Pausen	
12:00	12:02	12:03	12:06	12:07	12:10	12:11	12:14
12:30	12:32	12:33	12:36	12:37	12:40	12:41	12:44
13:00	13:02	13:03	13:06	13:07	13:10	13:11	13:14
13:30	13:32	13:33	13:36	13:37	13:40	13:41	13:44
14:00	14:02	14:03	14:06	14:07	14:10	14:11	14:14
14:30	14:32	14:33	14:36	14:37	14:40	14:41	14:44
15:00	15:02	15:03	15:06	15:07	15:10	15:11	15:14
15:30	15:32	15:33	15:36	15:37	15:40	15:41	15:44
16:00	16:02	16:03	16:06	16:07	16:10	16:11	16:14
16:30	16:32	16:33	16:36	16:37	16:40	16:41	16:44
17:00	17:02	17:03	17:06	17:07	17:10	17:11	17:14
17:30	17:32	17:33	17:36	17:37	17:40	17:41	17:44
18:00	18:02	18:03	18:06	18:07	18:10	18:11	18:14
18:30	18:32	18:33	18:36	18:37	18:40	18:41	18:44
19:00	19:02	19:03	19:06	19:07	19:10	19:11	19:14
19:30	19:32	19:33	19:36	19:37	19:40	19:41	19:44
20:00	20:02	20:03	20:06	20:07	20:10	20:11	20:14
20:30	20:32	20:33	20:36	20:37	20:40	20:41	20:44
21:00	21:02	21:03	21:06	21:07	21:10	21:11	21:14
21:30	21:32	21:33	21:36	21:37	21:40	21:41	21:44
22:00	22:02	22:03	22:06	22:07	22:10	22:11	22:14
22:30	22:32	22:33	22:36	22:37	22:40	22:41	22:44
23:00	23:02	23:03	23:06	23:07	23:10	23:11	23:14
23:30	23:32	23:33	23:36	23:37	23:40	23:41	23:44
24:00	24:02	24:03	24:06	24:07	24:10	24:11	24:14

Routenzugfahrplan in der Lern- und Musterfabrik

## Vorwort

<b>I.</b>	<b>Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale nutzen</b>	<b>13</b>
<hr/>		
<b>II.</b>	<b>Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik – Technologietransfer für den Mittelstand</b>	<b>17</b>
<hr/>		
	1. Planungsmethoden und -werkzeuge – Organisation und Prozessgestaltung	21
	1.1 Komplexität in der Produktionslogistik – nutzen, beherrschen und reduzieren	22
	1.2 Taktische Logistikplanung – intelligent umsetzen	34
	1.2.1 Taktische Logistikplanung – intelligent transferiert	36
	1.2.2 Informationsfluss, mobile IIoT und kooperative Software – Werkzeuge für die Unterstützung der taktischen Logistikplanung	41
	2. Intelligent-kooperative Materialflusssysteme – Prozessautomatisierung von Logistikprozessen	47
	2.1 ADAMO – toolunterstützt die Prozessmodellierung erlernen und kollaborativ Prozessmodelle konstruieren	48
	2.2 Intelligente Bereitstellungshilfsmittel – Potenziale und Nutzen im Materialbereitstellungsprozess	56
	3. Technologietransfer – zielgruppengerechte Wissensvermittlung	63
<b>III.</b>	<b>Nachhaltige Transfermethoden – Beispiele für interaktive Herangehensweisen und Konzepte zur Vermittlung von Wissen und Technologien</b>	<b>69</b>
<hr/>		
	1. iBH – intelligente Bereitstellungshilfsmittel: ein Planspiel zur Vermittlung der Potenziale des Internets der Dinge für KMU	71
	2. Das Stufenmodell – eine systematische Vorgehensweise zur Optimierung und Digitalisierung in Unternehmen	77
	3. Demonstrator Intelligentes Logistiksystem – Selbstkonfiguration von intelligenten Materialbereitstellungshilfsmitteln für eine effiziente Logistikplanung	83
	4. Modell zur Komplexitätsreduzierung – ein Analysewerkzeug	87
	5. Warnsystem für die taktische Logistikplanung – Kennzahl Durchlaufzeit zur Erkennung von Prozessanpassungsbedarfen	91
	6. Demonstrator Endmontage U-Zelle und Cardboard-Engineering 4.0 – sinnvoller Einsatz bei KMU	95
	7. Prozessorientiertes Wissensmanagement – nachhaltig Wissen bewahren	101
	8. Mobile IIoT – die Einsatzzwecke und wie KMU davon profitieren können	105
<b>IV.</b>	<b>Technologietransfer für den Mittelstand – nachhaltig Innovationen kreieren</b>	<b>109</b>
<hr/>		

## Danksagung

## Abbildungsverzeichnis

In dieser Publikation wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich auf Personen beiderlei Geschlechts.

01-020-

-020-0006	bezeichnung	Polyamid GELB
Lieferant / Rückgabeort	Empfänger / Abladestelle	
Kommissionierzone	Fertigung Kunststoff	
Behälterart	Menge pro Behälter	16
RL-KLT 4147		

01-020-0006



**KANBAN-Karte**

Sach-Nummer	01-020-0005	Bezeichnung	Polyamid GRÜN
Lieferant / Rückgabeort		Empfänger / Abladestelle	Fertigung Kunststoff
Kommissionierzone		Menge pro Behälter	16
Behälterart	RL-KLT 4147		

Kanban-ID: 574



01-020-0005

01-020-0005

Kommissionieren in der Lern- und Musterfabrik

Spanner, Katharina; Schneider, Markus

Das Technologietransferprojekt „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“ wurde durchgeführt, um kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) zu helfen, in einem Hochlohnland weiter wettbewerbsfähig produzieren zu können.

## Projektrahmen

Das Projekt wird gefördert durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), dem Beirat des Technologiezentrum Produktions- und Logistiksysteme (TZ PULS) sowie der Hochschule für angewandte Wissenschaften Landshut. Das Projekt kann im Fonds wie folgt eingeordnet werden:

- Operationelles Programm im Ziel „Investitionen in Wachstum und Beschäftigung“ Bayern 2014–2020
- Prioritätsachse 1: Stärkung von Forschung, technologischer Entwicklung und Innovation
- Maßnahmengruppe 1.2 Technologietransfer „Hochschule – KMU“

Die Projektsomme beträgt 1.625 Mio. Euro, wobei sich die Anteile folgendermaßen verteilen: 50 % EFRE, 40 % Beirat des TZ PULS, 10 % HAW Landshut. Der Beirat der TZ PULS setzt sich aus den folgenden Unternehmen zusammen:

- BMW Group Werk Dingolfing
- DRÄXLMAIER Group
- ebm-papst Landshut GmbH
- Kühne + Nagel (AG & Co.) KG
- MANN+HUMMEL GmbH
- Schaltbau GmbH
- SAR Elektronik GmbH

Die vier Professoren arbeiten an verschiedenen Themenschwerpunkten mit anfangs zwei wissenschaftlichen Mitarbeitern in Vollzeit, vier wissenschaftlichen Mitarbeitern in Teilzeit und einem nicht-wissenschaftlichen Mitarbeiter in Teilzeit. Im Laufe des Projektzeitraums wurden aus fachlichen Gründen zwei Teilzeitstellen aufgestockt sowie ein weiterer wissenschaftlicher Mitarbeiter in Teilzeit eingestellt.

Die Projektlaufzeit beträgt 46 Monate (01.03.2017–31.12.2020).



Abbildung 1: Projektteam zu Beginn der Laufzeit

## Herausforderungen

Das Technologiezentrum Produktions- und Logistiksysteme hat sich zum Ziel gesetzt kleine und mittlere Unternehmen dabei zu unterstützen, in einem Hochlohnland weiterhin wettbewerbsfähig produzieren zu können. Das Technologietransferprojekt KIP nimmt sich dieser Herausforderung in verschiedenen Teilbereichen des Themas Produktionslogistik an. Neben

einer herausragenden Produktqualität, vor allem bei hochpreisigen Produkten, und der hohen Flexibilität in Form von Anpassung an die Kundenwünsche ist die termintreue und möglichst schnelle Lieferung entscheidend. Dafür ist der wichtigste Faktor die Durchlaufzeit, welche so kurz und stabil wie möglich zu halten ist. Die Durchlaufzeit wird zu 85–95 % von der Prozessgestaltung der Produktionslogistik und deren Qualität definiert. In Unternehmen wird oftmals vorwiegend die Produktion optimiert, um hier auch noch die kleinsten Einsparungen zu erlangen, jedoch die logistischen Abläufe, welche oft einen viel größeren Stellhebel haben, vernachlässigt. Mit 10–12 % der gesamten Produktionskosten hat die Logistik nach wie vor wesentliche Potenziale aufzuweisen (Steinhilper et al. 2011; Spath et al. 2013)

„Aufgabe der Produktionslogistik ist die Planung, Steuerung und Überwachung des Materialflusses vom Wareneingang (z. B. Rohmateriallager der Beschaffung) über den gesamten Produktionsprozess hinweg bis zum Warenausgang (z. B. Fertigwarenlager). Hierzu zählen u. a. Fragen des innerbetrieblichen Transports und der Zwischenlagerung von Fertigungsmaterial, Teilen oder Baugruppen. Die übergeordnete Aufgabe ist die Schaffung einer logistikgerechten Materialflusstruktur und Materialflussteuerung“ (Pawellek 2007, S. 14).

Durch die geänderten Anforderungen in der Produktionslogistik durch neue Technologien, Digitalisierung und IoT (Internet der Dinge) verändern sich auch die traditionellen Gestaltungsprinzipien der Produktionslogistik. Im Technologietransferprojekt KIP wird von einer „Intelligenten Produktionslogistik“ gesprochen. Dies kennzeichnet zum einen an die jeweiligen Prozesse und Gegebenheiten im Unternehmen optimal angepasste Abläufe, aber auch zum anderen intelligent eingesetzte Technologien in der Logistik. Zusammengefasst bedeutet Intelligente Produktionslogistik: am Zweck orientierte, schlanke, ganzheitliche und intelligente Prozesse mit dem Ziel der weiteren Prozessoptimierung. (Schneider und Spanner 2018)

Gerade kleine und mittlere Unternehmen stehen hier meist vor größeren Herausforderungen als Großunternehmen aufgrund fehlender Personalkapazitäten und/oder fehlenden Knowhows. Großunternehmen haben oftmals eigene Abteilungen, welche sich ausschließlich mit Optimierungsmaßnahmen beschäftigen, sind im Wissensmanagement besser aufgestellt oder haben die finanziellen Möglichkeiten, z. B. Technologien und Maßnahmen zu testen und zu implementieren.

„Mittelständische Unternehmen sind der Erfolgsfaktor der deutschen Wirtschaft: Über 99 Prozent aller Unternehmen in Deutschland sind Mittelständler. Sie erwirtschaften mehr als die Hälfte der Wertschöpfung, stellen fast 60 Prozent aller Arbeitsplätze und rund 82 Prozent der betrieblichen Ausbildungsplätze bereit.“ (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2020)

Aus diesem Grund konzentriert sich das EFRE-geförderte Technologietransferprojekt „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“ auf kleine und mittlere Unternehmen, insbesondere in den strukturschwachen bayerischen Regionen.

## Ziele

Um die beschriebenen Herausforderungen zu lösen, wurde folgendes übergeordnete Ziel festgelegt: die Wettbewerbsfähigkeit der kleinen und mittleren Unternehmen besonders in den strukturschwachen Regionen in Bayern zu sichern und darüber hinaus das Wachstum der Industrie zu stärken.

Durch einen intensiven branchen- und technologieübergreifenden Austausch mit Großunternehmen, welche im Projekt als Impulsgeber dienen, Technologieanbietern, Wissenschaftlern und anderen kleinen und mittel-



Inhaltlicher Schwerpunkt des TZ PULS ist die **intelligente Produktionslogistik**. Dies umfasst die komplette interne Wertschöpfungskette vom Wareneingang über die Lagerung, die interne Materialbereitstellung, die Anordnung der Struktureinheiten und die Steuerung der Prozesse bis zum Warenausgang. Zudem betrifft es die Technik, wie Flurförderzeuge, Behälter und Regalsysteme, aber auch Softwaresysteme zur Steuerung und Kommunikation. Es werden Lösungen zur Analyse und Optimierung von Prozessen sowie von Mensch-Maschine-Schnittstellen, die eine effizientere Organisation von logistischen Abläufen ermöglichen, untersucht. Wesentliche Innovationstreiber sind die Digitalisierung und Automatisierung im Rahmen der Entwicklung zur Industrie 4.0. Durch diese vierte industrielle Revolution sind auch für die Produktionslogistik massive Veränderungen zu erwarten, die erforscht und genutzt werden müssen. Durch die Einführung und Anwendung von Lean-Elementen und Digitalisierungstechnologien für den internen Material- und Informationsfluss wird die Produktionslogistik „intelligent“.

Seit April 2016 arbeiten, lehren und forschen an der Außenstelle der Hochschule Landshut vier Professoren unter wissenschaftlicher Leitung von Prof. Dr. Markus Schneider gemeinsam mit ihren Mitarbeitern an den Themen Intelligente Produktionslogistik, Lean Management sowie Digitalisierung und Industrie 4.0. Das Ziel des TZ PULS ist es, durch gemeinsame Forschung mit der Industrie sowie dem Wissenstransfer von Innovationen und Best Practices aus Produktion und Logistik, die Wettbewerbsfähigkeit der Region nachhaltig zu stärken. Die praxisorientierte Forschung und Lehre sowie der Wissens- und Technologietransfer umfasst im Bereich intelligente Produktionslogistik folgende Kompetenzfelder:

PROZESS	MENSCH	TECHNIK
Prozessoptimierung und Fabrikplanung	Schulungen und Planspiele	Intelligente Bereitstellungshilfsmittel
Produktionsmanagement und Steuerung	Gamification	Augmented und Virtual Reality
Prozessorientierte Digitalisierung	Führung und Komplexitätsmanagement	Ortungstechnologien
Prozessorientierte Beschaffung und Ressourceneffizienz		Technologiescouting

Im Weiterbildungsbereich bietet das TZ PULS neben den beiden berufsbegleitenden Masterstudiengängen „Prozessmanagement & Ressourceneffizienz“ und „Werteorientiertes Produktionsmanagement“ mittlerweile ein breites Angebot an Weiterbildung auf dem Gebiet der Produktionslogistik an.



Herzstück des TZ PULS ist die Lern- und Musterfabrik, die ein Alleinstellungsmerkmal in der deutschen Hochschullandschaft darstellt und einen erstklassigen Demonstrations-, Forschungs- und Weiterbildungsort bildet. Auf 900 m<sup>2</sup> ist eine durchgängige interne Wertschöpfungskette eines mittelständischen Unternehmens (mit ca. 120 Mitarbeitern) vom Wareneingang bis zum Versand inklusive aktuellster Technologien nachgestellt. Mit einer technischen Ausstattung in Höhe von ca. 1,5 Millionen Euro bietet das TZ PULS die ideale Plattform für Unternehmen, um die technischen Bausteine für eine Prozessinnovation in einem sehr realitätsnahen Umfeld kennen und verstehen zu lernen. Somit kann die Wettbewerbsfähigkeit und das Wachstum produzierender Unternehmen aus der Region nachhaltig gestärkt werden.

Den Erfolg des mit dem TZ PULS gewählten Themenschwerpunkt untermauert die Summe von ca. 21 Mio. € Drittmittel (davon 6,8 Mio. € für Forschung), die seit 2014 erfolgreich eingeworben wurden [Stand April 2020]. Nach der erfolgreichen Evaluierung des Technologiezentrums erhält das TZ PULS zukünftig eine staatliche Grundförderung in der Höhe von 300.000 Euro jährlich. Aufbauend auf den bisherigen Forschungserfolgen und dem nachhaltigen Technologietransfer soll das TZ PULS zukünftig zu einem Think Tank ausgebaut werden. Dafür wird das zukunftsweisende Projekt „PR|IN|CE – Process Innovation Center“ im Rahmen der großen Technologieoffensive Hightech Agenda Bayern mit insgesamt 2,6 Millionen Euro gefördert.

ständischen Unternehmen soll unter anderem die Innovationsfähigkeit der KMU gesteigert werden. Durch Studien wurde erkannt, dass gerade die Steigerung des Innovationspotenzials essenziell für kleine und mittlere Unternehmen ist, um im globalen Wettbewerbsumfeld zu bestehen. Innovationsaktivitäten in Kooperationen reduzieren das Risiko eines Rückschlags zusätzlich um einen erheblichen Anteil. (Enkel 2007, S. 189)

Die Weiterentwicklung von praxistauglichen, technologieübergreifenden Kundenlösungen gemeinsam mit den Unternehmen sowie der Aufbau von durchgängigen Anwendungsszenarien, welche einen Überblick über Produktionslogistiktechnologien geben, sollen die Erreichung des übergeordneten Ziels unterstützen. Ebenso der Transfer von Methoden zur gezielten Optimierung in Unternehmen.

Ein wesentlicher Baustein ist der Austausch zwischen den Unternehmen. Zum einen kann durch den branchenübergreifenden Dialog eine offene Kommunikation über Herausforderungen und Chancen geführt werden. Zum anderen bietet sich durch die impulsgebenden Großunternehmen die Möglichkeit best practice-Lösungen zu betrachten und von deren Erfahrungen zu lernen. Wichtig ist hierbei der direkte Dialog wie beispielsweise in den Arbeitskreisen. Auf diese Weise können die Potenziale für KMU aufgedeckt und somit greifbarer gemacht werden.

Der Transfer an die Unternehmen wird durch unterschiedliche Formate gewährleistet, welche in Kapitel II.3. ausführlicher beschrieben werden.

### Rückblick

Die Ergebnisse des Technologietransferprojekts wurden u. a. durch die Broschürenreihe „Technologietransfer für den Mittelstand“ vermittelt. Die Veröffentlichungen stehen kostenlos online auf der Seite [www.tz-puls.de/KIP](http://www.tz-puls.de/KIP) zur Verfügung oder können bei Bedarf zugesendet werden. Vor diesem Band sind bereits zwei Bände erschienen:

#### Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale erkennen

Der erste Band mit dem Untertitel „Potenziale erkennen“ konzentrierte sich vorwiegend darauf, die Inhalte des Projekts sowie die Details der Teilprojekte, Arbeitspakete und Arbeitskreise vorzustellen. Zudem wurden erste Beispiele für den Technologietransfer in der Praxis beschrieben. Kern der Veröffentlichung war aufzuzeigen, wie Potenziale im Unternehmen durch verschiedene Methoden mit Unterstützung diverser Technologien erkannt werden können. (Schneider et al. 2018)

#### Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale verstehen

Der zweite Band „Potenziale verstehen“ beschäftigte sich tiefgehend mit Folgendem: Identifizierte Potenziale müssen zunächst verstanden werden,

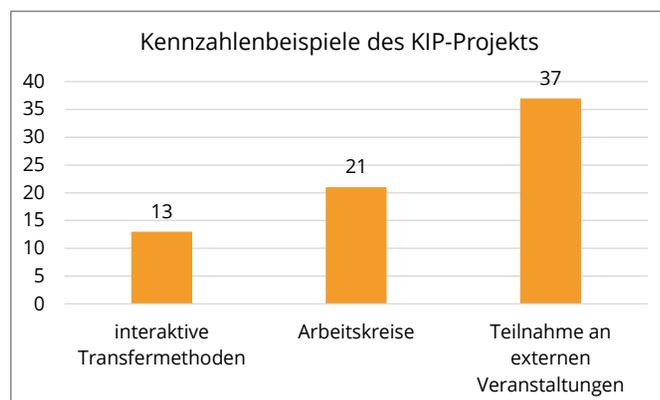


Abbildung 2: Kennzahlenbeispiele des KIP-Projekts (Stand: 11.05.2020)

bevor eine Umsetzung erfolgt. Zudem wurden die Ergebnistransferformate näher betrachtet. (Schneider et al. 2019)

Neben der Veröffentlichung der Broschüren wurde auch auf andere Transferformate gesetzt sowie Methoden entwickelt und Analysen durchgeführt, um den Transfer so KMU-gerecht und zielgruppenangepasst wie möglich zu gestalten. Ein Teil der durchgeführten Projekte ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Arbeitskreise werden inhaltlich in den einzelnen Teilprojekten in Kapitel II näher beschrieben. In Kapitel III wird auf eine Auswahl an interaktiven Transfermethoden näher eingegangen. Der Transfer wurde breit gefächert: Nicht nur wurden interne Veranstaltungen mit den Projektpartnern durchgeführt, sondern auch die Sichtbarkeit und Reichweite des Projekts wurden durch Präsentationen auf externen Veranstaltungen, Publikationen sowie durch weitere Maßnahmen erhöht.

### Ausblick

Diese Broschüre hat den Titel „Potenziale nutzen“. Hier werden verstärkt die Projektergebnisse aufgezeigt und Beispiele der nachhaltigen Transfermethoden eingehender behandelt.

Die Transfermethoden stellen den wichtigsten Baustein in der Vermittlung von Wissen und Technologien dar. Um den Lerneffekt zu erhöhen, wurde auf einen erhöhten Praxisanteil geachtet.

Zudem werden die abgeänderten Transfermethoden beschrieben. Aufgrund der Corona-Krise musste das Projektteam die Präsenzveranstaltungen vorerst absagen. Es wurden neue Formate generiert, um den Transfer des Projekts an die Kooperationsunternehmen weiter zu gewährleisten.

Da die Broschüre vor Projektende veröffentlicht wird, werden weitere Ergebnisse, welche im letzten Projektjahr noch entstehen, über Publikationen, Pressemitteilungen, Social Media, das prozessorientierte Wissensmanagement etc. vermittelt. Auch ist angedacht, den KMU die weiteren Inhalte im direkten Austausch mitzuteilen. Zusätzlich soll nach Möglichkeit eine Abschlussveranstaltung mit allen teilnehmenden Unternehmen stattfinden.

#### Literaturverzeichnis

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.) (2020): Erfolgsmodell Mittelstand. Online im Internet. URL: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/politik-fuer-den-mittelstand.html> (Stand: 04.05.2020)

Enkel, Ellen (2007): Wissensnetzwerke zur Integration interner und externer Wissensträger in KMU. In: Bellinger, Andréa; Krieger, David (Hrsg.) (2007): Wissensmanagement für KMU. Zürich.

Pawellek, Günther (2007): Produktionslogistik. Planung – Steuerung – Controlling. Carl Hanser Verlag, München.

Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven; Seel, Christian (Hrsg.) (2018): Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale erkennen. Dingolfing.

Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven; Seel, Christian (Hrsg.) (2019): Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale verstehen. Dingolfing.

Schneider, Markus; Spanner, Katharina (2018): Wettbewerbsfähig in einem Hochlohnländ? In: Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven; Seel, Christian (Hrsg.) (2018): Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale erkennen. Dingolfing. S. 10–11.

Spath, Dieter; Ganschar, Oliver; Gerlach, Stefan; Hämmerle, Moritz; Krause, Tobias; Schlund, Sebastian (2013): Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.

Steinhilper, Rolf; Köhler, Daniel C. F.; Oechsle, Oliver (2011): Wertschöpfende Produktionslogistik. Status Quo, Trends und Handlungsansätze zur Gestaltung der Produktionslogistik in KMU. Stuttgart



Produktionslogistik in der Lern- und Musterfabrik

## II. KOMPETENZNETZWERK INTELLIGENTE PRODUKTIONSLOGISTIK – TECHNOLOGIETRANSFER FÜR DEN MITTELSTAND

*Spanner, Katharina; Alt, Denis; Aufleger, Max; Bäuml, Stephanie; Hilpoltsteiner, Daniel; Meier, Sandra; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven; Schneider, Markus; Timinger, Holger; Weindl, Stephanie*

Das Technologietransferprojekt „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“ hat sich zum Ziel gesetzt, die Wettbewerbsfähigkeit und das Wachstum der Industrie der Region, insbesondere aber von kleinen und mittelständischen Unternehmen, durch einen intensiven Technologietransfer zum Thema Produktionslogistik zu stärken.

### Intelligente Produktionslogistik

Produktionslogistik ist definiert als die „(...) Gestaltung, Planung und Steuerung aller Teilprozesse des Produktionsprozesses – Material- und Informationsprozesse – unter Anwendung der logistischen Prinzipien Ganzheitlichkeit, Kundenorientierung und Flussorientierung“ (Augustin 2011, S. 424).

Durch Industrie 4.0-Technologien ändern sich die Gestaltungsprinzipien in der Produktionslogistik, weshalb in diesem Technologietransferprojekt von einer intelligenten Produktionslogistik gesprochen wird, welche am Zweck orientiert schlanke, ganzheitliche und intelligente Prozesse mit dem Ziel der weiteren Prozessoptimierung verfolgt. (Spanner und Schneider 2019a, S. 14)

Intelligent bedeutet hierbei jedoch nicht, in jedem Falle zu digitalisieren, sondern nur dann, wenn die Digitalisierung bzw. der Einsatz von Technologien einen bereits optimierten Prozess weiter verbessert und so die Verschwendung weiter reduziert.

### Teilprojekte

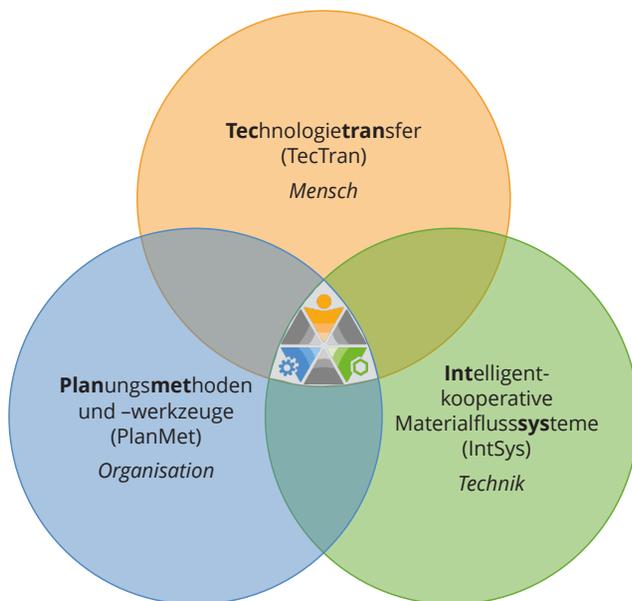


Abbildung 1: Teilprojekte und Dimensionen

Die Teilprojekte sind in den Dimensionen Organisation / Prozess, Technik und Mensch aufgeteilt. Aus der Perspektive der Organisation werden Daten, Entscheidungen, Handlungen, eine dezentrale Steuerung, autonome Systeme und andere den Prozess betreffende Strukturen und Methoden betrachtet. Die Dimension der Technik beschäftigt sich mit der Digitalisierung, hochgradig vernetzten Systemen von Sensorik, Aktorik über Maschinen und Anlagen. Der Bereich Mensch behandelt Weiterbildung, Qualifikation und ähnlich gelagerte Themen. (Bischoff 2015, S. 16)

Der Aufbau mit den wechselseitigen Abhängigkeiten zu den jeweils anderen Dimensionen ist aus dem Modell eines Unternehmens als soziotechnisches System abgeleitet, vgl. Abbildung 1 (Eßer 2015, S. 142ff). Durch die wechselseitige Beziehung der einzelnen Dimensionen kann eine ganzheitliche Betrachtung verfolgt werden. Insbesondere wirken sich die geänderten Bedingungen der Digitalisierung und der vierten industriellen Revolution (Industrie 4.0) auf die Interaktion zwischen den Dimensionen aus. Die Veränderungen der Dimension Technik hat großen Einfluss auf die Organisation und den Menschen und fordert so eine angepasste Änderung der anderen Dimensionen ein.

Das Technologietransferprojekt KIP beschäftigt sich mit dem Bereich der intelligenten Produktionslogistik, weshalb sich das Dimensionenmodell und die daran angegliederten Teilprojekte auf diesen Fachbereich konzentrieren. Das Teilprojekt Planungsmethoden und -werkzeuge findet sich in der Dimension Organisation / Prozess wieder. Der Bereich Technik beschäftigt sich mit intelligent-kooperativen Materialflusssystemen und die Dimension Mensch mit dem Technologietransfer an sich.

### Planungsmethoden und -werkzeuge (PlanMet)

Der umfangreiche Bereich der Organisation und Prozessgestaltung wurde eingegrenzt auf die Themen Komplexitätsmanagement und taktische Logistikplanung. Schwerpunkt ist die Sammlung sowie Strukturierung relevanter Methoden und Lösungen. Zusammen mit passenden Technologien werden diese transferiert.

### Intelligent-kooperative Materialflusssysteme (IntSys)

Der technische Bereich des Projekts beschäftigt sich mit intelligent-kooperativen Materialflusssystemen. Hier werden intelligente Logistiksysteme beleuchtet. Der Transfer beinhaltet zum einen die Vorstellung von neuartigen und innovativen Technologien entlang des Materialbereitstellungsprozesses sowie deren prozessorientierten Einsatz. Zum anderen wurde ein Assistenzsystem für Planungsprozesse in mittelständischen Unternehmen aufgebaut.

### Technologietransfer (TecTran)

Das Teilprojekt Technologietransfer unterstützt die zielgruppengerechte Aufbereitung der aus dem Projekt gewonnenen Ergebnisse. Neben dem Aufbau von Anwendungsszenarien, nachhaltigen Transfermethoden und einem prozessorientierten Wissensmanagement stellen die Organisation und Durchführung von Veranstaltungen sowie die Veröffentlichung der Inhalte auf verschiedenen Portalen die Kernelemente des Teilprojekts dar.

### Inhaltliche Struktur des Projekts

Das Teilprojekt Planungsmethoden und -werkzeuge umfasst zwei Arbeitspakete: Komplexitätsmanagement und Taktische Logistikplanung. Das Komplexitätsmanagement beinhaltet die Bereiche Logistikkennzahlensysteme und Flexible Puffersteuerung sowie den Arbeitskreis Komplexitätsreduzierung. Die Taktische Logistikplanung gliedert sich auf in das Logistische Planungssystem und die Logistischen Informationsflusssysteme, welche zusammen im Arbeitskreis Taktische Logistikplanung behandelt werden.

Das Teilprojekt Intelligent-kooperative Materialflusssysteme beschäftigt sich zum einen mit der Entwicklung eines Softwarewerkzeugs und zum anderen mit Intelligenten Bereitstellungshilfsmitteln. Bei letzterem ist der Arbeitskreis Intelligente Logistiksysteme angegliedert.

Das Teilprojekt Technologietransfer dient als Schnittstelle und ist – ebenso wie das Arbeitspaket Entwicklung eines Softwarewerkzeugs – in alle Arbeitskreise eingebunden (vgl. Abbildung 2).

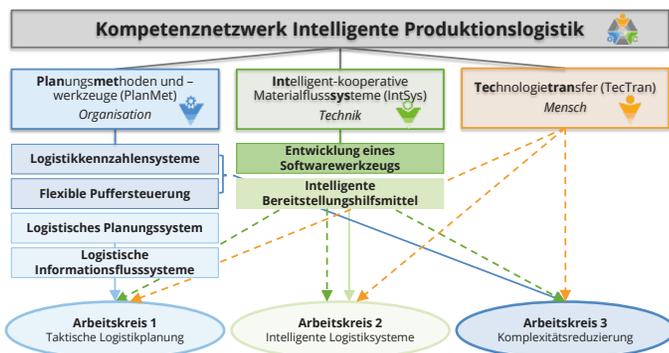


Abbildung 2: Inhaltliche Struktur des Projekts mit Arbeitskreisen

### Thematischer Überblick über Teilprojekte und Arbeitspakete

Die Arbeitspakete und das Teilprojekt Technologietransfer werden in Kapitel II detaillierter vorgestellt. Hier ein Überblick über die einzelnen Themen und Schwerpunkte:

#### Ermittlung der Randbedingungen und Einflussgrößen eines Produktionslogistiksystems und der Ableitung eines Zielsystems

Kennzahlen der Produktion sind nach aktuellem Stand ein wichtiges und etabliertes Hilfsmittel zur Steuerung und Kontrolle bestimmter Bereiche. Jedoch ist eine Ableitung passender Kennzahlen in den Logistikbereich zurzeit noch nicht umfänglich gegeben, bzw. wird nicht systematisch umgesetzt. Häufig liegt eine Vielzahl an Informationen in Unternehmen vor, welche aber nicht effizient und zielgerichtet ausgewertet und eingesetzt werden. Ziel des Arbeitspakets ist die strukturierte Aufnahme der Randbedingungen, Einflussgrößen und Anforderungen an ein Logistiksystem sowie die Definition der Parameter zur Erstellung eines Logistik Kennzahlensystems. Auch soll das Logistik Kennzahlensystem in einen Pilotbereich übertragen und die Machbarkeitsgrenzen dargestellt werden. (Alt, Meier und Roeren 2018, S. 24ff)

#### Flexible Puffersteuerung bei asynchronen Produktionsprozessen

Im wirtschaftlich orientierten Umfeld legen dynamisch ausgerichtete Industrieunternehmen ihre Produktions- und Logistikbereiche möglichst systematisch orientiert und zunehmend digitalisiert aus. In diesem Umfeld trifft man zudem auf immer höhere Komplexität in den Produktionsprozessketten, wie beispielsweise in Form von inhomogenen und asynchronen Prozessschritten. Eine flexible Puffersteuerung kann durch den Dateninput der einzelnen Maschinen und Anlagen erfolgen und eine Entspannung der Komplexität durch logische und automatisierbare Zusammenhänge erzielen. Ziel des Arbeitspakets ist die Erstellung einer Logik zur konkreten Auslegung der Puffer für inhomogene und asynchrone Produktionsprozesse sowie die systematische Nutzung des Dateninputs der einzelnen Prozesse zur flexiblen Puffersteuerung. (Alt, Meier und Roeren 2018, S. 26ff)

Die Arbeitspakete „Logistik Kennzahlensysteme“ und „Flexible Puffersteuerung“ liefern Ergebnisse zum Komplexitätsmanagement. Durch die Anwendung eines Stufenmodells zur sukzessiven Komplexitätsreduzierung produzierender Bereiche können Unternehmen bei der Beherrschung und Reduzierung von Komplexitäten unterstützt werden. (Alt, Meier und Roeren 2018, S. 24)

#### Taktisches Logistikplanungssystem und Erkennung von Anpassungsbedarfen bei Logistikstandardprozessen

Der primäre Fokus von Unternehmen liegt meist im operativen Geschäft.

Planende Tätigkeiten werden daher häufig nur durch wenige Mitarbeiter ausgeübt. Hinzu kommt, dass die Planung zudem durch unstrukturierte Abläufe und kaum formalisierte und übergreifende Prozessstandards erschwert wird. Der Aufwand für die Planung ist sehr hoch, da nicht auf vorliegende Prozessstandards in der Produktionslogistik zurückgegriffen werden kann. Erschwerend kommt die geringe Personalkapazität in der taktischen Logistikplanung in kleinen und mittelständischen Unternehmen im Bereich Prozessgestaltung hinzu. Ziel des Arbeitspaketes ist es, den Unternehmen geeignete Planungsmethoden und softwarebasierte Werkzeuge zu einem konsistenten Konzept zusammenzutragen und zur Verfügung zu stellen. So kann den KMU eine verbesserte taktische Logistikplanung ermöglicht werden. Zudem wird den Unternehmen in einem Anwendungsszenario aufgezeigt, wie trotz geringer personeller Ressourcen kontinuierlich die Anpassung von Logistikstandardprozessen erkannt werden kann. (Weindl und Schneider 2018, S. 28ff)

Im Verlauf des Technologietransferprojekts KIP hat sich herausgestellt, dass ein Bedarf zur Vertiefung der Informationsflussplanung bei der Taktischen Logistikplanung besteht. Weshalb in der zweiten Projekthälfte das Arbeitspaket Entwicklung eines logistischen Informationsflusssystems durch Aufbau einer IIoT-Plattform aufgebaut wurde.

#### Entwicklung eines logistischen Informationsflusssystems durch Aufbau einer IIoT-Plattform

Durch Untersuchung der Bedürfnisse der KMU in Hinblick auf die Taktische Logistikplanung konnte ein Bedarf zur detaillierteren Betrachtung der Informationsflussplanung aufgedeckt werden (Weindl, Schubel und Schneider 2019). Speziell die Bereiche der digitalen Datenerfassung, des Industrial Internet of Things (IIoT) und der Cloudlösungen wurden identifiziert. Ziel des Arbeitspakets ist zum einen der Transfer von aktuellen Software- und Hardwarelösungen für den Bereich Wissensmanagement und kollaborative Arbeit. Zum anderen wird das Thema Datenerhebung und IIoT-Plattformen behandelt und wie die Taktische Logistikplanung dadurch unterstützt werden kann. Der Transfer erfolgt überwiegend durch den Aufbau eines prototypischen Demonstrators in der Lern- und Musterfabrik des TZ PULS. (Aufleger 2019, S. 49f)

#### Entwicklung eines Softwarewerkzeugs zur (semi-)automatischen Generierung von unternehmensspezifischen Produktionslogistikprozessen

In vielen Unternehmen existiert zum einen zu wenig qualifiziertes Logistikwissen über bevorstehende Planungsaufgaben und zum anderen gibt es keine Standardprozesse, welche die Weitergabe des Wissens erleichtern würden. Logistikplaner sind oftmals stark in die Bewältigung von Routineaufgaben eingebunden und können sich deshalb nicht auf die Weiterentwicklung von Prozessmodellen und Entscheidungsregeln der Produktionslogistikprozesse konzentrieren. Ziel des Arbeitspakets ist daher die Entlastung von Logistikplanern durch Einführung eines Assistenzsystems, welches einen Zugriff auf digitales Expertenwissen in Form von Referenzmodellen gewährleistet. (Hilpoltsteiner und Seel 2018, S. 33)

#### Intelligente Bereitstellungshilfsmittel

Die operative Logistikplanung birgt Stärken und Schwächen, welche mit intelligenten Bereitstellungshilfsmitteln und intelligenten Logistiksystemen unterstützt bzw. behoben werden können. Durch den Einsatz von IIoT-Technologien können Potenziale in Prozessen voll ausgeschöpft werden. Schwerpunkt des Arbeitspakets ist die Analyse der operativen Logistikplanung und der Materialbereitstellungsprozesse und darauf aufbauend die Auswahl geeigneter Technologien zur Prozessverbesserung und -unterstützung. Der Transfer erfolgt u. a. über den Arbeitskreis sowie über einen Demonstrator in der Lern- und Musterfabrik.

## Technologietransfer

Technologie- und Wissenstransfer über die Grenzen des eigenen Unternehmens hinweg werden gerade mit zunehmender Komplexität und Globalisierung immer wichtiger, um einen hohen Innovationsgrad zu erreichen. Durch kooperative Innovationstätigkeiten, wie z. B. dem Austausch in Netzwerken kann der Innovationsprozess vorangetrieben wer-

den. Ziel des Teilprojekts Technologietransfer ist zum einen die anderen Teilprojekte bei der zielgruppengerechten Aufbereitung der Ergebnisse zu unterstützen sowie die Ergebnisse und den Transfer nachhaltig über Veranstaltungen, Transfermethoden (z. B. Anwendungsszenarien) und Veröffentlichungen zu vermitteln. (Schneider et al. 2018, S. 16; Spanner und Schneider 2019b, S. 19)

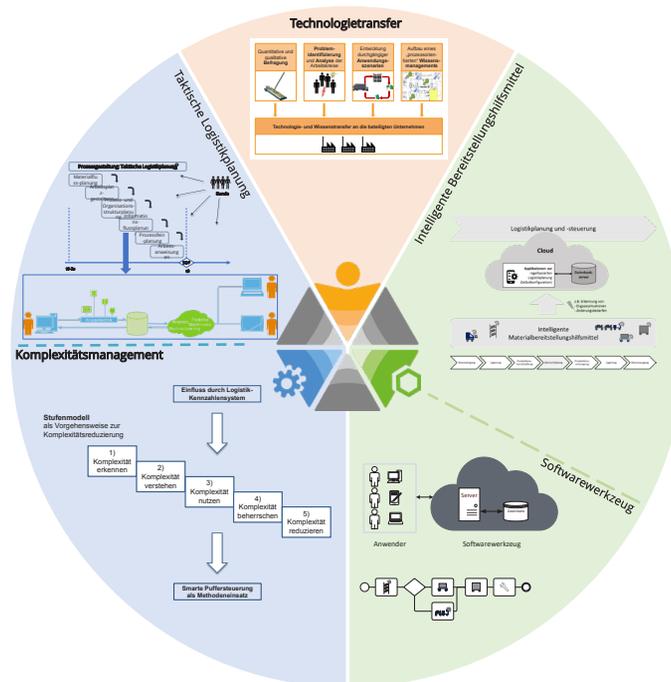


Abbildung 3: Transferprojekt KIP mit Teilprojekten und Arbeitspaketen (Quelle: Spanner und Schneider 2019, S. 15)

## Literaturverzeichnis

Alt, Denis; Meier, Sandra; Roeren, Sven (2018): Komplexität und moderne Produktion – Kein Widerspruch, sondern Notwendigkeit. In: Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven.; Seel, Christian (Hrsg.) (2018): Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale erkennen. Dingolfing. S. 24-28.

Aufleger, Max (2019): Informationsflusssysteme und IoT-Plattformen – taktische Logistikplanung gezielt verbessern. In: Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven; Seel, Christian (Hrsg.) (2019): Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale verstehen. Dingolfing. S. 51-52.

Augustin, Siegfried (2011): Produktionslogistik. In: Reinhard Koether (Hrsg.), Taschenbuch der Logistik, 4. Aufl., München.

Bischoff, Jürgen (2015): Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Mülheim an der Ruhr.

Eßler, Gerd (2015): Soziotechnisches Potenzial cyber-physischer Systeme. In: ZWF 110 (3), 142-144.

Hilpoltsteiner, Daniel; Seel, Christian (2018): Entwicklung eines Softwarewerkzeuges zur (semi-)automatischen Generierung von unternehmensspezifischen Produktionslogistikprozessen – vom Unternehmensablauf zum nachhaltig dokumentierten Prozess. In: Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven.; Seel, Christian (Hrsg.) (2018): Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale erkennen. Dingolfing. S. 33-36.

Schneider, Markus; Spanner, Katharina; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven; Seel, Christian; Alt, Denis; Bäuml, Stephanie; Hilpoltsteiner, Daniel; Meier, Sandra; Weindl, Stephanie (2018): Vorstellung der Teilprojekte – Schwerpunkte setzen. In: Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven.; Seel, Christian (Hrsg.) (2018): Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale erkennen. Dingolfing. S. 14-16.

Spanner, Katharina; Schneider, Markus (2019a): Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale verstehen. In: Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven; Seel, Christian (Hrsg.) (2019): Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale verstehen. Dingolfing. S. 13-16.

Spanner, Katharina; Schneider, Markus (2019b): Methoden zum Technologie- und Wissenstransfer – ein Vorgehen zum Verstehen von Potenzialen. In: Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven; Seel, Christian (Hrsg.) (2019): Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale verstehen. Dingolfing. S. 19-20.

Weindl, Stephanie; Schneider, Markus (2018): Taktische Logistikplanung – Der Schlüssel zu einer effizienten Logistik. In: Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven.; Seel, Christian (Hrsg.) (2018): Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale erkennen. Dingolfing. S. 28-32.

Weindl, Stephanie; Schubel, Alexander; Schneider, Markus (2019): Regelbasiertes Assistenzsystem zur Logistikplanung. Empirische Analyse der Bedürfnisse von Logistikplanern. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. Jahrgang 114 Heftnummer 5.



Montagenaher Supermarkt in der Lern- und Musterfabrik

# 1. Planungsmethoden und -werkzeuge – Organisation und Prozessgestaltung



Schneider, Markus

Das Teilprojekt Planungsmethoden und -werkzeuge beschäftigt sich mit Themen rund um die Organisation und Gestaltung von Prozessen in Unternehmen. Es werden relevante Methoden und Technologien zur Lösung produktionslogistischer Probleme ermittelt, KMU-gerecht aufbereitet und transferiert.

## Einordnung

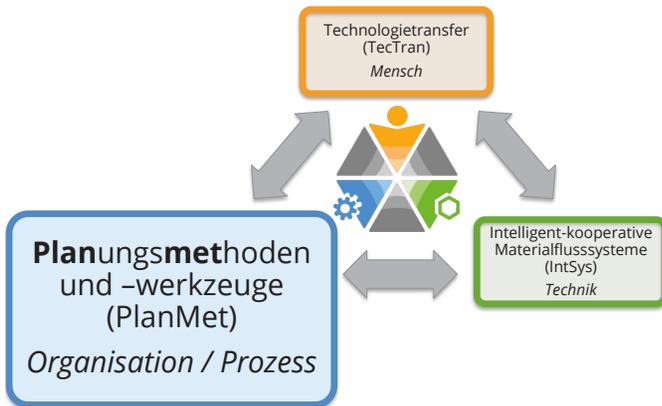


Abbildung 1: Einordnung von PlanMet in das Projektgefüge

Das Teilprojekt ist in der Dimension „Organisation / Prozess“ verortet. Wichtig ist hierbei die Wechselwirkung mit den beiden anderen Dimensionen „Mensch“ und „Technik“ (siehe Abbildung 1: Einordnung in das Projektgefüge). Die Dimension „Organisation / Prozess“ schafft die Basis für einen sinnhaften Einsatz von Technologien. Zudem ist sie die Grundlage für die Ausführbarkeit von Produktion und Logistik durch den Menschen.

## Struktur

Im Teilprojekt PlanMet arbeiten zwei Professoren mit vier wissenschaftlichen Mitarbeitern an zwei Themenbereichen: Komplexitätsmanagement und Taktische Logistikplanung. Zu diesen zwei Bereichen gehört je ein Arbeitskreis. Die zwei Bereiche sind noch einmal untergliedert in je zwei Arbeitspakete, welche von jeweils einem wissenschaftlichen Mitarbeiter bearbeitet und dann zusammen transferiert werden. Der Inhalt der Arbeitspakete wird folgend kurz erläutert und in den weiteren Artikeln detailliert beschrieben.

## Inhalt

Im Teilprojekt Planungsmethoden und -werkzeuge wurden zwei Bereiche definiert: Komplexitätsmanagement und Taktische Logistikplanung. Abbildung 2 gibt einen Überblick über die Struktur und die Inhalte des Teilprojekts.

Das Komplexitätsmanagement beschäftigt sich zum einen mit der „Ermittlung der Randbedingungen und Einflussgrößen eines Produktionslogistiksystems und der Ableitung eines Zielsystems“. Zum anderen wird das Thema „Flexible Puffersteuerung“ bei asynchronen Produktionsprozessen behandelt. Die beiden Ansätze wurden kombiniert genutzt, um ein Modell zur stufenweisen Reduzierung von Komplexität aufzubauen. Diese Methode dient den kleinen und mittleren Unternehmen als Leitfaden, um die Komplexität in Unternehmen zu erkennen, zu verstehen, zu nutzen, beherrschbar zu machen und schlussendlich zu reduzieren.

Im Arbeitspaket Taktische Logistikplanung wird eine ganzheitliche Logistikplanung anhand eines Planungssystems transferiert. Den kooperierenden Unternehmen wird die Prozessgestaltung der taktischen Logistikplanung anhand der einzelnen Phasen des Planungssystems erläutert und Planungstechnologien je Phase transferiert. Um den heutigen Bedürfnissen der Logistikplaner in kleinen und mittleren Unternehmen gerecht zu werden, werden seit dem dritten Projektjahr auch Synergien zwischen den Kompetenzfeldern Logistik und Informatik genutzt. So wird mit Hilfe einer IoT-Plattform der Informationsfluss für die taktische Logistikplanung abgebildet und optimiert. Insbesondere wird damit die Transparenz in Unternehmen erhöht. Die automatisierte Datenerhebung und Vernetzung ermöglicht den Logistikplanern Anpassungsbedarfe frühzeitig zu erkennen und neu gestalten zu können.

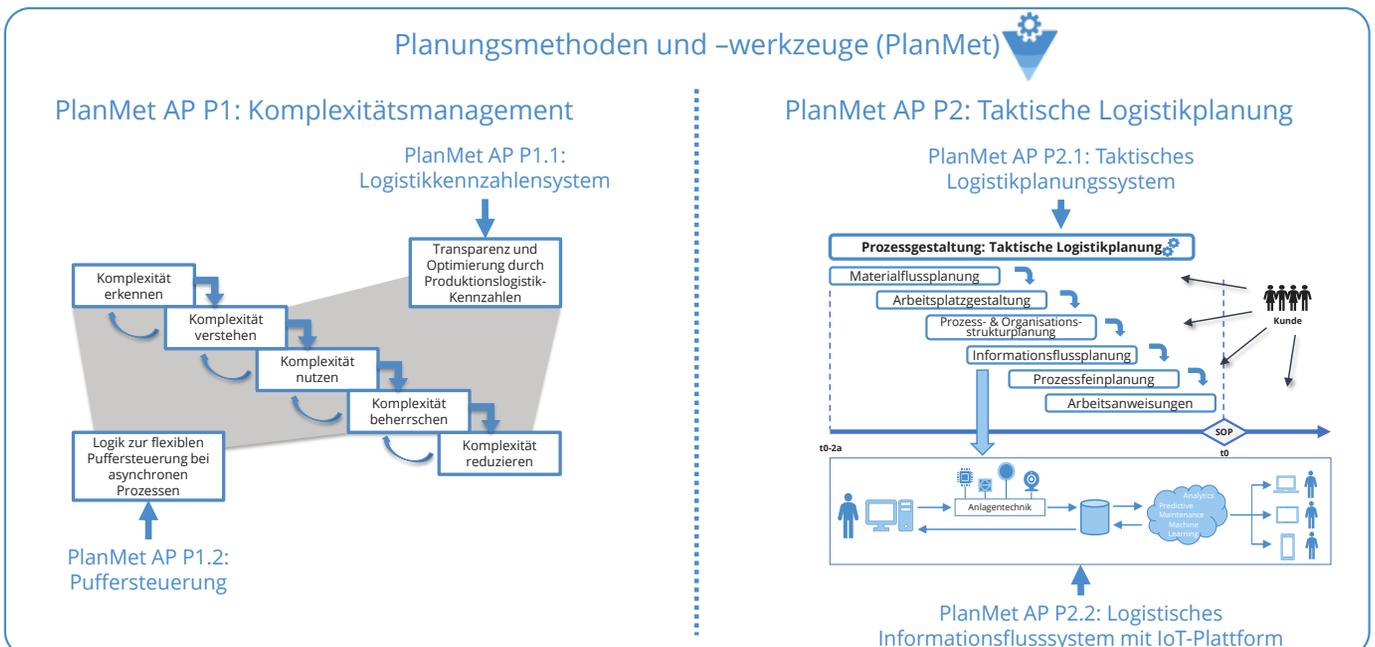


Abbildung 2: Inhalte und Struktur des Teilprojekts Planungsmethoden und -werkzeuge (PlanMet)

# 1.1 Komplexität in der Produktionslogistik – nutzen, beherrschen und reduzieren

Alt, Denis; Meier, Sandra; Roeren, Sven

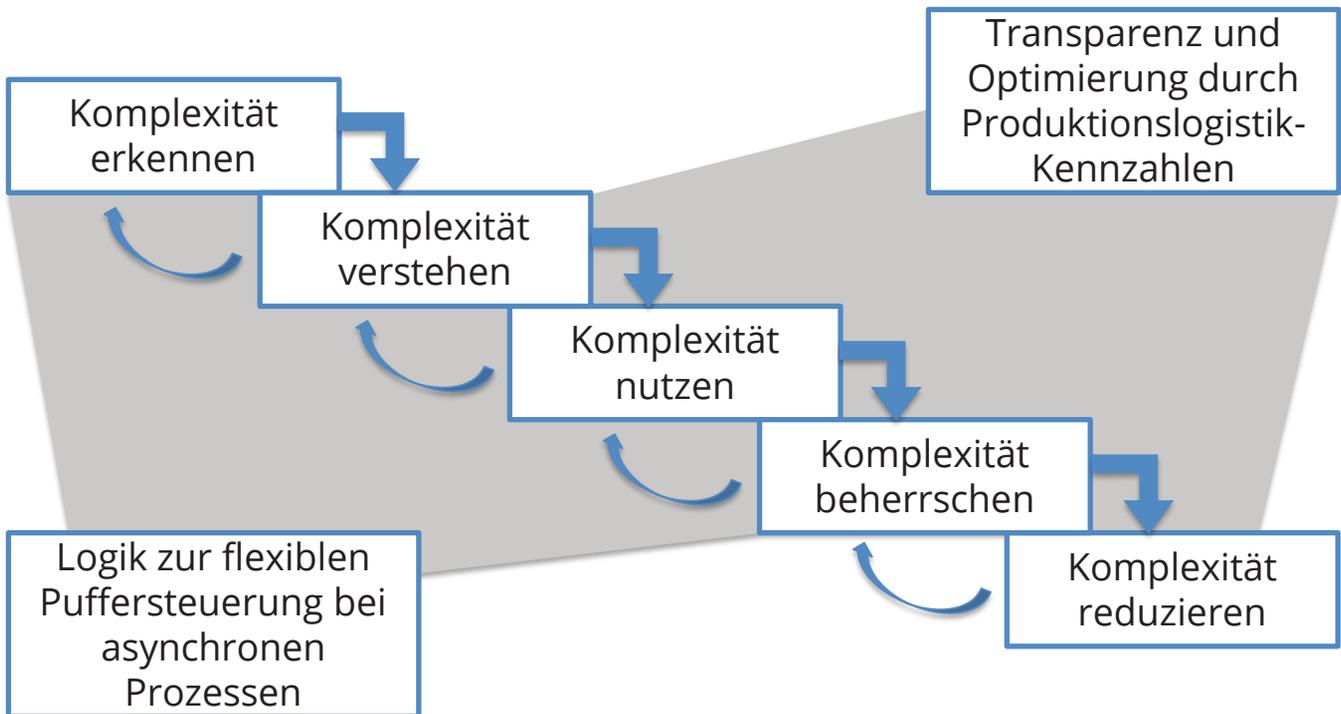


Abbildung 1: Stufenmodell zur schrittweisen Reduzierung von Komplexität (Alt, Meier, Roeren 2018)

„Komplexität stellt aufgrund der bestehenden und noch weiter zunehmenden globalen Vernetzung in allen wirtschaftlichen, politischen wie auch sozialen Bereichen mehr denn je einen essenziellen Erfolgsfaktor für Organisationen dar. Damit ist sie gleichzeitig auch eine der größten Herausforderungen, denen Organisationen sich stellen müssen.“ (Schoeneberg 2014, S. 14) Aus diesem Grund beschäftigen sich die nachfolgend beschriebenen zwei Arbeitspakete mit dem Thema des Komplexitätsmanagements.

Zum einen wurden die Einflussgrößen, Randbedingungen, Prämissen und Ziele eines Produktionslogistik-Kennzahlensystems genauer beleuchtet und weiter wurde ein Ansatz zur flexiblen Puffersteuerung asynchroner Prozesse beschrieben. Beide Teilprojekte haben sich zu einem gemeinsamen Arbeitskreis „Komplexitätsreduzierung“ zusammengeschlossen (vgl. Abbildung 1), um dort gemeinsam mit den kooperierenden Unternehmen die Thematiken zu diskutieren und durch Transfer der gewonnenen Erkenntnisse den Mittelstand bei diesen Herausforderungen nachhaltig zu unterstützen.

Die seit 2018 weiter bearbeitete Vorgehensweise zur schrittweisen Reduzierung von Komplexität wird im Artikel III.4 „Modell zur Komplexitätsreduzierung – ein Analysewerkzeug“ in dieser Ausgabe noch einmal im Detail beschrieben. Aufgeführt werden unter anderem Praxisbeispiele mit den kooperierenden Unternehmen wie der Weg vom Erkennen, Verstehen, Nutzen und Beherrschen bis hin zur Reduzierung bewältigt werden kann.

Komplexitätsmanagement darf keinesfalls als isolierte Methode zur Reduzierung von Produktvarianten und Sachnummern verstanden werden, sondern vielmehr als ein effektives Instrument zur Ausrichtung der im Unternehmen vorgehaltenen internen Komplexität auf die durch Markt- und

Wettbewerbsbedingungen erforderliche externe Komplexität (Ebel und Hofer (Hrsg.) 2014, S. 194).

Im Projekt „Kompetenznetzwerk intelligente Produktionslogistik“ soll der Fokus weniger auf den klassischen Produktionsthemen liegen, sondern vielmehr auf denen der Produktionslogistik. Die Differenzierung von Produktion und Logistik wird im Unterkapitel der Kennzahlen noch einmal näher erläutert.

„Komplexitätsmanagement in der Logistik umfasst die Gestaltung, Steuerung und Entwicklung der Vielfalt des Logistikleistungsspektrums im Unternehmen. Durch die Verstärkung und Dämpfung der Komplexität wird die Fähigkeit angestrebt, die Wertschöpfungs- und Logistikstufen so zu beherrschen, dass ein maximaler Beitrag zum Kundennutzen bei gleichzeitig hoher Wirtschaftlichkeit des Automobilherstellers erzielt werden kann.“ (Schuh 2005, S. 36) Weiter schreibt Schuh über die drei Übergruppen „Komplexitätsvermeidung“, „Komplexitätsreduzierung“ und „Komplexitätsbeherrschung“, welche allesamt im Stufenmodell abgedeckt werden.

Diese Aussage bestätigt weiter den im Arbeitskreis transferierten und diskutierten Zielkonflikt in der Produktionslogistik abgeleitet aus der Raute der Produktionsziele (Roeren 2017), siehe Abbildung 2. So sollten Unternehmen zwar auf der einen Seite Wirtschaftlichkeit im Fokus haben, jedoch erschwert beispielsweise die Vorgabe von niedrigen Beständen und der damit geringeren Flexibilität die Erreichung dieses Ziels. Eine Logik zur flexiblen Puffersteuerung drängt sich dadurch in den Vordergrund und wird im Unterkapitel II.1.1.2 weiter ausformuliert.

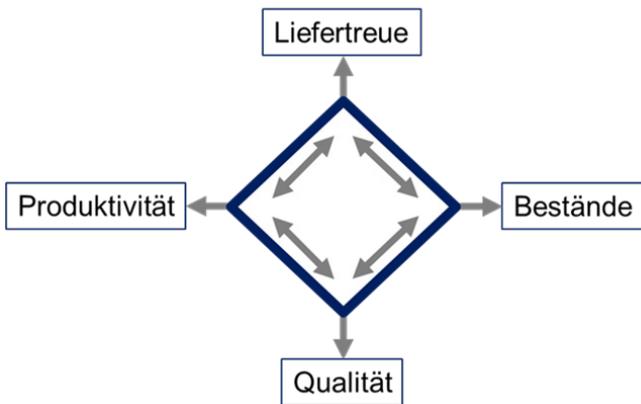


Abbildung 2: Zielkonflikt in der Produktion (Roeren 2017)

### 1.1.1 Kennzahlensysteme in der Produktionslogistik

Die Notwendigkeit zur Untersuchung von Randbedingungen und Einflussgrößen auf ein Produktionslogistiksystem wurde zu Beginn des Projekts bei der Befragung der kooperierenden Unternehmen ersichtlich. Nur sehr wenige Projektpartner beschäftigten sich näher mit der Erstellung eines solchen Zielsystems. Zwar bestehen durchaus schlüssige Kennzahlensysteme für den Bereich der Produktion und der Logistik, jedoch nicht für den weiteren Bereich der Produktionslogistik. Grundsätzlich gilt es diese drei Bereiche zu differenzieren. Abbildung 3 zeigt das im Rahmen des EFRE-Projekts entstandene Verständnis der verschiedenen Abschnitte des Materialstroms. Die Definition der Funktionsbereiche wurde gemeinsam mit den Projektpartnern erarbeitet und diskutiert. Sie weicht jedoch an einigen Stellen von der bestehenden Literatur ab.

Zu Beginn steht die Beschaffungslogistik. Sie ist ein Subsystem der Logistik und deckt sämtliche Transporte vor der „Kante“ des Produktionsortes ab. Dies bedeutet, dass alle Anlieferungen in Form von Rohmaterial, Kaufteilen, Halbfertigerzeugnissen, Betriebsmitteln oder Hilfsstoffen etc. per LKW, Luftfracht, Schiffsverkehr oder der Bahn herangezogen werden.

Sobald diese Güter an den Bedarfsträger übergeben sind, zählen sie zum Bereich der Produktionslogistik. Innerhalb der Produktionslogistik gibt es die eigentlichen Produktionsanlagen, in Abbildung 3 als Fräsanlagen (FP) dargestellt, sowie mögliche Pufferplätze, Lagersysteme und Materialbereitstellungsflächen.

Darüber hinaus kann sowohl innerhalb als auch am Ende der Fertigung eine Kommissionierung und/oder Sequenzierung stattfinden. Die Literatur beschreibt einen Vorgang der Kommissionierung zum Teil als der Produktionslogistik zugehörig. Jedoch finden sich auch immer wieder Quellen, in denen die Kommissionierung und/oder Sequenzierung ganz klar der Dispositionslogistik zugeordnet wird. In jedem Fall wird währenddessen das Produkt in seiner Wertigkeit nicht mehr verändert, sodass es in den Bereich der indirekten Prozesse fällt.

Pawellek schreibt in seinem Buch „Produktionslogistik“ wie folgt: „Aufgabe der Produktionslogistik ist die Planung, Steuerung und Überwachung des Materialflusses vom Wareneingang (z. B. Rohmateriallager der Beschaffung) über den gesamten Produktionsprozess hinweg bis zum Warenausgang (z. B. Fertigwarenlager). Hierzu zählen u. a. Fragen des innerbetrieblichen Transports und der Zwischenlagerung von Fertigungsmaterial, Teilen oder Baugruppen. Die übergeordnete Aufgabe ist die Schaffung einer logistikgerechten Materialflusstruktur und Materialflussteuerung“ (Pawellek 2007, S. 14).

Die Distributionslogistik grenzt unmittelbar an die Intralogistik an und beinhaltet sämtliche logistischen Tätigkeiten nach dem Warenausgang. Also damit alle fertigen Produkte, die in Richtung nachgelagerte Wertschöpfung oder zum Endkunden transportiert werden. Der VDI (Verein Deutscher Ingenieure) definiert die Distributionsprozesse in seiner Richtlinie VDI 4400 Blatt 3 zum einen als Distributionsplanung und zum anderen als Distributionssteuerung. Dazu zählen unter anderem folgende Punkte:

- Touren planen
- Fahrzeugeinsatz planen
- Stauraum planen
- Kommissionierpapiere erstellen
- Versandpapiere erstellen

Im Nachfolgenden und zur besseren Nachvollziehbarkeit einiger Anwendungsszenarien soll die Kommissionierung als Teil der Produktionslogistik betrachtet werden.

Die Produktion grenzt sich klar durch die Beschreibung ab, dass innerhalb dieses Funktionsbereiches wertschöpfende Tätigkeiten vollzogen werden. Also jeglicher Prozess, der zur Aufwertung des Produkts beiträgt. Eingeschlossen sind hierbei formverändernde Vorrichtungen in Anlagen und an Arbeitsplätzen genauso wie oberflächenverändernde Umfänge (z. B. Beschichten).

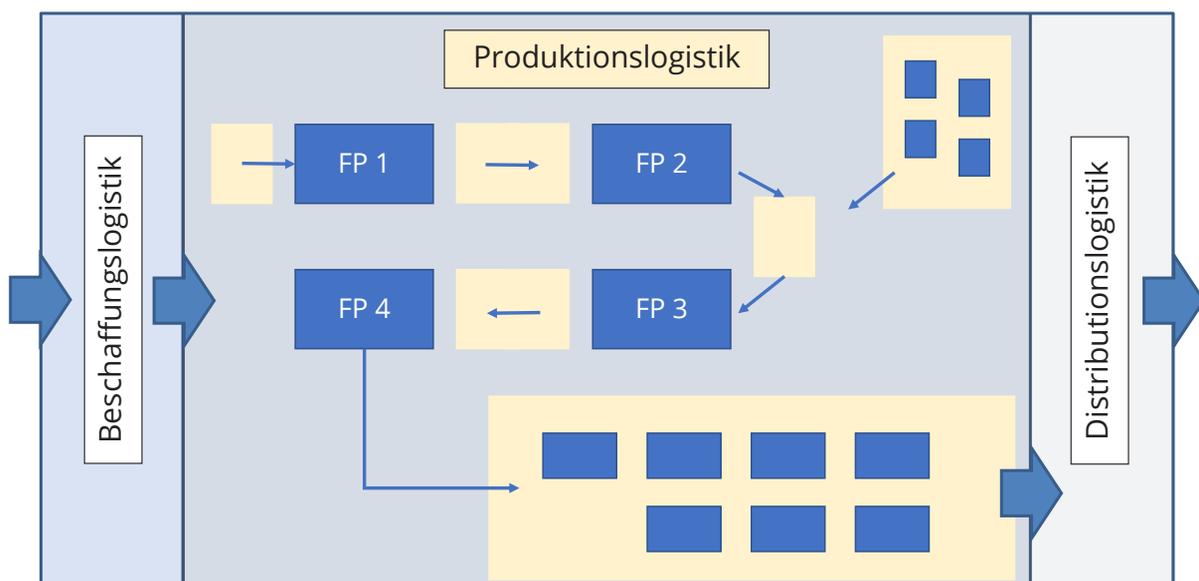


Abbildung 3: Abgrenzung Logistik, Produktion und Produktionslogistik

Um ein Gesamtverständnis für die komplexen Zielsysteme der Produktionslogistik zu erhalten, ist es notwendig, die Grundlagen genau zu beschreiben. Deshalb werden in den nachfolgenden Unterkapiteln neben dem Nutzen von Kennzahlen im Allgemeinen auch die Einflussfaktoren und Zielgrößen der verschiedenen Funktionsbereiche dargestellt. Es wird geklärt, welche Kennzahlen welchem Bereich zugeordnet werden können und wie aus den unterschiedlichen Kenngrößen ein Kennzahlensystem entstehen kann. Dies soll immer in Hinblick auf die Zielkonflikte und Interessensunterschiede innerhalb eines Unternehmens geschehen.

### Nutzen von Kennzahlen in Unternehmen

Bei der Unternehmensbefragung zu Beginn des KIP Projekts 2018 sollte zunächst einmal herausgestellt werden, wie der grundsätzliche Umgang und Einsatz von und mit Kennzahlen in den kooperierenden Unternehmen ist (Alt, Meier und Roeren 2018, S. 24 ff). Das Ergebnis war, dass die Bereiche Kunden- und Finanzkennzahlen bereits Beachtung fanden, die Analyse und Steuerung durch Kennzahlen in der Produktionslogistik jedoch noch vernachlässigt wurden. Daher galt es zunächst den Mehrwert für die Unternehmen zu erarbeiten, um die Attraktivität für die Integration eines Zielsystems zu erhöhen.

Kennzahlen können verschiedenen Verwendungszwecken zugeteilt werden. In der Literatur wird weitestgehend in die folgenden Einsatzgebiete unterteilt (Syska 1990, S. 26):

- Planung
- Steuerung
- Überwachung
- Kontrolle
- Analyse
- Vergleich

Die Planung durch Kennzahlen ermöglicht es den Unternehmen, Ziele zu definieren und als Führungsinstrument zu dienen. Durch die Erarbeitung von Soll-Werten ist es möglich, die Prozesse und Abläufe dahingehend zu lenken und diese auch zu erreichen. Änderungen und Anpassungsvorschläge können durch den Vergleich der Soll/Ist-Situation leichter argumentiert und durchgesetzt werden. Durch die gewonnene Transparenz und Überwachungsmöglichkeit durch Kennzahlen können Strategien immer wieder plausibilisiert werden. Kosten können ins Verhältnis zu Ressourcen gebracht werden. Verbesserungen und Leistungen werden messbar und Trends können frühzeitig erkannt werden.

Darüber hinaus ermöglichen sie es, Prognosen zu erstellen. Das Monitoring ist auch als wichtige Aufgabe im Umgang mit Kennzahlen zu betrachten. Komplexe Sachverhalte können so visualisiert und damit verständlicher abgebildet werden. Natürlich ist es immer entscheidend, Kennzahlen richtig zu interpretieren. Das bedeutet, dass sie im Kontext betrachtet werden müssen. Als Instrument für Entscheidungsfindungen bezüglich Strategien oder Investitionen dienen Kennzahlen (Beispiel ROI) ebenfalls. Sie ermöglichen einen objektiven Blick auf die Situation.

### Einflussfaktoren und Zielgrößen der Funktionsbereiche

Stellt man die einzelnen Funktionsbereiche nebeneinander, wird schnell ersichtlich, dass es neben den Einflussfaktoren auch unterschiedliche Zielgrößen zu beachten gilt. So strebt die Beschaffungslogistik sicherlich immer in erster Linie die Termintreue und Zuverlässigkeit der Lieferanten an. Weiter muss stetig auf die Kosten der Rohmaterialien sowie dem angepassten Materialverbrauch geachtet werden. Die Qualität der angelieferten Waren muss dringend im Bereich der Beschaffungslogistik geprüft werden, um etwaige Abweichungen von der geforderten Qualität nicht in den Prozess einfließen zu lassen. Dies hätte zur Folge, dass Ausschuss produziert wird, welcher unnötig Ressourcen und Kapazitäten verbraucht.

Die Zielgrößen der Anlagen und Produktionsprozesse sind in Abbildung 4 dargestellt. Dieser Bereich ist häufig mit hohen Investitionen und damit gebundenem Kapital verbunden, weshalb er in den meisten Unternehmen im Fokus für Optimierungen und Effizienzsteigerungsprogrammen steht (Gottmann 2016, S. 52).

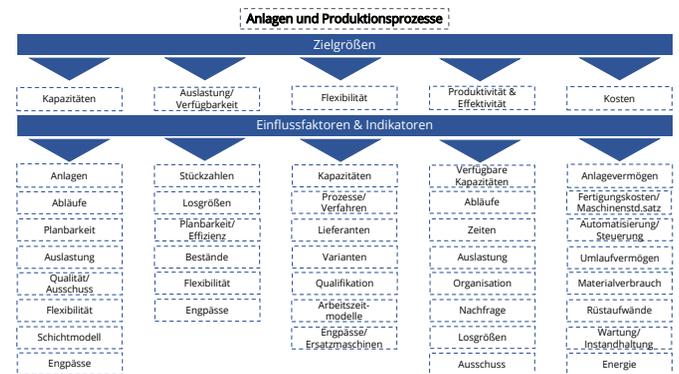


Abbildung 4: Zielgrößen, Einflussfaktoren und Indikatoren für Anlagen und Produktionsprozesse (Gottmann 2014, S. 53)

Weitere Einflussfaktoren sind Qualifikationen, Zeiten, Nachfrage, Abläufe und Rüstaufwände. Hier lassen sich zwar immer wieder Parallelen zur Produktionslogistik finden, dennoch sind sie zu unterscheiden. Am Beispiel Rüstaufwände und Rüstzeiten erklärt, wird ersichtlich, dass sich die Produktion mit dem Aufwand der Rüstvorgänge beschäftigt. Wie viel Personal ist dafür nötig, wie viele Teile gehen durch den Stillstand der Anlagen verloren, wie viel Ausschuss wird nach erfolgreichem Rüstvorgang kalkuliert und welche Kosten bringt der Rüstaufwand mit sich?

Durch die hohe Varianz in den meisten Unternehmen, sind Rüsttätigkeiten von Seiten der Produktion eine unumgängliche Tätigkeit, um den Kundenansprüchen gerecht zu werden. Die Produktionslogistik dagegen muss sich mit der Frage beschäftigen, wie lange der Rüstvorgang dauert, um ausreichend Bestände auf Lager zu haben, damit nachfolgende Prozesse weiterhin stabil in der Lage sind zu fertigen. Ziel der Intralogistik ist es jedoch, wenig Bestände aufzubauen und dennoch nicht an Flexibilität einzubüßen.

Der Produktionsbereich ist weitestgehend darauf fokussiert, die Kapazitäten optimal auszunutzen. Produktivität und Effektivität sind Kenngrößen, die in nahezu jeder Firma Anwendung finden. Der Blick des Managements ist meist auf Kosten und Auslastung begrenzt, die Wirtschaftlichkeit steht an oberster Stelle. Dies ist natürlich auch nicht außer Acht zu lassen. Dennoch sollte sich das Management mit dem Wandel der Logistik befassen. Industrie 4.0 macht keinen Halt vor der Produktionslogistik, daher müssen die Material-, Informations- und Finanzflüsse in Einklang gebracht werden. Hierfür sollten Technologie, Organisation und Prozesse eines Unternehmens transformiert werden. Dies wird im Handbuch Industrie 4.0 als „Dortmunder Management Modell“ beschrieben (Vogel-Heuser, Bauernhans, ten Hompel 2017, S. 255).

Die Organisation oder auch Auftragsabwicklung verfolgt als produktionsunterstützender Bereich die Ressourcenbedarfe und treibt dahingehend Themen wie Automatisierung und Standardisierung voran. Kosten spielen in allen Bereichen des Unternehmens eine Rolle bei der Zieledefinition. Auch die Unterstützung durch geeignete Systeme ist im Bereich der Organisation und Auftragsabwicklung angesiedelt.

Der Kundentakt bestimmt häufig die Ausrichtung in vielen Firmen, egal ob Groß-, Mittel- oder Kleinunternehmen. Als Schnittstelle zu allen Funktionsbereichen ist es ratsam, einen übergreifenden Informationsaustausch zu installieren. Ansonsten besteht die Gefahr von Informationslücken, wodurch Kennzahlen maßgeblich beeinflusst werden. Eine Hauptpriorität im

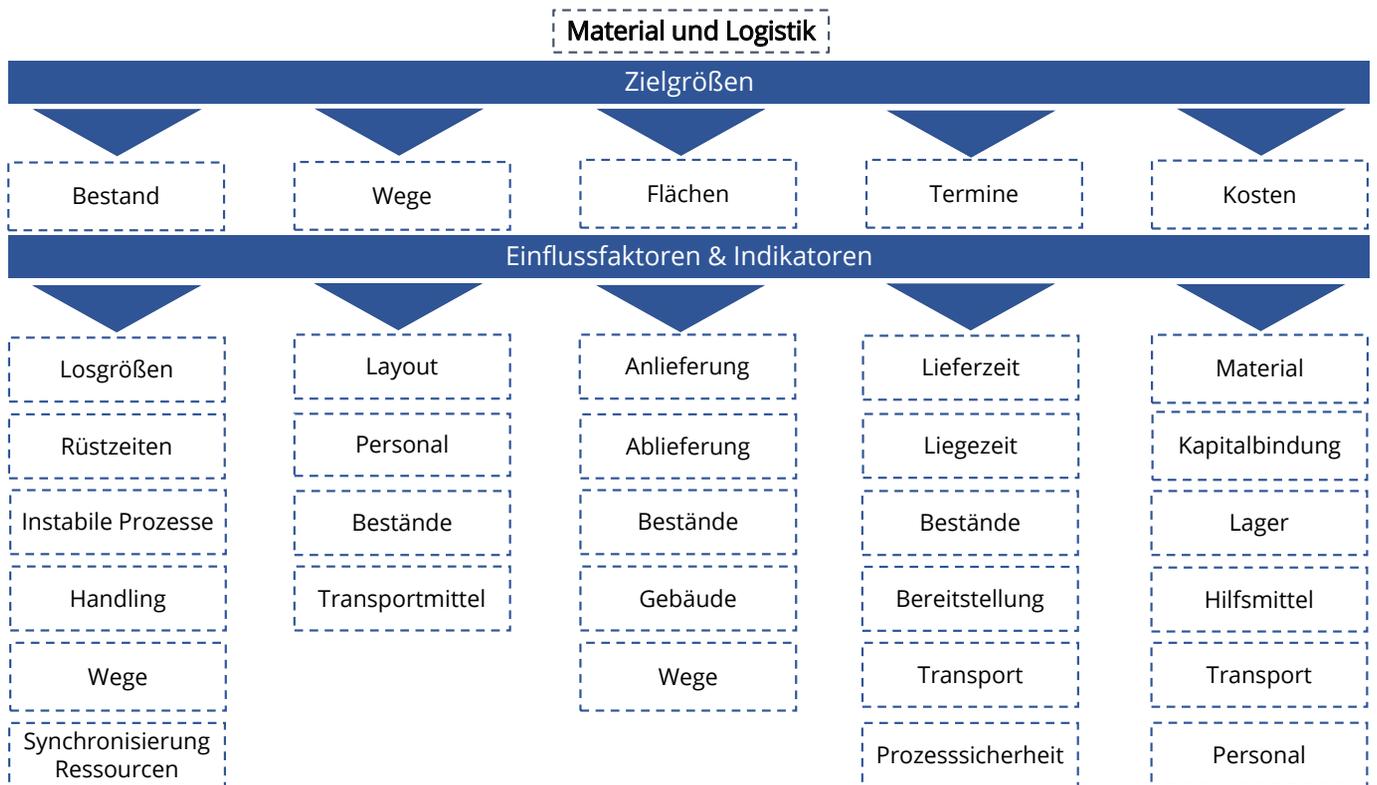


Abbildung 5: Zielgrößen, Einflussfaktoren und Indikatoren in der Logistik (Gottmann 2016, S. 64)

Umgang mit Kennzahlen und Kennzahlensystemen ist die Vollständigkeit dieser. Das heißt, dass sämtliche Informationen und Daten für die Erstellung benötigt werden.

Die Kundenzufriedenheit wird meist in den Bereich der Distributionslogistik verlagert. Sicherlich spielt das Thema Variantenvielfalt auch hier eine entscheidende Rolle. Bereits im Artikel „Komplexität in der Produktionslogistik – erkannt und verstanden“ in der KIP Broschüre 2019 wurde ausführlich darüber berichtet (Alt, Meier und Roeren 2019, S. 41). Die Kundenzufriedenheit geht immer einher mit den Begriffen Servicequalität, Liefertreue und Flexibilität. Sie trägt unmittelbar Einfluss auf die Komplexität in Unternehmen und kann dem Bereich der Dynamik genauso wie dem Bereich der Diversität im DCI zugeteilt werden. Am Ende der Fertigungskette steht die Distribution und wird daher oftmals für Lieferverzögerungen verantwortlich gemacht. Dass es sich aber meist um eine reaktive Aktivität in der Distributionslogistik handelt, wird dabei außer Acht gelassen. Dies wurde im Arbeitskreis Komplexitätsreduzierung immer wieder thematisiert und die Notwendigkeit der globalen Unternehmensbetrachtung transferiert.

Durch die Anwendung einiger Analysemethoden zur Potentialermittlung, sowohl in der Theorie als auch im Rahmen von Delta Analysen (Jungkind, Könniker, Pläster und Reuber 2018, S. 37-259), wurde immer wieder klar, dass enorme Verbesserungsmöglichkeiten im Funktionsbereich der Produktionslogistik stecken. Beispielsweise werden speziell durch die Tätigkeitsanalyse unnötige Wege, Bewegungen und Handlungsschritte, die zu den nichtwertschöpfenden Tätigkeiten und damit eigentlich als Verschwendungen deklariert sind, identifiziert. Im Tagesgeschäft gehen solche Einflussfaktoren leider allzu oft unter, wodurch auch eine Bewertung, speziell monetär, nicht ermöglicht wird. In Abbildung 5 werden die einzelnen Zielgrößen und Einflussfaktoren auf den Bereich Material und Logistik aufgezeigt. Im Folgenden sollen noch einmal im Speziellen die der Produktionslogistik herausgearbeitet werden.

Wie bereits im Abschnitt zur Differenzierung der einzelnen Funktionsbe-

reiche erwähnt, beschreibt auch Gottmann in ihrem Buch Produktionscontrolling die Material- und Logistikkennzahlen als Bindeglied in der Produktion. Definiert werden also sämtliche Transporte, Lagerungen und Bereitstellungen von Baugruppen, Halb- und Fertigprodukten (Gottmann 2016, S. 64). In Abbildung 5 wird unter den Zielgrößen auch die Bestandsthematik aufgeführt. Über das Thema Bestandskomplexität und den Umgang in Zusammenhang mit Komplexitätsmanagement wurde bereits 2020 in der ZWF Ausgabe 1-2/2020 umfangreich berichtet (Alt, Meier und Roeren 2020, S. 44 ff). Abbildung 5 führt weiter Wege, Flächen, Termine und Kosten als Zielgrößen auf. Für die Produktionslogistik sind die Wege und Transporte wieder auf den innerbetrieblichen Bereich begrenzt, also von Wareneingang bis Warenausgang.

Flächen waren speziell bei der Betrachtung der Kennzahl Flächennutzungsgrad ein großes Thema. Sie können zum einen als Lagerflächen betrachtet werden, die der Fertigung zur Verfügung stehen. In diesem Kontext geht es häufig um die baulichen Gegebenheiten und der Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Flächen bzw. der Kapazität. Allerdings wird auch der Materialfluss über Flächen definiert, und gibt oftmals eine Richtung in Bezug auf die Transportmittel an. Flächen in der Intralogistik sind in Abbildung 3 gelb hinterlegt. Sie befinden sich überall dort, wo Material und Produkte (zwischen- oder end-) gelagert werden. Über flexible Puffer innerhalb der Fertigung wird im weiteren Verlauf des Artikels genauer eingegangen. In Zusammenhang mit der Einflussgröße Kapitalbindung, kommen wieder Bestände in den Vordergrund. Bestände werden erst zu Kapital, wenn der Endkunde für das Produkt bezahlt hat. Auch dann erst ist es möglich, die Kosten für die Logistik zu verrechnen. Im Bereich der Intralogistik gelten Bestände als „totes Kapital“.

Die Terminierung im Feld der Produktionslogistik ist ein weiteres wichtiges Thema. Es gilt die Materialverfügbarkeit sicherzustellen. Sowohl in Hinblick auf Wiederbeschaffungszeiten als auch auf den Weitertransport zwischen den einzelnen Produktionsschritten. Prozessschwankungen müssen hierbei immer berücksichtigt werden. Diese sind schwer einzubeziehen, da

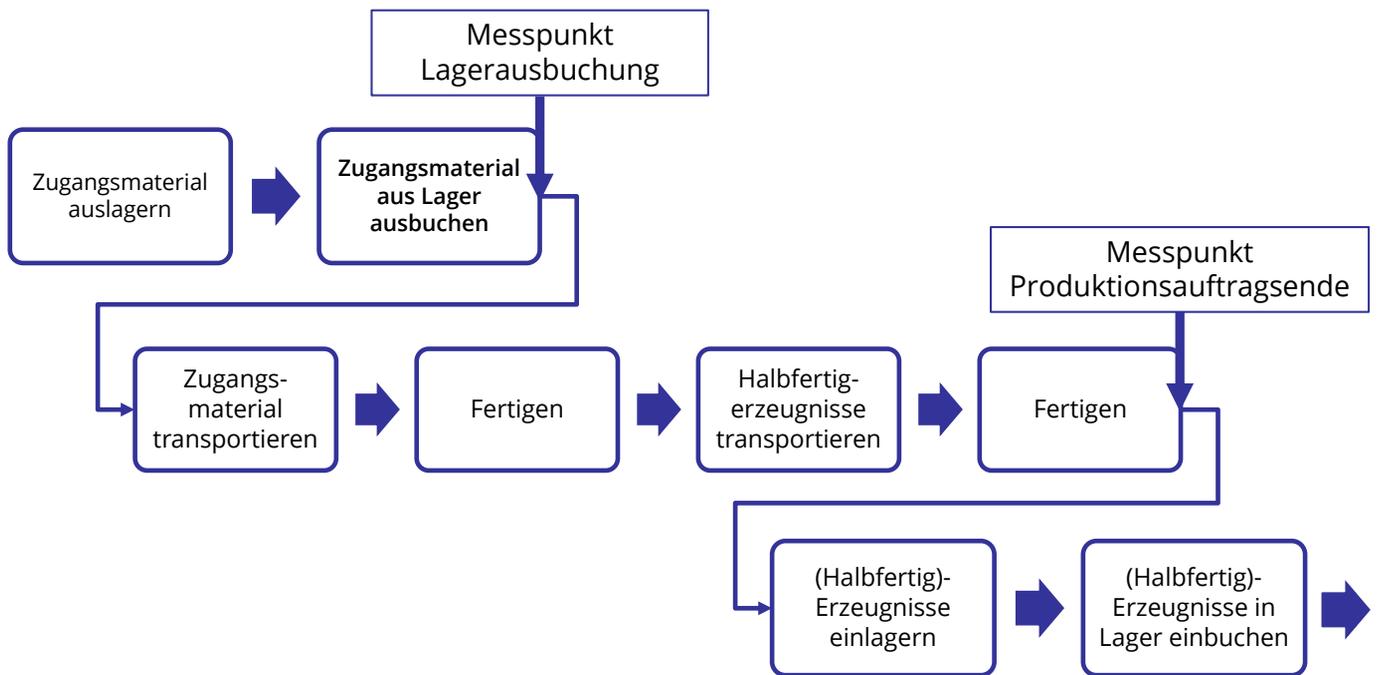


Abbildung 6: Prozessmodell innerbetrieblicher Transport (in Anlehnung an VDI 4400, Blatt 2)

sie einer hohen Dynamik unterliegen. Dennoch ermöglichten eine präzise Analyse und Ableitung von Prognosen durch Kennzahlen eine gewisse Chance zur Steuerung. Instabile Prozesse in der Produktionslogistik sorgen für Verschwendungen. Sei es durch Wartezeiten, weil Material nicht zur richtigen Zeit am richtigen Ort verfügbar ist, oder weil Mitarbeiter durch fehlende Transparenz und Kennzeichnung nicht zielorientiert und zeitlich passend transportieren können.

Im Arbeitskreis Komplexitätsreduzierung wurde im Workshop-Charakter über die Prozessbeschreibung eines innerbetrieblichen Transport gesprochen. Abbildung 6 orientiert sich an der Vorlage des VDI 4400 Blatt 2 und skizziert einen allgemeinen Ablauf.

Mit den Teilnehmern wurde erarbeitet, welche Daten und Informationen sie im vorliegenden Prozess erheben möchten, um die beiden vorgegebenen Kennzahlen „Lagerumschlagshäufigkeit“ und „Liefermengentreue“ zu bestimmen. Zunächst sollten Messpunkte festgelegt werden. In zwei Gruppen wurden die in Abbildung 7 gezeigten Kenngrößen beschrieben. Im Anschluss wurde mit den kooperierenden Unternehmen der Übertrag in das eigene Unternehmen besprochen, um wieder möglichst viel Transfer in die Praxis zu gewährleisten.

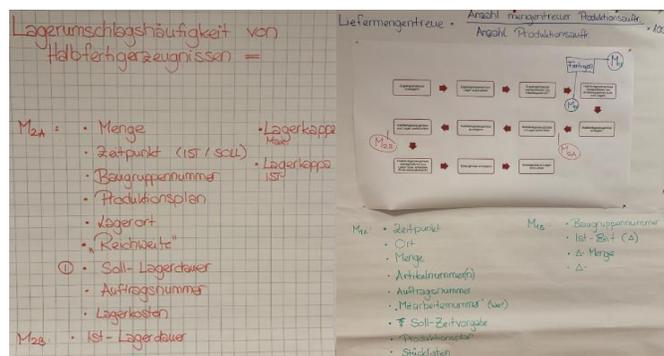


Abbildung 7: Unkonsolidiertes Rohergebnis aus Arbeitskreis Komplexitätsreduzierung - Datenerhebung für Kennzahlengenerierung

wird ersichtlich, dass sich die Angaben der Teilnehmer sehr denen aus der Literatur gleichen. Im Bereich der Produktionslogistik dominieren die Begriffe Bestände (Mengen), Wege, Flächen (Lagerort), Termine (Zeitpunkt IST/SOLL) und Kosten.

Im weiteren Verlauf der Arbeitskreistreffen wurde zunehmend über die Kennzahlen der Produktionslogistik gesprochen. Ebenso wurden Kennzahlen immer wieder in sämtliche Themen innerhalb der Treffen eingebunden.

Eine stärker bearbeitete Kennzahl war die ausgearbeitete „Dynamische Reichweitenkennzahl“, welche in der Broschüre 2019 bereits publiziert wurde (Alt, Meier und Roeren 2019, S. 45).

Außerdem wurde die Produktionsdatenerfassung weiter erläutert. Hierbei wurden die Messinstrumente zur Daten- und Informationserhebung besprochen. Neben CAD (Computer Aided Design), CAE (Computer Aided Engineering), CAM (Computer Aided Manufacturing), SCM (Supply Chain Management), ERP (Enterprise Resource Planning) und MES (Manufacturing Execution System) Systemen, bekamen die Teilnehmer auch weiterführende Informationen im Bereich IIoT. Dies wird in dieser Broschüre im Artikel III.4 „Modell zur Komplexitätsreduzierung“ weiter dargelegt.

Im nächsten Unterkapitel werden noch einmal die Kennzahlen aus der Literatur für den Bereich der Intralogistik dargestellt, um im Nachgang den Weg von der Kennzahl zum Kennzahlensystem zu beschreiben.

## Kennzahlen der Produktionslogistik

Die Auswahl der passenden und wichtigen Kennzahlen ist immer die erste große Hürde auf dem Weg zu einem Kennzahlensystem. Deshalb ist es unumgänglich, für diesen Vorgang genügend Zeit einzukalkulieren. Im nachfolgenden werden die Bereiche Beschaffungslogistik und Distributionslogistik vernachlässigt und der Fokus auf die Intralogistik Kennzahlen gelegt. Die am häufigsten dokumentierten Kennzahlen sind, abgeleitet von den Einflussgrößen und den Zielen (Gottmann 2016, S. 113 und Dornhöfer 2016, S. 103, S. 160):

- Materialverfügbarkeit
- interne Wiederbeschaffungszeit
- Handlingfehlerquote
- Mengenerfüllungsquote
- Lagerumschlagshäufigkeit
- Lagerdauer
- Reichweite
- Work in Process
- Transportkostenanteil
- Lagernutzungsgrad
- Flächennutzungsgrad

Die Materialverfügbarkeit ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen den positiv erfüllten Materialanfragen und den Gesamtmaterialanfragen. Je höher die Prozentangabe bei der Auswertung ist, desto besser ist diese Kennzahl. Die interne Wiederbeschaffungszeit in Tagen betrachtet, beschreibt die durchschnittliche Dauer für interne Abrufe, Transport und Anlieferung. Handlingfehlerquote bedeutet in diesem Zusammenhang die fehlerhaften Anlieferungen innerhalb des Prozesses. Jedoch können Handlingfehler auch in Zusammenhang mit Pick-Fehlern bei der Kommissionierung betrachtet werden oder aber bei der fälschlichen Materialbereitstellung durch Vorbereitungsfehler.

Die Mengenerfüllungsquote wird durch die Gegenüberstellung der Soll und Ist Mengen gebildet. Bei der Kennzahl Lagerumschlagshäufigkeit werden die Daten aller Lagerabgänge mit den durchschnittlichen Lagerbeständen verglichen – immer in Verbindung mit einem definierten Zeitraum. Die Lagerdauer wird ebenfalls in Tagen gemessen und setzt sich aus der Anzahl der Tage pro Jahr und der Umschlaghäufigkeit zusammen. Die Lagerreichweite ist vor allem für Serienproduzenten von höchster Relevanz. Sie bildet sich aus dem gesamten Lagerbestand und dem durchschnittlichen Verbrauch. Jedoch kann sie auch auf einzelne Produkte heruntergebrochen werden. Work in Process, auch kurz WIP, zeigt alle sich in der Fertigung befindlichen Waren auf. WIP kann auch durch Zeitangaben definiert werden, sodass die gesamte noch benötigte Zeit aller Aufträge innerhalb der Fertigung summiert werden kann.

Der Transportkostenanteil beschreibt die Höhe der Transportkosten im Verhältnis zu den gesamten Logistikkosten und wird meistens in Prozent angegeben. Der Lagernutzungsgrad, wie bereits beschrieben, ist eine wichtige Kennzahl zur Koordination und Lenkung und gibt Aufschluss über bereits belegte oder noch freie Flächen innerhalb eines Unternehmens. Hierbei stehen die belegten Flächen im Verhältnis zu der Gesamtfläche für die Logistik. Der Flächennutzungsgrad hingegen wird durch den Vergleich der Fläche mit wertschöpfenden Tätigkeiten und der Gesamtfläche eines Unternehmens gebildet. Sicherlich ist es nötig, weitere speziellere Kennzahlen in Unternehmen zu generieren, jedoch sollte der Weg dorthin immer nach denselben Prinzipien gestaltet sein.

## Von der Kennzahl zum Zielsystem

Um aus einzelnen Kennzahlen zu einem schlüssigen und funktionierenden Kennzahlensystem zu gelangen, ist es erforderlich, die Zielkonflikte der ein-

zelnen Funktionsbereiche zu kennen. Auch die Produktionslogistik in sich ist ein Logistiksystem. Sie besteht aus mehreren Systemelementen, wie Personal, Lagertechnik, Flurförderfahrzeuge, Hardware und Software. Die Definition der Außengrenzen eines Logistiksystems ist die Voraussetzung für jegliche Art der Planung oder Optimierung des Systems. Die Systemdefinition ermöglicht die eindeutige Bestimmung von Schnittstellen und definiert damit eindeutig den Gestaltungsumfang. In der Praxis setzt sich zunehmend die Standardisierung von Logistiksystemen durch (Bichler, Krohn, Philippi und Schneiderei (Hrsg.) 2017).

Außerdem sollte immer darauf geachtet werden, dass eine systematische Verknüpfung von Kennzahlen und der Unternehmensstrategie bzw. -ziele über alle Hierarchieebenen gegeben ist. Quantitative und intangible Kennzahlen sollten nicht vernachlässigt werden und immer wieder in Einklang gebracht werden. Strategische Kennzahlen müssen in taktische überführt werden, welche wiederum mit operativen zu verknüpfen sind (Dornhöfer 2016, S. 41 ff). Dabei ist die Rede von mehrdimensionalen Systemen.

Das in Abbildung 8 dargestellte Spannungsdreieck zeigt noch einmal eindrücklich die Zielkonflikte der Funktionsbereiche auf. Immer wieder wurde in den Arbeitskreistreffen über das „magische Dreieck“ gesprochen, welches das innere Dreieck in Abbildung 8 zeigt. Es beschreibt die drei Faktoren Qualität, Zeit und Kosten. Jedes Unternehmen ist darauf ausgerichtet die Produkte in passender Qualität an den Markt zu bringen, dennoch fordert der Wettbewerb immer stärker sinkende Preise in noch kürzerer Zeit. Das Ergebnis ist, dass immer ein Faktor unter einem anderen leiden muss. Der bürgerliche Spruch „Qualität hat seinen Preis“ passt in diesem Kontext sehr gut. Innovationen werden nicht nur von Seiten des Marktes getrieben, auch der Anspruch an immer komplexere Produkte und die Herstellungsprozesse fordern innovative Ideen und Weiterentwicklungen.

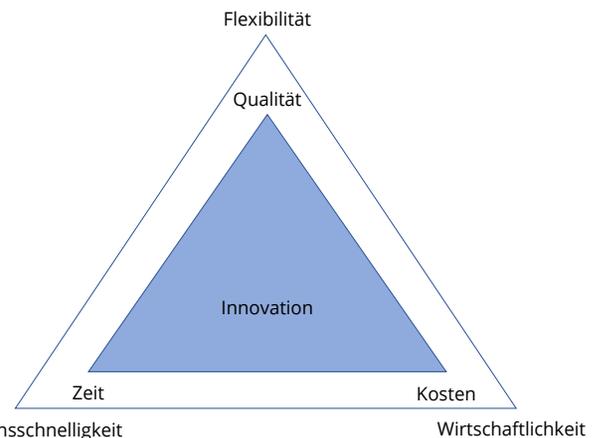


Abbildung 8: Spannungsdreieck (Gottmann 2016, S. 147)

Innovationen sind jedoch kostenintensiv, was wiederum zu Spannungen im Bereich der Kosten führt. „Typische Kosten-Trade-offs sind Bestandskosten und Transportkosten. Durch eine Erhöhung der Transportfrequenz und eine Erhöhung der Transportgeschwindigkeit können zwar Lagerbestandskosten gesenkt werden, die Transportkosten steigen jedoch.“ (Arnold, Isermann, Kuhn, Tempelmeier und Furmans (Hrsg.) 2008, S. 1067) Bei der oben genannten Zeit könnten unter anderem auch Begriffe wie Verfügbarkeit oder Liefergeschwindigkeit stehen.

Betrachtet man das Äußere des Spannungsdreiecks, erkennt man die Begriffe Flexibilität, Reaktionsschnelligkeit und Wirtschaftlichkeit. Flexibilität brauchen Unternehmen nicht mehr nur in Bezug auf Variantenvielfalt. Vielmehr geht es dabei darum, die Produktion mit individuellen Stückzahlen zu meistern. Leidtragend ist dabei meist der Funktionsbereich der Logistik, da die Aufwände für das Bereitstellen der verschiedenen Einzelteile enorm ansteigen.

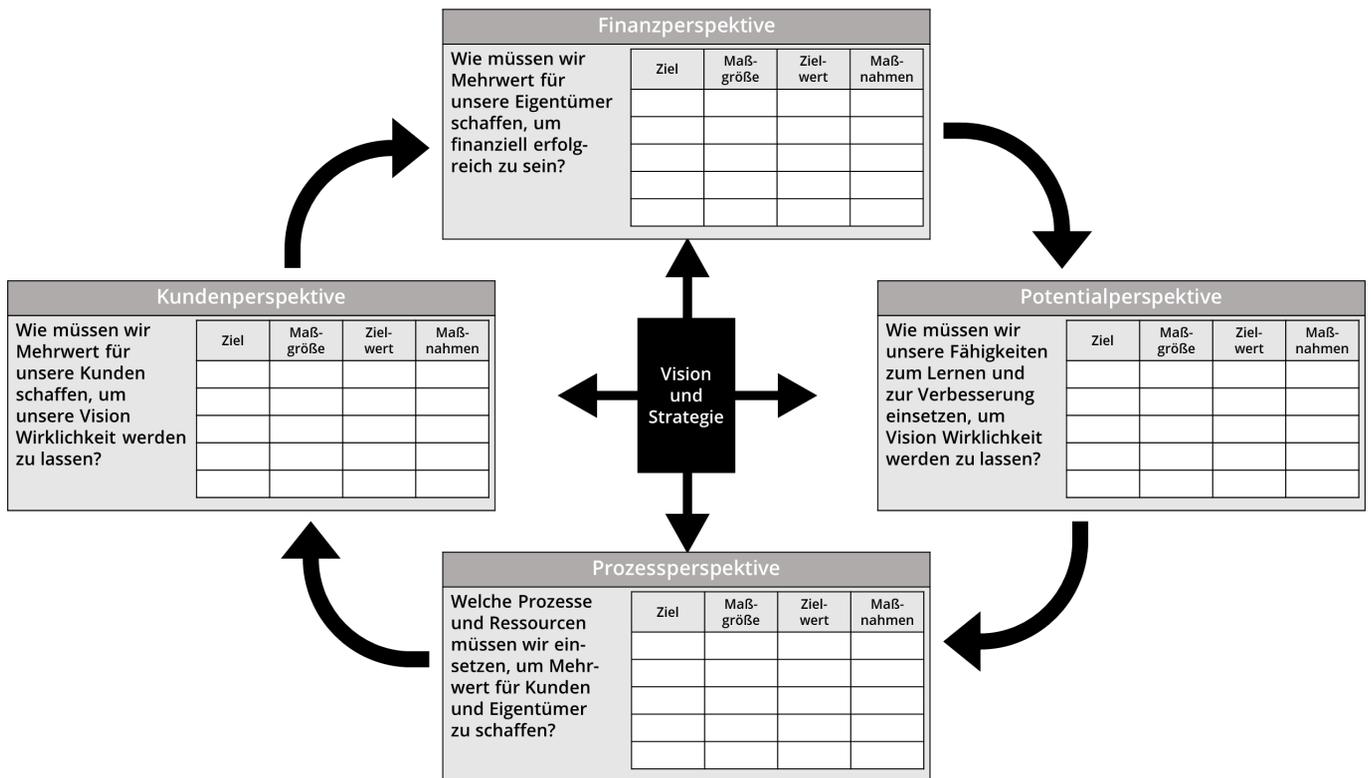


Abbildung 9: Balanced Scorecard (Kaplan und Norton 1996)

Die Reaktionsfähigkeit ist wieder eine vom Endkunden getriebene Größe. Verändert beispielsweise ein Wettbewerber ein Produkt dahingehend, dass der Markt nur noch in dieser Richtung Nachfrage generiert, muss ein Unternehmen in der Lage sein, möglichst schnell auf diese Veränderung zu reagieren. Die aktuelle Corona-Krise ist ein passendes Beispiel. Produzierende Firmen sahen sich vor dem Aus, da ihre Produkte in Zeiten der Krise keinen Absatz mehr fanden, die Nachfrage war bei null. Jedoch haben einige Unternehmen ihre Fertigungen in wenigen Wochen oder Tagen auf die Produktion nun benötigter Waren umgestellt. Unter anderem wurden die Mund-Nasen-Masken von Firmen produziert, die im Vorfeld keinerlei Berührungspunkte mit diesen Produkten hatten.

Zur Erstellung eines funktionellen Zielsystems gilt es, passende Methoden anzuwenden, welche sämtliche Randbedingungen, Prämissen und Ziele in das System einbeziehen können. Ein bekanntes System hierfür ist die Balanced Scorecard. Die von Kaplan und Norton entwickelte Balanced Scorecard (BSC) koppelt finanzielle Kennzahlen mit solchen aus den Bereichen der Kunden-, internen Prozess- und der Lern- sowie Entwicklungsperspektive (Kaplan und Norton 1996, S. 71–79). Vergleicht man diese Kernbegriffe mit jenen aus dem Spannungsdreieck wird klar, dass einige Probleme damit aufgeschlüsselt werden können. Abbildung 9 zeigt die Balanced Scorecard nach Kaplan und Norton.

Demnach können durch die unternehmensspezifische Abwandlung der BSC Probleme und Fragen in Bezug auf Kosten und Wirtschaftlichkeit geklärt werden, indem das Feld der finanziellen Perspektiven befüllt wird. Die Qualitäts- und Flexibilitätsansprüche können durch die Beantwortung der Fragen in den Feldern Prozess- und Potentialperspektive aufgeschlüsselt werden. Zeit und Reaktionsgeschwindigkeit werden durch die Kopplung mit Vision und Strategie beantwortet. Der Vorteil der Balanced Scorecard liegt darin, dass verschiedene Perspektiven zusammengebracht und visualisiert werden können.

Dieser Aspekt ist entscheidend bei der Erstellung eines Logistikzielsystems. Weiter gilt es, die Gestaltungsfelder der Produktionslogistik zu kennen und zu verstehen. Dafür sollten ferner die logistischen Gestaltungsprinzipien beachtet werden (in Anlehnung an Arnold, Isermann, Kuhn, Tempelmeier und Furmans (Hrsg.) 2008, S. 301):

- Geschäftsorientierung: Ausrichtung der Gestaltungsfelder auf die Ziele und Strategien der Produktion
- Marktorientierung: Ausrichtung gemäß der Kunden und Marktanforderungen; unter Kunden sind auch „interne“ Kunden zu verstehen
- Ganzheitlichkeit: Berücksichtigung des Gesamtziels der Produktion
- Vermeidung von Verschwendungen: Minimierung aller nur kosten- und nicht wertsteigernden Tätigkeiten
- Fließprinzip: kurze Durchlaufzeiten und eine rasche Abfolge der wertschöpfenden Tätigkeiten
- Zeitorientierung: Ausrichtung der Gestaltungsfelder auf den Maßstab „Zeit“

Ein Unternehmen sollte sich ganzheitlich in eine strategische Richtung bewegen. Umso wichtiger ist das gemeinsame interne Zielverständnis, welches über ein Kennzahlensystem optimal visualisiert werden kann.

Basierend auf der Recherche, den Delta-Analysen bei klein- und mittelständischen Unternehmen, sowie den Arbeitskreisen in den letzten dreieinhalb Jahren Projektlaufzeit, sind verschiedene beispielhafte Zielsysteme entstanden.

Zuletzt konnte innerhalb des Technologietransferprojekts „Vorgehensmodell zur Digitalisierung von Unternehmen“ auf der Projektfläche des Technologiezentrums in Dingolfing ein Kennzahlensystem aufgebaut werden, welches bei der systematischen Optimierung des Layouts und der Prozesse beigetragen hat (vgl. Artikel III.2 in dieser Broschüre).

### 1.1.2 Die Notwendigkeit asynchroner Prozesse und das zielgerichtete Wirken durch eine flexible Puffersteuerung

Aus Impulsen entstehen Ideen, aus Ideen entstehen Innovationen. Hinter jedem dieser Schritte steckt ein Prozess, der konsistent durchgeführt werden muss, um das gewünschte Ergebnis – einen entscheidenden Impuls, eine vielversprechende Idee oder eine gelungene Innovation – zu erreichen. Die Initiative dieser Wirkkette ermöglichen unterschiedliche Methoden wie Brainstorming, unternehmensinterne Workshops oder KVP oder auch die Teilnahme an fach- oder technologiespezifischen Konferenzen und Messen. Daraus resultieren Gedanken und Vorstellungen, die in sogenannte Ideensammlungen münden. Die Vorauswahl, Priorisierung und Detailbewertung dieser Ideen müssen in Verbindung mit der jeweiligen Art des Unternehmens und deren Angebotsportfolio validiert werden. Dafür bieten sich Methoden wie ABC-Analyse, Bubble Charts oder Canvas an. Aus dieser Phase entstehen die erwünschten Konzepte, die als Innovation zu einer klaren Verbesserung und Optimierung eines Unternehmens führen soll. Dabei geht es nicht um die eine große Sensation als Innovation, sondern um viele kleine Innovationen, die – wie Mosaiksteine zusammengesetzt – etwas Großes ergeben sollen (Collin 2010, S. 119 ff.; Voigt 2008, S. 369 ff.).

Diese Wirkkette ist für den Fortschritt des produzierenden Mittelstands in Deutschland elementar wichtig (siehe Abbildung 10). Und es ist geradezu kennzeichnend für die mittelständischen Unternehmen an unserem Hochlohnstandort, sich durch innovative Produktionsverfahren oder Produkte einen gefestigten Stand im globalen Wettbewerb zu erarbeiten und zu erhalten.

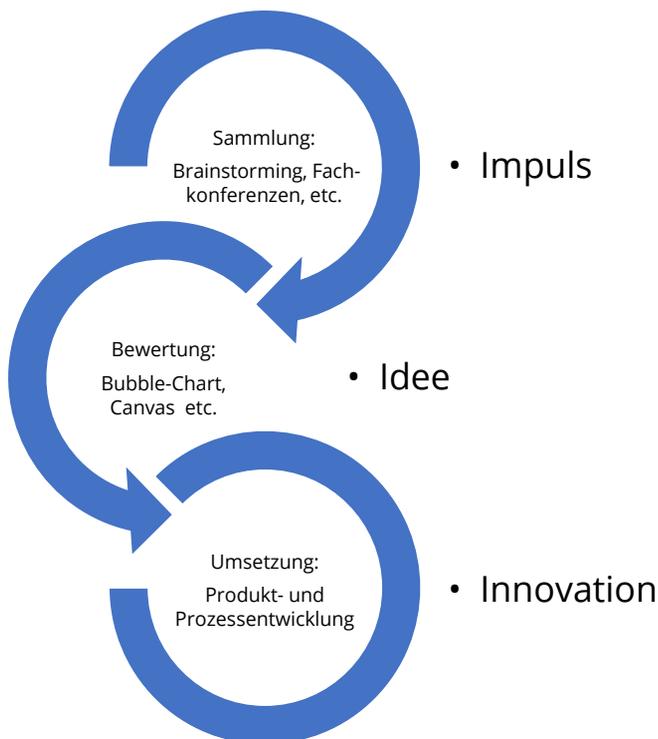


Abbildung 10: Wirkkette Innovationsmanagement

Immer mehr werden die Auswirkungen gewisser Komplexitätstreiber in den weltweiten Märkten deutlich erkennbar. Komplexitätstreiber sind Einflussgrößen, die eine Erhöhung der Komplexität in einem Prozess verursachen. Diese sind nach dem „Dingolfing Complexity Index“ (DCI) (Roeren 2016) in die Bereiche „Dynamik“, „Unsicherheit“ und „Diversität“ gegliedert und deutlich im aktuellen globalen Umfeld zu erkennen (siehe Abbildung

11). Kann Erfinderreichtum und diese Innovationskultur bei mittelständisch geprägten Unternehmen bewahrt werden, ist dies einer der entscheidenden Vorteile für flexibel aufgestellte Betriebe.

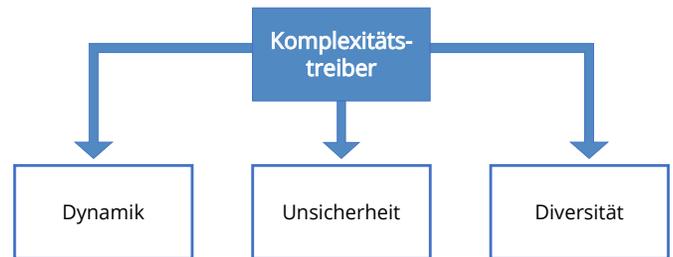
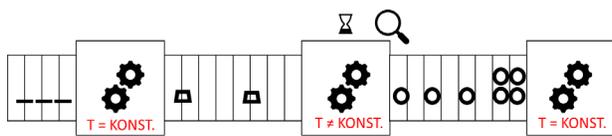


Abbildung 11: Die drei Sparten der Komplexitätstreiber des DCI (Roeren 2016)

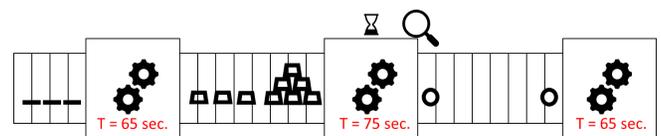
Seit vielen Jahren schon ist es ein entscheidendes Attribut des deutschen Unternehmertums, mit diesen Komplexitätstreibern zielgerichtet umzugehen. Dieses Denken und Handeln fördert die Chance Innovationsmöglichkeiten zu eruieren und ebenso in die Tat umsetzen zu wollen. Das zeigt beispielsweise der Index „the atlas of economic complexity“ auf (Hausmann, Hidalgo, Bustos, Coscia, Simoes und Yildirim 2014, S. 15-30). Deutschland gehört nach diesem Index zu den Ländern, die den globalen Markt in ihrer Komplexität der Dynamik, Unsicherheit und Diversität sehr gut bedienen. Die Grundlage dafür bilden die Vielzahl an verschiedenen Produkten, die in einer möglichst hohen Anzahl an Ländern dieser Erde exportiert werden.

Zudem sind viele Serienprozesse, die standardisiert ablaufen können, in den letzten Jahrzehnten in Länder umgesiedelt worden, in denen günstiger produziert werden kann. Das hat den Effekt, dass der Herstellungsprozess in Deutschland noch individueller, spezialisierter und komplexer geworden ist.

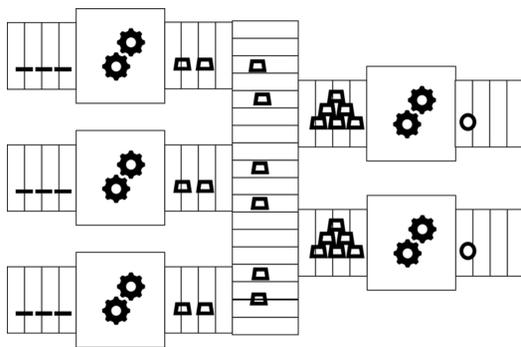
Im produzierenden Umfeld ergeben sich aufgrund dieser individuellen Spezialisierungen der Kernkompetenzen eines Unternehmens und durch die stete Zunahme innovativer Produkte und Prozesse, die diese fertigen sollen, mehr und mehr asynchrone Prozesse (Alt, Meier und Roeren 2020). Dabei sollten asynchrone Prozesse nicht negativ betrachtet werden, sondern vielmehr als Chance für weitere Impulse, Ideen und Innovationen, die daraus abzuleiten sind. Asynchrone Prozesse sollten als Potenzialfelder zur stetigen Prozess- und Produktverbesserung gesehen werden, die eine Erweiterung der Kernkompetenzen und des Marktanteils zur Folge haben können. Für diese asynchronen Prozesse benötigt es eine flexible Puffersteuerung, um ein Optimum innerhalb der Zielkonflikte Produktivität, Liefertreue und der Kosteneffizienz durch minimalen Bestand zu erreichen. Beide Begrifflichkeiten „asynchrone Prozesse“ und „flexible Puffersteuerung“ sollen in den nächsten Abschnitten näher thematisiert werden.



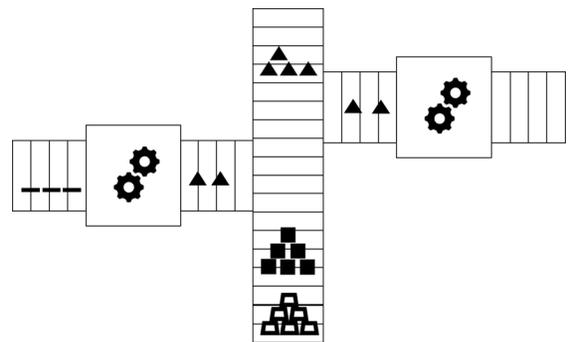
Unstete Taktzeit einer Anlage



Ungleiche Taktzeiten der Einzelprozessschritte innerhalb einer Prozessverkettung



Variierende Maschinenanzahl der Einzelprozessschritte in der Verkettung



Anlagen fertigen unterschiedliche Bauteile beziehungsweise Bauteilvarianten

Abbildung 12: Verschiedenste Ausprägungen asynchroner Prozesse (Alt, Meier und Roeren 2018, S. 26-28; Alt, Meier und Roeren 2020)

### Asynchrone Prozesse

Definiert und erkannt kann ein asynchroner Prozess werden, „wenn ein Prozessschritt oder eine Fertigungsanlage keine konstante Taktzeit besitzt oder auch eine Prozesskette beziehungsweise Fertigungsverkettung keine synchronisierte oder synchronisierbare Anlagentaktzeit aufweist“ (Alt, Meier und Roeren 2018, S. 26-28, Alt, Meier und Roeren 2020). Bei einem produzierenden Unternehmen können asynchrone Prozesse verschiedenartig auftreten. Im ersten Arbeitskreis „Komplexitätsreduzierung“ (Alt, Meier und Roeren 2018, S. 24-28), in dem unter anderem auch das Arbeitspaket „Flexible Puffersteuerung asynchroner Prozesse“ behandelt wird, sind unterschiedliche Ausprägungen vorgestellt und diskutiert worden. Beispielsweise spricht man von asynchronen Prozessen, wenn eine Anlage eine unstete Taktzeit offenbart, Einzelprozessschritte innerhalb einer Prozessverkettung ungleiche Taktzeiten aufweisen, die Maschinenanzahl der Einzelprozessschritte in der Verkettung variiert oder Anlagen unterschiedliche Bauteile beziehungsweise Bauteilvarianten fertigen und Ähnliches (siehe Abbildung 12).

Dieser Umstand ist in vielen produzierenden Branchen, sei es bei einem OEM, direkten Zulieferer oder Tier-n zu erkennen. Als typische Beispiele sind das Nachschleifen von Sonderwerkzeugen (Alt und Bäuml 2018, S. 45-49), der automatisierte Richtprozess in der Prozesskette bei der Herstellung und Bearbeitung von Aluminium-Strukturbauteilen im Fahrzeugkomponentenbau (Roeren 2017), unterschiedliche Taktzeiten innerhalb einer Prozesskette (Spanner, Alt, Meier und Roeren 2019, S. 29-31, Alt, Meier und Roeren 2019, S. 43-45) etc. zu nennen. Auch eine im Zuge des KIP-Projekts durchgeführte Unternehmensbefragung zeigt, dass ein Großteil der produzierenden Firmen mit den unterschiedlichsten Formen von Asynchronitäten zu tun hat (siehe Abbildung 13, Alt, Meier und Roeren 2018, S. 26-28).

Durch diese Auflistung wird klar, dass sich der Trend durch innovative Prozesse und dem Ziel von „Losgröße 1“ vermehrt zu asynchronen Prozessen bewegt.

Diese wiederum bedingen – wie schon am Anfang dieses Artikels erwähnt – prozessuale Zielkonflikte. „Jede Asynchronität in Produktion und Ferti-

gung bringt einen Bestandsaufbau oder – noch schlimmer – möglicherweise einen partiellen Produktionsstillstand mit sich, wenn es zwangsläufig an einem als Engpass entpuppten Fertigungsschritt an Teilen fehlt. Ein solcher Produktionsausfall ist unmittelbar mit wirtschaftlichen Einbußen einhergehend. Ein maßvoller Bestand an spezifisch zu identifizierenden Punkten kann helfen, die Wirtschaftlichkeit durch Vermeidung von partiellen Stillständen in der Kette zu erhalten. Jedoch dürfen die Teile nicht in einer planlos großen Anzahl angesammelt werden, sondern müssen in einem gesunden Kostenverhältnis zur Einsparung durch Betriebssicherung der Prozesskette stehen. Zu diesem Zielkonflikt gesellt sich die Forderung nach Liefertreue und Outputvolumen. In einem asynchronen Prozess, bei dem manches oder eventuell sogar vieles sehr volatil verläuft, muss unbedingt gewährleistet werden, dass der Kunde pünktlich mit den Produkten versorgt wird. Vor allem in der heutigen angespannten B2B- und B2C-Beziehung ist dieses Ziel ein entscheidender Priorisierungspunkt. Diese und weitere Zielkonflikte stehen im Entscheidungsraum in der Managementebene und müssen weise in einem ausgeglichenen Maße austariert werden.“ (Alt, Meier, Roeren 2020)



Abbildung 13: Angeführte asynchrone Produktionsprozesse bei produzierenden Unternehmen (Quelle: Eigene Erhebung 2018, n=17)

Die Notwendigkeit an Lösungen für Asynchronitäten wird somit immer klarer. Aus den Diskussionen in den Arbeitskreisen „Komplexitätsreduzierung“ und den Delta-Analysen (Jungkind, Könniker, Pläster und Reuber

2018, S. 37-259) bei den beteiligten Kooperationspartnern innerhalb des KIP-Projekts ist ebenso ersichtlich, dass die Unternehmen mit asynchronen Prozessen umzugehen versuchen, aber vor allem kleine und mittelständische Unternehmen nur rudimentär. Es wird mit leeren Flächen in der Fertigung, mit Gitterboxen oder mit einfachen Regallagern probiert, flexibel auf den Bestandsaufbau beziehungsweise dem Bestandsbedarf zu reagieren. Das unterstreicht die durchgeführte Unternehmensbefragung (siehe Abbildung 14, Alt, Meier und Roeren 2018, S. 26-28).

### Welche Form von Pufferlager gibt es in Ihrem Unternehmen?

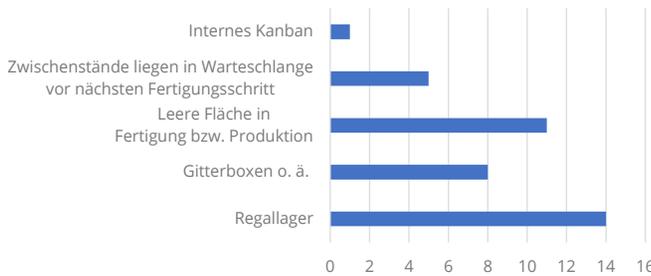


Abbildung 14: Von den Unternehmen angeführte Beispiele an Pufferlager in den Produktionsprozessketten (Quelle: Eigene Erhebung 2018, n=17)

Das zeigt den Bedarf an Möglichkeiten für Lösungen zur flexiblen Puffersteuerung asynchroner Produktionsprozesse. Dies soll nun näher aufgegriffen werden.

### Flexible Puffersteuerung asynchroner Produktionsprozesse

Pufferlager oder Pufferflächen sollen eine kurzzeitige Zwischenlagerung von Rohteilen, Halbfertigerzeugnissen oder Produkten ermöglichen, um eine Prozesssynchronisation zwischen Struktureinheiten in einer Fertigung sicherzustellen. Dadurch soll ein Ausgleich von Störungen sowie von Zeit- und Mengendifferenzen in den Produktionsverkettungen gewährleistet werden (Eversheim, Schuh 1999, S. 9-79-81). Dieser Puffer kann in unterschiedlicher Art und Ausprägung geplant werden. Es kann sich um ein komplexes Regalsystem bis hin zu Gitterboxen oder leeren Flächen vor einem nächsten Fertigungsschritt handeln (siehe Abbildung 14).

Ziel sollte dabei ein bedarfsgerechter Bestand jedes Puffers sein. Bei synchronisierten Prozessabläufen kann das meist genau ermittelt und ein Vermeiden eines unnötig hohen Pufferbestands erreicht werden. Ist jedoch ein asynchroner Prozess anzutreffen, und diese treten – wie schon beschrieben – in den Produktionen vermehrt auf, kann ein bedarfsorientierter Pufferbestand nicht mehr so leicht eruiert werden. Vielmehr besteht

Einflussgrößen für bedarfsgerechten Bestand eines Puffers
Produktionsstillstand verhindern
Unnötig hohen Bestandsaufbau vermeiden (Kosteneffizienz)
Zeitlich begrenzte Zwischenlagerung
Flexibilität bewahren
Ressourcen werden gebunden
Flächenbedarf
Belegte Kapazitäten in der Prozesskette
Rüstkosten und -zeit
Handlingsaufwand
Grad der Automatisierung

Abbildung 15: Einflussgrößen für bedarfsgerechte Bestandsauslegung eines Pufferlagers

das Risiko, nicht genügend benötigte Teile für einen nächsten Prozessschritt verfügbar zu haben oder einen zu hohen Bestandswert in den Zwischenpuffer aufzuhäufen (weitere Einflussgrößen für eine bedarfsgerechte Bestandsauslegung eines Pufferlagers siehe Abbildung 15).

Abhilfe soll eine flexible Puffersteuerung schaffen. Dabei sollen vor allem vorhandene digitale Daten genutzt werden, um zielgerichtet und bedarfsorientiert Entscheidungshilfen und/oder sogar Steuerungsbefehle für einen idealen Pufferbestand zu entwickeln.

Als Beispiel für eine flexible Puffersteuerung kann der asynchrone Prozess einer variierenden Maschinenanzahl der Einzelprozessschritte in einer Verkettung herangeführt werden (siehe Abbildung 16). Disponible Daten aus ERP, BDE, MDE etc. sollen gesammelt und nach einer definierten Logik analysiert und ausgewertet werden. ERP-Daten liefern aktuelle Auftragsdaten, benötigte Teile im nachgelagerten Prozessschritt, Personaleinsatzpläne usw. Betriebsdaten liefern aktuelle Zustands- und Ergebnisdaten wie momentane Fertigungszahlen oder Taktzeiten usw. Maschinendaten liefern bestimmte Prozessdaten, die beispielsweise eine vorbeugende Instandhaltung (Predictive Maintenance) ermöglichen. Daraus ergeben sich verschiedene Entscheidungshilfen und/oder Steuerungsmöglichkeiten für den Puffer. Es kann ein zusätzlicher Bedarf an Teilen, ein möglicher Überschuss eines bestimmten Erzeugnisses o. Ä. gemeldet und darauf ggf. automatisiert reagiert werden. Wird zum Beispiel ein definierter Grenzbestand eines Teils überschritten, kann mit einem geplanten Umrüstvorgang, einer geplanten Wartung oder eines geplanten Stillstehens der Anlage reagiert werden. Oder wird ein bestimmter Bestandswert unterschritten, kann mit dem rechtzeitigen Umrüsten einer weiteren Anlage zur Nachproduktion benötigter Teile reagiert werden, um einen Produktionsstillstand in der Prozesskette zu verhindern.

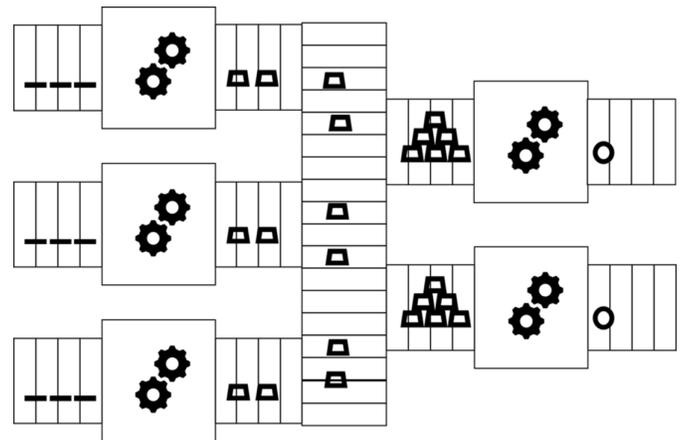


Abbildung 16: Asynchroner Prozess aufgrund Anlagenreduktion in der Produktionsverkettung (Alt, Meier, Roeren 2020)

Als weitere Anwendung zur Einsetzbarkeit einer flexiblen Puffersteuerung kann der asynchrone Prozessschritt einer unsteady Taktzeit in einer Verkettung angeführt werden (siehe Abbildung 17).

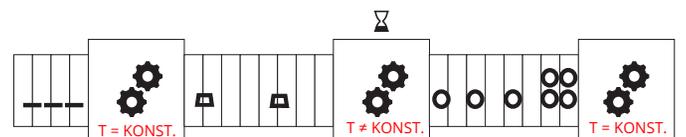


Abbildung 17: Asynchroner Prozess durch variierende Taktzeit eines Fertigungsschrittes (Alt, Meier, Roeren 2020)

Da die Taktzeit einer Anlage schwankt, ist ein Zwischenpuffer vor und nach diesem Prozessschritt notwendig. Die Auslegung des Puffers sollte jedoch aufgrund dieser Tatsache nicht mit festen Stückzahlen geplant werden, sondern vielmehr mit einer definierten Stückzahlbandbreite und Eingriffsgrenzen. Dadurch kann sowohl eine Unterversorgung als auch ein zu ho-

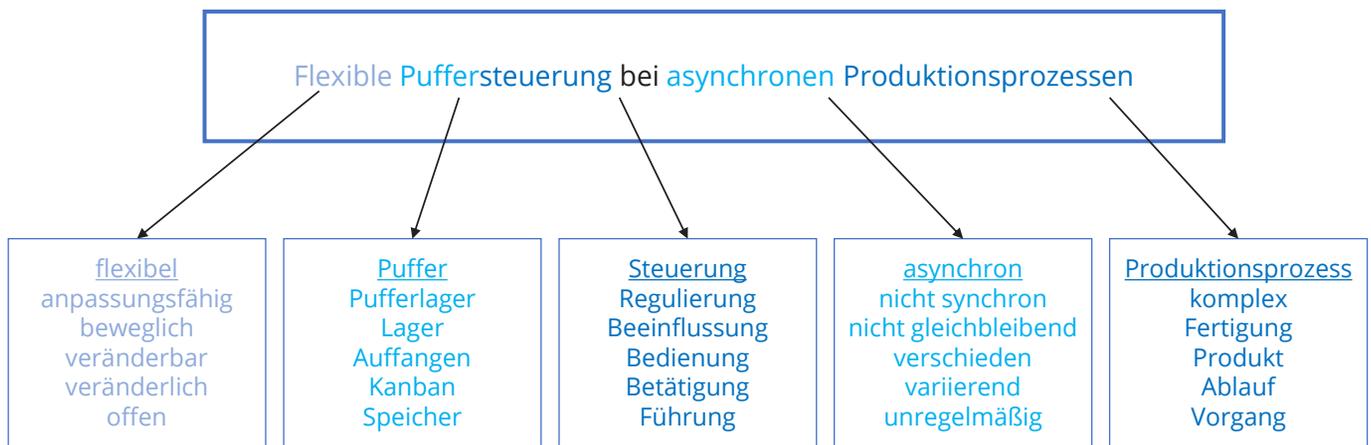


Abbildung 18: Semantische Analyse Arbeitspaket „Flexible Puffersteuerung bei asynchronen Produktionsprozessen“

her Bestandsaufbau verhindert werden. Die flexible Auslegung der Zwischenlager kann vor allem durch eine stete Analyse der Taktzeiten bedingt werden. Relevant sind dabei die „Range“ der Taktzeitverläufe, die Häufigkeitsverteilung etc. Auch die Taktzeit des vorherigen und nachgehenden Prozessschritts muss einkalkuliert werden, um damit die Stückzahlbandbreite und Eingriffsgrenzen zu definieren.

Durch diese Stückzahlbandbreite im Puffer kann flexibel auf die variierende Taktzeit eines Prozessschritts reagiert werden. Mittels dynamischer Eingriffsgrenzen für einen Minimal- und Höchstbestand, kann situativ auf bestimmte Prozesssituationen eingewirkt und agiert werden.

Diese Beispiele dienen lediglich exemplarisch als Erläuterungen für Möglichkeiten einer flexiblen Puffersteuerung asynchroner Prozesse. Diese kann nicht allgemein betrachtet werden, sondern es muss die Situation eines Fertigungs- oder Produktionsprozesses und deren vorhandenen asynchronen Prozesse erkannt und verstanden werden (Alt, Meier und Roeren 2019, S. 41-45).

Die methodische Vorgehensweise kann aber als allgemein betrachtet werden. Aus einem ganzheitlichen Prozessverständnis und einer Datenbasis heraus müssen vorhandene Stamm-, Betriebs- und Maschinendaten usw. analysiert werden und dementsprechend eine Logik zur flexiblen Puffersteuerung entwickelt werden (Abbildung 19).

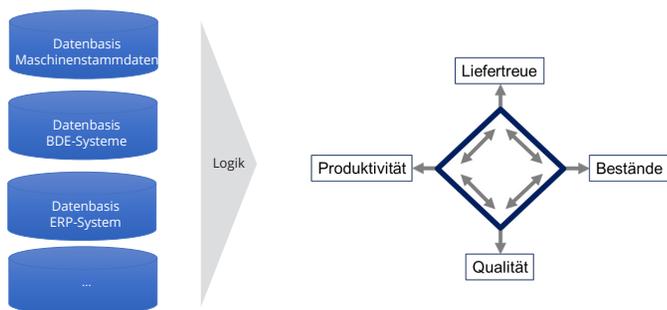


Abbildung 19: Zur bedarfsgerechten Nutzung digitaler Daten für die flexible Puffersteuerung ist die Entwicklung und Nutzung einer passenden Logik grundlegend (in Anlehnung an Roeren 2017).

Diese Notwendigkeit des eigenen Prozessverständnisses im Unternehmen zeigen durchgeführte Delta-Analysen bei KMU, die gezeigt haben, dass bei aktuellem Stand technologische und softwarebasierende Lösungen nicht oder nur sehr schwer integrierbar sind (Jungkind, Könniker, Pläster und Reuber 2018, S. 37-259). Der Grund ist das nicht vollständige Verständnis der eigenen Prozessabläufe und -daten. Infolgedessen konnte eine digita-

lisierte Verbesserung nicht zufriedenstellend implementiert werden. Erst wenn ein ganzheitliches Prozessverständnis als Voraussetzung geschaffen ist, kann als erster Schritt eine Logik aus den vorhandenen Daten und Informationen generiert werden, die im nächsten Schritt technologisch und softwarebasierend als flexible Puffersteuerung umgesetzt werden kann (vergleiche Alt und Bäuml 2018, S. 45-49, Artikel III.1 „Stufenmodell“). Erst daraus resultierend können auch weitere Trends wie „machine learning“ sinnhaft genutzt und eingesetzt werden.

Des Weiteren gilt es, sich mit der flexiblen Puffersteuerung von kleinen Losgrößen zu beschäftigen. Wie schon beschrieben, geht der Trend mehr und mehr in Richtung der Fertigung von Losgröße 1. Ist eine flexible Pufferlagerung in einer automatisierten Form möglich oder überhaupt sinnvoll? Ist es effizienter, wenn Mitarbeiter die flexible Puffersteuerung übernehmen? Selbst wenn ja, muss auch hierzu die richtige Logik für eine wirtschaftliche und praktikable Puffersteuerung entwickelt werden.

Ziel sollte dabei immer der Fokus auf die ausgeglichene Einhaltung der Zielkonflikte bei produzierenden Unternehmen sein (Abbildung 18). Auf der einen Seite bindet zu viel Bestand Kapital im Unternehmen und auf der anderen Seite kann ein Mangel benötigter Teile einen Produktionsstillstand zur Folge haben und somit zu Lasten der Wirtschaftlichkeit gehen. Genauso müssen die Ziele Outputvolumen, Liefertreue etc. ganzheitlich beachtet werden (vergleiche Anwendungsbeispiele in Roeren 2017, Alt und Bäuml 2018, Spanner, Alt, Meier und Roeren 2019, S. 29-31, Alt, Meier und Roeren 2019, S. 43-45).

### Fazit

Produktionsprozesse werden immer innovativer und flexibler, um spezialisierter und zugleich generalistischer individuelle Produkte zu fertigen. Das erhöht den Anteil an asynchronen Fertigungsprozessen, die es zu erkennen und auf deren Bedeutung und Auswirkungen auf die eigenen Unternehmensprozesse zu reagieren gilt. Es wird von einem asynchronen Prozess gesprochen, wenn Prozessschritte zeitlich nicht synchron ablaufen oder eine Taktzeit zeitlich nicht gleichbleibend ist. Ebenso kann eine Asynchronität in der Prozesskette aufgrund einer organisatorisch geprägten Entscheidung entstehen. Die asynchronen Produktionsprozesse bedingen eine Erhöhung der Komplexität. Diese kann anhand einer flexiblen Puffersteuerung wiederum beherrscht und ggf. reduziert werden. Diese Pufferlager setzen jedoch ein ganzheitliches Prozessverständnis voraus und müssen mit anpassungsfähigen und – nach definierten Zielen, Prämissen und Randbedingungen – veränderbaren Beständen und Eingriffsgrenzen adaptiert werden. Die semantische Analyse in Abbildung 18 soll die Wichtigkeit dieser Thematik nochmals verdeutlichen. Es wird gezeigt, welche Aktualität und Bedeutung dieses Arbeitspaket beinhaltet.

## Literaturverzeichnis

- Alt, Denis; Bäuml, Stephanie (2018): *Systematische Puffersteuerung asynchroner Produktionsprozesse mit intelligenter Materialbereitstellung am Beispiel der Werkzeugschleiferei Neumüller GmbH. Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS)*, 1.
- Alt, Denis; Meier, Sandra; Roeren, Sven (2018): *Flexible Puffersteuerung bei asynchronen Prozessen. Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS)*, 1.
- Alt, Denis; Meier, Sandra; Roeren, Sven (2019): *Komplexität in der Produktionslogistik – erkannt und verstanden. Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS)*, 2.
- Alt, Denis; Meier, Sandra; Roeren, Sven (2020): *Die unausweichliche Richtung zu asynchronen Produktionsprozessen. In ZWF (Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb) 115, 6, S. 405-408.*
- Arnold, Dieter; Isermann, Heinz; Kuhn, Axel; Tempelmeier, Horst; Furmans, Kai (Hrsg.) (2008): *Handbuch Logistik. 3. Auflage. Springer. Berlin. Heidelberg.*
- Bichler, Klaus; Krohn, Ralf; Philippi, Peter; Schneiderei, Frank (Hrsg.): *Kompakt-Lexikon Logistik 2.250 Begriffe nachschlagen, verstehen, anwenden (2017) Springer Gabler. Wiesbaden.*
- Collin, Matthias (2010): *In zwölf Schritten einfach besser werden. Praxisleitfaden zur Unternehmensoptimierung. Gabler Verlag/Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden. Wiesbaden.*
- Dörnhöfer, Martin Sebastian (2016): *Entwicklung eines modularen Kennzahlensystems für die Automobillogistik im Kontext der schlanken Logistik – Dissertation. Printed in Germany, 2017.*
- Eversheim, Walter; Schuh, Günther (1999): *Produktion und Management 3. Gestaltung von Produktionssystemen. Springer. Berlin, Heidelberg.*
- Gottmann, Juliane (2016): *Produktionscontrolling – Wertströme und Kosten optimieren. Springer Gabler. Wiesbaden.*
- Hausmann, Ricardo; Hidalgo, César A.; Bustos, Sebastian; Coscia, Michele; Simoes, Alexander; Yildirim, Muhammed A. (2014): *Atlas of Economic Complexity. The MIT Press. Cambridge., S. 15-30.*
- Jungkind, Wilfried; Köneker, Martin; Pläster, Ingo; Reuber, Mark: *Handbuch der Prozessoptimierung. Die richtigen Werkzeuge auswählen und zielsicher einsetzen. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG. München.*
- Kaplan, Robert; Norton, David (1996): *The Balanced Scorecard. Harvard Business Review Press.*
- Krumm, Stephan; Schopf, Klaus D.; Rennekamp, Marcus (2014): *Komplexitätsmanagement in der Automobilindustrie – optimaler Fit von Vielfalt am Markt, Produktstruktur, Wertstrom und Ressourcen. In: Ebel, Bernhard; Hofer, Markus (Hrsg.) Automotive Management. Springer Gabler. Berlin, Heidelberg.*
- Pawellek, Günther (2007): *Produktionslogistik. Planung – Steuerung – Controlling. Carl Hanser Verlag. München.*
- Roeren, Sven (2016): *DCI – Dingolfing Complexity Index. Arbeitskreis Automatisierte Fehlerdetektion bei Folgeprozessen von Gießverfahren. China Die Casting. Dingolfing, Shanghai.*
- Roeren, Sven (2017): *Nutzungsmöglichkeiten der Digitalisierung durch flexible Puffersteuerung für den produzierenden Mittelstand. Indigo 2017. OTH Amberg-Weiden, 30.06.2017.*
- Schoeneberg, Klaus-Peter (2018): *Komplexitätsmanagement in Unternehmen. Herausforderungen im Umgang mit Dynamik, Unsicherheit und Komplexität meistern. Springer Gabler. Wiesbaden.*
- Spanner, Katharina; Alt, Denis; Meier, Sandra; Roeren, Sven (2019). *Arbeitskreis bei einem Impulsgeber – Transfer durch best-practice. Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS)*, 2.
- Syska, Andreas Dipl.-Ing. (1990): *Kennzahlen für die Logistik. Springer. Berlin. Heidelberg.*
- Voigt, Kai-Ingo (2008): *Industrielles Management. Industriebetriebslehre aus prozessorientierter Sicht. Springer. Berlin, Heidelberg.*
- Vogel-Heuser, Birgit; ten Hompel, Michael; Bauernhansl, Thomas (2017): *Handbuch Industrie 4.0 Bd.4. Allgemeine Grundlagen. Springer. Berlin.*

## 1.2 Taktische Logistikplanung – intelligent umsetzen

Weindl, Stephanie; Schneider, Markus

Die Nutzung eines Planungsleitfadens und einer Internet of Things (IoT)-Plattform werden als förderlich gesehen, um eine intelligente taktische Logistikplanung umsetzen zu können. Im folgenden Beitrag werden daher die damit verbundenen Chancen für kleine und mittelständische Unternehmen näher beleuchtet.

### Herausforderungen in der taktischen Logistikplanung von kleinen und mittelständischen Unternehmen

Um auf kurzzyklisch schwankende Märkte reagieren zu können, bedarf es Anpassungsfähigkeit und Flexibilität in der Produktionslogistik, um wettbewerbsfähig bleiben zu können. (Spath et al. 2013, S. 21) Darüber hinaus müssen Unternehmen durch die verstärkte Kundenorientierung mit einer höheren Produkt- und Prozessvielfalt umgehen können. (Klaus et al. 2012, S. 283–284; Spath 2003, S. 37; Klug 2010, S. 68) Zudem muss die durch die Prozessvielfalt entstehende Komplexität in der Produktionslogistik bewältigt werden. (Malik 2009, S. 83; Klug 2010, S. 68)

Die taktische Logistikplanung, welche für die Ausgestaltung des Logistiksystems und dementsprechend der teileübergreifenden Logistikprozesse verantwortlich ist (Schneider und Otto 2008, S. 60–61; Straube 2012, S. 62; Schubel 2017, S. 126–128), ist somit gefordert die Logistikprozesse bestmöglich an die jeweilige Situation anzupassen (Schubel 2017, S. 29).

Dies stellt in kleinen und mittelständischen Unternehmen eine Herausforderung dar, denn in der taktischen Logistikplanung fehlen oftmals die nötigen personellen Ressourcen. (Schubel 2017, 8–9; 113; Weindl und Schneider 2017 / 2018) Außerdem ist die kontinuierliche Durchführung von Prozessanalysen und die Schaffung der nötigen Transparenz, um Anpassungen bei den Logistikstandardprozessen erkennen zu können, aufwändig (Winkler und Lugert 2017, S. 30) und somit erschwert. Zudem sind in Unternehmen eher viele dezentrale anstatt einer zentralen Datenquelle vorhanden, welche auch nicht allen Personen zugänglich sind. (Schneider 2016, S. 51; Schuh et al. 2017, S. 16–17) Des Weiteren sind oftmals nicht aktualisierte Datenbestände vorhanden. (Dickmann 2015, S. 42; Lugert und Winkler 2017, S. 262) Auch existieren Suchaufwände für die richtigen Daten. (Dickmann 2015, S. 42) Diese Schwächen im Informationsmanagement tragen dazu bei, dass Anpassungen nicht rechtzeitig erkannt werden können.

Kleinen und mittelständischen Unternehmen fehlt auch ein formalisiertes Vorgehen in der Planung. Dies konnte innerhalb einer Befragung des Technologietransferprojekts „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“ aufgezeigt werden. Lediglich 14 % der Befragten haben einen groben, 42 % einen lückenhaften und 28 % haben keinen Planungsleitfaden für die taktische Logistikplanung. (Weindl und Schneider 2018, S. 29)

Die genannten Herausforderungen decken sich mit den zu Projektbeginn gesammelten Aussagen der teilnehmenden Unternehmen des Arbeitskreises „Taktische Logistikplanung“:

- Wir haben keine organisierte vorrausschauende Planung.
- Wir haben nur „hausbackene Ansätze“ für die Planung.
- Wir haben einen komplexen Planungsprozess, sodass wir nicht ständig Anpassungen vornehmen können.
- Wir haben kein/kaum Personal für die taktische Logistikplanung.
- Wir konservieren das Planungswissen der Mitarbeiter nicht.
- Wir planen auf Zuruf.

- Wir haben keine übergreifende Logistikplanung.
- Wir haben noch nicht ausreichend Transparenz in der Planung.

### Chancen für die taktische Logistikplanung in kleinen und mittelständischen Unternehmen

Im Folgenden wird aufgezeigt, wie die dargestellten Herausforderungen der taktischen Logistikplanung mit Hilfe eines Planungsleitfadens und einer IoT-Plattform besser bewältigt werden können.

#### Planungsleitfaden

Die Nutzung eines Planungssystems, welches ein strukturiertes Gefüge einzelner Elemente der Planung darstellt (Meier 2008, S. 139), bzw. eines Planungsleitfadens, kann die taktische Logistikplanung unterstützen. Das Planungswissen kann strukturiert konserviert werden, sodass weniger Rücksprachen mit den wenigen erfahrenen Planern erforderlich sind. Auch muss das „Rad“ in der Planung nicht immer wieder neu erfunden werden. Unterschiedliche Planungsvorgehensweisen und daraus resultierende variierende Ergebnisse können somit vermieden werden. (Schubel 2017, S. 7–8; Dombrowski und Mielke 2015, S. 68; Schneider 2018, S. 5–54) Gleichzeitig wird durch eine standardisierte Vorgehensweise die Ausgangsbasis für die kontinuierliche Verbesserung in der Planung geschaffen. (Liker und Hoseus 2009, S. 173)

#### Internet of Things (IoT)-Plattformen

Neben einem Planungsleitfaden kann die personalschwache taktische Logistikplanung in kleinen und mittelständischen Unternehmen durch die Nutzung von IoT-Plattformen bei der Logistikplanung entlastet und die angesprochenen Schwächen im Informationsmanagement reduziert werden.

Grundsätzlich können sich Unternehmen mit dem Aufbau einer IoT-Plattform eine Basis schaffen, um sich schrittweise auf dem sogenannten Industrie 4.0-Entwicklungspfad von der Stufe „Computerisierung“, über die „Konnektivität“, die „Sichtbarkeit“ und die „Transparenz“ bis hin zur Stufe „Prognosefähigkeit“ zu entwickeln, vgl. Abbildung 1. Im Allgemeinen wird unter diesen Stufen folgendes verstanden: Unternehmen befinden sich auf der Stufe der „Computerisierung“, wenn Informationstechnologien isoliert eingesetzt werden. Die „Konnektivität“ beschreibt dagegen, dass verschiedene Komponenten der Informationstechnologien bereits miteinander verbunden wurden. Die Stufe „Sichtbarkeit“ wird erreicht, wenn Unternehmen mit Hilfe von Sensordaten und anderen Daten ein Echtzeitabbild des Unternehmens, einen sog. Digitalen Schatten, in einer zentralen und jedem zugänglichen Datenquelle, erzeugen können. Die „Transparenz“ erlangen Unternehmen, wenn sie die Daten mit fachbezogenem Wissen dem Kontext entsprechend analysieren und interpretieren können. Gelingt es, diese Stufe zu erreichen, können darauf basierend auch Prognosen mit hoher Qualität abgeleitet werden. (Schuh et al. 2017, S. 16–18)

Vorteilhaft für die taktische Logistikplanung in kleinen und mittelständischen Unternehmen ist die Bündelung der Aufgaben der Datenverarbeitung, wie Datenerhebung, -analyse, -speicherung und -visualisierung auf der IoT-Plattform. (Lempert und Pflaum 2019, S. 1188–1195) Hierzu müssen die verschiedensten Datenquellen, wie beispielsweise ERP-Systeme oder Sensorik, direkt an die IoT-Plattform angeschlossen werden. Auf diese Weise können die meisten Schritte der Datenverarbeitung automatisiert und zentralisiert ausgeführt werden. Unter Einbeziehung des logistischen Prozesswissens können Logistikstandardprozesse sodann analysiert werden. Mit Hilfe der automatisierten Datenverarbeitung auf der IoT-Plattform können Analysen häufiger durchgeführt werden. Anpassungsbedarfe bei Logistikstandardprozessen können so schneller erkannt werden. (Schenk 2015, S. 245–247) Darüber hinaus ist eine gute Grundlage geschaffen, um

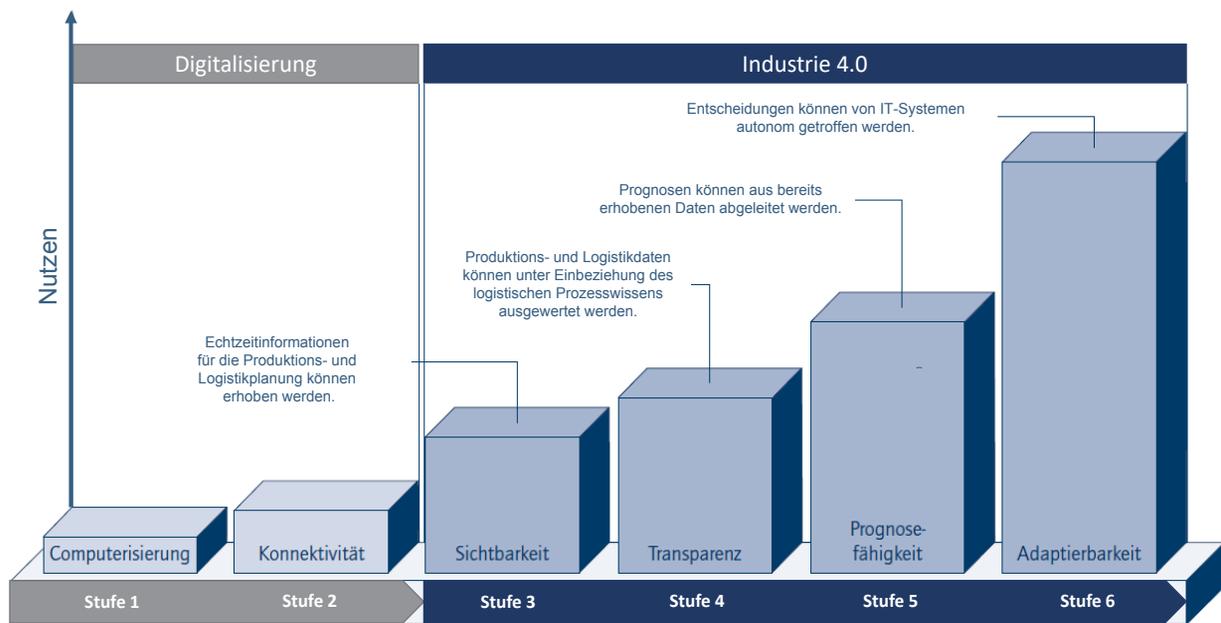


Abbildung 1: Stufen des Industrie 4.0 Entwicklungspfad [in Anlehnung an (Schuh et al. 2017, S. 16-18)]

Anpassungsbedarfe bei den Logistikstandardprozessen für die nahe Zukunft zu prognostizieren.

#### Fazit

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass ein Planungsleitfaden und eine IoT-Plattform mit den dazugehörigen Möglichkeiten einer automatisierten Datenverarbeitung dazu beitragen, die taktische Logistikplanung in kleinen und mittelständischen Unternehmen zu entlasten. Auf diese Weise können sich die Planer verstärkt und vor allem auch rechtzeitig mit der Ausgestaltung bzw. Entwicklung von Logistikstandardprozessen beschäftigen. Kleine und mittelständische Unternehmen können sich so in der Produktionslogistik besser auf die ständig wechselnden Anforderungen anpassen und ihre Wettbewerbsfähigkeit sichern.

#### Literaturverzeichnis:

Dickmann, Philipp (Hrsg.) (2015): *Schlanker Materialfluss. Mit Lean Production, Kanban und Innovationen*. 3. Auflage. Berlin: Springer Vieweg (VDI-Buch).

Dombrowski, Uwe; Mielke, Tim (Hrsg.) (2015): *Ganzheitliche Produktionssysteme. Aktueller Stand und zukünftige Entwicklungen*. Berlin: Springer Vieweg.

Klaus, Peter; Krieger, Winfried; Krupp, Michael (Hrsg.) (2012): *Gabler Lexikon Logistik. Management logistischer Netzwerke und Flüsse*. 5. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler.

Klug, Florian (Hrsg.) (2010): *Logistikmanagement in der Automobilindustrie. Grundlagen der Logistik im Automobilbau*. Berlin: Springer.

Liker, Jeffrey K.; Hoseus, Michael (2009): *Die Toyota Kultur. Das Herz und Die Seele von „Der Toyota Weg“*. München: FinanzBuch Verlag.

Lugert, Andreas; Winkler, Herwig (2017): *Von der Wertstromanalyse zum Wertstrommanagement*. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* (04), S. 261–265.

Malik, Fredmund (2009): *Systemisches Management, Evolution, Selbstorganisation. Grundprobleme, Funktionsmechanismen und Lösungsansätze für komplexe Systeme*. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt.

Schenk, Michael (Hrsg.) (2015): *Produktion und Logistik mit Zukunft. Digital Engineering und Operation*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.

Schneider, Markus (2016): *Lean Factory Design. Gestaltungsprinzipien für die perfekte Produktion und Logistik*. München: Carl Hanser Verlag.

Schneider, Markus (2018): *Ganzheitliches Prozessmanagement - das Optimierungskonzept Lean Factory Design*. In: Stefan-Alexander Arit und Markus Schneider (Hrsg.): *Industrie 4.0 Prozesse und Ressourcen effizient managen. Ansätze für eine interdisziplinäre Optimierung der industriellen Wertschöpfungskette*. Essen: Vulkan-Verlag GmbH.

Schneider, Markus; Otto, A. (2008): *Taktische Logistikplanung vor Start-of-Production (SOP)*. In: *Logistikmanagement* 8 (2), S. 58–69.

Schubel, Alexander (2017): *Dezentrale und kurzfristige Produktionslogistikplanung anhand eines Assistenzsystems*. Otto-von-Guericke Universität Magdeburg: Institut für Logistik und Materialflusstechnik.

Schuh, Günther; Anderl, Reiner; Gausemeier, Jürgen; Hompel, Michael ten; Wahlster, Wolfgang (2017): *Industrie 4.0 Maturity Index. Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten (acatech Studie)*. München: Herbert Utz Verlag.

Spath, Dieter (Hrsg.) (2003): *Ganzheitlich produzieren. Innovative Organisation und Führung*. Stuttgart: LOG\_X Verl.

Spath, Dieter; Ganschar, Oliver; Gerlach, Stefan; Hämmerle, Moritz; Krause, Tobias; Schlund, Sebastian (2013): *Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.

Straube, Frank (2012): *e-Logistik. Ganzheitliches Logistikmanagement*. Berlin: Springer Berlin.

Verworn, Birgit; Lüthje, Christian; Herstatt, Cornelius (2000): *Innovationsmanagement in kleinen und mittleren Unternehmen. Arbeitspapier Nr. 7*. Hamburg: University of Technology (TUHH), Institute for Technology and Innovation, zuletzt geprüft am 20.03.2020.

Weindl, Stephanie; Schneider, Markus (2017/2018): *Schwächen der taktischen Logistikplanung in kleinen und mittelständischen Unternehmen. Interview mit kleinen und mittelständische Unternehmen des Arbeitskreises „Taktische Logistikplanung“ des Technologietransferprojekts „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“*. Dingolfing.

Weindl, Stephanie; Schneider, Markus (2018): *Taktische Logistikplanung - Der Schlüssel zu einer effizienten Logistik*. In: Markus Schneider, Sebastian Meißner, Sven Roeren und Christian Seel (Hrsg.): *Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Technologietransfer für den Mittelstand - Potenziale erkennen*. Dingolfing: Technologiezentrum Produktions- und Logistiksysteme (TZ PULS), S. 28–32.

Winkler, Herwig; Lugert, Andreas (2017): *Die Wertstrommethode im Zeitalter von Industrie 4.0. Studienreport*. Cottbus-Senftenberg: Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg.

## 1.2.1 Taktische Logistikplanung - intelligent transferiert

Weindl, Stephanie; Schneider, Markus

Das Arbeitspaket „Taktische Logistikplanung und Erkennung von Anpassungsbedarfen bei Logistikstandardprozessen“, welches der Dimension Prozess und Organisation zuzuordnen ist, fokussiert im Rahmen des Technologietransferprojekts „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“ folgende Ziele:

- Kleine und mittelständische Unternehmen sollen zur taktischen Logistikplanung durch den Transfer eines konsistenten Planungsleitfadens sowie der dazugehörigen Planungstechnologien befähigt werden.
- Zudem soll in der Lern- und Musterfabrik des TZ PULS eine interaktive Transfermethode aufgebaut werden. Die Transfermethode zeigt den kleinen und mittelständischen Unternehmen eine Möglichkeit die Erkennung von Anpassungsbedarfen bei Logistikstandardprozessen vereinfacht zu realisieren.

Diese Ziele haben sich aus den identifizierten Herausforderungen der taktischen Logistikplanung in kleinen und mittelständischen Unternehmen ergeben (Spath et al. 2013, S. 21; Klaus et al. 2012, S. 283-284; Spath 2003, S. 37; Klug 2010, S. 68; Schubel 2017, S. 8-9, S. 113; Weindl und Schneider 2017 / 2018; Schneider 2016, S. 51; Schuh et al. 2017, S. 16-17; Dickmann 2015, S. 42; Lugert und Winkler 2017, S. 262; Verworn et al. 2000, S. 17; Weindl und Schneider 2018, S. 29):

- erhöhte Anforderungen an Anpassungsfähigkeit und Flexibilität
- Schwächen im Informationsmanagement
- fehlendes formalisiertes Planungsvorgehen
- kundenorientierte Produktion und Logistik
- kurzzyklisch schwankende Märkte

### Intelligenter Transfer

Um diese Ziele zu erreichen, wurde innerhalb des Arbeitspaket verstärkt das Transferformat des Arbeitskreises sowie die Lern- und Musterfabrik des TZ PULS genutzt. Bei der Durchführung der Arbeitskreise wurden unterschiedliche Methoden für den Transfer genutzt, vgl. Abbildung 1. In den bereits durchgeführten und noch geplanten Arbeitskreisen wurden oder werden alle relevanten Phasen der taktischen Logistikplanung mittels des Planungssystem CoMIC mit den zugehörigen Methoden und Technologien transferiert, vgl. Abbildung 2:

- **Kommunikationsfluss (Methode/Technologie):**
  - Shopfloor-Management (M)
  - KATA-Methode (M)
  - Kollaborationsplattform, z. B. MS Teams (T)
- **Materialfluss (Methode/Technologie):**
  - Wertstromanalyse und -design (M)
  - Layout- und Fabrikplanung (M)
  - Arbeitsplatzgestaltung (M)
  - 3P-Methode/Cardboard Engineering (M)
  - Training within Industry (M)
  - MS Visio (T)
  - visTABLE (T)
  - Lean Pilot (T)
- **Informationsfluss (Methode/Technologie):**
  - Wertstromanalyse und -design 4.0 (M)
  - Sensorik (z. B. Raspberry Pi) (T)
  - IIoT-Plattformen (z. B. Zenon) (T)
- **Kapitalfluss (Methode/Technologie):**
  - Lean Controlling (M)

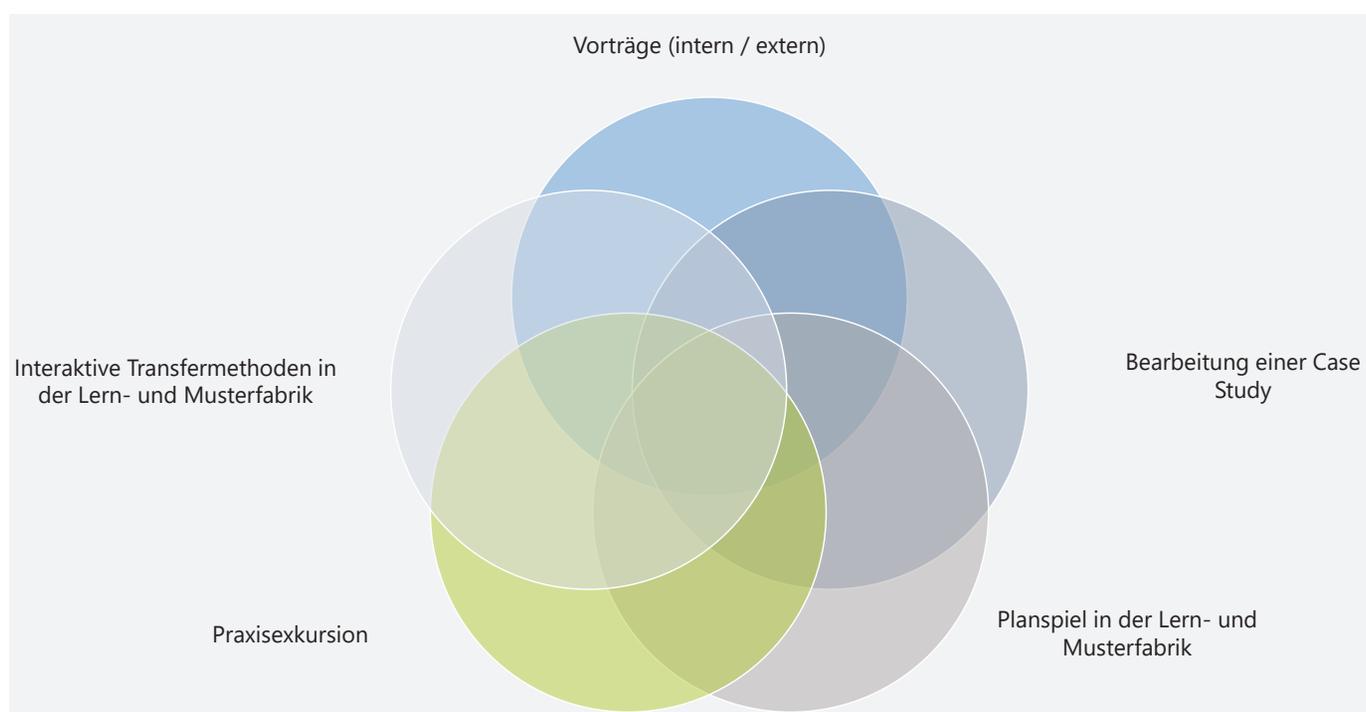


Abbildung 1: Transfermethoden im Arbeitskreis „Taktische Logistikplanung“

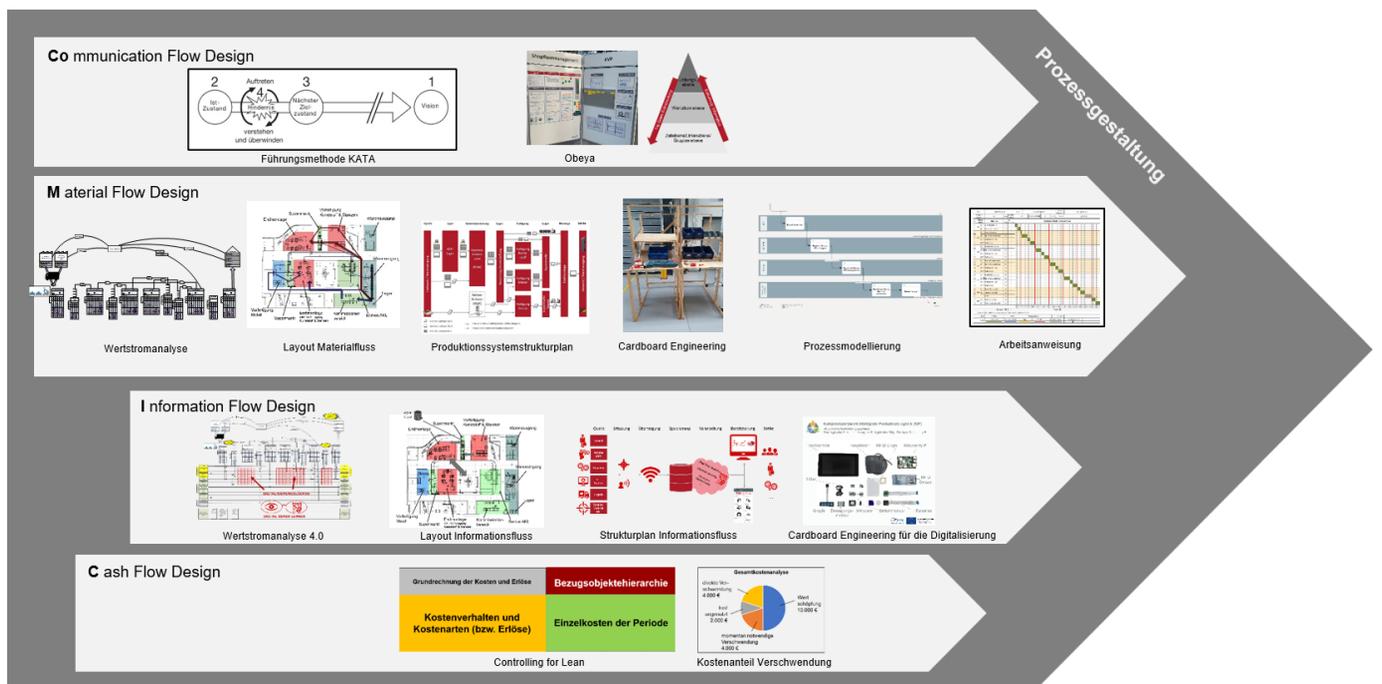


Abbildung 2: CoMIC Planungssystem (Quelle: Schneider, S. 47)

Im Folgenden wird aufgezeigt, wie die geplanten Inhalte in den bereits stattgefundenen Arbeitskreisen transferiert wurden.

Im ersten Arbeitskreis wurden mit den teilnehmenden KMU anhand einer SWOT-Analyse die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der taktischen Logistikplanung herausgearbeitet, vgl. Abbildung 3. Auch wurde die Erwartungshaltung der Unternehmen an den Arbeitskreis erfragt, um im Laufe des Projekts auf deren Bedürfnisse eingehen zu können. Dies wurde

fortlaufend im Projekt des Öfteren wiederholt, um auf neue Bedürfnisse die Arbeitskreise ausrichten zu können.

Im zweiten Arbeitskreis wurde die Planungsmethode Wertstromanalyse und -design anhand eines Praxisbeispiels des KMU Heinzinger electronic GmbH aufgezeigt und diskutiert. Zudem wurden Planungstechnologien zur Unterstützung bei der Durchführung einer Wertstromanalyse vorgestellt, wie beispielsweise MS Visio oder Leanpilot.

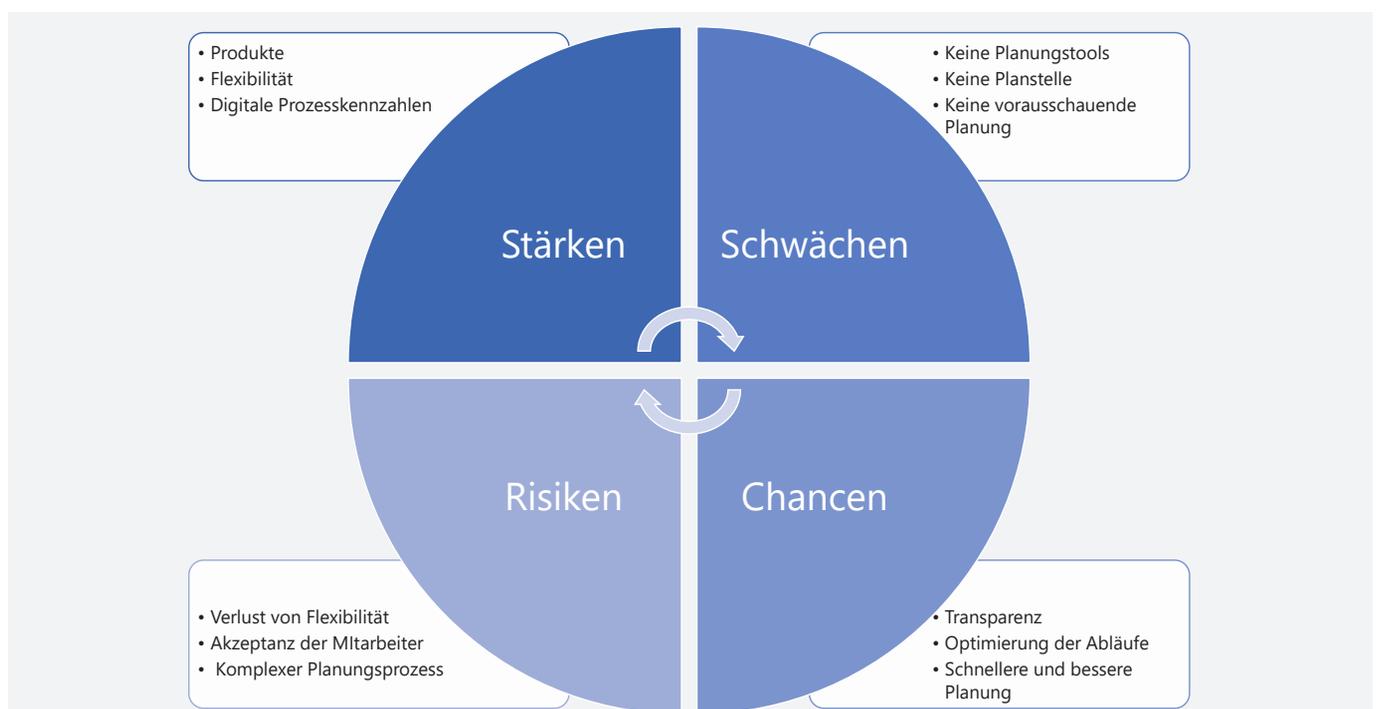


Abbildung 3: SWOT-Analyse

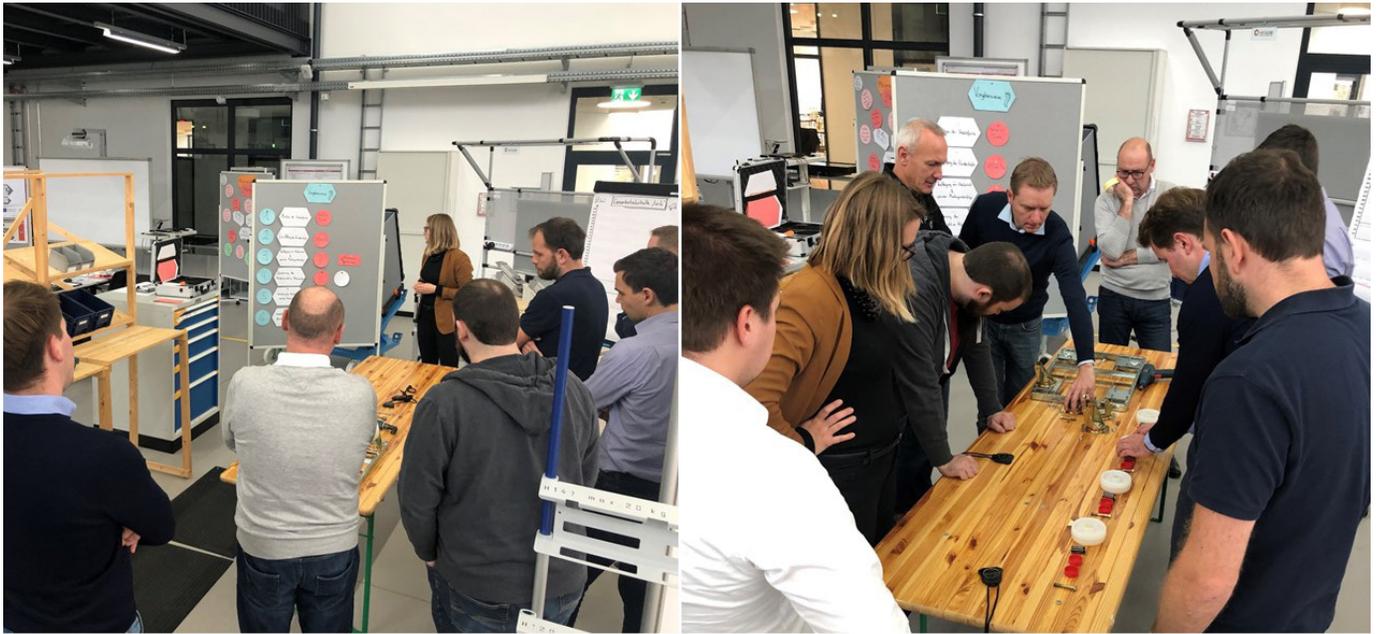


Abbildung 4: Planspiel in der Lern - und Musterfabrik des TZ PULS

Die Layout- und Fabrikplanung wurde im dritten Arbeitskreis fokussiert. In einem Workshop erfuhren die Unternehmen nicht nur von wichtigen Gestaltungsregeln der Layout- und Fabrikplanung, sondern durften mit der Planungssoftware vISTABLE eigenständig ein Fabriklayout planen. Zudem wurde anhand des DATE-Modells (Weindl, Schneider 2018, S. 29) diskutiert, wie Unternehmen heute Anpassungsbedarfe in der Produktion und Logistik erkennen, an welchen Regeln sich die Logistikplanung in den Unternehmen orientiert, welche Ziele in der Planung angestrebt werden und wie in der Logistikplanung heute in den Unternehmen experimentiert wird. Im vierten Arbeitskreis wurden die Mikromaterialflussplanung und 3P-Methode transferiert. Hierzu wurde ein Planspiel im Arbeitspaket entwickelt,

welches mit den Teilnehmern durchgeführt wurde und die Unternehmen befähigt selbst eine Fließfertigung für eine U-Zellen Endmontage zu planen und aufzubauen, vgl. Abbildung 4. Das Planspiel wurde nachhaltig aufgebaut, sodass es auch nach Projektende weiterhin in der Lern- und Musterfabrik mit kleinen und mittelständischen Unternehmen durchgeführt werden kann.

Im fünften Arbeitskreis wurde eine Praxisexkursion zur Schaltbau GmbH, einem impulsgebenden Unternehmen des Projekts KIP, gemacht. Hier konnte das im Planspiel erlangte Wissen über die Gestaltung von U-Zellen-Montagelinien in der industriellen Praxis betrachtet und diskutiert werden, vgl. Abbildung 5.



Abbildung 5: Praxisexkursion bei der Schaltbau GmbH Velden

Ab dem sechsten Arbeitskreis wurde der Fokus auch auf den Informationsfluss gerichtet, wobei die Planungsmethode Wertstromanalyse und -design 4.0 transferiert wurde. Die Methode wurde anhand der Wertstromanalyse 4.0 in der Muster- und Lernfabrik praxisnah erläutert.

Im siebten Arbeitskreis wurde die Informationsflussplanung weiter vertieft. Genauer wurden die Potenziale von IIoT-Plattformen und der Vernetzung der Produktionslogistik für die taktische Logistikplanung aufgezeigt. Ein Praxisvortrag zum Thema IIoT-Plattformen des Partnerunternehmens des TZ PULS, Copa Data Group aus Salzburg, bereicherte diesen Arbeitskreis.

Aufgrund der Corona-Krise wurde der achte Arbeitskreis digital mit einem Workshop über eine Kollaborationsplattform abgehalten. Vorteilhaft war, dass das Arbeitspaket „IIoT-Plattformen und Informationsflusssysteme“ sich bereits mit dem Themenfeld der digitalen und kollaborativen Zusammenarbeit in Unternehmen beschäftigt hatte, sodass der Workshop mit der vorhandenen Erfahrung leicht aufgebaut und durchgeführt werden konnte. Inhaltlich handelten die Teilnehmer, wie geplant, das Thema Arbeitsanweisungen und Standardisierung ab. Hervorzuheben ist, dass diese Methode auch im Kontext der anhaltenden Krise beleuchtet und mit den Unternehmen diskutiert wurde.

In den voraussichtlich letzten beiden Arbeitskreisen ist geplant, die noch fertig aufzubauende interaktive Transfermethode „Erkennung von Anpassungsbedarfen bei Materialbereitstellungsstandardprozessen“ in der Lern- und Musterfabrik zu transferieren und zu evaluieren, vgl. Kapitel III. 5. Darüber hinaus wird die letzte Phase des Planungssystems, der Kapitalfluss, beleuchtet sowie ein abschließendes Fazit aus den Arbeitskreisen gemeinsam mit den Unternehmen gezogen.

## Fazit des Transfers

Der Transfer innerhalb der bereits acht durchgeführten Arbeitskreise kann bereits vor Projektende als erfolgreich bewertet werden.

### Feedbacks in den Arbeitskreisen

Dies zeigt sich an den stets am Ende des Arbeitskreises eingeholten Feedbacks der teilnehmenden kleinen und mittelständischen Unternehmen:

- „Lehrreich und gut“
- „Sehr sinnvoll“
- „Spannend“
- „Mitnehmen von Ideen für interne Anreize im Unternehmen“
- „Genauso wie es in der Firma gemacht werden muss“
- „Verständnis wurde generiert“
- „Super Praxisbezug“
- „Tolle Diskussionen“
- „Gute Übung (Planspiel)“
- „Anschaulich“

### Feedback der Heinzinger electronic GmbH aus Rosenheim

Bereits vor Projektende konnte die Heinzinger electronic GmbH mit Hilfe unseres Transfers sehr erfolgreich eine Optimierung im Unternehmen eigenständig durchführen.

Herr Werndl, Geschäftsführer der Heinzinger electronic GmbH, hat sich dazu entschlossen, den Arbeitskreis „Taktische Logistikplanung“ zunächst nur auszuprobieren, da er eigentlich gerade mit der Umgestaltung seiner Produktion zeitlich stark eingebunden war.

Schon nach den ersten beiden Arbeitskreisen, in welchen die Wertstrommethode und die produktionslogistischen Verschwendungsarten transferiert wurden, war er begeistert. „Meine Denkweise als Entscheider in der

Produktionslogistik hat sich dadurch vollständig geändert. Besonders die „5 Why“-Methode war prägend für mich. Ich gehe heute oft durch mein eigenes Unternehmen und hinterfrage wahrgenommene Symptome, um die wahren Ursachen der Probleme zu identifizieren und zu lösen“. So wurde aus dem anfänglichen „Ausprobieren des Arbeitskreises“ eine regelmäßige Teilnahme. Zudem betont Herr Werndl: „Es war ein Glücksfall, dass ich meine Planungen im eigenen Unternehmen mit den Arbeitskreisen parallelisieren konnte“.

Hilfreich war für ihn der angebotene Mix an Transfermethoden im Arbeitskreis. So lernte er beispielsweise mit dem Thema „Von der Werkstatt zur Fließfertigung“ anhand eines Planspiels sehr praxisnah die Vor- und Nachteile unterschiedlicher Materialflusskonzepte kennen. Dies ermöglichte ihm einen vereinfachten Übertrag auf die eigene Fertigung. Zudem verdeutlichte ihm der Impulsgeber die Schaltbau GmbH, dass auch er den Weg zu einer intelligenten Produktionslogistik schaffen kann.

Der erfolgreiche Beitrag zur Optimierung seiner Produktionslogistik durch den Arbeitskreis misst sich nicht nur in Herrn Werndls Begeisterung für den Arbeitskreis „Taktische Logistikplanung“, sondern auch durch die erhebliche Reduktion der Durchlaufzeit in seinem Unternehmen. So konnte die Firma Heinzinger electronic GmbH unter anderem durch die Anwendung der transferierten Planungsmethoden die Durchlaufzeit in der Produktion um 75 Prozent, von 2 Wochen auf 0,5 Wochen pro Großgerät, reduzieren. Herr Werndl brachte sein Unternehmen dadurch auch ein Stück näher an seine Vision „Weiß“. Die Farbe „Weiß“ assoziiert er unter anderem mit hell, klar, deutlich, sauber, ordentlich, gepflegt, strukturiert, genau und präzise. Dies zeigt sich auch am Vergleich der Bilder vor und nach der Optimierung in der Produktionslogistik, vgl. Abbildung 6.

## Erfolg des intelligenten Transfers im Arbeitskreis „Taktische Logistikplanung“

Die Feedbacks bestätigen somit den Erfolg des Transfers im Arbeitskreis „Taktische Logistikplanung“ und damit die erfolgreiche Vorbereitungsarbeit im Arbeitspaket.

Gleichzeitig bestärkt es das Technologiezentrum Produktions- und Logistiksysteme (TZ PULS), in Zukunft weiter kleine und mittelständische Unternehmen dabei zu unterstützen, an einem Hochlohnstandort, wie Deutschland, wettbewerbsfähig zu bleiben.

### *Literaturverzeichnis*

Dickmann, Philipp (Hrsg.) (2015): *Schlanker Materialfluss. Mit Lean Production, Kanban und Innovationen*. 3. Auflage. Berlin: Springer Vieweg (VDI-Buch).

Klaus, Peter; Krieger, Winfried; Krupp, Michael (Hrsg.) (2012): *Gabler Lexikon Logistik. Management logistischer Netzwerke und Flüsse*. 5. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler.

Klug, Florian (Hrsg.) (2010): *Logistikmanagement in der Automobilindustrie. Grundlagen der Logistik im Automobilbau*. Berlin: Springer.

Lugert, Andreas; Winkler, Herwig (2017): *Von der Wertstromanalyse zum Wertstrommanagement*. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* (04), S. 261–265.

Schneider, Markus (2016): *Lean Factory Design. Gestaltungsprinzipien für die perfekte Produktion und Logistik*. München: Carl Hanser Verlag.

Schneider, Markus (2018): *Ganzheitliches Prozessmanagement – das Optimierungskonzept Lean Factory Design*. In: *Stefan-Alexander Arlt und Markus Schneider (Hrsg.): Industrie 4.0 - Prozesse und Ressourcen effizient managen. Ansätze*

### Vorher



### Nachher



Abbildung 6: Produktionslogistik der Heinzinger electronic GmbH

für eine interdisziplinäre Optimierung der industriellen Wertschöpfungskette. Essen: Vulkan-Verlag GmbH

Schubel, Alexander (2017): *Dezentrale und kurzfristige Produktionslogistikplanung anhand eines Assistenzsystems*. Otto-von-Guericke Universität Magdeburg: Institut für Logistik und Materialflusstechnik.

Schuh, Günther; Anderl, Reiner; Gausemeier, Jürgen; Hompel, Michael ten; Wahlsster, Wolfgang (2017): *Industrie 4.0 Maturity Index. Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten (acatech Studie)*. München: Herbert Utz Verlag.

Spath, Dieter (Hg.) (2003): *Ganzheitlich produzieren. Innovative Organisation und Führung*. Stuttgart: LOG\_X Verlag

Spath, Dieter; Ganschar, Oliver; Gerlach, Stefan; Hämmerle, Moritz; Krause, Tobias; Schlund, Sebastian (2013): *Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.

Verworn, Birgit; Lüthje, Christian; Herstatt, Cornelius (2000): *Innovationsmanagement in kleinen und mittleren Unternehmen*. Arbeitspapier Nr. 7. Hamburg: University of Technology (TUHH), Institute for Technology and Innovation, zuletzt geprüft am 20.03.2020.

Weindl, Stephanie; Schneider, Markus (2017 / 2018): *Schwächen der taktischen Logistikplanung in kleinen und mittelständischen Unternehmen*. Interview mit kleinen und mittelständischen Unternehmen des Arbeitskreises „Taktische Logistikplanung“ des Technologietransferprojekts „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“. Dingolfing.

Weindl, Stephanie; Schneider, Markus (2018): *Taktische Logistikplanung – Der Schlüssel zu einer effizienten Logistik*. In: Markus Schneider, Sebastian Meißner, Sven Roeren und Christian Seel (Hrsg.): *Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale erkennen*. Dingolfing: Technologiezentrum Produktions- und Logistiksysteme (TZ PULS), S. 28–32.

## 1.2.2 Informationsfluss, mobile IIoT und kooperative Software – Werkzeuge für die Unterstützung der taktischen Logistikplanung

Aufleger, Max; Schneider, Markus

### Übersicht

Das Arbeitspaket „Taktische Logistikplanung“ des Teilprojekts Planungsmethoden und -werkzeuge (PlanMet) behandelt Fragestellungen rund um die Dimensionen Organisation und Prozessgestaltung. Das Arbeitspaket „Taktische Logistikplanung“ wird in zwei Aufgaben- und Themenbereiche aufgeteilt:

- Taktisches Logistikplanungssystem und Erkennung von Anpassungsbedarfen bei Logistikstandardprozessen
- Logistisches Informationsflusssystem und IIoT-Plattformen

Der Teilbereich „Taktisches Logistikplanungssystem und Erkennung von Anpassungsbedarfen bei Logistikstandardprozessen“ konzentriert sich dabei sowohl auf die Erarbeitung und bestmögliche Vermittlung des in Abbildung 1 dargestellten Planungssystems für die taktische Logistikplanung – von der Materialflussplanung bis zu den Arbeitsanweisungen – als auch auf den Aufbau von Anwendungsszenarien für den Bereich Prozessanpassung. Den Unternehmen wird hierfür Wissen in Form von Methoden und Technologien zur Verfügung gestellt.

Während der Durchführung des Projekts wurde festgestellt, dass eine Nachfrage für die Intensivierung der Informationsflussplanung besteht (Weindl et al. 2019). Besonders wird dabei auf die Gebiete Datenerfassung,

IIoT, IIoT-Plattformen und Cloudlösungen eingegangen. Die erhöhte Nachfrage wurde bei Befragungen der Kooperationspartner, sowie während den, im Rahmen von Arbeitskreisen zum Thema „Taktische Logistikplanung“, durchgeführten Gesprächen und Analysen aufgezeigt (Weindl et al. 2019). Aus diesem Grund werden im zweiten Kernbereich „Logistisches Informationsflusssystem und IIoT-Plattformen“ primär die Themen Wissensmanagement und IIoT-Plattformen bearbeitet. (Aufleger 2019).

### Wissensmanagement

„Wissensmanagement beschäftigt sich mit dem Erwerb, der Entwicklung, dem Transfer, der Speicherung sowie der Nutzung von Wissen“ (Frost 2018). Die Wahl der Software fiel dabei auf das Microsoft Produkt „Teams“. Dabei musste zunächst überprüft werden, ob die Software die von kleinen und mittelständischen Unternehmen („KMU“) berichteten Anforderungen ausreichend abdeckt und so die kollaborative Arbeit der Mitarbeiter ermöglicht und vereinfacht wird (Microsoft 2019).

Das Projekt beschäftigt sich in diesem Themengebiet besonders mit folgenden Fragen:

- Wie kann Wissen und Information für alle Mitarbeiter zur Verfügung gestellt werden?
- Wie kann Wissen systematisiert für alle Mitarbeiter dargestellt werden?
- Wie können Unternehmen nicht ausdrücklich formuliertes Wissen in eine eindeutige Form bringen und dadurch Wissen konservieren?

Um KMU die positiven Eigenschaften von Wissensmanagement deutlicher zu vermitteln, wurde in einem MS Teams-Projekt das fiktive Unternehmen „BBW-GmbH – Bayerische Bodenrollerwerke GmbH“ beispielhaft erstellt.

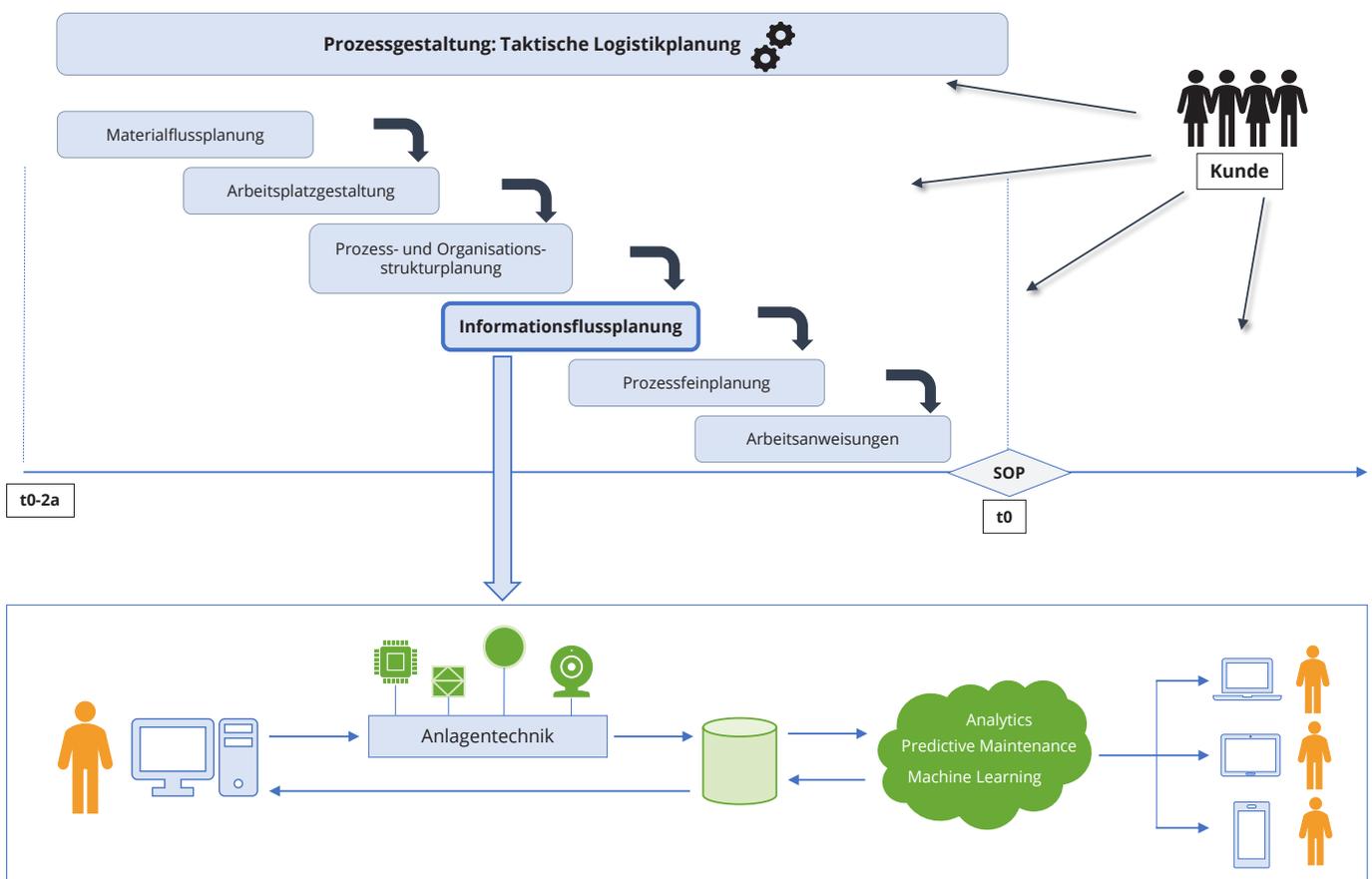


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Arbeitspakets „Taktische Logistikplanung“

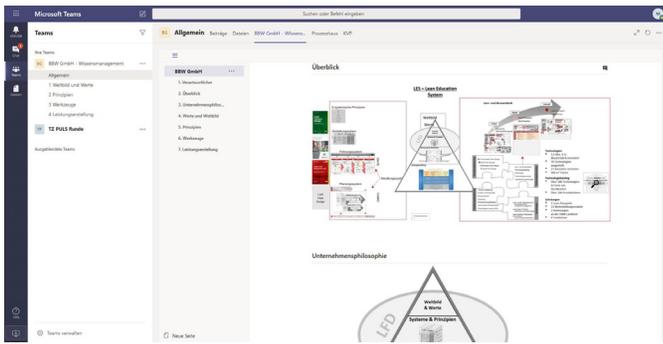


Abbildung 2: Beispielhafter Überblick der BBW GmbH in MS Team

Das Unternehmen wurde auf der Grundlage der Lern- und Musterfabrik des Technologiezentrums Produktions- und Logistiksysteme aufgebaut.

Mittels der Verbindung von bereits vorhandenem Know-How und aktuell erhobenen Daten soll der Zusatznutzen von Wissensmanagementsoftware demonstriert werden (Abbildung 2).

### IloT-Plattformen und ihre Rolle in Unternehmen

Der zweite Teil des Arbeitspakets untersucht IloT-Plattformen. IoT (Internet of Things) „bezeichnet die Vernetzung von Gegenständen mit dem Internet, damit diese Gegenstände selbstständig über das Internet kommunizieren und so verschiedene Aufgaben für den Besitzer erledigen können (Lackes 2018).

Industrial Internet of Things (IloT) bezieht sich dabei auf das Internet der Dinge in der Industrie.

IloT-Plattformen sollen eingesetzt werden, um die taktische Logistikplanung zu verbessern und zu optimieren. Mit Hilfe der auf einer IloT-Plattform aufbereiteten Daten können zusätzliche Informationen an die taktische Planung verteilt werden. Prozessanpassungen können so transparenter und schneller entschieden werden. Bei diesem Themenkomplex wird intensiv mit dem Arbeitspaket „Taktisches Logistikplanungssystem und Erkennung von Anpassungsbedarfen bei Logistikstandardprozessen“, welches die Erkennung von Anpassungsbedarfen bei Logistikstandardprozessen fokussiert, zusammengearbeitet.

Um kooperierenden Unternehmen die Vorteile von IoT und IloT-Plattformen aufzuzeigen, wurde der Endmontagebereich der Lern- und Musterfabrik mit Sensorik vernetzt. Die aufgezeichneten Daten werden auf der SCADA („Supervisory control and data acquisition“-)Software „Zenon“ (Copa-Data 2019) von Copa-Data ausgewertet. Hierzu wurde ein Anwendungsszenario vom Arbeitspaket „Taktisches Logistikplanungssystem und Erkennung von Anpassungsbedarfen bei Logistikstandardprozessen“ aufgebaut.

Durch die Software können die erhobenen Daten gesammelt, verarbeitet, aufbereitet und verteilt werden. Zudem kann damit die Steuerung und Verwaltung der SoCs (System-on-a-Chip) (Techopedia 2019) durchgeführt werden. Die Software ermöglicht somit eine direkte Verbindung zwischen Datenquelle (der Produktion) und Datensinke (der taktischen Logistikplanung) und stellt folglich einen wichtigen Teil eines unternehmensweiten Informationsflusses dar.

### Vorteile und Bedeutung von Informationsflüssen

Ein Informationsfluss definiert sich durch die „Gesamtheit der Informationen, die die Unternehmung auf Informationswegen und -kanälen durchlaufen. Informationsfluss erstreckt sich, von Informationsquellen ausgehend, über verschiedene Sender und Empfänger auf die gesamte Unternehmung.“ (Gabler Wirtschaftslexikon 2018).

Die SCADA-Software ist damit das zentrale Element der IloT der Lern- und Musterfabrik und ermöglicht Aufbau, Verwaltung und Verwendung eines Informationsflusses.

Die im Projekt eingesetzte Software ist verantwortlich für Speicherung, Verarbeitung und Bereitstellung von Daten und Informationen in der Lern- und Musterfabrik.

Ein einzelner Teil eines unternehmensweiten Informationsflusses wäre etwa die Erfassung der Durchlaufzeit einer Produktionslinie. Die Durchlaufzeit bezeichnet die „Zeitspanne, die bei der Produktion eines Gutes zwischen dem Beginn des ersten Arbeitsvorganges und dem Abschluss des letzten Arbeitsvorganges verstreicht. Die Durchlaufzeit eines Auftrages ist definiert als die Summe der Bearbeitungs-, Transport- und Wartezeiten auf allen Produktionsstufen.“ (Voigt 2018).

Beispielhaft und ohne Verwendung von Sensoren oder IloT sieht dieser Informationsfluss des fiktiven Unternehmens „BBW-GmbH“ für einen einzelnen Arbeitsplatz der Endmontage U-Zelle der Lern- und Musterfabrik (Abbildung 3) nach dem übergeordneten Schema aus Abbildung 4 folgendermaßen aus:

- Quelle: Ein einzelner/alle Arbeitsplätze der U-Zelle
- Erfassung: Ein Logistikplaner erfasst mit Hilfe einer Stoppuhr die Durchlaufzeit des Arbeitsplatzes/der Arbeitsplätze und schreibt diese mit. Dies wird so lange wiederholt, bis der Logistikplaner eine für seine Tätigkeit ausreichende Zahl an Datensätzen zur Verfügung hat.
- Übertragung: Der Logistikplaner nimmt den erfassten Datensatz mit an seinen eigenen Arbeitsplatz, um diesen für die Analyse zu digitalisieren.
- Speicherung: Nach der Digitalisierung kann das Dokument zu den Akten gelegt werden, die digitale Version wird auf Backup-Servern hinterlegt.
- Verarbeitung: Die Verarbeitung erfolgt manuell durch den Logistikplaner, unterstützt durch Analysesoftware und andere Hilfsmittel.
- Bereitstellung: Die Bereitstellung erfolgt ebenfalls durch den Logistikplaner, der die aus den Daten gewonnene Information aufbereitet.
- Senke: Logistikplaner/Vorgesetzte/Produktionsmitarbeiter/etc.

In dieser Variante, ohne Hilfe durch Digitalisierung, Automatisierung und IoT, werden Logistikplaner durch viel unnötige manuelle Arbeit bei der Ausübung ihrer eigentlichen Tätigkeit, der Planung, verlangsamt und behindert.

Automatisiert durch Digitalisierung und IoT sieht der Datenerfassungsprozess folgendermaßen aus:

- Quelle: Alle Arbeitsplätze der U-Zelle, ausgestattet mit Sensorik
- Erfassung: Die Erfassung funktioniert ohne Einfluss oder Aufwand von außen. Während der verschiedenen Arbeitsschritte werden automatisiert die Liegezeiten, die Bearbeitungszeiten und die gesamte Durchlaufzeiten präzise erfasst, ohne dass ein Logistikplaner anwesend sein muss.
- Übertragung: Die Übertragung erfolgt mit Hilfe des institutsinternen WLAN.
- Speicherung: Die Daten werden automatisiert in einer Datenbank gespeichert.
- Verarbeitung: Die eingesetzte SCADA-Software kann ohne externes Zutun Analysen mit den erfassten Daten durchführen, die Ergebnisse sind jederzeit abrufbereit und auf dem neuesten Stand.
- Bereitstellung: Die Bereitstellung der durch die SCADA-Software generierten Informationen erfolgt auf Abruf der relevanten, verantwortlichen Parteien, oder kann periodisch automatisiert ausgegeben werden, beispielsweise in Form eines Dashboards.
- Senke: Logistikplaner/Vorgesetzte/Produktionsmitarbeiter/etc.

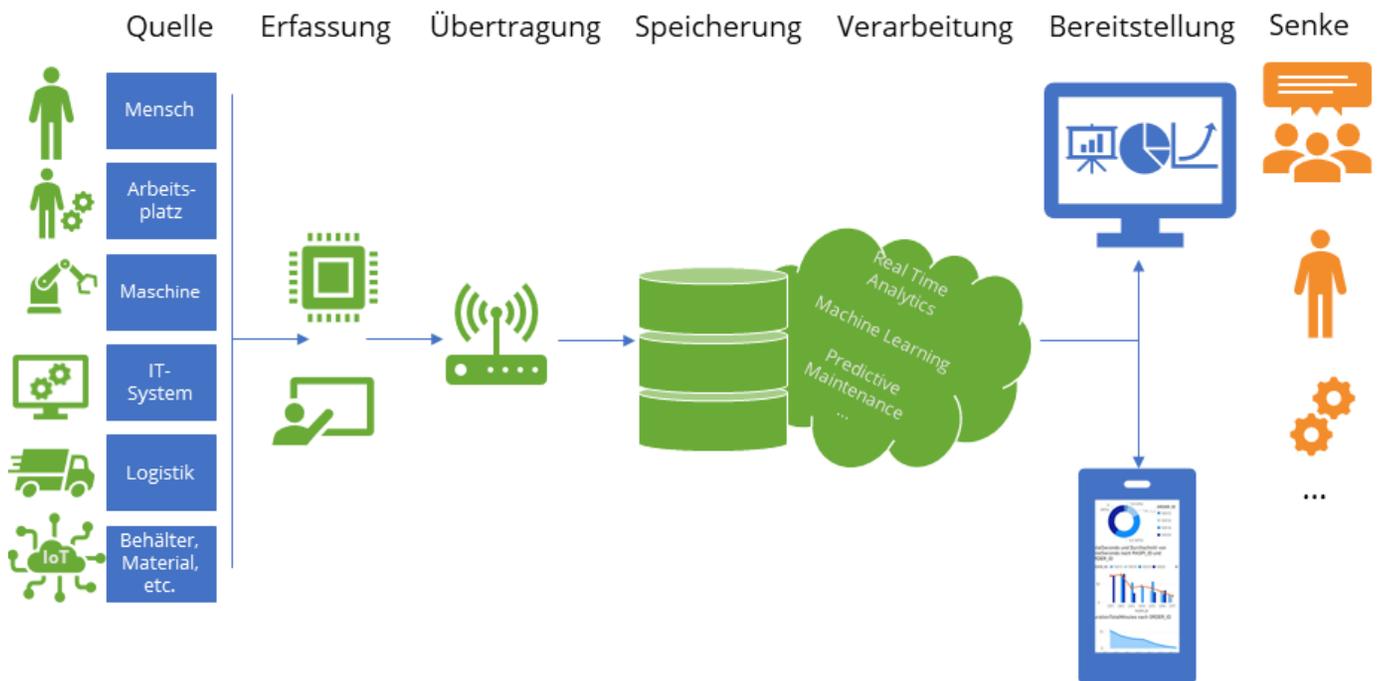


Abbildung 3: Struktur eines Informationsflusses (in Anlehnung an Schneider 2019)

Im Gegensatz zum manuellen Verfahren der Datenerfassung bringt die Automatisierung dieser erhebliche Zeitersparnisse, die ein Logistikplaner gewinnbringend verwenden kann. Zusätzlich entfallen Analysevorgänge, da diese fortlaufend durch die eingesetzte Software durchgeführt werden, und Informationen stehen jederzeit abrufbar bereit. Würden weitere Teile des Informationsflusses des fiktiven Unternehmens digitalisiert und mit IIoT-Technologien versehen, so sind weitere Zeit- und Effizienzgewinne absehbar.

Um KMU diese Vorteile von Digitalisierung und IIoT in der Produktionslogistik anschaulich näherbringen zu können, wurden im Rahmen des Projekts Anwendungsszenarien und Demonstratoren in der Lern- und Musterfabrik zusammen mit dem Arbeitspaket "Taktisches Logistikplanungssystem und Erkennung von Anpassungsbedarfen bei Logistikstandardprozessen" aufgebaut.



Abbildung 4: U-Zelle für die Endmontage von Bodenrollern

#### Anwendungsszenario U-Zelle

Zu Beginn der Bearbeitung des Arbeitspakets wurde die U-Zelle der Lern- und Musterfabrik des TZ-PULS als Testobjekt und für die Veranschaulichung von IIoT-Technologien gewählt. In der U-Zelle wird im fiktiven Unternehmen „BBW-GmbH“ die Endmontage von Bodenrollern durchgeführt.

An sieben Arbeitsplätzen werden durch sechs Werker die Bodenroller in Fließfertigung montiert und verpackt. Für fiktive Kunden stehen mehrere Varianten zur Verfügung, dazu gehören zwei unterschiedliche Rahmentypen und mehrere verfügbare Radfarben (Abbildung 5).

Um zum einen die Vorteile von IIoT und Digitalisierung für kleine und mittelständische Unternehmen möglichst nachvollziehbar zu gestalten und zum anderen die Werker möglichst wenig bei der Arbeit zu stören, wurde als Kennzahl die Durchlaufzeit gewählt, da diese aussagekräftig und leicht zu erfassen ist. Sie kann beispielsweise dazu genutzt werden, Engpässe in Produktionsprozessen aufzudecken.

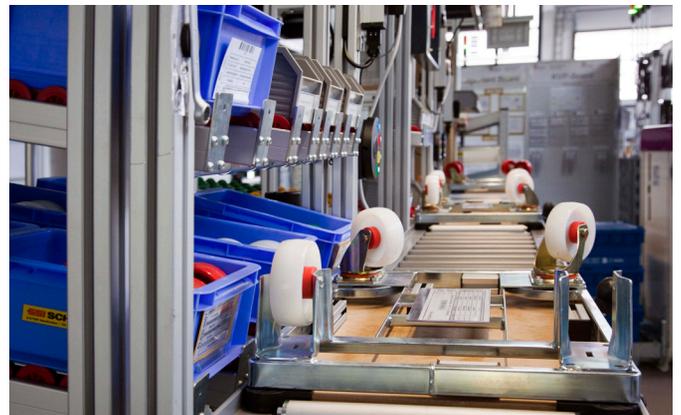


Abbildung 5: Bodenroller in Fließfertigung

Um die Erfassung durchzuführen, wurden Raspberry Pis (Raspberry Pi Foundation 2019), in der Prototyping- und Heimautomatisierungsszene populäre Einplatinencomputer (Reichelt Elektronik Magazin 2018) und dazu kompatible Sensorik beschafft.

Zu denen für diesen Zweck gewählten Sensoren gehören:

- RFID-Sensoren (Adafruit Industries 2020) („Radio Frequency Identification“, (Krieger 2018))
- Distanzsensoren (Pololu 2020), NFC-Aufkleber („Near Field Commu-

nication“, Nahfeldkommunikation (Moormann 2018))

- Für den abschließenden Arbeitsplatz ein Fußtaster, mit dem ein Werker den Abschluss eines Fertigungs- und Verpackungsprozesses bestätigen kann.

Die Hardware wurde zu einzelnen, arbeitsplatzspezifischen Modulen verbunden und an Halterungen befestigt (Abbildung 7). Die Module wurden daraufhin an jedem Arbeitsplatz unterhalb der Laufrollen (Abbildung 6) befestigt.



Abbildung 6: Befestigtes Modul eingebaut in der U-Zelle

Dieser Aufbau, in Kombination mit den, an der Unterseite der Werkstückträger angebrachten, NFC-Aufklebern ermöglicht eine für den Werker fast vollständig störungsfreie Datenerfassung. Diese so erfassten Daten werden zunächst mit den Raspberry Pis über ein W-LAN Netzwerk an eine Datenbank geschickt und in dieser gespeichert.

Die Datenbank wird von der SCADA-Software ausgelesen, die erfassten Daten werden verarbeitet und als Information in Form eines Dashboards für die taktische Logistikplanung zur Verfügung gestellt. Im Artikel „Demonstrator Endmontage U-Zelle und Cardboard Engineering 4.0 – Sinnvoller Einsatz bei KMU“ wird detaillierter auf das Anwendungsszenario eingegan-

gen. Die U-Zelle der Lern- und Musterfabrik bietet KMU die Möglichkeit, die Grundprinzipien von IIoT für die taktische Logistikplanung an einem praktischen Beispiel erfassbar zu machen.

Eine weitere Option, um sich Know-How in diesem Bereich anzueignen, ist der IIoT-Tower, der im Folgenden vorgestellt wird.

### Demonstrator IIoT-Tower

Ein weiterer Demonstrator für KMU, um IIoT-Technologien zu visualisieren, ist der sogenannte IIoT-Tower.

An diesem sind unterschiedliche IIoT-Technologien befestigt, mit deren Hilfe die Parallelen und Unterschiede zwischen industrieller Hardware und prototypischen Testaufbauten von IIoT-Systemen deutlich gemacht werden können:

- Modul 1: Dieses Modul ist mit industriell zertifizierter Beckhoff-Hardware ausgestattet. Dazu gehört zum einen ein Buskoppler, an welchem via Plug & Play Sensorik angeschlossen werden kann, zum anderen eine Beckhoff SPS (“Speicherprogrammierbare Steuerung”) in Kombination mit einem kompakten Industrie-Computer, auf welchem Vorverarbeitung und Weiterleitung von Daten stattfindet (Beckhoff 2020). Angeschlossen sind hier eine Kamera, ein Distanz-Sensor sowie induktive und kapazitive Näherungssensoren.
- Modul 2: An diesem Modul sind ein Raspberry Pi, ein RFID-Sensor, ein Distanzsensor, ein Fußtaster und ein Touchscreen befestigt. Würde dem Modul über das Raspberry Pi Strom zugeführt, so können mit Hilfe eines NFC-Tags direkt die Funktionen demonstriert werden.

Beide Module sind so konzipiert, dass die darauf verbaute Hardware Daten an die SCADA-Software kommunizieren kann, sobald diese mit Strom und Netzwerk versorgt ist.

Bei der Konzeptionierung der Demonstratoren ist im Rahmen des Projekts der Rohentwurf für einen mobilen Einsatz der beschafften Hardware zur Demonstration bei Veranstaltungen und kleinen und mittelständischen Unternehmen entstanden.



Abbildung 7: Modul für den Einsatz in der U-Zelle

## Mobile IIoT

Der mobile Einsatz der beschafften IIoT-Technologien bietet KMU die Möglichkeit, Testszenarien in den Unternehmen umzusetzen, ohne selbst finanzielle Risiken, wie etwa bei der Planung der Digitalisierung von bestehenden Produktionslinien, auf sich zu nehmen.

Zu diesem Zweck wurde ein Werkzeugkoffer von uns zusammengestellt, der eine große Bandbreite an Sensoren und weiterer benötigter Hardware enthält.

Der Koffer ist so konzipiert, dass Unternehmen damit einfach auf die große Bandbreite an verfügbarer unterschiedlicher Sensorik zurückgreifen und diese so lange in praktischen Tests einsetzen und anpassen können, bis das gewünschte Ziel erreicht ist und industriell zertifizierte Hardware beschafft werden kann.

Dabei fallen, abgesehen von den eingesetzten Personenstunden, keine neuen finanziellen Bürden an, die ansonsten bei fehlgeschlagenen Tests oder sich ändernden Anforderungen auftreten würden.

### Literaturverzeichnis

Adafruit Industries (2020): PN532 NFC/RFID. Online verfügbar unter <https://www.adafruit.com/product/364>, zuletzt geprüft am 03.06.2020.

Aufleger, Max (2019): Informationsflusssysteme und IIoT-Plattformen taktische Logistikplanung gezielt verbessern. Hg. v. Markus Schneider, Sebastian Meißner, Sven Roeren und Christian Seel. Technologiezentrum Produktions- und Logistiksysteme. Dingolfing.

Beckhoff (2020): C6015 | Ultra-Kompakt-Industrie-PC. Hg. v. Beckhoff. Online verfügbar unter [https://www.beckhoff.de/default.asp?industrial\\_pc/c6015.htm](https://www.beckhoff.de/default.asp?industrial_pc/c6015.htm), zuletzt geprüft am 01.07.2020.

Copa-Data (2019): Zenon-Software. Hg. v. Ing. Punzenberger COPA-DATAGmbH. Online verfügbar unter <https://www.copadata.com/de/>, zuletzt geprüft am 08.08.2019.

Gabler Wirtschaftslexikon (2018): Definition: Informationsfluss. In: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 19.02.2018. Online verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/informationsfluss-39180/version-262596>, zuletzt geprüft am 24.06.2020.

Jetta Frost (2018): Definition: Wissensmanagement. Hg. v. Springer Gabler | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. Online verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/wissensmanagement-47468/version-27073>, zuletzt geprüft am 07.08.2019.

Microsoft (2019): Microsoft Teams. Hg. v. Microsoft. Online verfügbar unter <https://products.office.com/de-at/microsoft-teams/group-chat-software>, zuletzt geprüft am 09.08.2019.

Pololu (2020): Pololu Carrier with Sharp GP2Y0D805Z0F Digital Distance Sensor 5cm. Online verfügbar unter <https://www.pololu.com/product/1132>, zuletzt geprüft am 11.03.2020.

Prof. Dr. Jürgen Moormann (2018): Definition: NFC. In: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 17.10.2018. Online verfügbar unter <https://www.gabler-banklexikon.de/definition/nfc-70659/version-337393>, zuletzt geprüft am 28.04.2020.

Prof. Dr. Kai-Ingo Voigt (2018): Definition: Durchlaufzeit. In: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 19.02.2018. Online verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/durchlaufzeit-32490>, zuletzt geprüft am 04.03.2020.

In Artikel „III.8. Mobile IIoT – die Einsatzzwecke und wie KMU davon profitieren können“ wird detailliert auf die verwendete Hardware eingegangen und für welche Anwendungsfälle diese geeignet ist.

### Fazit

Während der Projektlaufzeit konnten im Rahmen des Arbeitspakets eine breite Wissensbasis im Bereich der kollaborativen Arbeit und IIoT-Plattformen aufgebaut werden. In Arbeitskreisen, Vorträgen, Führungen und weiteren Veranstaltungen konnte das aufgebaute Wissen an KMU vermittelt werden. Im Sinne der Nachhaltigkeit stehen die aufgebauten Demonstratoren, das Wissensmanagementsystem und der IIoT-Koffer für zukünftige Wissenstransfers weiterhin in der Lern- und Musterfabrik des Technologiezentrum Produktions- und Logistiksysteme zur Verfügung.

Prof. Dr. Winfried Krieger (2018): Definition: RFID. In: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 15.02.2018. Online verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/rfid-51808>, zuletzt geprüft am 04.03.2020.

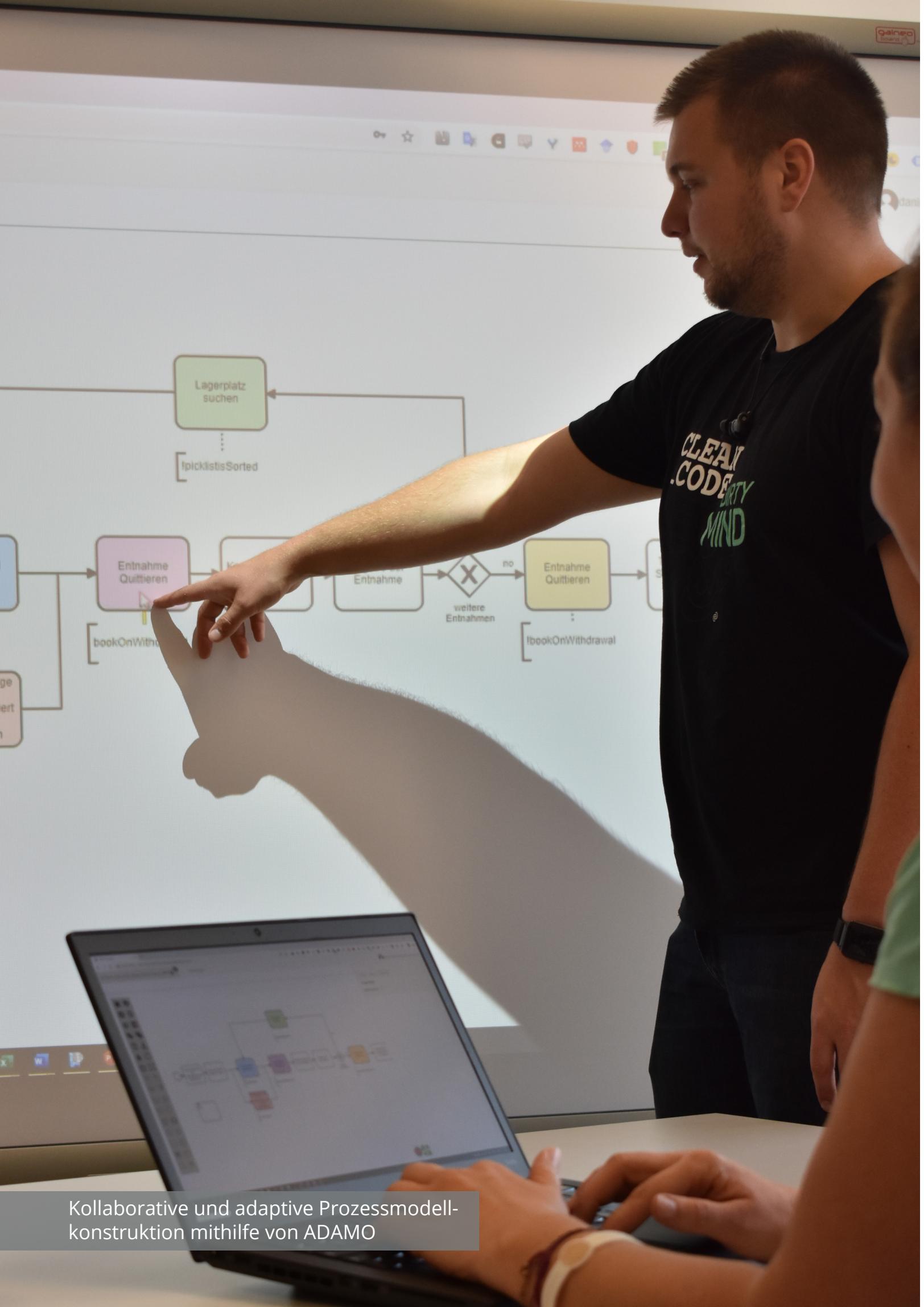
Raspberry Pi Foundation (2019): Raspberry Pi 3b+. Hg. v. Raspberry Pi Foundation UK Registered Charity 1129409. Online verfügbar unter <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/> zuletzt geprüft am 13.08.2019.

Reichelt Elektronik Magazin (2018): Umfrage: Deutsche Maker vertrauen auf Raspberry Pi. Hg. v. Reichelt Elektronik Magazin. Online verfügbar unter <https://www.reichelt.de/magazin/reichelt-magazin/maker-vertrauen-auf-raspberry-pi/>, zuletzt geprüft am 25.06.2020.

Richard Lackes, Markus Siepermann (2018): Definition IoT. Hg. v. Springer Gabler | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. Online verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/internet-der-dinge-53187/version-276282>, zuletzt geprüft am 09.08.2019.

Techopedia (2019): Definition System on a Chip. Hg. v. Techopedia. Online verfügbar unter <https://www.techopedia.com/definition/702/system-on-a-chip-soc>, zuletzt geprüft am 13.08.2019.

Weindl, Stephanie; Schubel, Alexander; Schneider, Markus (2019): Regelbasiertes Assistenzsystem zur Logistikplanung. In: ZWF 114 (5), S. 260–263. DOI: 10.3139/104.112078.



Kollaborative und adaptive Prozessmodellkonstruktion mithilfe von ADAMO

## 2. Intelligent-kooperative Materialflusssysteme – Prozessautomatisierung von Logistikprozessen



Bäuml, Stephanie; Hilpoltsteiner, Daniel

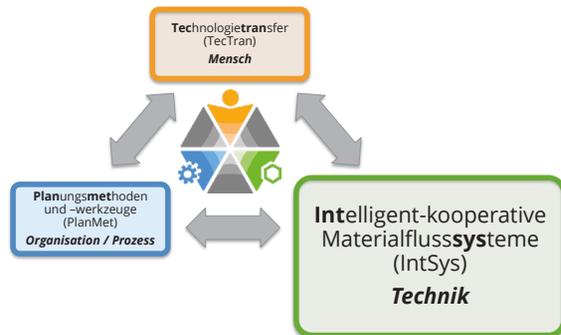


Abbildung 1: Einordnung von IntSys in das Projektgefüge

Im Teilprojekt „Intelligent-kooperative Materialflusssysteme“ (Abbildung 1) lag der Fokus auf der Vermittlung neuer Technologien an die beteiligten Unternehmen und der Modellierung der Geschäftsprozesse. Dazu wurden im Arbeitskreis „Intelligente Logistiksysteme“ verschiedene Technologien für Materialbereitstellungsprozesse und deren Logistikplanungsprozesse in der Produktionslogistik behandelt. Zudem wurde auf den Bereich der Informationsmodellierung, speziell im Bereich der Geschäftsprozessmodellierung eingegangen.

Im Arbeitspaket IntSys AP I2 wurde der Fokus auf Logistikplanungsprozesse in der Materialbereitstellung gelegt. Insbesondere die regelbasierten Logistikplanungsprozesse, die Auslegungs- und Steuerungslogiken folgen und deshalb für eine Automatisierung besonders geeignet sind, standen im Fokus der kooperierenden Unternehmen. Dafür wurden im ersten gemeinsamen Projekt die Kommissionierprozesse bei den kooperierenden kleinen und mittelständischen Unternehmen analysiert, auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede untersucht und die Varianten als adaptives Informationsmodell in BPMN 2.0 (Business Process Model and Notation) modelliert. Das Ergebnis wurde in einem gemeinsamen Beitrag auf der KMIS 2018 und der Projektbroschüre 2018 publiziert.

In einem zweiten Projekt wurde der regelbasierte Logistikplanungsprozess, einer gemeinsamen verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellung analysiert, durch Experteninterviews mit den kooperierenden Projektpartnern evaluiert und in BPMN 2.0 dokumentiert. Mit Hilfe von DMN (Decision Model and Notation), einem Notationsstandard für Entscheidungsregeln in Geschäftsprozessen, wurden die Auslegungs- und Steuerungslogiken in das Modell integriert. Anschließend wurde dieser regelbasierte Logistikplanungsprozess als ausführbarer Workflow implementiert. Die Ergebnisse wurden in der KMIS 2019 und in der Industrie 4.0 publiziert.

Gleichzeitig wurde festgestellt, dass den Unternehmen kein Vorgehensmodell bekannt war, um Prozesse zu modellieren und zu automatisieren. Dazu wurde von den wissenschaftlichen Mitarbeitern des Teilprojektes IntSys ein bereits bekanntes Vorgehen adaptiert und im Rahmen eines Workshops auf dem Digital Tag 2019 an die Unternehmen vermittelt.

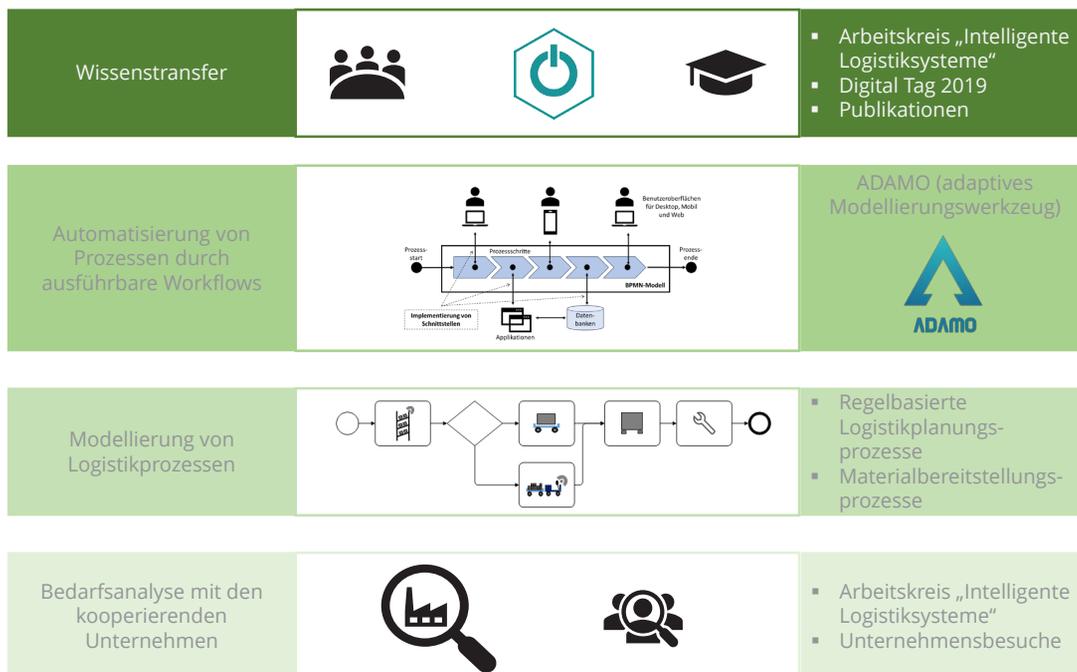


Abbildung 2: Vorgehen zur Wissensvermittlung im Teilprojekt „Intelligent-kooperative Materialflusssysteme“

Im Rahmen des Arbeitspakets IntSys AP I1 wurde ein Softwarewerkzeug zur (semi-) automatischen Generierung von Logistikplanungsprozessen entwickelt, welches die Bedarfe der Unternehmen an ein solches Softwarewerkzeug erfüllt. Primär wurde dabei festgestellt, dass den meisten kleinen und mittelständischen Unternehmen Standardmodellierungssprachen nicht geläufig sind und Nachholbedarf bei der Geschäftsprozessdokumentation besteht. Konkrete Anforderungen an das Softwarewerkzeug waren die Möglichkeit zum Erlernen der Notation der Modellierungssprache, die Möglichkeit zum gemeinsamen (kollaborativen) Arbeiten und der Verwaltung verschiedener Prozessvarianten.

In Abbildung 2 ist das Vorgehen zur Wissensvermittlung im Teilprojekt „Intelligent-kooperative Materialflusssysteme“ beschrieben. Im gesamten Projektverlauf wurde darauf geachtet, die Logik für den Aufbau zur Prozessautomatisierung in Logistik(-planungs)prozessen an die kooperierenden kleinen und mittelständischen Unternehmen in den Arbeitskreisen „Intelligente Logistiksysteme“, durch Publikationen und in Workshops, wie zum Beispiel auf dem Digital Tag 2019, zu vermitteln. Wir bedanken uns für die aktive Teilnahme unserer Kooperationspartner.

## 2.1 ADAMO – toolunterstützt die Prozessmodellierung erlernen und kollaborativ Prozessmodelle konstruieren

Hilpoltsteiner, Daniel; Seel, Christian (†)

Im Rahmen des Teilprojekts „Intelligent-kooperative Materialflusssysteme“ wurde das Softwarewerkzeug ADAMO (ADaptives MOdellierungswerkzeug) entwickelt, mit dem es Mitarbeitern eines Unternehmens möglich ist, die Geschäftsprozesse im Bereich Produktion und Logistik zu modellieren und damit zu dokumentieren. Der besondere Mehrwert von ADAMO ist hierbei die Externalisierung des Wissens der Mitarbeiter, damit diese sich vor allem auf die Weiterentwicklung der Modelle und Entscheidungsregeln fokussieren können. In diesem Beitrag werden das Softwarewerkzeug und die Motivation dahinter näher vorgestellt. Dabei kann das Problem des Variantenmanagements gelöst werden, indem auf die adaptive Modellierung durch konfigurierbare Modelle zurückgegriffen wird. Des Weiteren ermöglicht das Werkzeug eine kollaborative Modellkonstruktion auf verschiedenen Endgeräten gleichzeitig. Falls Mitarbeiter mit der Standardmodellierungssprache BPMN 2.0 nicht vertraut sind, kann dies durch ein Tutorial erlernt werden. Zudem wird auf die Konzeption und Implementierung eingegangen und dargelegt, warum bestimmte Technologien ausgewählt wurden. Mit dem Fokus auf quelloffene Software und Hardware sowie der Veröffentlichung aller Bestandteile der Software selbst wird versucht, eine breite Basis für zukünftige Entwicklungen zu etablieren.

### Motivation und Hintergrund

Im Teilprojekt „IntSys AP I1“ lag über die Projektlaufzeit hinweg der Fokus auf der Entwicklung eines Softwarewerkzeuges zur semi-automatischen Generierung von unternehmensspezifischen Produktionslogistikprozessen. Dies soll durch die Externalisierung von Wissen des Logistikplaners geschehen. Ziel ist, dass eben jener sich auf die Weiterentwicklung von Referenzmodellen und Entscheidungsregeln konzentrieren kann. Zu Projektbeginn konnte mithilfe eines Fragebogens der Stand der Unternehmen aufgenommen werden. Dabei konnte jedoch festgestellt werden, dass die Geschäftsprozessmodellierung trotz ihrer Etablierung noch nicht in der breiten Masse Anwendung in den Unternehmen gefunden hat. Vielmehr konnte man den Eindruck gewinnen, dass die Digitalisierung von Unternehmensabläufen und deren Optimierung wenig ausgeprägt sind.

Für die Dokumentation eines Prozesses gibt es viele Darstellungsformen. So kann dies in einfacher Textform über graphische Darstellungen erfolgen. Besonders sinnhaft ist die unternehmensweite einheitliche Verwendung von standardisierten Notationen (einfacher gesagt: Darstellungsformen). Die Darstellung eines Prozessablaufs mit Standardformen aus Microsoft Visio ist zwar ein Anfang und reicht in vielen Situationen bereits im Rahmen einer Zertifizierung aus, jedoch bietet diese außer der reinen bildlichen Darstellung keinerlei Mehrwert. Wünschenswert wäre es, wenn man ein konstruiertes graphisches Prozessmodell auch an anderen Stellen weiterverwenden und sogar automatisieren kann. Standardmodellierungssprachen wie beispielsweise die ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK) oder die Business Process Model and Notation 2.0 (BPMN) gehen diesen Weg. Vor allem letztere bietet durch die Standardisierung als ISO Norm (ISO/IEC 19510:2013) große Vorteile, da eine breite Masse an Softwareherstellern diese unterstützt. Konkreter bedeutet dies, dass die Lösungen von Softwareherstellern austauschbar sind und man sich nicht fest an ein Produkt eines Herstellers bindet, sondern lediglich an den Modellierungsstandard.

Allerdings gibt es auch bei der Modellierung von Prozessen mancherorts Hindernisse und Herausforderungen. Wie geht man zum Beispiel vor, wenn man mehrere Varianten eines im Großen und Ganzen sehr ähnlichen Prozesses hat? In anderen Fachbereichen würde man hier vermutlich eine

Kopie anlegen und diese unter einem anderen Namen abspeichern. Das führt aber langfristig zu Problemen, die sich in der Konsistenz der Prozessmodelle widerspiegeln. So kann es durchaus passieren, dass bei einer Aktualisierung eines Prozesses nicht alle Varianten geändert werden oder es durch manuelle Änderungen zu Fehlern kommt. Die Wissenschaft bietet hier inzwischen verschiedene Lösungen an, die sich von der Modellierung mehrerer Varianten in einem gemeinsamen Modell bis hin zu komplexen mathematischen Operationen zur Erstellung eines Modells aus verschiedenen Teilmodellen erstrecken. Jede dieser Lösungen ist für bestimmte Anwendungsszenarien mal mehr oder auch weniger geeignet. Für kleine und mittelständische Unternehmen ist eine optimierte Form des erstgenannten Ansatzes aufgrund der geringeren Komplexität ein realisierbarer Weg. Im Verlauf des Projektes wurde klar, dass oftmals das Wissen über einen Prozess nicht nur bei einer einzigen Person liegt, sondern sich das Wissen über viele Köpfe verteilt. Deshalb wurden weitere Funktionen wie ein Benutzer-, Rechte- und Rollenmanagement implementiert. Ziel war es, jedem Mitarbeiter in einem Unternehmen einen eigenen Zugang zur Anwendung zu ermöglichen und auch die Zugriffe auf Prozessmodelle auf bestimmte Nutzergruppen einzugrenzen. Nicht jeder Mitarbeiter oder jede Abteilung sollte tatsächlich Zugriff auf alle Prozessmodelle haben und diese verändern können.

Gleichzeitig ergab sich hierbei der Bedarf, mit mehreren Benutzern gleichzeitig ein Modell weiterzuentwickeln. Deshalb wurde eine Möglichkeit geschaffen, dass mehrere Personen zeitgleich an einem Modell arbeiten können. Dazu wurden verschiedene Funktionalitäten hinzugefügt. Zeitgleich bedeutet dabei, dass Änderungen zeitnah an alle beteiligten Personen verteilt werden, damit darauf reagiert werden kann und am gemeinsamen Modell weitergearbeitet werden kann. Dadurch kommt die Fachexpertise der Mitarbeiter in der Prozessdokumentation voll zur Geltung. Der Vorteil der BPMN 2.0 hier ist, dass sie als Bindeglied zwischen Fachexperten und Softwareentwicklern konzipiert wurde und es daher insbesondere den Fachexperten möglich ist, die Notation anzuwenden.

Allerdings gilt es auch festzuhalten, dass die Modellierungssprache erst erlernt werden muss, um sie korrekt anzuwenden. Häufig werden diese Kenntnisse im Rahmen von kostenintensiven Workshops vermittelt. Da diese Kosten vor allem für kleine und mittelständische Unternehmen stark ins Gewicht fallen, hat man sich bei der Entwicklung des Softwarewerkzeuges auch darauf fokussiert, die Modellierungssprache selbst zu vermitteln. Daher wurde eine Komponente konzipiert und implementiert, die es ermöglicht, die Modellierungssprache BPMN 2.0 schrittweise zu erlernen. Dies ist je nach Kenntnisstand des Mitarbeiters und seiner Funktion im Unternehmen individuell.

Alle aufgelisteten Erkenntnisse wurden genutzt, um ADAMO zu entwickeln, dass es optimal für die Unternehmen einsetzbar ist. Deshalb wurden zu Beginn Anforderungsanalysen durchgeführt und die Ergebnisse iterativ in den Prototypen integriert (Hilpoltsteiner et al. 2018b; Hilpoltsteiner et al. 2019). Über die Projektlaufzeit hinweg wurde ADAMO immer vielfältiger in seiner Funktionalität und stabiler in der Anwendung.

### Open Source und Open Hardware als Basis

Im Rahmen des Projektes wurde eine Lösung erarbeitet, die sich aus verschiedenen Gründen vor allem für kleine und mittelständische Unternehmen anbietet. Denn in vielen Gesprächen mit den beteiligten Unternehmen des Technologietransferprojektes wurde deutlich, dass diese unter dem Fachkräftemangel im IT-Bereich leiden. Dadurch steht und fällt natürlich jegliche Möglichkeit der Modellierung und Automatisierung. Deshalb wurde bei der Entwicklung des Modellierungswerkzeuges viel Wert auf offene Standards und die einfache Integration in die Unternehmen gelegt. Dazu wurden bereits vor Projektbeginn Studien durchgeführt, welche kostenlosen und quelloffenen Modellierungswerkzeuge existieren (Seel et al.

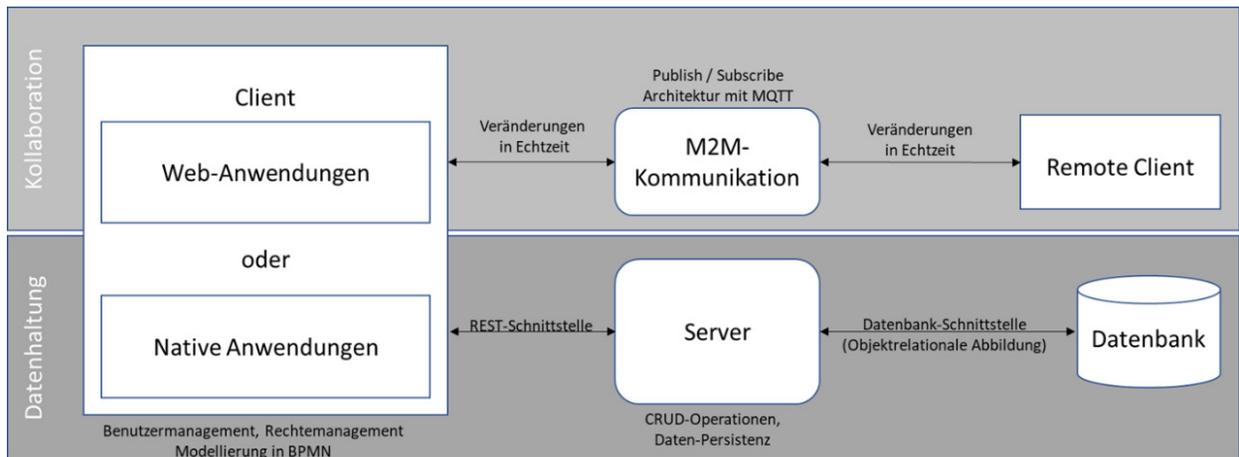


Abbildung 1: Architektur der Anwendung und Kommunikationsebenen

2016). Kostenlos, quelloffen und auf Unternehmen anpassbar sollte das Modellierungswerkzeug werden, damit keine Kosten für die Nutzung anfallen und Weiterentwicklungen oder auch Verbesserungen einer breiten Masse an Unternehmen zugänglich gemacht werden können.

Durch die Nutzung von Open Source Bibliotheken fallen für die Unternehmen auch keine Lizenzierungskosten an. Dabei fiel die Wahl auf bpmn-js (zu finden unter <https://github.com/bpmn-io/bpmn-js>), welches von einer deutschen Firma aus Berlin entwickelt und bereitgestellt wird. Die Lizenz, unter der diese bereitgestellt wird, ist eine erweiterte Version der quelloffenen MIT-Lizenz. Die Erweiterung besteht darin, dass das Logo der Firma mit in das Softwarewerkzeug integriert werden muss, aber ansonsten frei verwendbar ist. Die Bibliothek wird in der Programmiersprache JavaScript entwickelt. Diese eignet sich besonders für die Entwicklung von Webseiten oder andere Web-Applikationen. Gleichzeitig ist sie die am weitesten verbreitete Programmiersprache weltweit (vgl. <https://insights.stackoverflow.com/survey/2019#technology>, <https://octoverse.github.com/>) und wird stetig weiterentwickelt. So eignet sich JavaScript besonders für plattformunabhängige Projektrealisierungen, da zum einen von jedem Betriebssystem ein Browser geöffnet werden kann, aber gleichzeitig auch die Möglichkeit besteht, spezielle Artefakte für ein Betriebssystem zu erzeugen. So gibt es auch verschiedene Frameworks, die eine Entwicklung in dieser Sprache erleichtern. Für die Weboberfläche, mit der der Anwender interagiert, wurde dafür das von Google quelloffen zur Verfügung gestellte Framework Angular verwendet. Dieses ist in der Entwicklerszene stark verbreitet und wird auch stetig weiterentwickelt und optimiert. Darauf aufbauend wurde auch die Möglichkeit geschaffen, eine Version des Modellierungswerkzeuges für ein bestimmtes Betriebssystem als ausführbares Programm auszuliefern. Dafür wurde ein Tool namens Electron verwendet, welches eine interoperable Nutzung von Programmteilen erlaubt, indem es die Anwendung in das jeweilige Dateiformat, das ein Betriebssystem benötigt, überführt. So entsteht für Windows beispielsweise eine ausführbare .exe-Datei, für macOS eine .app-Datei und für Linux Systeme das jeweilige Paketformat.

Sowohl in der Weboberfläche als auch am Server wurde viel Wert auf die Modularisierung der einzelnen Bestandteile gelegt. Das bedeutet, dass einzelne Aufgaben des Modellierungswerkzeug gekapselt werden, um Abhängigkeiten klar zu definieren und Schnittstellen anzubieten. Vor allem für Entwickler, die sich in die Thematik später einarbeiten, führt dies zu einer besseren Nachvollziehbarkeit der Zusammenhänge und generell zu mehr Transparenz. Aus diesem Grund wurde am Server nach ersten Implementierungen mit express.js, einem kostenlosen JavaScript Server, die Weiterentwicklung mit NestJS forciert. Dieses fokussiert sich verstärkt auf die modulbasierte Implementierung von einzelnen Funktionen.

### Eine moderne skalierbare Softwarearchitektur

Als Architektur für das Modellierungswerkzeug wurde ein Client-Server-System definiert. Um dem Benutzer das Arbeiten auf verschiedenen Geräten wie iPads, Android-Tablets oder Linux/Windows-PCs auszuermöglichen, wurde eine JavaScript-Oberfläche implementiert. Diese ist das zentrale Interaktionselement für den Benutzer, da dieser nicht selbst auf den Server oder die Datenbank zugreift. Diese Kommunikation passiert im Hintergrund, wenn ein Nutzer eine Aktion in der Benutzeroberfläche ausführt. Allerdings hat nicht jeder Nutzer dieselben Rechte in der Oberfläche und sieht deswegen unter Umständen mal mehr oder weniger als andere Benutzer. Man kann die Nutzergruppen ganz einfach in normale Anwender oder Administratoren unterscheiden. Die Benutzerverwaltung wird durch einen Server ermöglicht, der mit einer relationalen Datenbank verbunden ist. Verschiedene Rollen mit unterschiedlichen Rechten sind bereits vordefiniert. So können die Administratoren entscheiden, welcher User bestimmte Modelle sehen, ändern und löschen darf. Darüber hinaus ermöglicht die Serverkomponente die Versionierung der Prozessmodelle und deren Speicherung in der Datenbank (siehe Abbildung 1). An dieser Abbildung ist auch schon erkennbar, dass mehrere Nutzer gleichzeitig an einem Modell arbeiten können. Deshalb gibt es die Kollaborationsebene, um den Echtzeit-Datenaustausch zwischen verschiedenen Client-Anwendungen zu ermöglichen. Diese M2M-Kommunikation (Machine to Machine) basiert auf dem offenen MQTT-Protokoll und folgt dem Publish-Subscribe-Muster. Jedes Prozessmodell erhält darin ein eigenes „Topic“. Man kann dies ein wenig damit vergleichen, als würde man einen Kunden in die Kartei aufnehmen und bei neuen Angeboten über einen Newsletter informieren. Benutzer erhalten alle Echtzeitänderungen am Modell, sobald dieses geöffnet wird, da sich die Web-Anwendung auf dem zugehörigen Topic am MQTT-Server registriert. Bei jeder Änderung im Informationsmodell wird die Information über das Topic versendet, und alle Abonnenten erhalten eine Nachricht mit allen notwendigen Daten. Diese Interaktion ist in der rechten Hälfte von Abbildung 1 dargestellt. Die Änderungen auf der M2M-Kommunikationsebene werden nicht in der Datenbank gepflegt. Hierfür existiert eine eigene Funktionalität, die den aktuellen Zustand des Modells an den Backend-Server (Datenhaltungsschicht) überträgt, um die Änderungen in der Datenbank zu pflegen. Zum einen wird dadurch eine Verwirrung in der Versionierung ausgeschlossen, gleichzeitig wird aber auch die Datenbank entlastet. Die letzte Version, die auf der Kollaborationsebene entstand, wird jedoch gesondert vorgehalten.

Aufgrund dessen, dass ADAMO auf einer Client-Server-Architektur besteht, muss – wie bereits erwähnt – zusätzlich zu der Oberfläche im Web-Browser auch zusätzlich ein Server betrieben werden. Die meisten Unternehmen wünschen sich dabei eine Lösung, bei der die Daten nicht das Unternehmen verlassen. Zugleich wurde im Verlauf des Projektes die Problematik

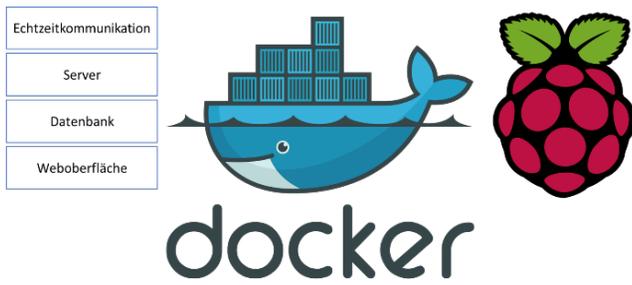


Abbildung 2: Einzelne Module der Anwendung als Container die auf einem Raspberry Pi ausgeführt werden können

in der Heterogenität der IT-Landschaft der beteiligten Unternehmen festgestellt. Die Entwicklung eines Modellierungswerkzeuges, welches in allen Unternehmen trotz unterschiedlicher IT-Infrastruktur einsetzbar ist, war deshalb besonders interessant. Besonders wollen Netzwerkadministratoren auch nicht, dass man auf den existierenden Servern eine Software betreibt, die sich während der Projektlaufzeit im Entwicklungsstadium befindet und daher stetigen Änderungen unterliegt.

Die verwendete Lösung basiert auf einem Open-Source-Werkzeug namens Docker. Dieses erlaubt einzelne Bestandteile von Anwendungen zu isolieren und als Container (den man sich vereinfacht als einen kleinen virtuellen Computer vorstellen kann) bereitzustellen. In Abbildung 2 ist der Aufbau skizziert. Auf der linken Seite befinden sich die einzelnen Bestandteile der Architektur von ADAMO. Diese werden als einzelne Container über Docker bereitgestellt. Im Fall von ADAMO existieren einzelne Container für die Weboberfläche, den Server, die Datenbank oder die Komponente zur Echtzeitkommunikation. Der Vorteil hier ist, dass alle Container voneinander unabhängig betrieben werden können und keine ungewollten Seiteneffekte hervorrufen können. Zugleich ist es möglich, die Anzahl der Container mit der Unternehmensgröße skalieren zu lassen, falls das Unternehmen stark wächst. Der einheitliche Standard bei Docker Containern ermöglicht es zudem, dass ein Container auf mehreren verschiedenen Betriebssystemen und unabhängig von der verwendeten Hardware ausgeführt werden kann. So ist es egal, ob der Container auf einem Minicomputer wie einem Raspberry Pi oder einem Server in einer Serverfarm ausgeführt wird.

Die Nutzung eines Raspberry Pi als prototypische Umsetzung bietet dabei verschiedene Vorteile. So sind diese Geräte sehr portabel und kostengünstig in der Beschaffung. In der Regel bieten sie auch genügend Leistung zum Betreiben kleiner IT-Infrastrukturen. Ein besonderer Vorteil ist dabei, dass alle Daten im Unternehmen gespeichert und nicht in einer Cloud oder bei einem anderen Anbieter hinterlegt werden. Im Falle des Projektes lässt sich ein Raspberry Pi initial mit ADAMO in verschiedenen Docker Containern aufsetzen und mit zu den Unternehmen transportieren. Es genügt, vor Ort den Raspberry Pi ans Stromnetz und mit einem Netzkabel zu verbinden. Das Einzige, was unternehmensseitig sichergestellt werden muss, ist, dass der Raspberry Pi aus dem Netzwerk adressierbar ist. Über die IP-Adresse können die Nutzer über bereitgestellte Demo-Accounts den Umgang mit ADAMO erlernen.

### BPMN 2.0 erlernen

In vielen Gesprächen mit Unternehmen wurde festgestellt, dass Modellierungsnotationen und deren Gebrauch weitestgehend unbekannt sind. Da aber die Geschäftsprozessmodellierung, vor allem auch bei konfigurierbaren Prozessmodellen in ADAMO, ein Modellierungsverständnis voraussetzt, wurde die Funktionalität dahingehend erweitert.

Langfristig gesehen sind Schulungen zur Erlernung der BPMN 2.0 oder auch anderen Modellierungsnotationen kostenintensiv. Die Preise beginnen hier ab 700 Euro pro Person pro Tag und reichen bis 1.700 Euro pro

Person pro Tag. Um den Einstieg zu erleichtern und den Unternehmen des Projekts Kosten zu sparen, wurde deshalb eine Tutorial-Komponente für die spezifischen Bedürfnisse von kleinen und mittelständischen Unternehmen konzipiert und implementiert. Diese ist zudem mehrsprachig nutzbar.

Damit jeder Nutzer eine Selbsteinschätzung treffen kann, wird zu Beginn ein Quiz aufgerufen. In diesem sind Fragen verschiedener Schwierigkeitsstufen integriert. Je nach Ergebnis wird dem Nutzer optional eine geeignete Kategorie vorgeschlagen, die vom Schwierigkeitsgrad seinem Wissen entspricht. In Abbildung 3 ist ein grober Überblick über den grafischen Aufbau dargestellt. Die einzelnen Level Beginner, Fortgeschrittener oder Profi, können sowohl in der gegebenen Reihenfolge als auch in einer eigens gewählten Reihenfolge absolviert werden.

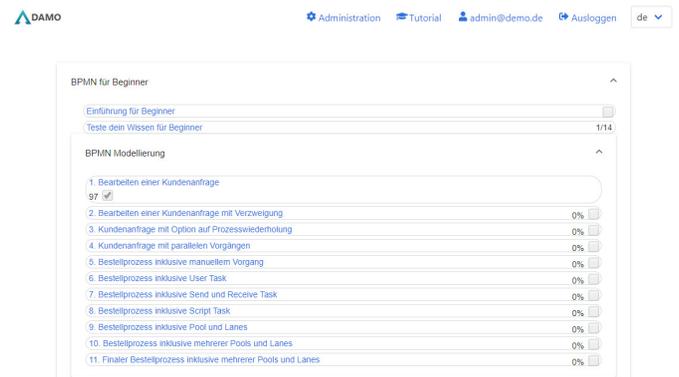


Abbildung 3: Übersicht der Tutorial-Komponente, die sich in Aufgaben für Anfänger, Fortgeschrittene und Profis gliedert

Jedes Tutorial besteht dabei aus einer Einführung, einem Fragebogen und einer Übung. In der Einführung werden zunächst Grundlagen erläutert und relevante Elemente und deren Bedeutung vorgestellt. Das zu lernende Element wird, wie in Abbildung 4 angezeigt, benannt, erklärt und an einem kleinen Beispiel dargestellt. Damit erlangt der Nutzer bereits einen ersten Eindruck, was das Element bedeutet, wann man es benutzt und vor allem wie es eingesetzt werden kann. Die Informationen dazu wurden aus der relevanten Literatur zusammengetragen und aufbereitet. Nachdem die Einführung abgeschlossen ist und der Nutzer mit den benötigten Notationselementen vertraut ist, kann er sein erlerntes Wissen unter



Abbildung 4: Beispiel einer Einführung in ein Notationselement

Beweis stellen (vgl. Abbildung 5). Der Fragebogen im Anfänger-Tutorial umfasst dabei zum Beispiel 14 Fragen. Die Fragen sind auf das Niveau des Nutzers angepasst und er erhält ein Feedback, ob seine Antworten korrekt waren. In Abbildung 6 ist eine solche Aufgabe dargestellt. Sie besteht in der Regel aus einer Frage, dem Notationselement, auf das sich die Frage bezieht und mehreren Antwortmöglichkeiten. Derzeit sind die Fragen sowohl in Deutsch als auch in Englisch verfügbar.



Abbildung 5: Beispiel einer Testfrage aus dem Fragebogen

Als letzten Teil des Tutorials entwickelt der Nutzer, auf Basis von Textaufgaben ein eigenes Modell, welches über die verschiedenen Aufgaben hinweg weiterentwickelt wird und an Komplexität gewinnt (vgl. Abbildung 6). Das Modell wird nach jedem Schritt validiert und dem Nutzer wird mitgeteilt, worin Unterschiede zwischen seinem Modell und einer korrekten Lösung liegen. Besonders durch diese praktische Komponente vertieft sich das Verständnis des Nutzers. Durch die Wahl eines möglichst realitätsnahen Beispiels sollte eine Übertragbarkeit auf Geschäftsprozesse in den Unternehmen gewährleistet werden.

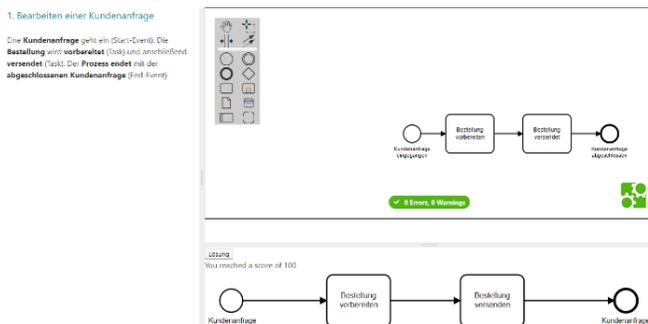


Abbildung 6: Modellierungsaufgabe mit Aufgabenstellung (links), Modellierungsbereich (oben rechts) inklusive Live-Feedback zur Korrektheit, sowie einem Validierungsbereich (unten rechts)

Nach dem Abschluss des jeweiligen Tutorials sieht der Nutzer wie viele Punkte er in den Aufgaben gesammelt hat (zu erkennen in Abbildung 3 an Aufgabe 1) und kann diese je nach Bedarf auch jederzeit wiederholen. Bei Bedarf kann aus dieser Punktzahl auch eine Rangliste generiert werden, mit deren Hilfe sich Mitarbeiter, die an der Modellkonstruktion beteiligt sind, messen können. Natürlich ist diese Implementierung nicht vergleichbar mit einer intensiven personenindividuellen Einzelschulung. Allerdings hilft es beim Verständnis der Grundlagen und gibt einen Einstieg in die Modellierung. Vor allem für kleine und mittelgroße Unternehmen können so die Kosten für den Einstieg in die Modellierung von Geschäftsprozessen reduziert werden.

### Das verteilte Wissen der Mitarbeiter nutzen – Kollaboration

Bei Recherchen über die Dauer des Projekts hinweg konnte oftmals festgestellt werden, dass sich das Prozesswissen nicht bei einer Person allein befindet. Es verteilt sich viel mehr über die Köpfe verschiedener Mitarbeiter hinweg, die zusammen ein ausgeprägtes Prozessverständnis aufweisen. Diese sind jedoch häufig nicht in der Lage, formal zu beschreiben wie ein Prozess in BPMN 2.0 modelliert wird. Mithilfe des Tutorials wurde hier bereits entgegengewirkt, um die Mitarbeiter zu befähigen. Vor allem in der Skalierung in der Befähigung mehrerer Mitarbeiter zeigt dieser Ansatz nochmal deutliche Kostenvorteile. Des Weiteren könnte man aus den Ergebnissen bei Bedarf eine Tabelle generieren und zum Beispiel den besten

Prozessmodellierer einer Abteilung bestimmen. Eine weitere Verbesserung der Situation ist, wenn mehrere Mitarbeiter zeitgleich an einem Prozessmodell arbeiten können und dieses zusammen weiterentwickeln. So kann bei kurzfristigen Änderungen am Prozess schnell durch einen Mitarbeiter ein Vorschlag für eine Aktualisierung des Modells eingebracht werden. Gleichzeitig kann sich daraus auch eine höhere Identifikation der Mitarbeiter mit einem Geschäftsprozess ergeben (Hilpoltsteiner et al. 2018c). Ein weiterer Vorteil ist die kollektive Intelligenz der Mitarbeiter, welche sich laut SUROWIECKI durch Aspekte wie Meinungsvielfalt, Unabhängigkeit und Dezentralität innerhalb einer Gruppe oder Crowd auszeichnet (Surowiecki 2004). Konkret formuliert entstehen die besten Entscheidungen durch die Vielfalt von Sichtweisen der kollektiven Intelligenz auf eine Aufgabe anstatt durch Konsens oder Kompromisse.

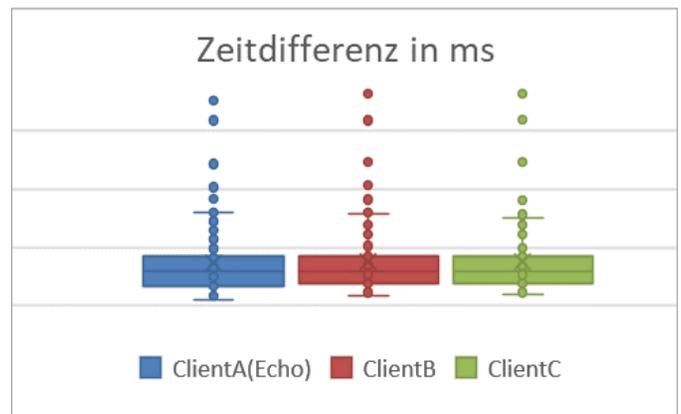


Abbildung 7: Messergebnisse bei der kollaborativen Modellierung über verschiedene Computer

Deshalb wurde mithilfe des MQTT (Message Queuing Telemetry Transport<sup>1</sup>)-Protokolls eine Funktionalität bereitgestellt, mit der mehrere Benutzer zeitgleich an einem Modell arbeiten können. Da hierdurch eine synchrone Kollaboration während der Modellerstellung ermöglicht wird, liegt es nahe, dass die verschiedenen Nutzer auf ihren Geräten auch zeitnah den aktuellen Stand des Modells sehen können. Hilpoltsteiner et al. (2020) beschreibt die Anforderungen, Konzeption und Implementierung einer geeigneten Architektur. Dabei wurde auch getestet, unter welchen Bedingungen ein kollaboratives Modellieren möglich ist. Für ein Szenario mit drei gleichzeitig modellierenden Nutzern ergab sich im Mittel eine Latenzzeit der Aktualisierung von etwa 150 Millisekunden, was etwa vergleichbar mit einem Wimpernschlag ist (vgl. Abbildung 7). Getestet wurde in diesem Kontext auch, wie es sich verhält, wenn sich die Anwender nicht im selben Netzwerk befinden und sich beispielsweise ein Nutzer im mobilen Netzwerk mit eher mäßigem Empfang befindet. Dabei konnte festgestellt werden, dass es bis zu einer Sekunde dauern kann, bis es zu einer Aktualisierung am Modell kommt. Das kann, wenn mehrere Nutzer zeitgleich Änderungen an einem Modell vornehmen wollen, unter Umständen schon zu negativen Erfahrungen führen. Eine Verbesserung der Situation könnte die Reduzierung der zu übertragenden Informationen im MQTT-Protokoll führen, allerdings war dies bisher nicht möglich zu implementieren.

Wichtig ist bei der kollaborativen Modellkonstruktion jedoch auch, wer alles gemeinsam an einem Modell arbeitet. Aus diesem Grund wurde eine Anzeige implementiert, welche es ermöglicht, alle kollaborierenden Mitarbeiter auf einem Modell während der Konstruktion zu sehen. Eine Funktion, die an dieser Stelle in Zukunft möglicherweise noch implementiert wird, ist zu sehen, wo in einem Modell (vor allem relevant bei größeren Modellen) sich ein anderer Nutzer befindet, um sich nicht in die Quere zu kommen.

<sup>1</sup> <https://mqtt.org/>

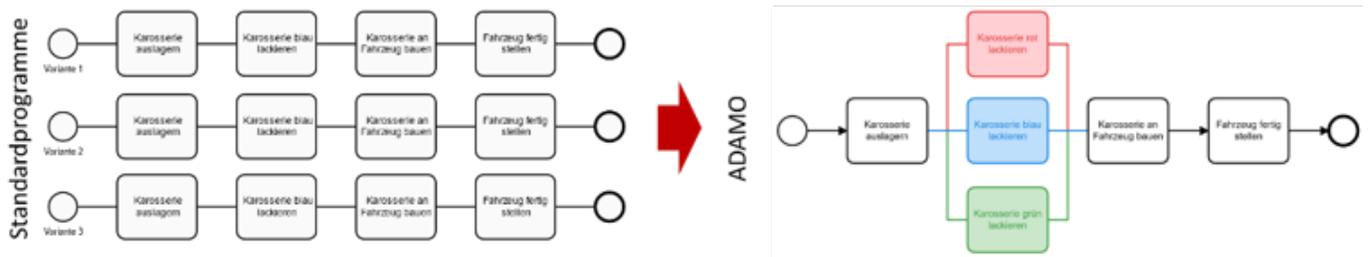


Abbildung 8: Skizzierter Unterschied zwischen traditioneller und adaptiver Modellierung

### Die Kunst des Umgangs mit Prozessvarianten

Informationsmodellierung ist ein Standardinstrument der Wirtschaftsinformatik, das häufig zur Modellierung von Prozessen und Unternehmensdaten verwendet wird (Seel 2010). Gängige Modellierungssprachen, wie BPMN 2.0 und EPK, wurden erweitert, um Prozessvarianten zu ermöglichen (Rosemann et al. 2008; Rosemann und van der Aalst 2007). Es mangelt jedoch an Modellierungswerkzeugen, die diese Funktionalität implementieren. Konkrete Probleme treten in der Praxis bei der Verwaltung von Prozessmodellvarianten auf. Dies zeigt sich z. B. in Branchen und Anwendungsbereichen wie Logistik, Projektmanagement (Timinger und Seel 2016) und Fahrzeugleasing für die Bank eines Automobilherstellers (Seel 2017). La Rosa et al. (2017) geben einen Überblick über bestehende Ansätze zur Modellierung von Prozessvarianten mittels adaptiver, konfigurierbarer Modelle. In der Regel werden konfigurierbare Modelle durch Hinzufügen oder Entfernen von Elementen angepasst.

Diese Funktionalität wurde in das Modellierungswerkzeug integriert und bereits näher in vorherigen Ausgaben dieser Broschüre thematisiert. Kurz zusammengefasst geht es darum, mehrere Varianten aus einem Geschäftsprozess, die überwiegend aus identischen Abläufen bestehen, zu einem gemeinsamen Modell zusammenzufassen. Die einzelnen Varianten können dann wieder extrahiert werden, indem man Einflussfaktoren an den Prozess in eine Konfigurationsmaske eingibt. Damit diese Extraktion funktioniert, müssen an den einzelnen Elementen des Modells Ausdrücke in Form von Termen hinterlegt werden, welche zu einem Ausdruck der booleschen Algebra terminieren. Das heißt, konkret den Wert wahr oder falsch annehmen. Elemente, deren Term den Wert wahr annimmt, verbleiben im Modell. Elemente deren Term den Wert falsch annimmt, werden ausgeblendet. Als Beispiel ist in Abbildung 8 dargestellt, wie traditionell drei sehr ähnliche Geschäftsprozessvarianten modelliert werden. Diese werden als adaptives Modell gemeinsam in einem einzigen Modell zusammengefasst. Die Einfärbung der Elemente geschieht mittels der hinterlegten Terme an den einzelnen Elementen.

In diesem Beitrag soll es mehr um die Ausgestaltung des Modellierungswerkzeuges gehen, also darum, was der Nutzer tatsächlich sieht und bedient. Zu Beginn wird der Anwender mit einer Login-Seite begrüßt, auf der er seine Anmeldedaten einträgt. Diese wurden zuvor von einem Administrator im System angelegt. Infolgedessen wird der Nutzer auf eine Übersichtsseite geleitet, auf der er die verschiedenen im System hinterlegten Informationsmodelle sehen oder je nach Berechtigung auch neue anlegen kann. Im unteren Bereich finden sich Modelle, die sich in den letzten Tagen häufig verändert haben und deswegen möglicherweise besonders relevant sind (vgl. Abbildung 9). Am oberen Bildrand befindet sich eine Navigationskomponente, welche zur Navigation zwischen verschiedenen Modellen genutzt werden kann. In ihr werden alle geöffneten Modelle angezeigt, und es existieren weitere Verlinkungen auf beispielsweise den Administrationsbereich oder das bereits vorgestellte Tutorial. Zudem kann sich der Benutzer über eine Schaltfläche aus dem Softwarewerkzeug abmelden.

In Abbildung 10 ist die Modellierungsoberfläche dargestellt, in der bereits ein Modell geöffnet ist. Dieses wurde im Rahmen des Projekts bei der Untersuchung von Prozessvarianten kleiner und mittelständischer Unternehmen aus dem Projekt erstellt. Das genaue Vorgehen bei der Erhebung und der Modellierung als adaptives Modell kann im Beitrag von Hilpoltsteiner et al. 2018a auf der KMIS (Knowledge Management and Information Sharing) nachgelesen werden. Im Modell wurden insgesamt fünf verschiedene Prozessvarianten in der Kommissionierung bei kleinen und mittelgroßen Unternehmen integriert.

Im oberen Bereich ist wieder der Navigationsbereich zu finden, der zu administrativen Zwecken genutzt wird. Dort ist in diesem Beispiel das Modell der adaptiven Kommissionier-Prozesse geöffnet. Wie im letzten Kapitel schon angemerkt, befindet sich hier auch die Oberfläche, auf der die kollaborierenden Nutzer ersichtlich werden. Der Modellierungsbereich selbst teilt sich in drei Teile: Elemente und Aktionen, Prozessmodellierungsbereich und der Bereich für Element- und Modelleigenschaften.

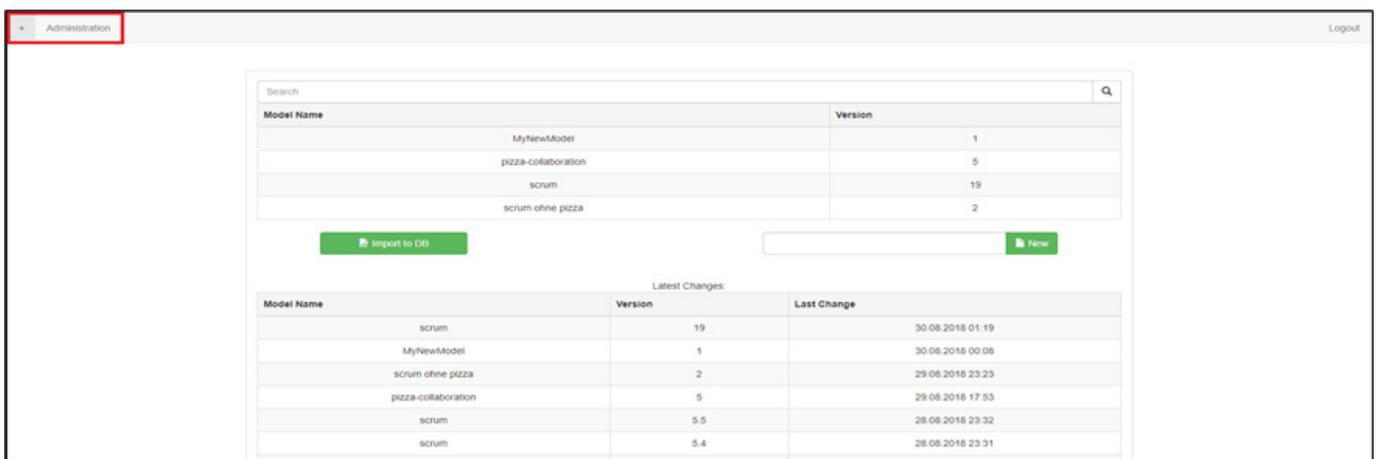


Abbildung 9: Übersichtsbereich des Modellierungswerkzeuges ADAMO

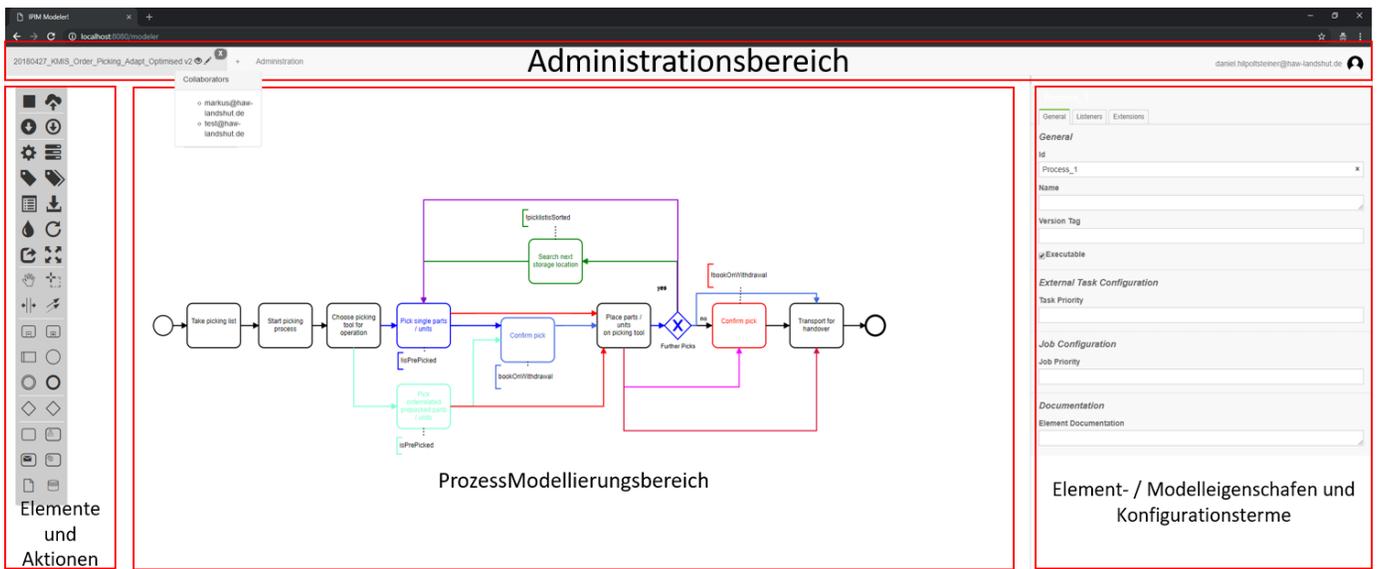


Abbildung 10: Übersicht des Modellierungsbereichs

Im erstgenannten Bereich finden sich alle Elemente und Aktionen, die für die Modellkonstruktion verwendet werden, sowie Elemente für die Speicherung und Auswertung des adaptiven Modells. Diese sind durch horizontale Linien voneinander abzugrenzen. Damit der Nutzer auch die Bedeutung der Symbole versteht, wird ein Text angezeigt, sobald er mit dem Cursor über einem Element innehält. Tatsächlich gibt es in der BPMN 2.0 viele weitere Notationselemente, allerdings wurde die Auswahl aus Komplexitätsgründen auf die Verwendung der wichtigsten Elemente reduziert. In der Mitte befindet sich der Modellierungsbereich, der für Modellkonstruktion verwendet wird. Hier können mit einem Mausklick neue Elemente hinzugefügt werden. Zusätzlich können die Elemente aus dem Bereich Elemente und Aktionen mittels Drag & Drop hereingezogen werden. Die Elemente zur Auswertung des adaptiven Modells verändern dieses in der Darstellung. So wurde zum Beispiel in der dargestellten Abbildung das Symbol „Einfärben“ (erste Spalte, sechstes Element von oben) verwendet, um die einzelnen Varianten und deren Konfigurationsterme sichtbar zu machen. Diese Ansicht ist hilfreich während der Validierung einzelner Varianten im Modell, um zu überprüfen, ob eine Variante schlussendlich auch extrahiert werden kann.

Der dritte Bereich findet sich auf der rechten Seite und beinhaltet alle Elementeeigenschaften. Das bedeutet, sobald ein anderes Element im Modell selektiert wird, ändert sich dieser Bereich auf die Werte des jeweiligen

Elements. Dort können der Name des Elements und seine Eigenschaften definiert werden. Hauptsächlich wird diese Anzeige genutzt, wenn es darum geht, das Prozessmodell technisch auszugestalten, sodass es auf einer Workflow-Engine ausführbar ist. In ADAMO findet sich im letzten Reiter namens „Extensions“ die Möglichkeit zur Eingabe der Konfigurationsterme.

Um von einem adaptiven Modell zur konkreten Prozessmodellvariante zu kommen, bietet ADAMO die Möglichkeit ein Prozessmodell mit definierten Parametern zu evaluieren. Daraus resultiert eine Prozessmodellvariante, die den Parametern entspricht (vgl. Abbildung 11). Die extrahierte Modellvariante kann im Anschluss heruntergeladen werden oder auf einer Workflow-Engine ausgeführt werden, da diese dem BPMN 2.0 Standard entspricht.

### Was die Zukunft bringt

Bisher wurde in ADAMO lediglich eine Funktion implementiert, um Daten auch auf eine Workflow-Engine wie beispielsweise der Camunda-Workflow-Engine hochzuladen. Diese kann zusätzlich als Docker Container gestartet werden und läuft dann parallel zu ADAMO. In ersten Tests war es auch möglich, die Modelle dort auszuführen. Allerdings sind Prozessmodelle aus den Unternehmen meist komplexer und erfordern die Implementierung von zusätzlichen Funktionen als eigene Software die koexistenz zum

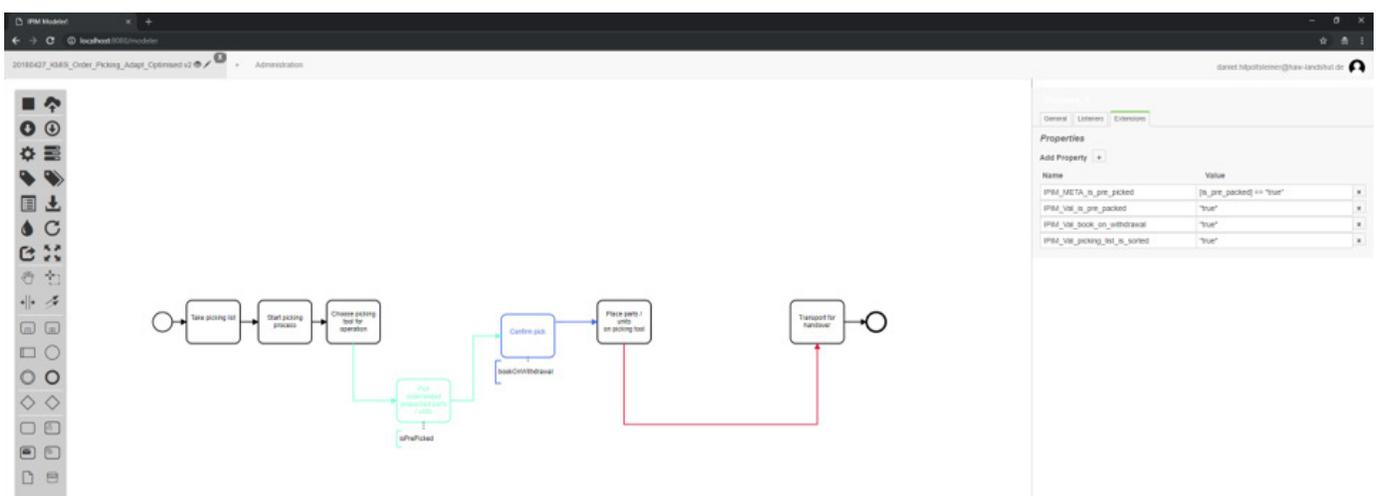


Abbildung 11: Modellierungsbereich mit dem Ergebnis einer extrahierten Prozessmodellvariante

Prozessmodell gepflegt wird. Dazu benötigen die Unternehmen jedoch zusätzliche Kapazitäten in Form von Mitarbeitern die nicht nur modellieren, sondern auch programmieren können. Nur dann kann auch der letzte Schritt über die Dokumentation der Prozesse hinaus in Richtung Prozessautomatisierung erreicht werden. Im Rahmen des Digital Tages am Technologiezentrum in Dingolfing wurde ein Workshop abgehalten, der ein Vorgehensmodell zur Erhebung und Automatisierung von Prozessmodellen beinhaltete. Dieser sollte den Unternehmen einen Leitfaden bieten, wie sie an die Digitalisierung und Automatisierung ihrer Prozesse herangehen.

#### Literaturverzeichnis

Hilpoltsteiner, Daniel; Bäuml, Stephanie; Seel, Christian (2018a): *Picking Process Variability in Small and Medium-Sized Enterprises. State of the Art and Knowledge Modeling*. In: *Proceedings of the 10th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management, 10th International Conference on Knowledge Management and Information Sharing*. Seville, Spain, 17.09.2018: SCITEPRESS – Science and Technology Publications, S. 120-127.

Hilpoltsteiner, Daniel; Schmidtnr, Markus; Seel, Christian (2019): *Prototypische Konzeption und Implementierung eines Softwarewerkzeugs zur Konstruktion adaptiver BPMN-Prozessmodelle*. In: *Landshuter Arbeitsberichte zur Wirtschaftsinformatik (Lab WI) (7)*, S. 1-48.

Hilpoltsteiner, Daniel; Schmidtnr, Markus; Seel, Christian; Timinger, Holger (2020): *Architektur und Entwicklung eines Modellierungswerkzeuges zur kollaborativen synchronen Konstruktion von BPMN-Modellen (Architecture and Development of a Modeling Tool for Collaborative Synchronous Construction of BPMN Models)*. In: *Judith Michael, Dominik Bork, Hans-Georg Fill, Peter Fettke, Dimitris Karagiannis, Julius Köpke et al. (Hg.): Companion Proceedings of Modellierung 2020 Short, Workshop and Tools & Demo Papers co-located with Modellierung 2020, Vienna, Austria, February 19-21, 2020, Bd. 2542: CEUR-WS.org (CEUR Workshop Proceedings)*, S. 5-12. Online verfügbar unter <http://ceur-ws.org/Vol-2542/MOD20-SP1.pdf>.

Hilpoltsteiner, Daniel; Seel, Christian; Dörndorfer, Julian (2018b): *Konzeption und Implementierung eines Softwarewerkzeuges zum Management von BPMN-Prozessvarianten*. In: *Rainer Hofmann und Wolfgang Alm (Hg.): Wissenstransfer in der Wirtschaftsinformatik. Fachgespräch im Rahmen der MKWI 2018. Aschaffenburg: Hochschule Aschaffenburg, Information Management Institut, S. 15-24.*

Hilpoltsteiner, Daniel; Seel, Christian; Dörndorfer, Julian (2018c): *Crowd-basierte Modellierung – Ein verteilter Ansatz zur Digitalisierung von Expertenwissen in Informationsmodellen*. In: *Thomas Barton, Frank Herrmann, Vera Meister, Christian Müller, Christian Seel und Ulrike Steffens (Hg.): Angewandte Forschung in der Wirtschaftsinformatik 2018. Tagungsband zur 31. AKWI-Jahrestagung vom 09.09.2018 bis 12.09.2018 an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg. 1. Auflage. Heide: mana-Buch, 114-123.*

Mithilfe von ADAMO können sie das auch realisieren, da es kostenfrei und quelloffen zur Verfügung gestellt wird. Die Weiterentwicklung von ADAMO wird seitens des Instituts für Projektmanagement und Informationsmodellierung angestrebt, da auch eine interne Verwendung, sowie ein Nutzen über andere Projekte hinweg festgestellt werden konnte. Eine mögliche Erweiterung könnte die Integration von Process Mining-Algorithmen oder die Integration einer künstlichen Intelligenz sein, die den Nutzer bei der Modellierung unterstützt. Zudem könnten Auswertungen zu modellierten Prozessen hinsichtlich Modellqualität und Modellnutzen gestartet werden.

La Rosa, Marcello; van der Aalst, Wil M. P.; Dumas, Marlon; Milani, Fredrik P. (2017): *Business Process Variability Modeling. A Survey*. In: *ACM Computing Surveys* 50 (1), S. 1-45. DOI: 10.1145/3041957.

Rosemann, M.; van der Aalst, W.M.P. (2007): *A configurable reference modelling language*. In: *Information Systems* 32 (1), S. 1–23. DOI: 10.1016/j.is.2005.05.003.

Rosemann, Michael; Recker, Jan; Flender, Christian (2008): *Contextualization of Business Processes*. In: *International Journal of Business Process Integration and Management* 3, S. 47-60.

Seel, Christian (2010): *Reverse Method Engineering*. In: *Wirtschaftsinformatik – Theorie und Anwendung* 20.

Seel, Christian (2017): *Metamodellbasierte Erweiterung der BPMN zur Modellierung und Generierung von Prozessvarianten*.

Seel, Christian; Dörndorfer, Julian; Schmidtnr, Markus; Schubel, Alexander; Türkmén, Derya (2016): *Vergleichende Analyse von Open-Source-Modellierungswerkzeugen als Basis für Forschungsprototypen*. In: *Landshuter Arbeitsberichte zur Wirtschaftsinformatik (Lab WI) (5)*, S. 1–43.

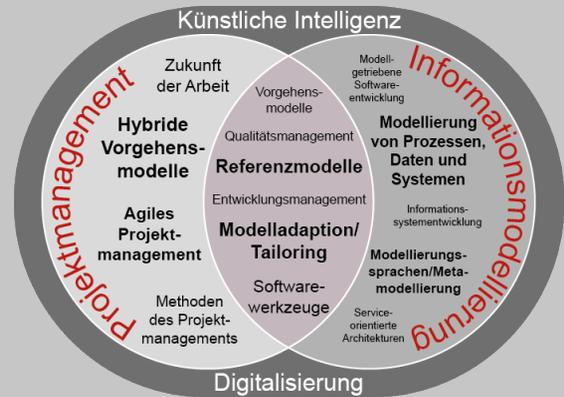
Surowiecki, James (2004): *The wisdom of crowds. Why the many are smarter than the few and how collective wisdom shapes business, economies, societies, and nations*. 1. ed. New York, NY: Doubleday. Online verfügbar unter <http://www.loc.gov/catdir/bios/random055/2003070095.html>.

Timinger, Holger; Seel, Christian (2016): *Ein Ordnungsrahmen für adaptives hybrides Projektmanagement*. In: *GPM-Magazin PMaktuell* 2016 (4), S. 55-61.

## Institut für Projektmanagement und Informationsmodellierung (IPIM)

Das Institut für Projektmanagement und Informationsmodellierung (IPIM) wurde 2014 als zentrales, fakultätsübergreifendes Institut gegründet und definiert seine Tätigkeitsbereiche auf Basis von drei Säulen.

Die erste Säule adressiert aktuelle Fragestellungen des effizienten Projektmanagements. Dabei wird insbesondere auf Themen, wie hybrides und agiles Projektmanagement in KMU eingegangen. Die zweite Säule stellt die Informationsmodellierung dar. Dort werden Themen wie Modellierung von Geschäftsprozessen, Daten und betrieblichen Softwaresystemen, Business Process as a Service (BPaaS) oder die Entwicklung domänenspezifischer Modellierungssprachen betrachtet. Aus der Schnittmenge dieser beiden Themenfelder ergibt sich die dritte Säule des Instituts, die sich mit Referenz- und Vorgehensmodellen für das Projektmanagement beschäftigt. Im Rahmen dieser dritten Säule werden aktuell Arbeiten zu einem adaptiven Referenzmodell für das hybride Projektmanagement durchgeführt. Dadurch wird insbesondere die Zusammenarbeit von KMU mit Großunternehmen in Projekten verbessert, die agile und klassische Projektmanagementmethoden miteinander kombinieren. Ferner werden im Institut Fragenstellungen zur Anwendung von künstlicher Intelligenz in allen drei Säulen untersucht.



Alle drei Themenfelder werden am IPIM in Forschung, Lehre und Weiterbildung vertreten. Dazu finden aktuell mehrere vom Freistaat Bayern, dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und von der EU geförderte Forschungsprojekte statt. Das IPIM ist in einer Reihe renommierter Fachgesellschaften und Standardisierungsorganisationen, wie der Object Management Group (OMG), der Gesellschaft für Projektmanagement (GPM) oder der Gesellschaft für Informatik (GI), aktiv.

Neben grundständigen Lehrveranstaltungen zu Projektmanagement und Informationsmodellierung in verschiedenen Studiengängen bietet das Institut ein Weiterbildungsangebot in Form des eigenen MBA-Studiengangs Master Systems and Project Management sowie diverse Zertifikatskurse an.

Web: [www.ipim.institute](http://www.ipim.institute)

## 2.2 Intelligente Bereitstellungshilfsmittel – Potenziale und Nutzen im Materialbereitstellungsprozess

Bäuml, Stephanie; Meißner, Sebastian

Das Arbeitspaket IntSys AP I2 gehört zum Teilprojekt „Intelligent-kooperative Logistiksysteme“ (IntSys). Im Fokus standen die Technologien und Prozesse der Materialbereitstellung in der Produktionslogistik. Für die Bearbeitung des Arbeitspaketes wurde zu Beginn des Projektes „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“ ein Arbeitskreis „Intelligente Logistiksysteme“ mit den kooperierenden kleinen und mittelständischen Unternehmen und den Impulsgebern initiiert. Er ist einer der drei Arbeitskreise im Gesamtprojekt. Darüber hinaus wurden zahlreiche Unternehmensbesuche zur Delta-Analyse durchgeführt, ein Demonstrator aufgebaut (vgl. Kapitel III.8) und ein Planspiel zur Vermittlung von IoT-Technologien in der Materialbereitstellung „iBH – intelligente Bereitstellungshilfsmittel“ (vgl. Kapitel III.2) konzipiert.

### Ausgangssituation

Die Motivation für das Arbeitspaket IntSys AP I2 „Intelligente Bereitstellungshilfsmittel“ resultiert aus den Bedürfnissen der kooperierenden Unternehmen und den Anforderungen an die Logistik. In der Logistik [...] geht es darum, auf verschiedenste Kundenanforderung schnell und zudem möglichst verschwendungsarm zu reagieren (Liebetruth 2020). Die Bedürfnisse der Logistikplaner wurden von SCHUBEL in seiner Dissertation „dezentrale und kurzfristige Produktionslogistikplanung (Schubel 2017)“ beschrieben. Dabei wurde festgestellt, dass die durchgeführten Planungsprozesse zum größten Teil manuell durchgeführt werden, eine Formalisierung von Fachwissen fehlt und die Verantwortlichen für die Planungsprozesse kein Vertrauen in die Systeme haben (z. B. ERP-Systeme), weil die Transparenz fehlt und die Einsparungspotenziale und Verschwendung nicht rechtzeitig erkannt werden. (Schubel 2017). Im Arbeitskreis „intelligente Logistiksysteme“ wurden diese Bedürfnisse der Logistikplaner bestätigt. In einer Planungswelt, die von Produktänderungen, strukturellen Maßnahmen, veränderten Wertschöpfungs- und Lieferantenstrukturen und Technologiesprüngen dominiert wird (Günthner 2007), ist es notwendig, die laut der Studie „Erschließen der Potenziale der Anwendung von Industrie 4.0 im Mittelstand“ (Bischoff et al. 2015) notwendige vollständige vertikale und horizontale Integration von Industrie 4.0 voranzutreiben, um den hohen Wettbewerbsvorteil auszunutzen. Aus diesen Anforderungen heraus ergeben sich für das Arbeitspaket IntSys I2 „intelligente Bereitstellungshilfsmittel“ folgende Motivatoren:

- Keine durchgängige Nutzung der Potenziale von IoT-Technologien in der Planung und Steuerung von operativen Logistikplanungsprozessen
- Manuelle Stammdatenpflege bei Änderungen in Materialbereitstellungsprozessen
- Hoher operativer Planungsaufwand für Bereitstellungshilfsmittel bei der Auslegung, sowie bei Umzügen der Materialbereitstellung und deren Management
- Keine Ressourcen (Technik und Mensch), um IoT-Technologien im eigenen Unternehmen ohne Risiko zu testen sowie deren Mehrwert zu erkennen
- Keine Selbstkonfiguration der Logistiksysteme und keine direkte IuK-Verbindung von Bereitstellungshilfsmitteln zu zentralen Steuerungssystemen

Um das zu erreichen, wurde der Arbeitskreis 2 „intelligente Logistiksysteme“ im Gesamtprojekt „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“ gegründet. Dieser besteht aus den Beiratsunternehmen des TZ PULS, die als Impulsgeber im Arbeitskreis dienen und kleinen und mittelständischen Unternehmen aus dem EFRE-Schwerpunktgebieten. Zusammen arbeiteten sie im Laufe des Projektes an folgenden Projektzielen mit:

- Ermittlung von technischen Potenzialen und Nutzen intelligenter Logistiksysteme in der Materialbereitstellung und operativen Logistikplanung bei klein- und mittelständischen Unternehmen
- Analyse der Materialbereitstellungsprozesse und Ableitung der Entwicklungspotenziale
- Abgleich der Anforderungen an Technologien und Prozesse bei klein- und mittelständischen Unternehmen („Market Pull“) mit den Technologien der Fabrikaurüster („Technology Push“)
- Entwicklung einer bilateralen Innovationsplattform für Anwender und Anbieter
- Konzeptionierung sowie prototypische Realisierung der Selbstkonfiguration zur Optimierung der operativen Planung und Steuerung von intelligenten Bereitstellungshilfsmitteln im Rahmen der digitalen Fabrik bei KMU

In Abbildung 1 ist das Zielbild des Arbeitspaketes IntSys I2 beschrieben. Demnach sollen mit Hilfe von intelligenten Bereitstellungshilfsmitteln, das sind technische Hilfsmittel der Materialbereitstellungsprozesse, die mit intelligenten Hardwarekomponenten (z. B. Sensoren und Mikroprozessoren) und Informations- und Kommunikationstechnologien (z. B. Bluetooth, WLAN) ausgestattet werden (Siepmann 2016), die Logistikplanungs- und Logistiksteuerungsprozesse effizienter gestaltet werden. Das bedeutet, „intelligente Bereitstellungshilfsmittel sollen in Abstimmung mit anderen Logistikobjekten Entscheidungen zur Optimierung von Steuerungsparametern des Logistiksystems regelbasiert selbst durchführen können“ (Meißner und Bäuml 2018).

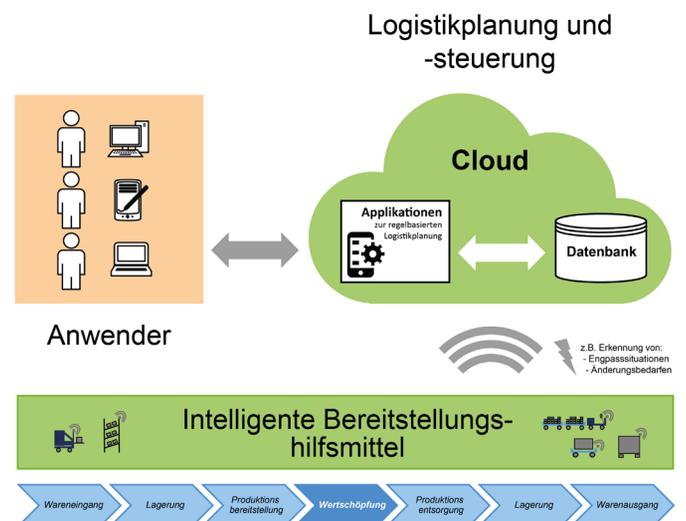


Abbildung 1: Arbeitspaket IntSys I2 - Intelligente Bereitstellungshilfsmittel

### Materialbereitstellungsprozess

Nach REFA hat die Materialbereitstellung die Aufgabe, das im Betrieb verfügbare Material für die Verwendung bei der Aufgabedurchführung in der benötigten Art und Menge termingerecht am Bereitstellungsplatz zur Verfügung zu stellen (REFA 1991). In Abbildung 2 sind die beiden Material-

bereitstellungsstrategien bedarfsgesteuert und verbrauchsgesteuert schematisch dargestellt. Sie werden in die Bereiche „Art der Bereitstellung“, „Bereitstellungsmenge“, „Form der Bereitstellung“ und „typischen Vertreter“ unterteilt. (Bullinger und Lung 2013) Nach den ersten Arbeitskreisen hat sich herausgestellt, dass sich im verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellungsprozess ein hohes Potenzial an Prozessverbesserung heben lässt. Obwohl die Prozesse weitestgehend standardisiert sind und auch bereits mit IoT-Technologien unterstützt werden, zum Beispiel durch intelligente Regale, die mit Kanban-Wippen ausgestattet sind und den Bedarf automatisch auslösen, wenn ein Behälter entnommen wird und dies an das ERP-System meldet, sind die Potenziale für die Logistikplanung noch ungenutzt (Bäumel und Hilpoltsteiner 2019). Deshalb wurde in den letzten zwei Arbeitskreisen das Thema „verbrauchsgesteuerte Materialbereitstellungsprozesse“ hervorgehoben. Die Funktionsweise des Prozesses ist im Kapitel III.2 – intelligente Bereitstellungshilfsmittel erläutert.

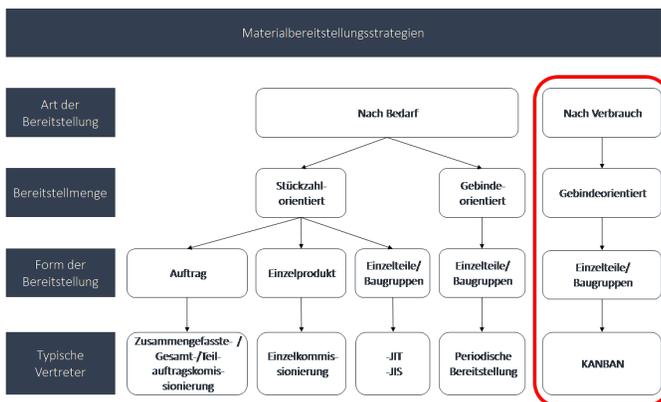


Abbildung 2: Materialbereitstellungsstrategien (Bullinger und Lung 2013)

### Verbrauchsgesteuerte Materialbereitstellungsprozesse

Zur Vorbereitung wurden mit den kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) und Beiratsunternehmen des Technologiezentrums für Produktions- und Logistiksysteme eine Selbsteinschätzung zum Thema Internet der Dinge (engl. Internet of Things; IoT) und verbrauchsgesteuerte Materialbereitstellungsprozesse durchgeführt. Von den zehn befragten Unternehmen haben 70 % verbrauchsgesteuerte Materialbereitstellungsprozesse im Einsatz. Davon nutzen alle „Kanban“. Zusätzlich wurden von sechs der sieben Unternehmen die Nutzung eines Meldebestandsverfahrens und einer Zurfsteuerung angegeben. Keines der befragten Unternehmen hat IoT-Technologien für die Unterstützung der verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellungsprozesse im Einsatz. Eines der Unternehmen gab an, in Zukunft die Technologie der Kanban-Wippe einzuführen, um mehr Prozesssicherheit und -stabilität zu gewährleisten. Dieses Unternehmen war kein KMU. In Bezug auf die Herausforderungen für die Logistikplanung in verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellungsprozessen ist zu nennen, dass es in keinem der Unternehmen ein Frühwarnsystem gibt. Das heißt, erst wenn die Lager zu viel Material oder zu wenig bzw. kein Material haben, werden die Materialbereitstellungsprozesse überplant. Dabei gab ein Unternehmen an, einmal im Monat proaktiv zu kontrollieren. Die restlichen sechs Unternehmen gaben an, es nur bei Bedarf zu überplanen. Als Gründe hierfür wurden genannt, dass eine regelmäßige Kontrolle und Überplanung zu aufwendig sei. Zu den weiteren Herausforderungen in der Planung von verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellungsprozessen wurden die stark schwankenden Bedarfe, die Intransparenz der zur Verfügung gestellten Planungssoftware (z. B. ERP-Systeme), Medienbrüche in der Planung und der damit verbundene Aufwand, die fehlenden Echtzeitdaten und die Datenverfügbarkeit und die hohe Varianz an Artikeln genannt die regelmäßig kontrolliert werden müssten. Durch die durchgeführte Selbsteinschätzung wurde bestätigt, dass Unternehmen die Vorteile von IoT-Technologien für die Logistikplanung nicht ausreichend nutzen.

### Schwachstellen in verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellungsprozessen

Für die Analyse der notwendigen Informationen in verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellungsprozessen wurde ein Ursachen-Wirkungsdiagramm erstellt und mit zwei der kooperierenden Unternehmen durch Experteninterviews plausibilisiert. Darüber hinaus wurde eine Umfrage im Arbeitskreis mit allen kooperierenden Unternehmen durchgeführt, um zu bewerten welche Ursachen den größten Einfluss auf die Versorgungsengpässe in der Produktion durch verbrauchsgesteuerte Materialbereitstellung hat. Im Abbildung 3 ist das Ursachen-Wirkungsdiagramm inklusive der Bewertung pro Kategorie dargestellt. Die Zahlen entsprechen der Priorisierung. Das heißt eine eins ① bedeutet einen großen Einfluss, sechs ⑥ einen geringen Einfluss. Es wurde sich auf die sechs geläufigen Kategorien für ein Ursachen-Wirkungsdiagramm konzentriert (Mensch, Maschine, Mitwelt, Methode, Material und Messung).

Unter der Kategorie Mensch sind alle Ursachen zusammengefasst, die durch menschliche Einflüsse einer Fach- bzw. Führungskraft beeinflusst werden können. Hierunter fallen die Planungsfehler ①, z. B. verursacht durch fehlende standardisierte Planungsprozesse. Eine fehlerhaft ausgelöste Nachbestellung durch den Mitarbeitenden ⑥, z. B. durch doppeltes Erfassen der Kanban im ERP-System. In Materialbereitstellungsprozessen kann es vorkommen, dass manuell in den Nachschubprozess eingegriffen werden muss. Gründe dafür können Schwankungen in den Abrufen sein, der Ausfall eines Routenzugs etc. In diesen Fällen ist es notwendig die entstehenden Engpässe in der Materialversorgung ③ zu priorisieren. Darüber hinaus können Fehler bei der Kommissionierung ④ (Günthner und Rammelmeier T. 2012) auftreten. Der häufigste Fehler, der durch den Menschen verursacht wird, ist das Kommissionieren von fehlerhaften Mengen (Günthner und Rammelmeier T. 2012).

Die Kategorie Maschine fasst alle Ursachen zusammen die Materialbereitstellungshilfsmitteln zuzuordnen sind. Materialbereitstellungshilfsmittel sind alle Lager- und Förder(-hilfs)mittel die eingesetzt werden um die Aufgabe der Materialbereitstellung zu erfüllen (Bullinger und Lung 2013). Dazu gehören Hilfsmittel der Lagerung, Umschlag und Transport. In dieser Kategorie wurde als einflussreichste Ursache der Transport genannt der zu früh, zu spät oder nicht durchgeführt ① wird. Gründe hierfür können beispielsweise Prozessänderungen sein, die nicht bekannt waren und deshalb nicht neu geplant wurden. An zweiter und dritter Stelle wurden die nicht ausreichenden Transportkapazitäten ② angegeben und Lagerkapazitäten ③ genannt. Gründe hierfür können ebenfalls Prozessänderungen sein. Zum Beispiel, wenn ein Bauteil neu hinzukam und weder im Transport oder der Lagerung geplant wurden. Als vierter Grund wurden die fehlerhaften Lagermittel ④ gewählt. Lagermittel können zum Beispiel fehlerhaft geplant worden sein. Die nicht ausreichenden Handhabungskapazitäten sind auf Platz ⑤. Mit Handhabung sind diejenigen Hilfsmittel gemeint, die für den Umschlag der Materialien notwendig sind. Zum Beispiel eine Hebevorrichtung, ein Unterbodenroller oder ähnliches. Die Praxis zeigt, dass Bereitstellungshilfsmittel für den Umschlag für viele verschiedenen Arbeitsplätze flexibel eingesetzt werden können und oft nicht zur Verfügung stehen, wenn diese benötigt werden. Als letzter Punkt ist auf Platz ⑥ die fehlerhafte Verpackung zu nennen. Hierbei ist nicht die Ausweichverpackung vom Lieferanten gemeint, sondern wenn das Verpackungsmittel falsch geplant wird. Hier können die Prozessänderungen eine Rolle spielen.

Die Kategorie Mitwelt fasst alle Ursachen zusammen, die sich auf Umwelteinflüsse und Einflüsse der Stakeholder (Lieferanten, Kunden, Wettbewerb) zurückführen lassen. Natürlich sind für einen verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellungsprozess auf Platz ① die saisonalen und konjunkturellen Verbrauchsschwankungen zu nennen. Die Über- bzw. Unterlieferungen der Lieferanten. Dabei ist eine Unterlieferung für einen effizient geplanten verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellungsprozess die größere Her-

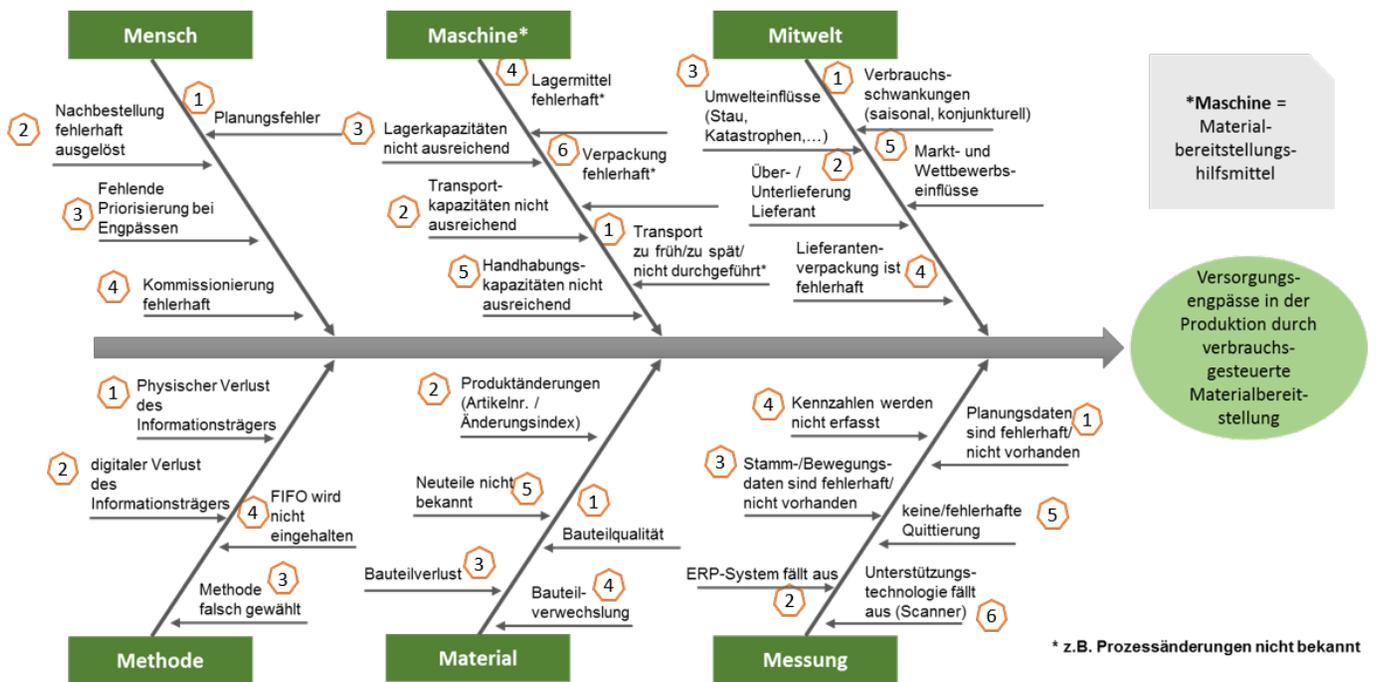


Abbildung 3: Ursachen-Wirkungsdiagramm des verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellungsprozesses

ausforderung. Eine Überlieferung vor allem mit sperrigem Material kann aber genauso zu einem Versorgungsengpass führen. Die Wareneingangslager werden dann so überfüllt, dass nicht mehr genügend Platz für den Umschlag vorhanden ist und somit die Bereitstellungszeiten steigen. Auf Platz ③ wurden die Umwelteinflüsse, wie zum Beispiel Stau, Katastrophen, Wetter, etc. gewählt. Die fehlerhafte Lieferantenverpackung ist auf Platz ④. Zum Beispiel bei Ausweichverpackungen, die vom Lieferanten bei Kapazitätserhöhungen angeliefert werden und im Lagermittel nicht ausreichend Platz vorfinden, weil die Abmaße nicht der Standardverpackung entsprechen. Zuletzt sind die Markt- und Wettbewerbseinflüsse ⑤ als Ursache zu nennen.

Die Kategorie Methode definiert sich durch alle Ursachen, die auf die eingesetzte Methode „Verbrauchsgesteuerte Materialbereitstellung“ zurückzuführen ist. Beim verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellungsprozess werden die Informationsträger (Kanban-Karten) entweder analog ① oder digital ② übermittelt. Das sind auch die beiden ersten Plätze in der Ursachenbewertung. Jede Kanban-Karte entspricht einem Bestand bzw. einer Bestellung. Wenn die Kanban-Karte nicht übermittelt wird, läuft der Kanban-Kreislauf mit der Zeit leer und die Produktion kann nicht mehr versorgt werden. Auf dem dritten Platz steht die falsch gewählte Methode ③. Neben der verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellung gibt es noch die bedarfsgesteuerte Materialbereitstellung (Bullinger und Lung 2013). Jede der Methoden kann auf Basis verschiedenerer Kategorien gewählt werden. Zum Beispiel werden sehr große und sperrige Teile oft bedarfsgesteuert, wogegen C-Teile (DIN- und Normteile) oft verbrauchsgesteuert bereitgestellt werden. Als letzte Ursache in der Kategorie Methode ist die Nichteinhaltung von FIFO (First-in-First-out) ④ zu nennen. Insbesondere bei der Chargenrückverfolgbarkeit ist es wichtig, dass die Materialbereitstellung gemäß dieser Anforderung funktioniert.

Die Kategorie Material beinhaltet alle Ursachen, die den verbrauchten Materialien bzw. Bauteilen zuzuordnen sind. An erster Stelle ist die Bauteilqualität ① zu nennen. Diese ist bei allen Materialbereitstellungsprozessen von höchster Wichtigkeit. Auf Platz ② wurden die Produktänderungen gewählt. Eine Produktänderung kann als Ergebnis entweder eine Änderung im Index der Artikelnummer haben oder zu einer neuen Artikelnummer führen. In der Praxis müssen dann die Bereitstellungsregale neu beschriftet wer-

den. Eine Produktänderung kann auch zu einem neuen Planungsprozess führen, da sich die Bauteilabmaße ändern können und dazu führen, dass ein anderer Behälter gewählt werden muss. Als dritte Ursache für Versorgungsengpässe in der Produktion wurde der Bauteilverlust ③ gewählt. Zum Beispiel können beim Transport Bauteile verloren gehen. Eine mutwillige Entwendung oder auch der Bauteilverlust in der Produktion, ohne eine Abbuchung zu tätigen führen ebenfalls zu einem Bauteilverlust. Der Bauteilverlust führt zu einem Materialabgang ohne Buchung, somit wird auch kein Bedarf ausgelöst. Dies führt wiederum dazu, dass sich die Bestände im Regelkreis minimieren und der Regelkreis irgendwann leerläuft. Die Bauteilverwechslung ④ wurde als viertichtigste Ursache benannt. Es wird versucht, Bauteilverwechslung bei der Materialentnahme mit zahlreichen Unterstützungstechnologien abzusichern. Eine 100 %ige Absicherung kann nur durch ein Kamerasystem, welches die Bauteile erkennt, abgesichert werden. Gepaart mit einer integrierten Waage im Entnahmeregal kann sichergestellt werden, dass die richtige Anzahl und das richtige Bauteil entnommen wird. Aufgrund der hohen technologischen und prozessualen Anforderung an das Kamera- und Waagensystem (Zeit, Auflösung, etc.) gibt es noch keine finanzierbare und praxistaugliche Lösung für kleine und mittelständische Unternehmen. Als fünfte Ursache wurde „Neuteile nicht bekannt“ ⑤ benannt. Aufgrund von Produktänderungen während des Produktlebenszyklus können nach Start of Production (SOP) auch Neuteile entstehen. Wenn diese nicht an die Planung für die Materialbereitstellung gemeldet werden, könnten die Transport-, Umschlag- und Lagerprozesse nicht geplant und somit die Aufgabe der Materialbereitstellung nicht umgesetzt werden.

Die letzte Kategorie der Messung sammelt alle Ursachen, die mit den Messgrößen der verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellung in Verbindung gebracht werden können. Als Grundlage hierfür dient die Kanban-Formel. (Klevers 2009)

$$K = \frac{WBZ \times V_D}{TK} \times SF + \frac{SB}{TK}$$

- $K$  = Anzahl Kanban [Stk]: Um eine optimale Materialversorgung zu erlangen, wird mit diesem Parameter die Anzahl der notwendigen Steuerungselemente festgesetzt. Die Anzahl der Kanban können in Form von Karten, aber auch in Form von Behältern existieren.
- $WBZ$  = Wiederbeschaffungszeit [h]: Mit der Wiederbeschaffungszeit wird die Zeitspanne von der Bestellauslösung bis zum Eintreffen des bestellten Materials gemessen. Die Wiederbeschaffungszeit ist die Summe aus der Zeit von der Entnahme bis zum Zulieferer, der Wartezeit bis zum Produktionsstart, der Produktionszeit und der Lieferzeit von der Produktion zum Lager.
- $VD$  = Durchschnittlicher Verbrauch [Stk/h]: Dieser Parameter gibt den durchschnittlichen Verbrauch eines Bauteils pro Stunde an, muss aber aufgrund schwer prognostizierbarer Schwankungen in der Produktion laufend kontrolliert werden. Bei einem sehr stark schwankenden Verbrauch wird der Parameter durch den maximalen Verbrauch ersetzt, um die reibungslose Materialbereitstellung zu gewährleisten.
- $TK$  = Teilemenge pro Kanban [Stk]: Um die Anzahl der Kanban-Karten festzulegen, muss zunächst bestimmt werden, wie viele Teile pro Kanban zusammengefasst werden. Es wird demzufolge der Behälterinhalt beziehungsweise die Verpackungseinheit pro Behälter definiert.
- $SB$  = Sicherheitsbestand [Stk]: Der Sicherheitsbestand ist eine relevante Größe, um die Materialbereitstellung bei unvorhersehbaren Schwankungen in der Produktion weiterhin sicherzustellen. Der Sicherheitsbestand kann aus dem durchschnittlichen Verbrauch multipliziert mit der Wiederbeschaffungszeit errechnet werden oder erfolgt in vielen Fällen aufgrund von Erfahrungswerten.
- $SF$  = Sicherheitsfaktor: Der Sicherheitsfaktor ist eine Art Puffer bei der Implementierung des Kanban-Systems, der durch zahlreiche Störgrößen in der Produktionslogistik beeinflusst wird. Ziel ist es, den Wert auf „1“ zu setzen, um die vorgehaltenen Behälter und die damit einhergehende Lagerhaltung zu minimieren.

(Klevers 2009); (Schneider 2016)

An erster Stelle wurden als Ursache für Versorgungsengpässe von den Unternehmen gewählt, dass die Planungsdaten fehlerhaft bzw. nicht vorhanden sind ①. Das heißt, alle Daten, die für die Ermittlung der Kanban-Formel notwendig sind, sind entweder nicht vorhanden oder die Datenqualität ist unzureichend. Diese Aussage deckt sich mit den Berichten der Unternehmen. Nicht nur die kleinen und mittelständischen Unternehmen, sondern auch Unternehmen mit eigenen Logistikplanungsabteilungen extrahieren die Daten aus dem ERP-System in ein Excel-Tool, ergänzen die Tabelle mit selbsterhobenen Daten oder Planungsdaten vor SOP, um dann die Kanban-Formel zu berechnen. Die Fehleranfälligkeit und Datenqualität dieser Vorgehensweise bei der Planung spiegelt sich in den Bedürfnissen der Planer nach mehr Transparenz und Vermeidung von manuellen Tätigkeiten wieder (Schubel 2017). Als zweite Ursache wurde der mögliche Ausfall des ERP-Systems ② benannt. Die dritte Ursache sind die fehlerhaften bzw. nicht vorhandenen Stamm- und Bewegungsdaten im ERP-System. Zu den Stammdaten gehören zum Beispiel die Artikelnummer. Die Bewegungsdaten sind zum Beispiel die Lagerplätze eines Artikels. Wenn diese fehlerhaft bzw. nicht gepflegt sind, kann die Kanban-Formel nicht berechnet werden. Als weitere Ursache sind „nicht erfasste Kennzahlen“ ④ zu nennen. Kennzahlen können zum Beispiel Abweichungen der Wiederbeschaffungszeiten innerhalb des Kanban-Kreislaufes sein. Auf Platz fünf können fehlerhafte bzw. keine Quittierung zu Versorgungsengpässen in der Produktion führen. Die Quittierung bestätigt die Entnahme des Materials. Wie bereits

erwähnt, wird somit kein Verbrauch in Form einer Bestellung erkannt. Eine Quittierung kann auch die Zubuchung des Materials beinhalten. Je nachdem wie der Kreislauf ausgelegt ist und der Informationsfluss definiert ist, kann auch dies zu einem Versorgungsengpass führen: Wegen zu kurzer Wiederbeschaffungszeiten oder weil eine Zubuchung zum Regal in der Produktion den Verbrauch an die vorgelagerte Quelle weitergibt. Als letzte Ursache wird der Ausfall von Unterstützungstechnologien benannt. Zum Beispiel beim Ausfall des Scanners. Sobald eine Unterstützungstechnologie, wie zum Beispiel Barcode-Scanner oder Kanban-Wippe, ausfällt, werden im Normalfall Notsignale gesendet, die der Logistiksteuerung mitteilen, dass der Kanban-Kreislauf nicht mehr funktioniert.

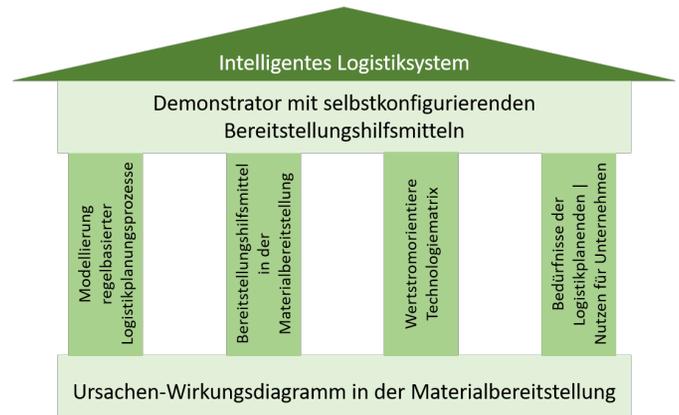


Abbildung 4: Systemhaus des „intelligenten Logistiksystems“

Das in Abbildung 3 dargestellte Ursachen-Wirkungsdiagramm diente anschließend für die Auswahl der betroffenen Bereitstellungshilfsmittel, die Modellierung der regelbasierten Logistikplanungsprozesse (Bäumel und Hilpoltsteiner 2019) und die Auswahl der IoT-Technologien aus dem IoT-Koffer für den Demonstrator „intelligentes Logistiksystem“ (vgl. Kapitel III.8). In Abbildung 4 ist die Vorgehensweise für die Erstellung des „intelligenten Logistiksystems“ als Systemhaus dargestellt. Nachdem der Grundbaustein „Ursachen- und Wirkungsdiagramm in der Materialbereitstellung“ am Beispiel der verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellung erläutert wurde und die Säule „Bedürfnisse Logistikplanende | Nutzen für Unternehmen“ in der Ausgangssituation beschrieben wurde, werden in den nächsten Schritten die weiteren Säulen erläutert.

### Informationsmodellierung von regelbasierten Logistikplanungsprozessen

Während der durchgeführten Delta-Analysen in den Unternehmen im Teilprojekt IntSys wurde immer wieder festgestellt, dass die Informationsmodellierung noch nicht hinreichend genutzt wird, um Prozesse bzw. Planungsprozesse in der Produktionslogistik zu dokumentieren (Bäumel et al. 2018; Hilpoltsteiner et al. 2019; Hilpoltsteiner und Bäumel 2018) und somit das Bedürfnis der Logistikplaner nach formalisiertem Wissen (Schubel 2017) nachzukommen. Darüber hinaus werden die Vorteile der Informationsmodellierung im Bezug auf die Digitalisierung nicht genutzt (vgl. Kapitel II.2.1). Zum Beispiel können regelbasierte Logistikplanungsprozesse mit einer Workflow-Engine automatisiert werden (Bäumel und Hilpoltsteiner 2019).

Deshalb wurde im Verlauf des Arbeitspaketes IntSys I2 der verbrauchsgesteuerte Materialbereitstellungsprozess als regelbasierter Logistikplanungsprozess mit Hilfe der Prozessmodellierungssprache BPMN 2.0 (Business Process Model and Notation) modelliert und die Regeln mit dem Notationsstandard für Entscheidungsregeln im Geschäftsprozessmanagement, der von der Object Management Group (OMG) definiert wurde, ergänzt. Das Ergebnis wurde mit Experten der kooperierenden Unterneh-

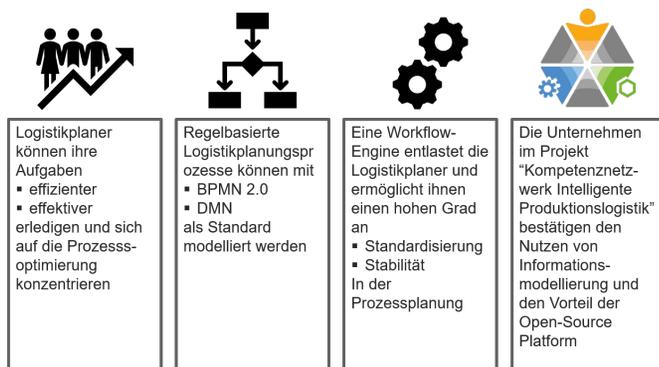


Abbildung 5: Mehrwert von Informationsmodellierung in regelbasierten Logistikplanungsprozessen (Bäumli und Hilpoltsteiner 2019)

men diskutiert und anschließend veröffentlicht (Bäumli und Hilpoltsteiner 2019). Der Mehrwert des Ergebnisses ist in Abbildung 5 zusammengefasst.

Im Arbeitskreis „Intelligente Logistiksysteme“ wurde die Informationsmodellierung mit BPMN 2.0 als Methode an die teilnehmenden Unternehmen transferiert. Dabei wurde ein weiterer regelbasierter Logistikplanungsprozess (Lagerplanung) ausgewählt und mit Hilfe eines entwickelten Tutorials im Arbeitspaket IntSys 11 (vgl. Kapitel II.2.1) vermittelt.

### Intelligente Bereitstellungshilfsmittel in der Materialbereitstellung

„Materialbereitstellungshilfsmittel sind alle Lager- und Förder(-hilfs)mittel die eingesetzt werden, um die Aufgabe der Materialbereitstellung zu erfüllen.“ (Bullinger und Lung 2013). Um daraus intelligente Objekte (Neumann 2006) zu konstruieren, ist der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) notwendig (Meißner und Bäumli 2018). „Unter IKT wird dabei die Gesamtheit der Einrichtungen (z. B. Geräte, Netze, Übertragungsverfahren, Protokolle) verstanden, welche eine elektronische Weitergabe und Verarbeitung von Informationen ermöglichen.“ (Stahlknecht und Hasenkamp 1997). Der Einsatz von IKT ermöglicht die Messung von Auslegungs- und Steuerungsparametern, die zur effizienteren und effektiveren Anpassung von regelbasierten Logistikplanungsprozessen notwendig sind.

In den bisher zehn Arbeitskreisen wurden anhand des Materialbereitstellungsprozesses vom Wareneingang bis zum Warenausgang die wichtigsten Materialbereitstellungshilfsmittel herausgestellt. Zu jedem Arbeitskreis wurde ein Technologiepartner geladen, der die Potenziale und Nutzen durch den Einsatz des jeweiligen „intelligenten Materialbereitstellungshilfsmittels“ vorstellt. Anschließend wurden die Einsatzmöglichkeiten mit den teilnehmenden Unternehmen diskutiert. Mit Hilfe der Technologievorstellungen in den Arbeitskreisen und den Technologierecherchen bei unterschiedlichen Unternehmen und Fachmessen entstand eine wertstromorientierte Technologiematrix.

### Wertstromorientierte Technologiematrix

Die wertstromorientierte Technologiematrix ist ein Technologiekatalog von Materialbereitstellungshilfsmitteln, die den einzelnen Prozessschritten der Produktionslogistik – von Wareneingang, Lagerung, Produktionsbereitstellung bis hin zur Produktionsentsorgung und dem Warenausgang – zugeordnet sind. In der Technologiematrix ist nicht nur beschrieben, wo diese eingesetzt werden kann, sondern auch welche Informations- und Kommunikationstechnologien verwendet werden. Im prozessorientierten Wissensmanagementtool, dass im Arbeitspaket TecTran entwickelt wurde, sind die einzelnen Technologien beschrieben und stehen somit nachhaltig zur Verfügung (vgl. Kapitel III.4).

### Fazit

Im Arbeitskreis „Intelligente Logistiksysteme“ konnten die Unternehmen Einblicke in verschiedenste Technologien in der Materialbereitstellung gewinnen. Wichtig war dabei, die Prozesse in der Produktionslogistik im Fokus zu behalten. Denn ein effektiver und effizienter Technologieeinsatz kann nur in einem standardisierten und dokumentierten Prozessnutzen für die Unternehmen stehen. Der Prozess ist dabei eine wichtige Grundlage für die Automatisierung. Digitalisierung und auch der Einsatz von künstlicher Intelligenz kann nur erfolgreich gestaltet werden, wenn die Unternehmen sich über den Kernprozess und die Unterstützungsprozesse im Unternehmen im Klaren sind. Was sind die Auslegungs- und Steuerungsgrößen im Prozess? Welches Ergebnis soll der Prozess erwirken? Das sind zentrale Fragen, die sich Unternehmen vor der Technologieauswahl stellen sollten. Darüber hinaus ist das Thema Change Management beim Einsatz von Technologien nicht außer Acht zu lassen. In zahlreichen Arbeitskreisen wurde immer wieder darüber diskutiert, wie man die Menschen dazu bewegen kann, Technologien konsequent zu nutzen und einzusetzen. Technologien sind wichtig, um Prozesse effektiver und effizienter zu gestalten. Dies ist ohne fundierte Prozessanalyse und -optimierung und die aktive Einbindung der Mitarbeitenden nicht möglich.

### Literaturverzeichnis

Bäumli, Stephanie; Hilpoltsteiner, Daniel (2019): Information Modeling of Rule-based Logistic Planning Processes Kanban Loop Planning Supported by a Workflow Engine. In: Jorge Bernardino, Ana Salgado und Filipe Joaquim (Hg.): Proceedings of the 11th International joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management, IC3K 2019, September 17-19, 2019, Vienna, Austria. Volume 3, KMIS. [S. 1.]: SCITEPRESS = Science and Technology Publications, S. 167–175.

Bäumli, Stephanie; Hilpoltsteiner, Daniel; Meißner, Sebastian; Seel, Christian (2018): Varianz in Kommissionierprozessen bei kleinen und mittelständischen Unternehmen. In: Markus Schneider, Sebastian Meißner, Sven Roeren und Christian Seel (Hrsg.): Technologietransfer für den Mittelstand – Potentiale erkennen, S. 50–52.

Bischoff, J.; Taphorn, C.; Wolter, D.; Braun, N.; Fellbaum, M.; Goloverov, A. et al. (2015): Erschliessen der Potenziale der Anwendung von „Industrie 4.0“ im Mittelstand. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Hg. v. J. Bischoff. Agiplan GmbH. Mülheim an der Ruhr.

Bullinger, Hans-Jörg; Lung, Martin (2013): Planung der Materialbereitstellung in der Montage. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.

Günthner, W. A.; Rammelmeier T. (2012): Vermeidung von Kommissionierfehlern mit Pick-by-Vision. Lehrstuhl Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml). München.

Günthner, Willibald A. (Hg.) (2007): Neue Wege in der Automobillogistik. Die Vision der Supra-Adaptivität. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (VDI-Buch). Online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10210880>.

Hilpoltsteiner, Daniel; Bäumli, Stephanie (2018): Picking Process Variability in Small and Medium-Sized Enterprises. State of the Art and Knowledge Modeling. In: Jorge Bernardino, Ana Salgado und Filipe Joaquim (Hg.): Proceedings of the 10th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management, Volume 3: KMIS. Volume 3, KMIS. [S. 1.]: SCITEPRESS = Science and Technology Publications, S. 120–127.

Hilpoltsteiner, Daniel; Bäumli, Stephanie; Seel, Christian; Meißner, Sebastian (2019): Modellierung von Kommissionierprozessen als Basis für ausführbare Prozesse in KMU. In: Industrie Management (3), S. 39–42.

Klevers, Thomas (2009): *Kanban. Mit System zur optimalen Lieferkette*. München: mi-Wirtschaftsbuch FinanzBuch-Verl.

Liebethuth, Thomas (2020): *Prozessmanagement in Einkauf und Logistik. Instrumente und Methoden für das Supply Chain Process Management*. 2nd ed. 2020. Meißner, Sebastian; Bäuml, Stephanie (2018): *Effizienzsteigerung in der Logistikplanung durch selbstkonfigurierende Logistiksysteme*. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 2018, 2018 (Heft 3), S. 148–150.

Neumann, G. (2006): *Prozesssteuerung und -management für intelligente Logistikobjekte*. In: C. Engelhardt-Nowitzki und E. Lackner (Hg.): *Chargenverfolgung*. 1. Aufl. s.l.: DUV Deutscher Universitäts-Verlag (Leobener Logistik Cases), S. 82–92.

Schneider, Markus (2016): *Lean Factory Design. Gestaltungsprinzipien für die perfekte Produktion und Logistik*. München: Hanser.

Schubel, Alexander (2017): *Dezentrale und kurzfristige Produktionslogistikplanung*. Siepmann, D. (2016): *Industrie 4.0 - Grundlagen und Gesamtzusammenhang*. In: Armin Roth (Hg.): *Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0. Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler, S. 19–34.

Stahlknecht, Peter; Hasenkamp, Ulrich (1997): *Einführung in die Wirtschaftsinformatik*. Achte, vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch).



Materialbereitstellung in der Lern- und  
Musterfabrik



Kommissionierzone in der Lern- und Musterfabrik

Produktions-, Logistik- und  
Lagerung

Wertschöpfungs-  
Faktor

### 3. Technologietransfer – zielgruppengerechte Wissensvermittlung



Spanner, Katharina; Schneider, Markus

Das Teilprojekt Technologietransfer (TecTran) hat eine Schnittstellenfunktion im Technologietransferprojekt „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“ und beschäftigt sich insbesondere mit der zielgruppen-gerechten Technologie- und Wissensvermittlung.

#### Einordnung in das Projektgefüge

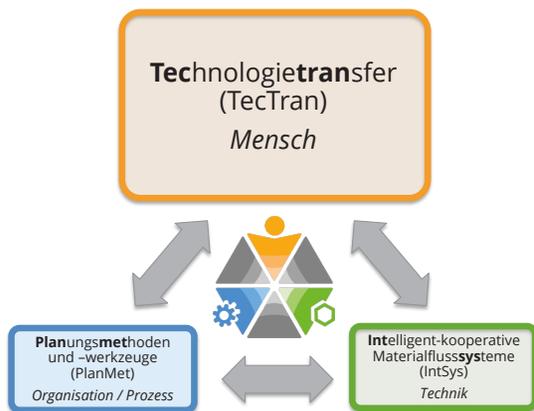


Abbildung 1: Einordnung von TecTran in das Projektgefüge

Das Teilprojekt ist in der Dimension „Mensch“ des Modells verortet (siehe Abbildung 1). Wichtig ist hierbei immer die Wechselwirkung mit den Dimensionen Organisation / Prozess und Technik zu beachten. Veränderte Anforderungen in einer Dimension ziehen auch immer Änderungen der anderen Dimensionen nach sich. Als Beispiel: Wechselnde Anforderungen durch Digitalisierung von Prozessen oder dem Einsatz von neuen Technologien fordern auch meistens eine Anpassung in der Dimension Mensch wie durch modifizierte Tätigkeiten, Notwendigkeit von Weiterbildung oder geänderte Mensch-Maschine-Interaktionen.

#### Motivation

Gerade für kleine und mittlere Unternehmen sind Wissen und Innovationen wesentliche Kriterien, um in einem Hochlohnland bei immer komplexeren Anforderungen auf dem Weltmarkt wettbewerbsfähig zu bleiben (Treichel 2007, S. 129).

#### Wissen

Erforderlich ist hierbei jedoch die gezielte Auswahl an vermitteltem Wissen und die zielgruppengerechte Aufbereitung. Durch die Flut an verfügbarem Wissen ist es für Unternehmen oft schwierig, gezielt an die richtigen Informationen zu kommen (Meixner und Haas 2015, S. 4ff). Technologietransfer ist Wissenstransfer – die Wissensvermittlung von einem Träger zu einem Empfänger (Piller und Hilgers 2013, S. 20).

Deshalb hat sich das Technologietransferprojekt KIP – speziell das Teilprojekt Technologietransfer (TecTran) – zur Aufgabe gemacht, diesen Transfer an den Bedarfen der KMU ausgerichtet systematisch zu vermitteln.

#### Innovationen

Ein ebenso wichtiger Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen ist neben Wissen das Innovationspotenzial von Unternehmen.

„Kooperative Innovationstätigkeiten ermöglichen es, Kosten und Risiken um 60 – 90 % zu senken“ (Enkel 2007, S. 189). Um diese Innovationstätigkeiten bei den Kooperationspartnern zu steigern, wurden zwei Ansätze verfolgt:

- Cross Industry Innovation: Cross Industry Innovation ist ein branchen und technologieübergreifender Austausch zwischen den Unternehmen (Bräutigam 2015). „Eine Cross-Industry Innovation beschreibt eine branchenübergreifende Innovation, welche aus einer Kombination von analogem technologischen und/oder industrie-spezifischen Wissen von außerhalb der eigenen Industrie resultiert“ (Möhrle 2020). Durch den intensiven Austausch der Kooperations-partner im Transferprojekt KIP wurden branchen- und technologie-übergreifende Innovationen angestoßen.
- Open Innovation: Das Innovationspotenzial der Unternehmen steigt sich, wenn sie den Innovationsprozess öffnen und externe Ressourcen strategisch dafür nutzen (Open Innovation) (Enkel 2007, S. 189). Durch Netzwerke steigert sich das Innovationspotenzial der Unternehmen enorm. Vor allem die Kombination aus Wissenschaft und Wirtschaft treibt Innovationen voran und erhöht die Chance auf Erfolg der Innovation. Die Unternehmen profitieren durch den Input aus der Wissenschaft; jedoch zieht die Wissenschaft auch ihren Nutzen aus der Kooperation, da sich die Möglichkeit ergibt, nah an der Praxis zu aktuellen Herausforderungen zu forschen.

Technologietransfer und Innovationspotenzial stehen in direktem Bezug zueinander. Der Technologietransfer bzw. die Vermittlung von technologischem Wissen ist immer Teil eines Innovationsprozesses. (Hocke et. al. 2011, S. 3f)

Mit diesen Voraussetzungen wurden die Transferformate des Projekts KIP aufgebaut und vermittelt.

#### Aufbau des Teilprojekts

Das Teilprojekt Technologietransfer (TecTran) hat eine übergreifende Funktion im Projekt. Diese soll gewährleisten, dass keine Überschneidungen entstehen, der Transfer zielgerichtet und KMU-gerecht aufbereitet und vermittelt wird sowie die einzelnen Teilprojekte und Arbeitspakete zu einem Gesamtprojekt zusammen geschlossen werden. Dadurch soll die Erreichung des Transfergrads sichergestellt werden.

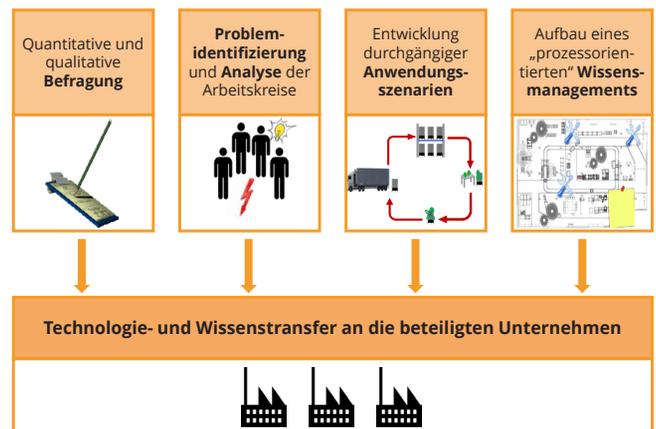


Abbildung 2 : Bausteine des Teilprojekts TecTran (Quelle: Schneider et. al 2018, S. 16)

Die einzelnen Bausteine des Teilprojekts sind (siehe Abbildung 2):

- Quantitative und qualitative Befragung
- Problemidentifizierung und Analyse der Arbeitskreise
- Entwicklung durchgängiger Anwendungsszenarien
- Aufbau eines prozessorientierten Wissensmanagements

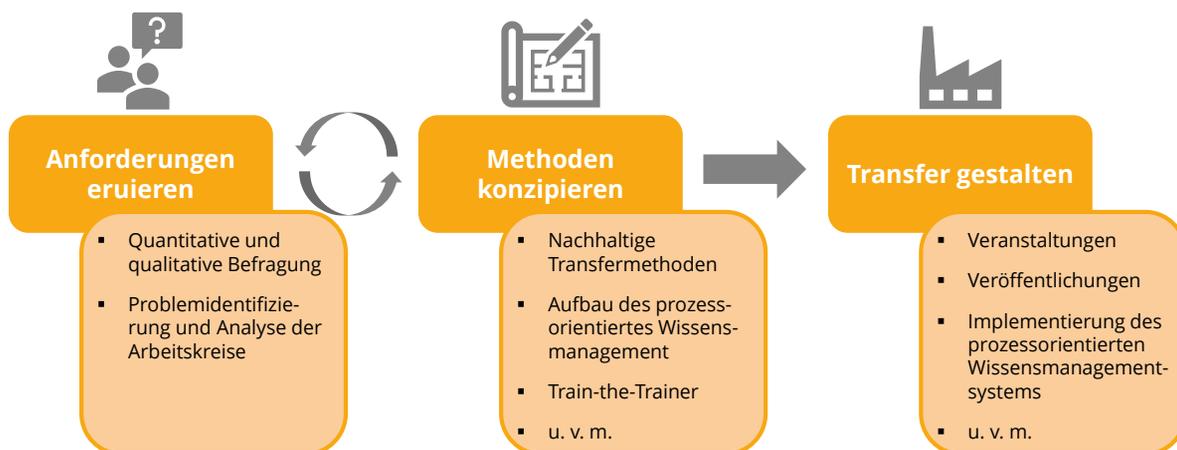


Abbildung 3 : Aufbau des Teilprojekts „Technologietransfer“ (TecTran)

Durch diese vier Arbeitspakete wurde der qualifizierte, zielgruppengerechte und praxisnahe Technologie- und Wissenstransfer sichergestellt.

Aus den einzelnen Bausteinen des Teilprojekts wurde während der Projektlaufzeit eine Systematik entwickelt. Die Systematik ist in Abbildung 3 dargestellt.

#### Anforderungen eruieren

Für die KMU-gerechte Aufbereitung war im ersten Schritt entscheidend, zu eruieren, welche Herausforderungen die Unternehmen meistern müssen bzw. welche Bedürfnisse sie haben. Hierzu wurden ein quantitativer Fragebogen erstellt und die Antworten analysiert. Die Ergebnisse sind in der ersten Projektbroschüre veröffentlicht: Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale erkennen (vgl. Spanner und Schneider 2018, S. 17ff). Die Untersuchung zeigte deutlich, wie sich die Unternehmen selbst einschätzen in Bezug auf Digitalisierung, intelligenter Produktionslogistik und Wissen / Technologie in bestimmten Fachbereichen. Die Ergebnisse ermöglichten dem Projektteam die Themengebiete auf die spezifischen Anforderungen der Kooperationspartner anzupassen.

Die Aufgabe des Teilprojekts TecTran war die Unterstützung der einzelnen Arbeitspakete bei der Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung der Arbeitskreise. Inhaltlicher Hauptfokus der Arbeitskreise lag bei den Arbeitspaketen.

Deshalb wurden fortlaufend durch das Teilprojekt TecTran zusätzlich die Aussagen und Diskussionen der Kooperationspartner in den Arbeitskreisen aufgenommen und analysiert. Dadurch konnten die Aufbereitung und Vermittlung von Methoden und Technologien kontinuierlich an die Bedarfe der KMU angepasst werden.

#### Methoden konzipieren

Der nächste Baustein im Teilprojekt bildete die Konzeption und Auswahl der Methoden. Unter anderem wurde auf Basis der Unternehmensbefragung ausgewählt, welcher Technologie- und Wissenstransfer für die Unternehmen erforderlich war. Einige Methoden und Workshops wurden zuerst mit den Kooperationspartnern besprochen, um sicherzustellen, dass diese für sie relevant waren. Darüber hinaus wurde darauf geachtet die Transfermethoden nachhaltig zu gestalten, um nach der Projektlaufzeit weiterhin darauf zurückgreifen zu können.

#### Transfer gestalten

Zum Baustein „Transfer gestalten“ zählen u. a. die Ergebnistransferformate

te, welche später noch beschrieben werden. Hierbei war wichtig, ein breites Portfolio anzubieten, um zum einen den Kooperationspartnern einen möglichst großen Überblick über die Projektinhalte zu bieten und zum anderen die Reichweite des Projekts zu erhöhen und so weitere KMU zu erreichen.

#### **Ergebnistransferformate**

Die Ergebnistransferformate wurden in vier Sparten gegliedert. (siehe Ab-

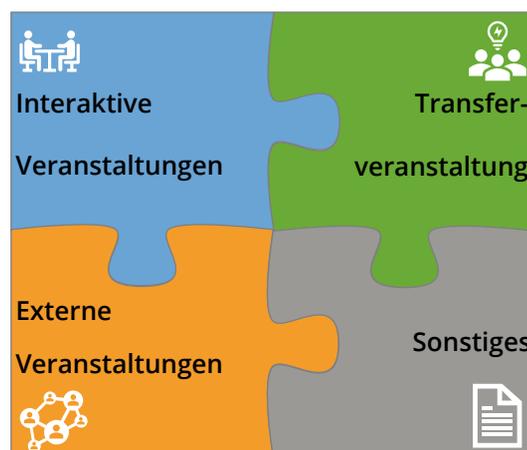


Abbildung 4 : Ergebnistransferformate des Transferprojekts

#### Arbeitskreise

Das Projekt veranstaltete diverse Arbeitskreise zu drei spezifischen Themen:

- Taktische Logistikplanung
- Intelligente Logistiksysteme
- Komplexitätsreduzierung

Die Aufgabe des Teilprojekts TecTran bestand in der Begleitung der Arbeitskreise, der Dokumentation sowie der anschließenden Analyse dieser.

Mehr Informationen zu den Inhalten der Arbeitskreise in Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale verstehen: Arbeitskreise – praxisnah erleben (Spanner und Schneider 2019, S. 21ff)

#### Transferveranstaltung / Digital Tag

Die Transferveranstaltung wurde konzipiert, um weitere kleine und mittlere Unternehmen über die Kooperationspartner hinaus zu erreichen. Die

Transferveranstaltung fand unter Einbeziehung der Lern- und Musterfabrik des Technologiezentrums statt, damit die Unternehmen durch den hohen Praxisbezug in Form von anwendungsorientierten Workshops eine zielgerichtetere Vermittlung der Inhalte bekamen.

Die erste Transferveranstaltung wurde 2017 als Informationsveranstaltung mit den Kooperationspartnern abgehalten. Die zweite Transferveranstaltung fand 2018 unter dem Motto TECHNOLOGIETRANSFER. PRODUKTIONSLOGISTIK. MITTELSTAND @ TZ PULS 2018 statt.

2019 gab es den ersten Digital Tag. Die Veranstaltung wurde in Kooperation mit dem Gründerzentrum Digitalisierung Niederbayern (GZDN) und dem Verbundprojekt Transfer und Innovation Ostbayern (TRIO) konzipiert und durchgeführt. Aufgrund dieser Kooperation kann gewährleistet werden, dass der Digital Tag auch nach Projektende weiter stattfinden wird. Dieser sollte 2020 ebenfalls wieder veranstaltet werden, wurde jedoch aufgrund der Pandemie auf das Jahr 2021 verschoben. In Workshops und Panels geht es praxisnah und umsetzbar um Themen rund um die Digitalisierung:

- Machine Learning
- Data Science
- Internet of Things
- Veränderungskultur im digitalen Wandel

Dazu wird es Impulsvorträge geben, eine Open Innovation Plattform sowie einen Markt der digitalen Möglichkeiten, um Raum für Diskussionen und zum Netzwerken zu schaffen.

#### Externe Veranstaltung

Zu den externen Veranstaltungen zählen die Roadshows des Projekts. Roadshows bezeichnen Veranstaltungen, die das Projektteam im EFRE-Schwerpunktgebiet zusammen mit Multiplikatoren, wie Wirtschaftsförderungen und Unternehmen, abgehalten hat.

Zudem wurden die Inhalte des Projekts auf diversen Kongressen, Veranstaltungen externer Einrichtungen, etc. präsentiert. Zum einen durch Vorträge und zum anderen durch Messe- bzw. Informationsstände. Insgesamt wurde das Projekt auf 37 Veranstaltungen vorgestellt [Stand: Juni 2020].

#### Sonstiges

Zu dem Baustein „Sonstiges“ zählen Projektveröffentlichungen in Form von wissenschaftlichen Artikeln, die drei Projektbroschüren sowie Pressemitteilungen, Berichte auf der Homepage und Social-Media-Auftritte. Gerade in den letzten zwei Projektjahren wurde das Thema Social-Media mehr in den Fokus genommen, um die Erreichbarkeit und somit den Transfergrad noch zu steigern.

Aufgrund der Ausnahmesituation der Pandemie 2020 mussten einige Ergebnistransferformate abgesagt werden. Um den Transfer weiterhin zu gewährleisten, hat sich das Projektteam dazu entschieden Online-Formate anzubieten.

#### Online-Formate

Die Arbeitskreise wurden in digitaler Form abgehalten. Um den Workshop-Charakter der Arbeitskreise auch in digitaler Form beizubehalten, wurde ein anwendungsorientiertes Konzept ausgearbeitet. Mit Unterstützung verschiedener Software (MS Teams, Zoom, Miro, etc.) konnten die Arbeitskreise weiter wie gewohnt stattfinden. Das Feedback der Kooperationspartner war durchweg positiv und die digitalen Arbeitskreise wurden als ideale Lösung angesehen (Beispiel für den digitalen Arbeitskreis in Abbildung 5).



Abbildung 5 : Beispiel digitaler Arbeitskreis „Taktische Logistikplanung“

Als weiteres Onlineformat wurde der YouTube-Channel des TZ PULS für das Transferprojekt genutzt. Der Channel wurde aufgrund der Ausnahmesituation vom TZ PULS ausgebaut und soll auch in Zukunft stärker Anwendung finden. Neben einer Vorstellung des Projekts wurden verschiedene nachhaltige Transfermethoden dargestellt. Wichtig war hierbei die Verknüpfung von YouTube mit Social-Media-Kanälen wie beispielsweise LinkedIn.

Unter anderem wurde die nachhaltige Transfermethode „Das Stufenmodell – eine systematische Vorgehensweise zur Optimierung und Digitalisierung in Unternehmen“ in mehreren Folgen dargestellt. Die Methode wurde entwickelt, um kleinen und mittleren Unternehmen eine einfache Vorgehensweise an die Hand zu geben und damit ihr Unternehmen schrittweise zu optimieren und digitalisieren. Diese Transfermethode wurde in mehreren Folgen mit Hilfe der Software „Vyond“ als Animationsvideo veröffentlicht (siehe Abbildung 6).



Abbildung 6 : Beispiel Animationsvideo Stufenmodell (Folge 6)

Bisher sind sechs Folgen des Stufenmodells als Video erschienen [Stand: Juni 2020]:

- Die erste Folge gibt eine Einführung in das Thema und Beschreibung des fiktiven Unternehmens „Gerhard Grind GmbH“. Die Gerhard Grind GmbH wurde entworfen, um den Praxisbezug des Modells zu verdeutlichen und den Transfer der Themen anwendungsorientiert darzustellen.
- In der zweiten Folge „Das Stufenmodell – Eine systematische Vorgehensweise zur Optimierung und Digitalisierung in Unternehmen“ wird die Gerhard Grind GmbH genauer vorgestellt, das Cardboard-Engineering auf der Projektfläche des TZ PULS gezeigt und das Stufenmodell erklärt.
- Die dritte Folge zeigt einen methodischen Ansatz zur Unternehmensanalyse. In einem Praxisbeispiel zeigen die Protagonisten zudem den Ablauf einer Wertstromanalyse.
- In der vierten Folge werden die zwei Methoden Spaghetti-Diagramm und

Tätigkeitsanalyse und deren Durchführung bei der Gerhard Grind GmbH erläutert.

- Die Ergebnisse aus den angewandten Methoden werden mit Hilfe von Kennzahlen zusammengefasst und auf einem Shopfloor Board visualisiert (Folge 5).
- Die sechste Folge „Das Stufenmodell – Eine systematische Vorgehensweise zur Optimierung und Digitalisierung in Unternehmen“ behandelt das Thema Layoutoptimierung und die Durchführung bei der Gerhard Grind GmbH.

Da bereits die erste Folge über sechshundert Views vorweisen konnte, werden die Videos bis zum Projektende weitergeführt und stehen so auch nach Projektlaufzeit zur Verfügung.

Das Stufenmodell ist in Kapitel III. 2. inhaltlich näher erläutert.

### Train-the-Trainer

Eine weitere Transfermethode stellen die Train-the-Trainer Maßnahmen dar. Durch die Analyse der Arbeitskreise wurde festgestellt, dass es den Führungskräften oft an Knowhow fehlt, wie sie die gewonnenen Erkenntnisse aus dem Projekt an ihre Mitarbeiter vermitteln. Auch entstehen oft interne Probleme, wenn es zu Änderungen im Unternehmen kommt. „Wie nehme ich meinen Mitarbeitern die Angst vor neuen Technologien?“ „Wie nehme ich meine Mitarbeiter bei einem Veränderungsprozess mit?“ Diese und weitere Fragen stellen Führungskräfte oft vor immense Herausforderungen. Ebenso ist es wichtig, dass Führungskräfte aktiv bei Veränderungen und Innovationen miteinbezogen werden. Gerade kleine und mittlere Unternehmen haben beispielsweise meist keine eigene Abteilung zur internen Qualifikation, weshalb sich hier Train-the-Trainer-Ansätze besonders gut eignen, um die Personen im Unternehmen dazu zu befähigen, Wissen, neue Ansätze und Methoden zu testen und diese aufbereitet an ihre Mitarbeiter weiter zu geben. (Zink, Schmidt und Bäuerle 1997, S. 1)

### Design Thinking

Die erste durchgeführte Train-the-Trainer-Maßnahme war Design Thinking. Die Veranstaltung wurde in Kooperation mit dem Verbundprojekt TRIO als Train-the-Trainer-Maßnahme angeboten. Kooperationspartner und Wissenschaftler führten in zwei zweitägigen Workshops den Basic Track Design Thinking durch.

#### Hochschulverbund Transfer und Innovation in Ostbayern



Transfer und Innovation Ostbayern (TRIO) ist ein Projekt der sechs ostbayerischen Hochschulen. Das Projekt wird aus dem Programm „Innovative Hochschule“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert und hat eine Laufzeit von fünf Jahren. TRIO versteht sich als aktiver Gestalter des Wissens- und Technologietransfers in der Region Ostbayern mit dem Themenschwerpunkt Digitalisierung.

Ziel des Projekts ist es, den Transfer auszubauen und aktiv zu gestalten sowie den Austausch zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft in der Region zu verstärken. Die ostbayerischen Hochschulen planen dazu unter anderem, ihre Kompetenzen fächerübergreifend zu bündeln und transparent zu machen. Am Hochschulverbund TRIO beteiligt sind als Koordinator die OTH Regensburg, außerdem die OTH Amberg-Weiden, die TH Deggendorf, die HAW Landshut und die Universität Passau (wissenschaftliche Leitung); die Universität Regensburg ist Kooperationspartner.

Web: [www.transfer-und-innovation-ostbayern.de](http://www.transfer-und-innovation-ostbayern.de)

Die systematische Herangehensweise von Design Thinking eignet sich für die verschiedensten Problemstellungen. Auch sehr komplexe Themen können strukturiert und einfach behandelt werden. „Im Gegensatz zu vielen Herangehensweisen in Wissenschaft und Praxis, die von der technischen Lösbarkeit die Aufgabe angehen, stehen Nutzerwünsche und -bedürfnisse sowie nutzerorientiertes Erfinden im Zentrum des Prozesses. Design Thinker schauen durch die Brille des Nutzers auf das Problem und begeben sich dadurch in die Rolle des Anwenders.“ (Hasso-Plattner-Institut Academy GmbH (Hrsg.) 2020) Diese Methode ist eine ideale Herangehensweise, um praxisnahe Ergebnisse zu erzielen und innerhalb einer sehr kurzen Zeitspanne Innovationen zu kreieren.

Thema des Basic Tracks war: Entwickelt etwas für Logistikplaner in KMU, um effizient Losgrößen zu bilden bei hoher Varianz und Stückzahl. Primär ging es um die Vermittlung der Methodik, jedoch sollte an einem praxisnahen und projektrelevanten Thema gearbeitet werden.



Abbildung 7 : Prototyping des Design Thinking

Hierzu durchliefen die Teilnehmer in den zwei Tagen des Workshops den kompletten Design Thinking Prozess:

- Verstehen
- Beobachten
- Sichtweise definieren
- Ideen finden
- Prototypen entwickeln
- Testen (Hasso-Plattner-Institut Academy GmbH (Hrsg.) 2020)



Abbildung 8 : Design Thinking zweite Teilnehmergruppe

Wichtig für das Design Thinking ist das schnelle Entwickeln von anwenderorientierten Prototypen in einem möglichst multidisziplinären Team, um früh in die Testphase gehen zu können und so Fehler frühzeitig zu erkennen sowie zu beheben.

Gerade dieser Ansatz ist für kleine und mittlere Unternehmen von großem Interesse. Durch den geringen monetären Aufwand und die kurze Zeitspanne bis zur Testphase können auch KMU ihr Innovationspotenzial nicht nur auf Produkt, sondern auch auf Prozessebene enorm steigern.

Als weitere Themen für die Train-the-Trainer-Maßnahmen waren Wissensmanagement und Change Management geplant. Jedoch müssen diese aufgrund der Pandemie-Situation ausfallen bzw. als Online-Formate angeboten werden [Stand: Juni 2020]. Die Animationsvideos sind eine gute Option, den Transfer weiter zu gewährleisten und auch außerhalb von Präsenzveranstaltungen einfach und anschaulich Inhalte zu vermitteln.

### Nachhaltige Transfermethoden

Die nachhaltigen Transfermethoden sind ein wichtiger Baustein des Projekts. Die interaktiven Herangehensweisen und Konzepte wurden zur Vermittlung von Wissen und Technologien genutzt. Im Fokus standen hierbei der hohe Praxisbezug sowie die Nutzbarkeit für kleine und mittlere Unternehmen.

Zu den nachhaltigen Transfermethoden zählen Planspiele, Workshops, Anwendungsszenarien und ähnliche Herangehensweisen.

Natürlich wurden bestehende Instrumente in den Arbeitskreisen transferiert, jedoch wurden die Transfermethoden speziell für die Bedürfnisse der Kooperationspartner zusammengestellt, aufbereitet und/oder entwickelt. In Kapitel III werden folgende Beispiele näher beschrieben:

- Mobiles Planspiel „intelligente Bereitstellungshilfsmittel (iBH)“
- Stufenmodell zur schrittweisen Optimierung und Digitalisierung in Unternehmen
- Demonstrator eines intelligenten Logistiksystems
- Stufenmodell zur agilen Komplexitätsreduzierung
- Warnsystem für die taktische Logistikplanung
- Anwendungsszenario Raspberry Pi in einer U-Zelle
- Prozessorientiertes Wissensmanagement
- Modulare Sensorik für mobile IIoT

### Fazit

Das Technologietransferprojekt „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“ hat durchgehend gezeigt, wie wichtig die Dimension Mensch ist. Die Zusammenarbeit der Teilprojekte wurde so zum Erfolg und es konnte ein großer Output generiert werden. Durch die Schnittstellenfunktion des Teilprojekts TecTran wurden die einzelnen Arbeitspakete zu einem Gesamtprojekt zusammengeschlossen und der Mehrwert für die Kooperationspartner gesteigert.

Die nachhaltigen Transfermethoden bieten auch nach Projektende für kleine und mittlere Unternehmen die Möglichkeit, sich im Bereich der Intelligenen Produktionslogistik weiterzubilden und zu qualifizieren.

Der hohe Anteil an Veröffentlichungen gibt zudem die Chance, die Themen nachhaltig zu verbreiten und so fortlaufend einen Transfer zu leisten.

Durch das hohe Maß an Präsentationen des Projekts auf Kongressen, Messen und anderen externen Veranstaltungen konnten die Projektergebnisse einem größeren Publikum und auch vermehrt Fachkreisen vorgestellt werden.

Letztendlich wurde durch die Gespräche mit den Unternehmern kontinuierlich verdeutlicht, dass die Konstellation und Zusammenarbeit der Dimensionen Mensch, Prozess und Technik – vertreten durch die einzelnen Teilprojekte – unabdingbar für ein erfolgreiches Projekt ist. Gerade

der Mensch scheint in der immer stärker technisierten Welt nicht an Wert zu verlieren, sondern soll durch Methoden und Herangehensweisen in die Digitalisierung mitgenommen werden. Genau hier setzte das Teilprojekt TecTran an.

### Literaturverzeichnis

Bräutigam, Thimo (2015): *Cross Industry Innovation: Branchenübergreifende Innovation als Zukunftserfolg*. Online im Internet. URL: <http://www.der-deutsche-innovationspreis.de/blogliste/das-aktuelle/einzelansicht/article/cross-industry-innovation-branchenuebergreifende-innovation-als-zukunftstrategie.html> (Stand: 19.02.2016)

Enkel, Ellen (2007): *Wissensnetzwerke zur Integration interner und externer Wissensträger in KMU*. In: Bellinger, Andréa; Krieger, David (Hrsg.) (2007): *Wissensmanagement für KMU*. Zürich.

Hasso-Plattner-Institut Academy GmbH (Hrsg.) (2020): *Was ist Design Thinking?* Online im Internet. URL: <https://hpi-academy.de/design-thinking/was-ist-design-thinking.html> (Stand: 27.07.2020)

Hocke, Peter; Bräutigam, Klaus-Rainer; Fleischer, Torsten; Schleisiek, Anna (2011): *Zur Zielsetzung der Studie und ihrem Projektdesign*. In: Bräutigam, Klaus-Rainer; Gerybadze, Alexander (Hrsg.) (2011): *Wissens- und Technologietransfer als Innovationstreiber*. Berlin.

Meixner, Oliver; Haas, Rainer (2015): *Wissensmanagement und Entscheidungstheorie. Theorien, Methoden, Anwendungen und Fallbeispiele*. Wien.

Möhrle, Martin (2020): *Cross-Industry Innovation. Definition: Was ist "Cross-Industry Innovation"?* Online im Internet. URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/cross-industry-innovation-54376> (Stand: 27.07.2020)

Piller, Frank T.; Hilgers, Dennis (2013): *Technologietransfer – Bedeutung und Herausforderung*. In: Piller, Frank T.; Hilgers, Dennis (Hrsg.) (2013): *Praxishandbuch Technologietransfer. Innovative Methoden zum Transfer wissenschaftlicher Ergebnisse in die industrielle Anwendung*. Düsseldorf.

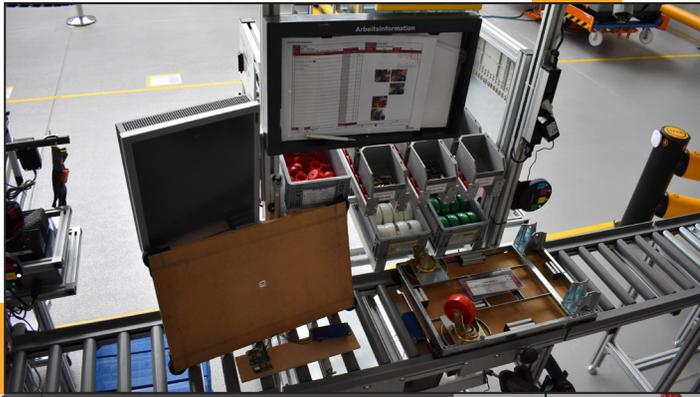
Schneider, Markus; Spanner, Katharina; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven; Seel, Christian; Alt, Denis; Bäuml, Stephanie; Hilpoltsteiner, Daniel; Meier, Sandra; Weindl, Stephanie (2018): *Vorstellung der Teilprojekte – Schwerpunkte setzen*. In: Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven.; Seel, Christian (Hrsg.) (2018): *Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale erkennen*. Dingolfing. S. 14-16.

Spanner, Katharina; Schneider, Markus (2018): *Projektübergreifende Ergebnisse der Unternehmensbefragung – Potenziale erkennen*. In: Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven.; Seel, Christian (Hrsg.) (2018): *Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale erkennen*. Dingolfing. S. 17-23.

Spanner, Katharina; Schneider, Markus (2019): *Arbeitskreise praxisnah erleben*. In: Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven.; Seel, Christian (Hrsg.) (2019): *Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale verstehen*. Dingolfing. S. 19-20.

Treichel, Dietmar (2007): *Projektmanagement für Wissensmanagement*. In: Bellinger, Andréa; Krieger, David (Hrsg.) (2007): *Wissensmanagement für KMU*. Zürich.

Zink, Klaus J.; Schmidt, Andreas; Bäuerle, Thomas (1997): *Train-the-Trainer-Konzepte. Arbeitsmaterialien zur Vermittlung von Qualitätswissen*. Berlin Heidelberg.



### III. NACHHALTIGE TRANSFERMETHODEN – BEISPIELE FÜR INTERAKTIVE HERANGEHENSWEISEN UND KONZEPTE ZUR VERMITTLUNG VON WISSEN UND TECHNOLOGIEN

Spanner, Katharina; Schneider, Markus

Ziel des Technologietransferprojekts war die Vermittlung von Methoden und Technologien an kleine und mittlere Unternehmen. Der Transfer sollte zum einen KMU-gerecht aufgebaut sein und zum anderen nachhaltig am TZ PULS verankert werden, um zukünftig noch weiter zur Unterstützung herangezogen zu werden.

#### Ziele

Ziel der Transfermethoden war es den kleinen und mittleren Unternehmen durch optimierte Prozesse und gezieltem Einsatz von Technologien zu ermöglichen, weiter in einem Hochlohnland wettbewerbsfähig produzieren zu können.

Die Transfermethoden sollten zum einen KMU-gerecht aufgebaut und vermittelt werden sowie einen hohen Praxisanteil aufweisen. KMU-gerecht bedeutet, dass die Methoden auf die speziellen Bedürfnisse kleiner und mittlerer Unternehmen zugeschnitten sind. Zum anderen soll die Nachhaltigkeit der aufgebauten Szenarien, Modelle und Konzepte sicherstellen, dass sie auch nach Projektende am Technologiezentrum Produktions- und Logistiksysteme genutzt werden können, um den Transfer zu verstetigen.

#### Nachhaltigkeit

Die Nachhaltigkeit am TZ PULS wird gewährleistet durch Aufbauten auf der 300 m<sup>2</sup> großen Projektfläche des Technologiezentrums und der 900 m<sup>2</sup> großen Lern- und Musterfabrik sowie durch Workshops und Planspiele, welche nach Projektende weiter durchgeführt werden können. Wichtig ist hierbei noch zu erwähnen, dass manche Transfermethoden sowohl vor Ort als auch mobil genutzt werden können.

Die Konzeption mobiler Transfermethoden wurde angestrebt, um die KMU in den Schwerpunktregionen vor Ort unterstützen zu können.

#### Bedarfe und Umsetzung

Zunächst war es zu Beginn des Technologietransferprojekts KIP notwendig die Herausforderungen und Bedarfe der Unternehmen zu ermitteln – unter anderem durch eine quantitative Befragung, bilaterale Gespräche, Diskussion zur spezifischen Themenfeldern in den Arbeitskreisen und Literaturrecherche.

Bei einigen Herausforderungen konnten direkt passenden Lösungsansät-

ze und Methoden aufbereitet werden, ohne zuvor eine Analyse bei den Unternehmen zu machen.

Um andere Herausforderungen besser zu verstehen, wurden für manche Problemstellungen bei einem oder mehreren KMU Delta-Analysen der Produktionslogistikprozesse durchgeführt. Anschließend wurden die Auffälligkeiten der Prozesse dokumentiert und mit den teilnehmenden kleinen und mittleren Unternehmen besprochen. Nach der Analyse-Phase wurde vorhandenes Wissen und verfügbare Technologien in der Lern- und Musterfabrik genutzt, um einen Idealprozess für die Problemstellung zu gestalten. Sofern keine geeigneten Technologien zum Nachbilden der realen Prozesse verfügbar waren, wurde Cardboard Engineering (Kartonagensimulation) verwendet. Für die Problemstellung entstanden so mehrere Lösungsansätze, welche den KMU vorgestellt wurden. Die Anwendbarkeit der einzelnen Lösungsansätze ist abhängig von den jeweiligen Produktions- und Logistikabläufen der Unternehmen und deren Unternehmenskultur.

Der dadurch entstandene Mehrwert wurde den teilnehmenden KMU vorgestellt. Anschließend wurde das Ergebnis veröffentlicht und an andere kooperierende KMU transferiert, z. B. in Transferveranstaltungen, Arbeitskreisen oder Publikationen.

#### Inhalt

Im Laufe des Projekts wurden viele Methoden aufbereitet, neu kombiniert oder zielgruppengerecht entwickelt. Aus verschiedenen Theorieansätzen wurden Workshops, Planspiele, Modelle etc. generiert, welche in Arbeitskreisen, externen und internen Veranstaltungen sowie durch Vorträge und Veröffentlichungen transferiert wurden.

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über Beispiele dieser nachhaltigen Transfermethoden:

- Mobiles Planspiel „intelligente Bereitstellungshilfsmittel (iBH)“
- Stufenmodell zur schrittweisen Optimierung und Digitalisierung in Unternehmen
- Demonstrator eines intelligenten Logistiksystems
- Stufenmodell zur agilen Komplexitätsreduzierung
- Warnsystem für die taktische Logistikplanung
- Anwendungsszenario Raspberry Pis in einer U-Zelle
- Prozessorientiertes Wissensmanagement
- Modulare Sensorik für mobile IIoT

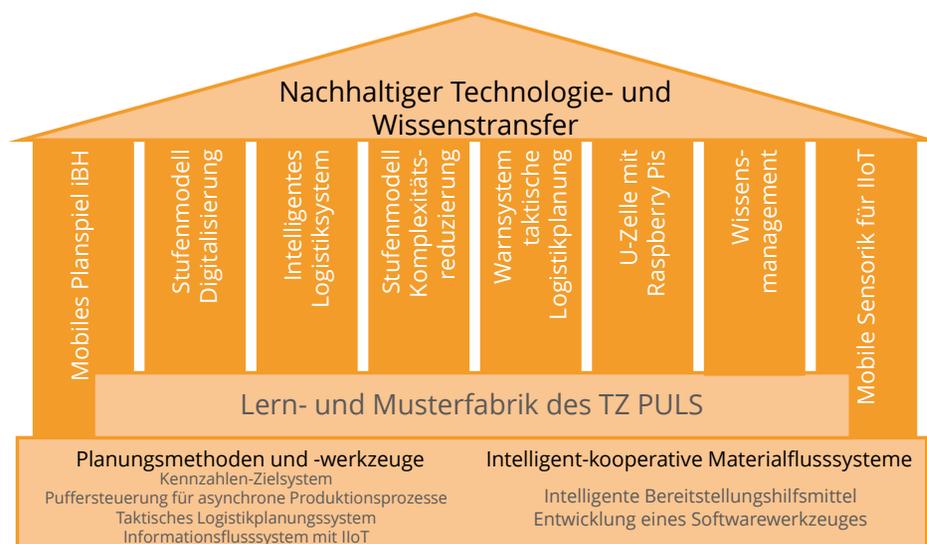


Abbildung 1: Überblick über Beispiele der nachhaltigen Transfermethoden



Planspiel iBH - intelligente Bereitstellungshilfsmittel in der Produktionslogistik

# 1. iBH – intelligente Bereitstellungshilfsmittel: ein Planspiel zur Vermittlung der Potenziale des Internets der Dinge für KMU

Bäumel, Stephanie; Spanner, Katharina; Grzyszek, Daniel; Meißner, Sebastian

Um den kooperierenden kleinen und mittleren Unternehmen die Potenziale des Internets der Dinge (engl. Internet of Things; Kurzform: IoT) nahezubringen sowie ihnen einen Weg zum schrittweisen problemlöseorientierten Vorgehen beim Einsatz digitaler Technologien an die Hand zu geben, wurde im Arbeitspaket IntSys AP I2 „Intelligente Bereitstellungshilfsmittel“ des Technologietransferprojekts „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik (KIP)“ das Planspiel „iBH – intelligente Bereitstellungshilfsmittel“ entwickelt.

## Ausgangssituation

Digitalisierung und IoT sind längst keine Fremdworte mehr in der Produktionslogistik. Jedoch haben gerade kleine und mittlere Unternehmen große Schwierigkeiten, eine zielorientierte Technologieauswahl zu treffen, um Prozesse zu digitalisieren. Neben Engpässen im Bereich der Personalkapazität und den finanziellen Mitteln für technische Innovationen, fehlt den Unternehmen oftmals das entscheidende Know-how für diesen Bereich.

Die quantitative Befragung des Transferprojekts (2018) hat dies bestätigt. Auf die Frage, was sich die Unternehmen von dem Projekt KIP erwarten, wurden unter anderem folgende Aussagen getätigt:

- „Wir wollen ein Verständnis für Digitalisierung und innovative Technologien entwickeln.“
- „Was gibt es momentan auf dem Markt, welche Technologien passen zu meinem Unternehmen, und vor allem: Wie setze ich es um?“

Haupttenor der Aussagen war die Frage, welche innovativen Technologien für das jeweilige Unternehmen sinnvoll sind, wie die Führungskräfte die Entscheidung treffen und diese am besten umsetzen können. Dies hat sich durch die Gespräche im Rahmen des interaktiven Arbeitskreises AK2 „intelligente Logistiksysteme“ bestätigt. (Details zu den Arbeitskreisen: Spanner und Schneider (2019)) Die durchgeführte quantitative Studie hat zudem ergeben, dass sich die Kooperationspartner als Methodik zur Vermittlung der Ergebnisse des Projekts u. a. Planspiele wünschen würden.

Aus diesen Gründen wurde im Arbeitspaket „Intelligente Bereitstellungshilfsmittel“ in Kooperation mit dem Teilprojekt „TecTran“ ein Planspiel zur Vermittlung der Potenziale des Internet der Dinge (IoT) für KMU entwickelt.

## Vorgehensweise

Der erste Schritt nach der Themenfindung war die Erarbeitung einer Methode zur Vermittlung der Inhalte. Wichtig war, hierbei die veränderten didaktischen Anforderungen im digitalen Zeitalter in die Überlegung miteinzubeziehen und die Methodik nah an der Zielgruppe auszuwählen. Es wurde entschieden, eine Kombination aus Theorie und Praxisanteil in Form eines Planspiels bzw. einer Simulation zu entwickeln. „Planspiele eignen sich sowohl für die Förderung allgemeiner Kompetenz im Umgang mit komplexen Systemen als auch für die Unterstützung des Wissens- und Kompetenzerwerbs im bereichsspezifischen Kontext.“ (Kriz 2009, S. 558ff) Dabei ist es wichtig, den Übertrag der Methode bzw. des Planspiels als Modell auf die Wirklichkeit zu schaffen. Simulationen in der Realität stellen uns vor große Herausforderungen, was Kosten, Zeit etc. angeht. Ohne vorher den erbrachten Mehrwert geprüft zu haben, ist eine reale Simulation meist nicht möglich durchzuführen. Aus diesem Grund sind Modelle und Simulationen – welche jedoch so realitätsnah wie möglich durchgeführt werden



sollen – so entscheidend in der Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen im Unternehmen, bei Weiterbildungen, u. v. m. (Kriz 2009, S. 558ff) AUER beschreibt das Planspiel als eine Klassifizierung von Simulationen und besagt, dass „(...) daraus resultierenden Ergebnisse (...) anschließend wieder auf das reale Problem übertragen (...)“ werden können (Auer 2020). Gerade dieser Übertrag von Modell auf Realität ist entscheidend, um den kooperierenden Unternehmen im Projekt KIP möglichst viel mitzugeben.

Abbildung 1 zeigt den Ablauf der Planspielkonzeption und wird im Folgenden beschrieben.

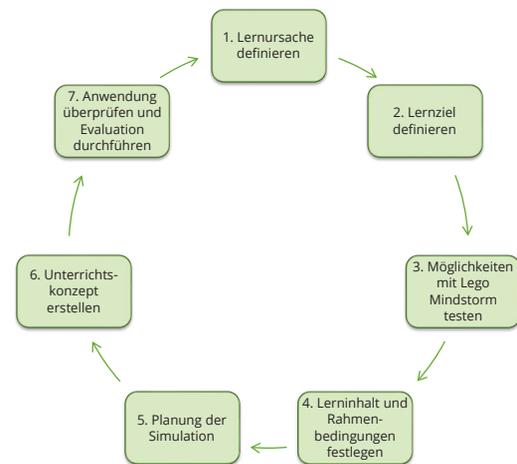


Abbildung 1: Ablauf Konzeption des Planspiels / Simulation (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Meyerhoff & Brühl 2015)

## Lernursache

„Die Lernursache ist der Anstoß und Grund für den gesamten Lern- und Lehrprozess.“ (Meyerhoff & Brühl 2015, S. 5)

Folgendes definiert die Notwendigkeit der Simulation „iBH – intelligente Bereitstellungshilfsmittel“:

- Es soll ein Verständnis für das Themengebiet der Industrie 4.0 bzw. der fortschreitenden Digitalisierung geschaffen und ein Technologietransfer zum Thema „intelligente Bereitstellungshilfsmittel“ geleistet werden.
- Das Planspiel soll zur Vermittlung der Potenziale des Internet der Dinge (IoT) als Kernelement für vernetzte und somit intelligente Produktionslogistik dienen.
- Das Planspiel richtet sich an (zukünftige) Fach- und Führungskräfte in produzierenden Unternehmen aus den Fachbereichen Prozess- und Informationsmanagement, Logistik und Produktion.
- Das Planspiel verfolgt das Kernziel den Transfer des Technologieeinsatzes „intelligenter Bereitstellungshilfsmittel“ problemlösungsorientiert in die reale Umgebung der Produktionslogistik zu ermöglichen.

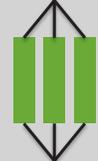
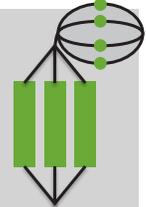
Stufe	1	2	3	4	5
	Prestructural	Unistruktural	Multistruktural	Relational	Extended Abstract
Behaltensquote	0%	5-30%	30-70%	70-90%	90-100%
					
Verben für Lernzielbeschreibung		definieren beschriften aufsagen imitieren	beschreiben auflisten skizzieren diskutieren zuordnen	erklären argumentieren vergleichen miteinander in Beziehung setzen	transferieren andere anlernen reflektieren generieren Probleme lösen

Abbildung 2: Darstellung der Stufen der SOLO Taxonomy als Basis zur Formulierung der Lernziele (Quelle: in Anlehnung an Hook & Mills 2011)

## Lernziele

Im nächsten Schritt wurden die einzelnen Lernziele festgelegt. Um diese zu definieren, wurde auf die Methodik der SOLO Taxonomy zurückgegriffen (Hook & Mills 2011). Wichtig war hierbei die präzise Formulierung der Lernziele unter Verwendung der „richtigen Verben“ (siehe Abbildung 2). Das Projektteam hat sich für die SOLO Taxonomy als Methode entschieden, da hiermit die Lernziele passend formuliert werden können. Die Verwendung der „richtigen Verben“ in der einzelnen Stufe gibt Aussage über den späteren Lernerfolg. D. h., es sollte so von vorneherein sichergestellt werden, dass das Planspiel eine nachhaltige Wirkung erzeugt. Die Lernziele für das Planspiel „intelligente Bereitstellungshilfsmittel“ wurden mit Hilfe der SOLO Taxonomy (Abbildung 2) wie folgt definiert:

Die Seminarteilnehmer sollen nach dem Planspiel in der Lage sein,

- (a) den Begriff der IoT-Technologie, Industrie 4.0 und Digitalisierung zu definieren. (SOLO Taxonomy Stufe 2)
- (b) Bereitstellungshilfsmittel in der Produktionslogistik verschiedenen Kategorien zuzuordnen. (SOLO Taxonomy Stufe 3)
- (c) notwendige Komponenten für den Aufbau eines Internet der Dinge in der Produktionslogistik mit Bereitstellungshilfsmitteln zu skizzieren. (SOLO Taxonomy Stufe 3)
- (d) notwendige Komponenten (Sensorik und Aktorik) für den Aufbau eines „intelligenten Bereitstellungshilfsmittels“ („intelligenten Logistiksystems“) bedarfsgerecht auszuwählen. (SOLO Taxonomy Stufe 3)
- (e) die Vorteile einer strukturierten Erfassung der IST-Situation für den richtigen Technologieeinsatz der Bereitstellungshilfsmittel zu argumentieren. (SOLO Taxonomy Stufe 4)
- (f) innerhalb eines vorgegebenen Wertstroms geeignete Technologien für Bereitstellungshilfsmitteln zu differenzieren. (SOLO Taxonomy Stufe 4)

Darüber hinaus kann durch das Planspiel ermöglicht werden, dass die Seminarteilnehmer eine Wertstromanalyse erstellen lernen oder anhand eines beliebigen Wertstroms erkennen, welcher Technologieeinsatz „intelligenter Bereitstellungshilfsmittel“ problemlösungsorientiert in die reale Umgebung der Produktionslogistik transferiert werden kann. Um dies zu erreichen, benötigt es jedoch zusätzlich Erfahrung und Übung, weshalb dieser Prozess nicht innerhalb des Planspiels vollzogen werden kann, sondern als nachgelagerter Prozess im Unternehmen durchgeführt werden muss.

## Lernkonzept

Die Konzeption des Planspiels „IBH - intelligente Bereitstellungshilfsmittel“

erfolgte wie in Abbildung 1 beschrieben in sieben Schritten. Dabei wurde die von MEYERHOFF UND BRÜHL empfohlene Vorgehensweise für die Entwicklung von Planspielen um den Schritt drei „Möglichkeiten mit Lego Mindstorms testen“ ergänzt. Diese Herangehensweise war notwendig, um auszuprobieren, welche Lernziele sich mit Lego Mindstorms umsetzen lassen und ob Lego Mindstorms für die Vermittlung der Lernziele geeignet ist. Beides konnte im Laufe der Testphase positiv beantwortet werden. Auch stellte sich in der Testphase heraus, dass Lego Mindstorms für manche technologische Umsetzungen in den Materialbereitstellungsprozessen keine Lösungen anbot. Zum Beispiel wollte das Projektteam eine Pick-by-Light-Anlage umsetzen. Dies war aber technisch nicht möglich und wurde zu einer „Pick-by-Fahne“-Lösung. Hierbei wurde das Lichtsignal durch das Umdrehen einer Fahne umgesetzt. Im Großen und Ganzen konnten die gewünschten technologischen Szenarien mit Lego Mindstorms konzeptioniert werden. Um die Seriosität von Lego als Planspielhilfsmittel zu überprüfen, waren die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen bei einem mittelständischen Unternehmen, das die Philosophie von Lean Management ihren Mitarbeitenden mit einem Planspiel aus Lego vermittelt. Hier wurde ebenfalls bestätigt, dass es nicht wichtig ist, die einzelnen Technologien zu vermitteln, sondern das Verständnis für die Veränderungen im Prozess zu schaffen. Darüber hinaus konnte festgestellt werden, dass Lego Mindstorms durch den Einsatz von Sensoren und Aktoren die Möglichkeit bietet, IoT in der Produktionslogistik abzubilden.

Nach Formulierung der Lernursache sowie der Lernziele und der erfolgreichen Testphase mit Lego Mindstorms wurden der Lerninhalt und die Rahmenbedingungen festgelegt. Für die Lernziele wurde ein Brainstorming durchgeführt, mit dem Ziel, zu definieren, welche Inhalte notwendig sind, um die jeweiligen Lernziele zu vermitteln. Dabei konzentrierte man sich stark auf die Solo Taxonomy. Diese didaktische Methode fokussiert sich auf den Lernenden und was er nach dem Seminar können soll. Dieses „Können“ wird im Verb repräsentiert. Zum Beispiel reicht es bei „definieren“, dass die Teilnehmenden nach dem Planspiel in der Lage sind, einen Begriff für sich verstanden zu haben. Das führt wiederum dazu, dass man sich überlegen kann, welche didaktischen Mittel notwendig sind, um das Lernziel zu erreichen. (Hook & Mills 2011) Das Lernziel definiert im Umkehrschluss die didaktische Methode, die eingesetzt wird. Die Rahmenbedingungen für das Planspiel wurden durch die Erfahrungswerte im Projekt KIP festgelegt. Hierbei ist festzuhalten, dass die kleinen und mittelständischen Unternehmen keine Ressourcen zur Verfügung haben, um Mitarbeitende zwei oder drei Tage auf Fortbildung zu schicken. Deshalb wurde definiert, dass das Planspiel maximal einen Tag in Anspruch nehmen soll, um die Lernziele zu erreichen. Das Planspiel soll ferner mobil sein, damit es in die entfernten Schwerpunktgebiete des Projektes mitgenommen werden kann und auch kleine Unternehmen, die die Anreize an das Technologie-

zentrum für Produktions- und Logistiksysteme in Dingolfing nicht leisten können, vom Planspiel zu profitieren.

**Umsetzung**

Im fünften und sechsten Konzeptionsschritt nach MEYERHOFF UND BRÜHL wurde die Simulation mit Lego Mindstorms geplant und das Unterrichtskonzept in Form des Workshopinhalts erarbeitet. Wichtig bei der Auswahl

vom Zusammenhang zwischen Industrie 4.0, Digitalisierung und IoT-Technologien noch nicht klar ist. Selbst die Literatur ist sich hier nicht einig. Deshalb ist es wichtig, zu Beginn des Seminars zumindest ein gemeinsames Verständnis für den Seminar- und Simulationsverlauf zu definieren. Das hat zur Folge, dass zu Beginn des Tagesablaufs relevante Begriffe definiert werden müssen.

**Lernziel (b):** Die Seminarteilnehmer sollen nach dem Planspiel in der Lage

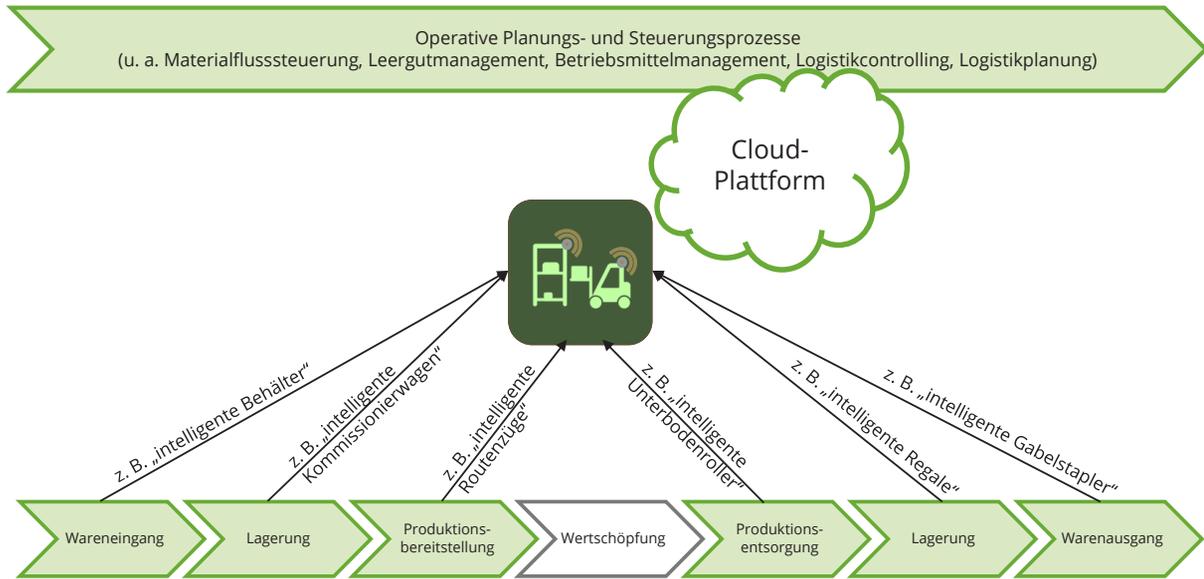


Abbildung 3: Arbeitspaket IntSys I2 „Intelligente Bereitstellungshilfsmittel“

für Technologien ist die Anforderung des Prozesses. (Bäumel et al. 2019) Um diese zu definieren, ist es notwendig, die Prozesse vorher methodisch zu analysieren, darzustellen und zu optimieren. (Bäumel et al. 2019) Deshalb wurde die eigentliche Simulation mit Lego Mindstorms, die die Potenziale und Nutzen des IoT-Einsatzes vermitteln soll, in ein Gesamtkonzept integriert. Wie bereits im Workshop des KIP-Teams am Digital Tag 2019 erläutert, ist es nötig, Prozesse zu analysieren, zu optimieren und sie im Anschluss zu digitalisieren. Das Konzept des Planspiels „iBH – Intelligente Bereitstellungshilfsmittel“ soll dies erlebbar und erlernbar machen.

Für das Gesamtkonzept wurde als erster Schritt ein grober Tagesablauf mit den zu vermittelnden Lernzielen definiert. Diese Schritte wurden im Detail in einem Leitfaden für den Lehrenden (Seminarleitung) erläutert. Neben dem Leitfaden für den Lehrenden wurde ein Leitfaden für den Lernenden erstellt, der die notwendigen Unterlagen für das Seminar enthält.

Das Seminar startet mit einer allgemeinen Einführung, in der sich die Teilnehmenden kennen lernen, die Lernursache vermittelt bekommen und organisatorische Themen erläutert werden. Im Anschluss werden die Lernziele vorgestellt, um den Teilnehmenden eine Orientierung für den Seminartag zu geben. Ferner kann so die Erwartungshaltung an den Tag in Erfahrung gebracht und bei der Evaluation die Lernziele abgefragt werden.

Für die weitere Planung der Simulation und die Erarbeitung des Unterrichtskonzepts wurden für die jeweiligen Lernziele die zu vermittelnden Inhalte herausgearbeitet, die im folgenden Abschnitt beschrieben sind.

**Lernziel (a):** Die Seminarteilnehmer sollen nach dem Planspiel in der Lage sein, den Begriff der IoT-Technologie, Industrie 4.0 und Digitalisierung zu definieren. (Solo Taxonomy Stufe 2)

Im Arbeitspaket IntSys I2 sollen die Potenziale und Nutzen von IoT-Technologien für die kleinen und mittelständischen Unternehmen erarbeitet werden. In zahlreichen Arbeitskreisen wurde angemerkt, dass das Verständnis

sein, Bereitstellungshilfsmittel in der Produktionslogistik verschiedenen Kategorien zuzuordnen. (Solo Taxonomy Stufe 3)

Was sind Bereitstellungshilfsmittel in der Produktionslogistik? Und wann spricht man von intelligenten Bereitstellungshilfsmitteln? In dem Planspiel sollen die Potenziale und Nutzen von IoT-Technologien vermittelt werden, wenn sie mit Bereitstellungshilfsmitteln prozessorientiert kombiniert werden. (Meißner und Bäumel 2018, S. 149) Die Seminarteilnehmenden sollen in diesem Lernziel nicht nur definieren können, was Bereitstellungshilfsmittel sind, sondern auch in welchen Prozesskategorien der Produktionslogistik sie in der Regel vorkommen. Da sich das Planspiel an Fach- und Führungskräfte aus verschiedenen Unternehmensbereichen richtet, kann nicht vorausgesetzt werden, dass alle Bereitstellungshilfsmittel und ihre Einsatzmöglichkeiten für alle ersichtlich sind. In Abbildung 3 sind die Bereitstellungshilfsmittel, die im Arbeitspaket IntSys I2 auf Potenziale und Nutzen untersucht werden, aufgeführt.

**Lernziel (c):** Die Seminarteilnehmer sollen nach dem Planspiel in der Lage sein, notwendige Komponenten für den Aufbau eines Internet der Dinge in der Produktionslogistik mit Bereitstellungshilfsmitteln zu skizzieren. (Solo Taxonomy Stufe 3)

Bevor ein „intelligentes Bereitstellungshilfsmittel“ entstehen kann, ist es notwendig, den Teilnehmenden zu vermitteln, welche Sensoren, Aktoren und IuK-Technologien (Informations- und Kommunikationstechnologien) es gibt. Anschließend werden diese für das Planspiel eingegrenzt. Im Lego Mindstorms Baukasten gibt es eine begrenzte Anzahl an Aktoren und Sensoren und nur eine mögliche IuK-Technologie, nämlich Bluetooth. Es ist immer wieder notwendig, den Bezug zwischen Lego Mindstorms (Planspiel) und der realen Unternehmenswelt herzustellen. Gleichzeitig geht es im Planspiel nicht darum, die reale Unternehmenswelt abzubilden, sondern den Bezug bzw. die Umsetzung zu reflektieren. Die zentrale Fragestellung für den Lehrenden lautet: „Wie kann der Teilnehmende das Erlernte in die realen Unternehmensprozesse übertragen?“

**Lernziel (d):** Die Seminarteilnehmer sollen nach dem Planspiel in der Lage sein, notwendige Komponenten (Sensorik und Aktorik) für den Aufbau eines „intelligenten Bereitstellungshilfsmittels“ („intelligenten Logistiksystems“) bedarfsgerecht auszuwählen. (Solo Taxonomy Stufe 3)

Ein weiteres Lernziel für das Planspiel „intelligente Bereitstellungshilfsmittel“ ist, eine bedarfsgerechte Auswahl der Bereitstellungshilfsmittel zu vermitteln. Technologie sollte niemals wahllos eingesetzt werden. Die strukturierte Auswahl steht im Vordergrund. Wie kann der Prozess durch Technologie effizienter gestaltet werden? Um eine bedarfsgerechte Auswahl zu ermöglichen, ist es im Vorfeld notwendig, die Prozesse zu analysieren. Kein Technologieeinsatz ohne vorherige Analyse ist das zentrale Kernelement, das in diesem Lernziel vermittelt werden soll.

**Lernziel (e):** Die Seminarteilnehmer sollen nach dem Planspiel in der Lage sein, die Vorteile einer strukturierten Erfassung der IST-Situation für den richtigen Technologieeinsatz der Bereitstellungshilfsmittel zu argumentieren. (Solo Taxonomy Stufe 4)

Zusätzlich zum vorherigem Lernziel wird eine zusätzliche Stufe der Solo Taxonomy erreicht. Es geht nicht nur darum, die richtige Technologie bedarfsgerecht auszuwählen, sondern die Entscheidung zu argumentieren. Dafür werden zusätzlich zur Analyse die Schwachstellen in einem fiktiven Wertstrom identifiziert. Der Wertstrom wurde so gewählt, dass er die Herausforderungen der Prozesse kleiner und mittelständischer Unternehmen repräsentiert, die im Verlauf des Projektes in Arbeitskreisen und Delta-Analysen vor Ort bei den Unternehmen ermittelt wurden. Die Erkenntnisse wurden in einer Wertstromanalyse 4.0 (Meudt et al. 2016; Metternich et al. 2018; Bäuml et al. 2019) zusammengefasst und bilden die Ausgangsbasis für die Verbesserungen.

**Lernziel (f):** Die Seminarteilnehmer sollen nach dem Planspiel in der Lage sein, innerhalb eines vorgegebenen Wertstroms geeignete Technologien für Bereitstellungshilfsmitteln zu differenzieren. (Solo Taxonomy Stufe 4) Das letzte Lernziel ist mit Stufe vier der Solo Taxonomy das höchste, das durch ein Seminar erreicht werden kann. Stufe fünf kann erst durch den Transfer in die Realität, d. h. im Ausprobieren in den Unternehmensabläufen erfolgen. Durch den praxisnahen Wertstrom, den realitätsnahen Herausforderungen und das eigenständige Programmieren der Sensoren, Aktoren und IuK-Technologie in Lego Mindstorms soll dieses Lernziel erreicht werden.

#### Simulation mit Lego Mindstorms

Der Hauptteil des Planspiels ist die Simulation mit Lego Mindstorms Aktoren und Sensoren sowie der zugehörigen Lernsoftware. Lego Mindstorms wird zum Beispiel im „Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)“ (Thaler 2016) zur Vermittlung von Lerninhalten und Forschung verwendet. Während der Konzeptionierung des Planspiels wurde oft diskutiert, ob es sinnvoll ist, die Teilnehmenden die Programmierung selbst durchführen zu lassen. Das Projektteam rund um die Erstellung des Planspiels „intelligente Bereitstellungshilfsmittel“ ist sich jedoch einig, dass es für die Vermittlung der Lernziele einen essenziellen Beitrag leistet, um das Verständnis für die eingesetzten Technologien zu schärfen. Des Weiteren werden Grundkenntnisse der Programmierung vermittelt, die laut einer Studie zum Thema „Digital Leadership“ für Führungskräfte im digitalen Zeitalter wichtig werden (Brandstetter). Den Fach- und Führungskräften hilft es beim Verständnis für Technologien und für den Begriff Digitalisierung bzw. Industrie 4.0 ein eigenes Zielbild zu entwickeln. Nach der Prozessanalyse und der Schaffung eines Idealbildes (Wertstromdesign 4.0) soll in der Simulation ein Bereich umgesetzt werden. Ziel ist es, in der Simulation einen verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellungsprozess (siehe Kapitel Arbeitspaket IntSys I2) umzusetzen und mit Technologie sinnvoll zu unterstützen.

Der verbrauchsgesteuerte Materialbereitstellungsprozess besteht im We-

sentlichen aus einem Material- und einem Informationsfluss und beinhaltet Bereitstellungshilfsmittel, wie z. B. Regale, Transportmittel und Behälter. In Abbildung 4 ist ein verbrauchsgesteuerter Materialbereitstellungsprozess dargestellt. Dieser zeigt den Kreislauf zwischen der Quelle (Q) und der Senke (S). Gesteuert wird der Kreislauf mittels Kanban. Der Verbrauch an der Senke wird als Nachversorgungsimpuls an den ihm vorgelagerten Prozess gegeben. Dieser wiederum gibt einen Nachversorgungsimpuls an den ihm vorgelagerten Prozess. So steuert der Verbrauch der Senke die Nachversorgung, also die Verbrauchsdeckung aus der Quelle. Der Transport kann zum Beispiel durch einen Routenzug durchgeführt werden. Diese Form eines verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellungsprozesses kann auch innerhalb einer mehrstufigen Lieferkette durch eindeutige Quelle-Senke-Beziehungen einfach, stabil und effizient geplant und abgewickelt werden.

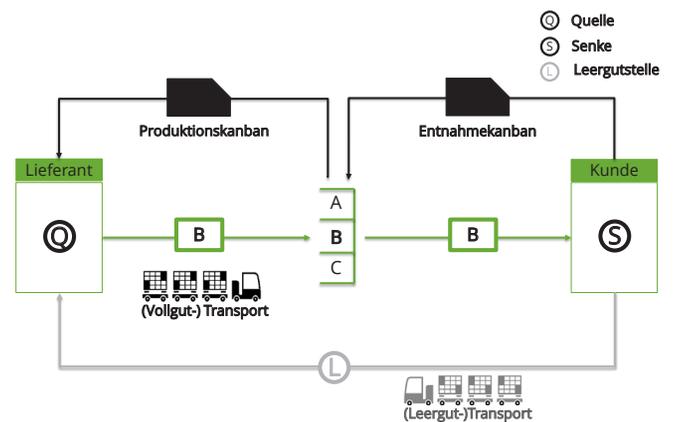


Abbildung 4: verbrauchsgesteuerter Materialbereitstellungsprozess

Die Lernenden erhalten dafür einen Leitfaden mit einer Anleitung für drei aufeinander aufbauende Aufgaben. Es wurde darauf geachtet, dass der Leitfaden ein „Trial and Error“-Lernen fördert und trotzdem die notwendige Anleitung für genügend Orientierung vorhanden ist. „Trial-and-Error Experimentation“ bezeichnet den bereits von CYERT UND MARCH (1963, S. 99) beschriebenen Mechanismus, nach dem die Wahrscheinlichkeit, dass eine Routine verwendet wird, steigt, wenn sie mit einer positiven Wirkung auf die Zielerreichung der Organisation in Verbindung gebracht wird. Umgekehrt sinkt die Verwendungswahrscheinlichkeit, wenn die Routine mit einer negativen Wirkung auf die Zielerreichung assoziiert wird. Der Vorteil in dieser Lernmethode ist die Behaltensquote. Die Simulation wurde hierfür in drei Teile gegliedert:

- Teil 1: „Bauen Sie eine Statusanzeige“
- Teil 2: „Benachrichtigen Sie den Kommissionierer mit einer Farbanzeige“
- Teil 3: „Starten Sie das Fahrerlose Transportsystem“

Das Ziel des ersten Teils „Bauen Sie eine Statusanzeige“ ist es, dass die Lernenden sich mit den Anforderungen an Technologien auseinandersetzen und diese nutzen, um Technologie zielgerichtet auszuwählen. Es sind bewusst mehrere Lösungen möglich und umsetzbar. Des Weiteren sollen die Lernenden sich mit der Lernsoftware von Lego Mindstorms an einem relativ einfachen Beispiel versuchen, um den logischen Aufbau zu erkennen und in den weiteren Schritten auf dem Ergebnis aufzubauen. Als Ergebnis ist eine Statusanzeige für den Kommissionierer zu bauen, damit er weiß, dass ein Behälter aus dem Regal entnommen wurde. In Abbildung 5 ist ein Programmcode der Lernsoftware von Lego Mindstorms, das auf der Programmiersprache Python beruht, abgebildet, der von den Lernenden im Zuge der Simulation erstellt wird. Als nächstes Zwischenziel wird im Teil zwei „Benachrichtigen Sie den Kommissionierer mit einer Farbanzeige“ der Informationsfluss zwischen der Produktion und der Logistik aufgebaut. In Teil eins musste der Logistiker noch am Regal vorbeifahren, um zu erkennen, dass Material fehlt. Im zweiten Teil soll diese Information inklusive

der richtigen Farbe angezeigt werden. Die Farbanzeige ist in der Realität mit Artikelnummern gleichzusetzen. Dafür wird zusätzlich zu Sensorik und Aktorik eine entsprechende Informations- und Kommunikationstechnologie eingesetzt (IuK-Technologie). Dafür ist bei Lego Mindstorms Bluetooth vorgegeben. Auch hier ist die Reflexion mit den Unternehmensabläufen notwendig. In vielen Unternehmen ist Bluetooth nicht erlaubt. Es geht in der Simulation aber nicht darum, ob eine Technologie erlaubt ist oder nicht, sondern was notwendig ist, um eine IoT-Technologie aufzubauen. Als Ergebnis dieses Simulationsteils haben die Lernenden bereits einen verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellungsprozess inklusive sinnvoller Sensorik, Aktorik und IuK-Technologie aufgebaut.

Im letzten Schritt geht es um die Optimierung des Transports. Für die Optimierung des Transports wird in der Simulation ein Fahrerloses Transportsystem (FTS) eingesetzt. Die Anforderungen an ein FTS sind ein standardisierter Weg, standardisierte Prozessabläufe und eine automatisierte Übergabe. Die automatisierte Übergabe kann mit Lego Mindstorms nicht abgebildet werden. Das Ergebnis des dritten Schrittes ist ein automatisierter verbrauchsgesteuerter Materialbereitstellungsprozess.

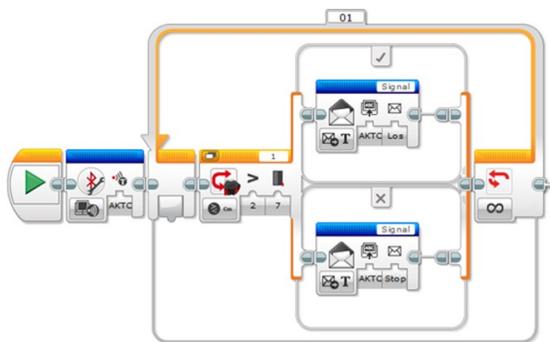


Abbildung 5: Programmcode aus Simulation mit Lego Mindstorms EV3

Im Anschluss finden die Reflexionsfragen statt, welche den „Technologietransfer“ von der Simulation auf die Unternehmensabläufe ermöglichen sollen. Letztendlich ist es didaktisch nicht möglich, die Lernziele auf die Unternehmensabläufe in der Praxis zu transferieren. Dies findet erst in der Stufe 5 der Solo Taxonomy statt und benötigt das eigene Handeln und Reflektieren in einer realen Umgebung. Die Stufe eins bis vier bereiten die Lernenden jedoch auf die Stufe fünf vor.

#### Reflexionsfragen

Nach jedem Teil des Planspiels und der Simulation ist es unerlässlich, den Übertrag des Erlernten zu den Unternehmensprozessen in der Praxis zu schaffen. In dieser Phase erfolgt der eigentliche „Technologietransfer“. Bei den Reflexionsfragen ist es wichtig, den Transfer von einem Modell in die Realität zu schaffen. Die Reflexion ist in der Didaktik ein wichtiges Hilfsmittel, da es den Denkprozess anstößt, der letztendlich für das Lernen, also das Vernetzen von Wissen und Erfahrungen zuständig ist. Hierfür wurden im Leitfaden des Lehrenden ein paar Fragen für die Reflexion erarbeitet. Einige Reflexionsfragen entstehen auch in der Gruppendynamik und sind abhängig von der Gruppenzusammensetzung, dem Vorwissen und Erfahrungen, die die Lernenden bereits mit dem Thema gemacht haben.

#### Evaluation

Im siebten Schritt nach MEYERHOFF und BRÜHL wurde der interaktive Hauptteil des Planspiels durch das Projektteam evaluiert, um erste Verbesserungen durchzuführen. Der Leitfaden wurde so noch einmal mit den logischen Schritten der Programmierung abgeglichen. Auch konnte der Leitfaden durch die Evaluierung sprachlich und in Detaillierung an die Kenntnisse jeglicher Personen angepasst werden. Durch die interaktive Herangehens-

weise konnten Ideen zur verbesserten Gestaltung des Aufbaus vor dem Planspiel sowie die Herangehensweise während des Planspiels generiert werden. Zusätzlich wurde eine Reflexion und somit der Übertrag zur Realität von den Testpersonen eingefordert, wodurch dieser Teil im Nachgang noch einmal verstärkt überarbeitet wurde.

Eine weitere Evaluierung folgt nach Veröffentlichung dieser Broschüre mit den kooperierenden Unternehmen.

#### Fazit

Das Planspiel soll gerade kleineren und mittleren Unternehmen helfen, die geeigneten Technologien für ihre Materialbereitstellung zu wählen. Durch den spielerischen Ansatz und die interaktiven Parts soll den Unternehmen zusätzlich die „Angst“ vor Digitalisierung und Innovation genommen werden. Dieser Ansatz ist sehr vielversprechend, da durch gezielte Technologieauswahl anhand des spezifischen Prozesses viele Kosten und Verschwendung eingespart werden können.

Das Planspiel ist zudem so konzipiert, dass es nachhaltig (auch nach dem Ende des Transferprojekts KIP) durchgeführt werden kann. Unter anderem ist es neben der Schulung von Unternehmen möglich, Studierenden, welche die zukünftigen Fach- und Führungskräfte verkörpern, in den beschriebenen Kompetenzen zu befähigen.

#### Literaturverzeichnis

- Auer, Benjamin (2020): Simulation. Online im Internet: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/simulation-43833/version-267158> (Stand: 06.04.2020)
- Bäumel, Stephanie; Hilpoltsteiner, Daniel; Meißner, Sebastian; Seel, Christian (2019): Der Prozess als Workflow. Verständnis für die Prozessmodellierung schaffen. In: Markus Schneider, Sebastian Meißner, Sven Roeren und Christian Seel (Hrsg.): Technologietransfer für den Mittelstand-Potentiale erkennen, S. 54-60.
- Brandtetter, Duygu: Digital Skills. Sind unsere Future Skills vor allem Soft Skills?: bookboon.
- Hook, Pam; Mills, Julie (2011): SOLO Taxonomy: A Guide for Schools. Laughton.
- Kriz, Willy (2009): Planspiel. In: Kühl, Stefan; Strotholz, Petra; Taffertshofer, Andreas (Hrsg.): Handbuch Methoden der Organisationsforschung. VS Verlag für Sozialwissenschaften. S. 558ff.
- Meißner, Sebastian; Bäumel, Stephanie (2018): Effizienzsteigerung in der Logistikplanung durch selbstkonfigurierende Logistiksysteme. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 2018, 2018 (Heft 3), S. 148-150.
- Meyerhoff, Juliane; Brühl, Christoph (2015): Fachwissen lebendig vermitteln, das Methodenhandbuch für Trainer und Dozenten.
- Richta, Hannah (2012): Organisationales Lernen als erfolgsrelevantes Konstrukt im Rahmen der Internationalisierung von Unternehmen. Diss. Wiesbaden. S. 22f.
- Spanner, Katharina; Schneider, Markus (2019): Arbeitskreise – praxisnah erleben. In: Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven; Timinger, Holger (Hrsg.) (2019): Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale verstehen. Dingolfing. S. 19-20.
- Metternich, Joachim; Meudt, Tobias; Hartmann, Lukas (2018): Leitfaden Industrie 4.0 trifft Lean? Wertschöpfung ganzheitlich steigern: VDMA, Frankfurt am Main. Online verfügbar unter <http://tubiblio.ulb.tu-darmstadt.de/106352/>.
- Meudt, Tobias; Rößler, Markus P.; Böllhoff, Jörg; Metternich, Joachim (2016): Wertstromanalyse 4.0. In: Ganzheitliche Betrachtung von Wertstrom und Informationslogistik in der Produktion (06), S. 319-323.
- Thaler, Tom (2016): BPM meets Industrie 4.0 – Modellbasierte Produktion in einer intelligenten Lego-Fabrik (CeBIT'16 Preview). Hg. v. Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, DFKI. Online verfügbar unter <http://refmod-miner.dfki.de/cms/blog/bpm-meets-industrie-4-0-modellbasierte-produktion-in-einer-intelligenten-lego-fabrik-vorschau-auf-die-cebit-2016/>, (Stand: 21.04.2020)



Cardboard-Aufbau auf der Projektfläche des TZ PULS



Virtuelles Layout der Gerhard Grind GmbH

## 2. Das Stufenmodell – eine systematische Vorgehensweise zur Optimierung und Digitalisierung in Unternehmen

Alt, Denis; Meier, Sandra; Spanner, Katharina; Roeren, Sven; Schneider, Markus

Die nachhaltige Transfermethode „Das Stufenmodell – eine systematische Vorgehensweise zur Optimierung und Digitalisierung in Unternehmen“ wurde entwickelt, um gerade kleine und mittelständische Betriebe Schritt für Schritt bei der Weiterentwicklung ihres Unternehmens zu unterstützen und so wettbewerbsfähig produzieren zu können.

### Systematische Puffersteuerung asynchroner Produktionsprozesse mit intelligenter Materialbereitstellung am Beispiel der Werkzeugschleiferei Neumüller GmbH

Die Idee für das Stufenmodell wurde durch das kooperierende Unternehmen Werkzeugschleiferei Neumüller gewonnen. Der Spezialist für hochqualifizierte Fräs- und Bohrwerkzeuge und deren Nachschleifen hatte u. a. folgende Ziele: eine Vereinfachung der Auftrags erfassung, die eindeutige Identifizierung und Zuordnung beim Wareneingang sowie die Rückverfolgbarkeit aller fertigungsrelevanten Informationen und der Fräs- und Bohrwerkzeuge.

Eine Aufnahme der Ist-Situation des Unternehmens hat gezeigt, dass eine Notwendigkeit der Prozessoptimierung insbesondere der nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten besteht. Auch die Einführung des DMC (Data-MatrixCode) hatte nur eingeschränkt den gewünschten Effekt, da er nicht durchgehend genutzt wurde und so u. a. die Vereinfachung der administrativen Tätigkeiten nur zum Teil ausgeschöpft wurde.

Kleine und mittelständische Unternehmen stehen häufig vor der Herausforderung ihre steigenden nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten beherrschbar zu machen. Zudem sollte der steigenden Komplexität der Auftragsabwicklung und der begrenzten Möglichkeiten einer Produktionssteigerung durch eine systematische Herangehensweise entgegengewirkt werden:

1. Notwendigkeit im Unternehmen erkennen
2. Ist-Analyse vom Groben ins Feine
3. Auffälligkeiten identifizieren
4. Idealbild erstellen
5. Sollkonzept erstellen

### 6. Maßnahmen zur Verbesserung identifizieren

Die strukturierte Vorgehensweise hat den Vorteil, dass zuerst die Prozesse optimiert werden, bevor Technologien und digitale Hilfsmittel eingesetzt werden. Wird der Schritt der Prozessoptimierung übersprungen, werden erfahrungsgemäß schlechte Prozesse und Verschwendungen mitgezogen.

Zum systematischen Vorgehen wurde zusätzlich das Stufenmodell entwickelt, anhand dessen sich Unternehmen Schritt für Schritt von der Optimierung zur Digitalisierung bewegen können.

Bevor mit diesem Modell begonnen werden kann, ist es wichtig, die Basis zu schaffen. D. h. durch unterschiedliche Methoden werden verschiedene Kennzahlen erfasst, um die Optimierungsmaßnahmen bewerten zu können und so zum einen zu erkennen, welche Instrumente für das jeweilige Unternehmen den größten Stellhebel haben und zum anderen, um den Mitarbeitern oder der Geschäftsleitung in Zahlen ausgedrückt, transparent die Optimierungen vorstellen zu können. Dies bewirkt eine größere Akzeptanz für Veränderungen und erleichtert so das weitere Vorgehen.

Das Stufenmodell umfasst sechs Stufen (vgl. Abbildung 1):

1. Visualisierung
2. Digitale Visualisierung
3. Intelligentes Regalsystem
4. Intelligente Materialausgabe
5. Intelligente Materialausgabe + vernetzt mit ERP
6. Intelligente Materialausgabe + vernetzt mit ERP + Betriebsdaten

Das Stufenmodell ist auf eine systematische Puffersteuerung asynchroner Prozesse mit intelligenter Materialbereitstellung ausgerichtet. Jedoch soll die Grundlogik – je nach Bedarfen und Herausforderungen des jeweiligen Unternehmens – auf andere Bereiche und Belange übertragen werden können. Um ein optimales Ergebnis zu erhalten, sollten die einzelnen Stufen nicht übersprungen, sondern systematisch durchlaufen werden. (Alt und Bäuml 2018, S. 45ff)

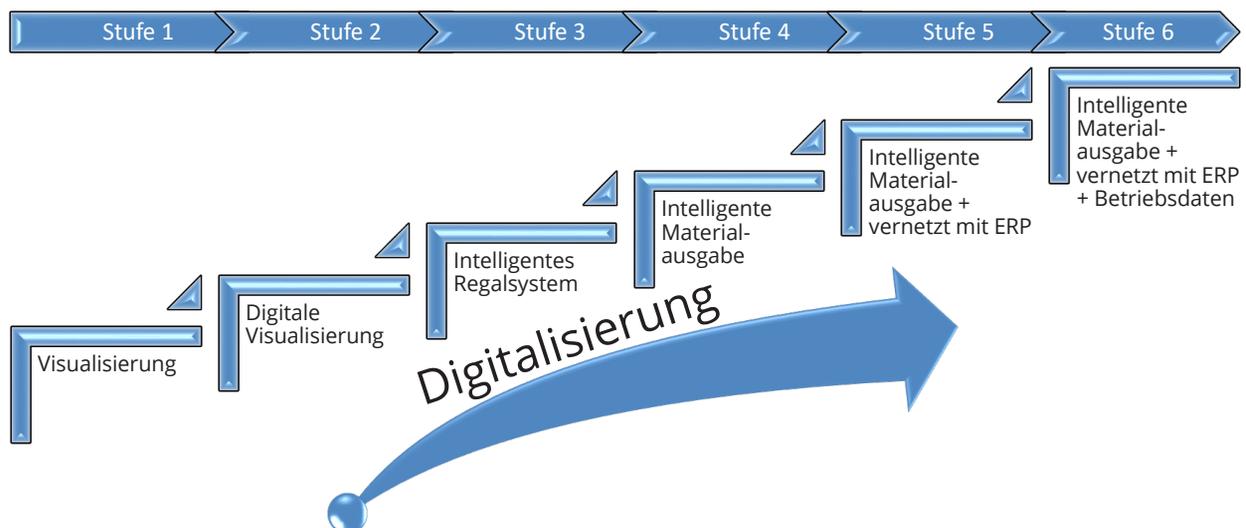


Abbildung 1: Stufenmodell zur schrittweisen Optimierung und Digitalisierung



## Die Gerhard Grind GmbH (GGG)

Ein Workshop mit Vertretern kleiner und mittelständischer Unternehmen sowie Großunternehmen hat gezeigt, dass ein Bedarf an einer Vertiefung der Thematik und an einem detaillierteren Transfer existiert.

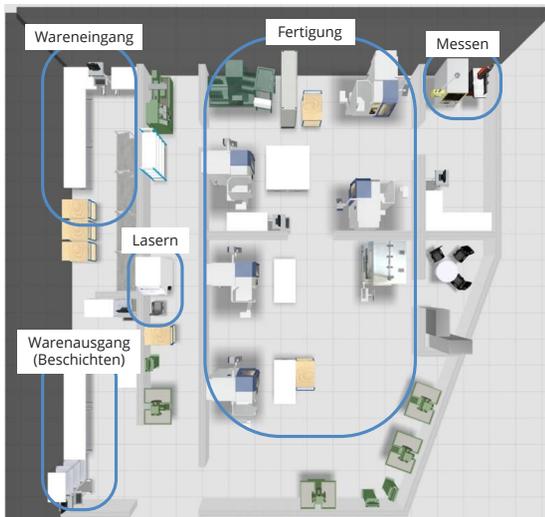


Abbildung 2: Layout Gerhard Grind GmbH (Darstellung mit visTABLE):

Um das Stufenmodell systematisch zu durchlaufen, wurde ein fiktives Unternehmen kreiert und digital sowie durch Cardboard Engineering aufgebaut. Cardboard Engineering ermöglicht einen kostengünstigen Aufbau von Prozessen und Arbeitsabläufen sowie deren Überprüfung mit geringem Aufwand (Dombrowski 2015, S. 96). Im Fall des Stufenmodells wurde so auf der Projektfläche des TZ PULS ein leicht veränderbarer Aufbau der Gerhard Grind GmbH – fiktives Unternehmen zur Darstellung des Stufenmodells – geschaffen.

Das fiktive Unternehmen GGG hat zwanzig Mitarbeiter an einem niederbayerischen Standort und beschäftigt sich mit der Herstellung und dem Nachschleifen von Fräs- und Bohrwerkzeugen. Pro Jahr durchlaufen 6.000 Neuanfertigungen und 32.000 Nachbearbeitungen die Fertigung an 250 Arbeitstagen im Zwei-Schicht-Betrieb. Dadurch generiert die Firma 5 Mio. Euro Umsatz jährlich (EBIT 3%).

Die Prozesskette sieht wie folgt aus:

- Ablängen
- Rundschleifen
- CNC-Bearbeitung
- Messen
- Beschichten
- Verpacken

Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen das Layout der GGG – digitales Layout, erstellt mit der Software visTABLE und Cardboard-Aufbau auf der Projektfläche.

Die GGG, als typisches kleines bayerisches Unternehmen, muss sich verschiedenen Herausforderungen stellen, um weiterhin wettbewerbsfähig produzieren zu können und mit den derzeitigen Gegebenheiten weiter wachsen zu können. In Planung ist eine Stückzahlerhöhung aufgrund eines neuen Großkunden in unmittelbarer Umgebung. Dazu muss das Unternehmen seine Prozesse optimieren, insbesondere den steigenden Anteil der indirekten Tätigkeiten verringern und somit Verschwendung reduzieren. Im Anschluss sollen durch eine gezielte Digitalisierung und sinnvolle Auswahl an technischen Möglichkeiten weitere Optimierungen durchgeführt werden.

Die größten Herausforderungen der GGG sind: hohe Liegezeiten, lange und schwankende Durchlaufzeiten, fehlende Transparenz, chaotische Lagerstrukturen, komplexer Materialfluss etc.



Abbildung 3: Cardboard-Aufbau der Gerhard Grind GmbH

### Stufe 0 – die Basis

Um das Unternehmen in idealer Form zu optimieren, ist es notwendig, zunächst eine Ist-Analyse durchzuführen. Dadurch kann die aktuelle Situation erfasst werden, Schwachstellen werden sichtbar und nötige Kennzahlen werden generiert. Der Fokus lag hierbei wieder auf dem langfristigen Ziel, später keine schlechten Prozesse oder Verschwendungen zu digitalisieren. Es gibt eine Vielzahl an Methoden und Werkzeugen, um die Ist-Situation in Unternehmen zu erfassen. Das Projektteam des Stufenmodells hat sich für folgende entschieden:

#### Wertstromanalyse

Die Wertstromanalyse dient dazu, den Ist-Zustand einer Produktion unter Berücksichtigung von Material- und Informationsflüssen übersichtlich und umfassend darzustellen. So können die wertschöpfenden und nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten sichtbar gemacht werden. (Erlach 2010, S. 31ff)

#### Spaghetti-Diagramm

„Das Spaghetti-Diagramm wird verwendet, um anfallende Wege und ausgeführte Transporte auf eine einfache Art zu erfassen und visuell abzubilden“ (Hofmann 2020, S. 96). Durch die recht simple Methode können Verschwendungen sehr schnell transparent gemacht werden.

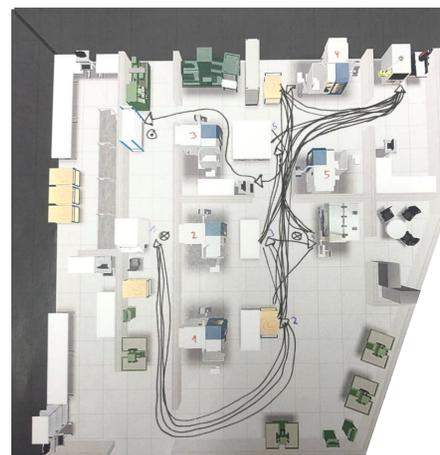


Abbildung 4: Beispiel Spaghetti-Diagramm des Schleifprozesses bei der Gerhard Grind GmbH

## Tätigkeitsanalyse

Für die Tätigkeitsanalyse „wird an einem Arbeitsplatz über einen bestimmten Zeitraum zunächst die Ist-Situation erfasst, d. h. alle anfallenden Tätigkeiten, die der Mitarbeiter ausführt, werden nach Art und Dauer der Tätigkeit aufgenommen“ (Kletti; Schumacher 2014, S. 150)

Durch die verschiedenen Methoden wurden vor allem folgende Schwachstellen und Verschwendungen sichtbar:

- Handlungsschritte dominieren den Materialfluss (mehrfaches Anfassen des Bohrers)
- kein durchgängiger Materialfluss
- keine beschriebenen und visualisierten Prozessabläufe (Prozess funktioniert auf Basis des langjährigen Mitarbeiterwissens)
- vorhandener Identifizierungscode der Bauteile (DMC) wird nicht durchgängig genutzt
- keine einheitliche Verpackung
- hoher manueller Aufwand bei der Erfassung im Wareneingang mit hohem Fehlerpotenzial
- weite, viele und doppelte Wege
- viele Pufferplätze mit hohem Bestand und ohne Sortierung

Die aufgenommenen Erkenntnisse und generierten Kennzahlen werden für die Weiterentwicklung verwendet und können teils in Stufe 1 zur Visualisierung genutzt werden.

## Stufe 1 – Visualisierung

Nach Abschluss der Analysephase konnten die gesammelten Daten nun mit Hilfe eines Shopfloor Boards als Informationen dargestellt werden. Dieses dient den Mitarbeitern und Führungskräften der GGG dazu, firmenspezifische Berichte und Details übersichtlich und schnell bereitzustellen. Der Begriff Visualisierung leitet sich aus dem lateinischen Begriff „visualis“ ab, was bedeutet „zum Sehen gehörig“. Es beschreibt demnach die grafische oder bildliche Darstellung eines Sachverhalts, welcher in seinem Ursprung als Text- oder Dateninformation vorlag. Abbildung 5 zeigt Auszüge des analogen Shopfloor Boards im Cardboard Aufbau der GGG.



Abbildung 5: Shopfloor Board

In der Regel wird das Shopfloor Management dazu genutzt, Mitarbeitern im Rahmen einer Besprechung direkt vor Ort (zum Beispiel in der Fertigung) die jeweiligen tagesaktuellen Themen zu vermitteln (Conrad und Eisele 2019, S. 1 ff.). So wurden für die Anwendung in der Gerhard Grind GmbH Kennzahlen zu den Ausschusszahlen und -quoten gewählt. Des Weiteren können die Arten der Fehler aufgezeigt werden, um die Produktions- und Logistikmitarbeiter dahingehend zu sensibilisieren. Als Unterstützung zur Planung und Steuerung für den Fertigungsmeister wurden außerdem die Anwesenheit, die Arbeitssicherheit und die Urlaubsplanung der Mitarbeiter dargestellt. Um alle Beteiligten in den Prozess des kontinuierlichen Verbesserns der Fertigung mit einzubeziehen, wurde darüber hinaus die Möglichkeit geschaffen, Verbesserungsvorschläge an diesem Board zu erstellen und abzulegen. Für die Rückverfolgbarkeit und das Tracken der Bearbeitung wurde ein Besprechungsprotokoll hinzugefügt.

Mit Hilfe des Spaghetti-Diagramms und der Tätigkeitsanalyse wurden Erkenntnisse zu den einzelnen Handlungsschritten, der Anzahl der Schritte, die die Mitarbeiter während der Bearbeitung machen und der Dauer des Vorgangs gewonnen. Abbildung 6 zeigt die Art der Visualisierung für die spätere Auswertung. Im Verlauf der Optimierung sollen die Verbesserungen anhand der gewonnenen Kennzahlen stetig dokumentiert werden.

Prozess	Handlungsschritte	Anzahl Schritte	Dauer (sec)	Bestandwert (€)
Wareneingang Kunde	515	128	3066	
Wareneingang Beschichten	1180	406	5029	
Schleifen	965	6009	12444	
Warenausgang Kunde	563	645	6793	
Warenausgang Beschichten	726	264	2556	
<b>Summe</b>	<b>3949</b>	<b>7452</b>	<b>29888</b>	<b>41.600</b>
			8 h 18 min	640 (Umlaufbestand) * 65 - (Mittelwert)

Abbildung 6: Auszug der Kennzahlen nach Stufe 0

Weiter wurde das Layout der Gerhard Grind GmbH grundlegend verändert. Hierfür stellte sich zunächst die Frage, welche Anpassungen am meisten Einfluss auf die erhobenen Kennzahlen nehmen könnten. Durch einfachste Hilfsmittel wurden verschiedene Layoutvarianten erstellt und nach einer Bewertungslogik zu einem finalen Layout entwickelt. Auch hier galt es, die ermittelten Potentiale zunächst zu visualisieren, um sie greifbar und veränderbar zu machen. Das Prinzip des Cardboard Engineerings fand dazu erneut Anwendung. Wie in Abbildung 7 gezeigt, wurde das Grundlayout der GGG verwendet. Anlagen, Regal(systeme) und wichtige Bereiche des Unternehmens wurden in Papierform dargestellt. So konnten Ideen einfach erstellt und angepasst werden.

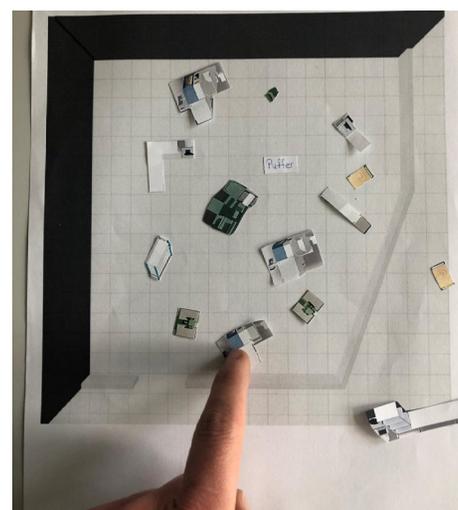


Abbildung 7: Cardboard Engineering zur Layoutoptimierung

Eine weitere Möglichkeit der analogen Visualisierung war die Darstellung der einzelnen Bearbeitungsarten durch die Zuordnung zu Farben. In Stufe 0 wurde festgestellt, dass es immer wieder zu einem hohen Suchaufwand kommt, da Bohrer in chaotischer Sortierung an die Arbeitsplätze, in diesem Fall den Fräsanlagen, gebracht wurden. Nur durch großen manuellen und immer wiederkehrenden Aufwand des Fertigungsmeisters wurden die Bohrer passend an die jeweiligen Anlagen verteilt. Auch die Erkennung nach der Bearbeitung war erschwert. So wurde in der Stufe 1 ein Farbsystem eingeführt, welches klar darstellt, welcher Bohrer welche Bearbeitung erfahren soll. Dadurch wird es den Mitarbeitern ermöglicht, schnell und präzise zu reagieren, sollte ein Auftrag beispielsweise vorgezogen werden müssen. Auch die sinnvolle und taktische Bündelung von Aufträgen zur Reduzierung von Rüstaufwänden konnte hiermit erfolgen. Die Chips werden den Kleinladungsträgern beigelegt, sodass der Logistikmitarbeiter direkt erkennen kann, an welche Anlage er die jeweiligen Bohrer liefern muss. Um den Grundgedanken des Stufenmodells weiter zu verfolgen, wurde weiter eine Logik zur systematischen Puffersteuerung an einem zentralen Lagerort installiert.

## Stufe 2 – Digitale Visualisierung

„Der wichtigste Faktor auf dem Weg zur Digitalisierung ist die Umwandlung analoger in digitale Daten, die von verschiedenen Stationen eines vernetzten Systems genutzt und weiterverarbeitet werden können.“ (In Anlehnung an Demary, Engels, Röhl und Rusche 2016). In der zweiten Phase des Stufenmodells sollten also die bereits umgesetzten Optimierungen in analoger Form nun auch in die digitale Form gebracht werden. In Anbetracht der Anwendergruppen, also speziell für den Einsatz in kleinen und mittelständischen Unternehmen, wurden daher erneut einfache Methoden und Herangehensweisen gewählt. Das Shopfloor Board wurde digitalisiert und mit Hilfe eines Open Source Tools online abgebildet. Auch das Layout wurde mit Hilfe der Software visTABLE digital nachgestellt, (Vgl. Abbildung 8; plavis GmbH (Hrsg.) 2020).

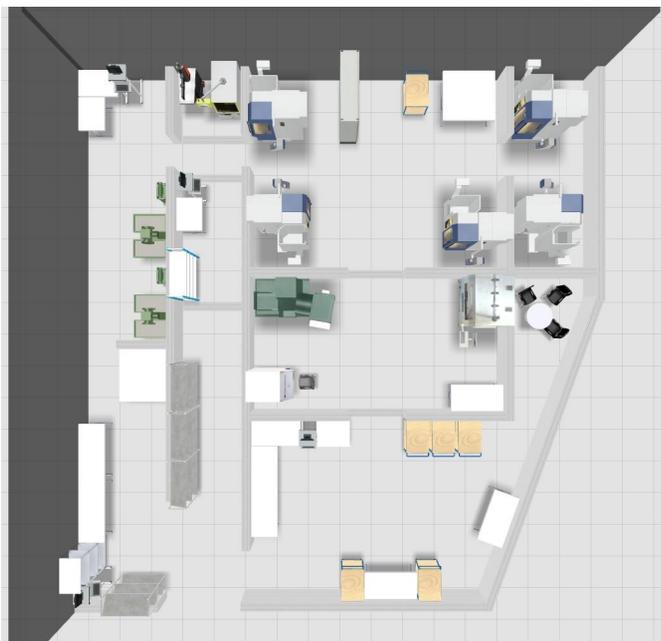


Abbildung 8: Optimiertes Layout der Gerhard Grind GmbH in visTABLE

Eine weitere Art, den Digitalisierungsgrad in der GGG zu erhöhen, war die Visualisierung der Informationen des Shopfloor Boards über Tablets. Hierfür wurden die Kennzahlen in ein passendes Tool überführt, welche es den Mitarbeitern vereinfacht, die Informationen zu Anlagendaten oder dem Fertigungsablauf zu erhalten. Abbildung 9 zeigt als Beispiel die Belegung einer CNC Anlage.

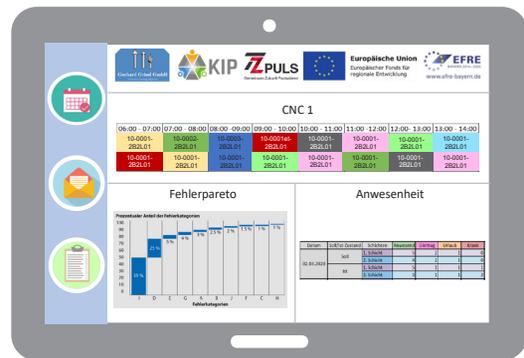


Abbildung 9: Tablet zur digitalen Abbildung der Kennzahlen

Einen großen zusätzlichen Schritt zur digitalen Visualisierung machte der Einsatz des DMC (Data Matrix Code). Dieser wurde auf jeden einzelnen Bohrer mit Hilfe eines Laserverfahrens aufgebracht. Er enthält sämtliche wichtigen Daten und Informationen zum Produkt. Diese Informationen können an jedem beliebigen Ort in der Fertigung mittels Scan ausgelesen und über einen Bildschirm visualisiert werden. Auch die Vernetzung mit dem Fertigungssteuerungssystem ist möglich. Eine Echtzeitrückverfolgung der Werkstücke und damit auch die Kopplung zu den Fertigungsaufträgen konnte damit möglich gemacht werden.

## Stufe 3 – Intelligentes Regalsystem

Basierend auf den vorherigen Stufen kann nun ein geeignetes Regalsystem ausgewählt werden. Durch das ganzheitliche Prozessverständnis und der aufgebauten Sortier- und Pufferlogik kann ein zielführendes und sinnhaftes Regalsystem effizient ausgewählt und implementiert werden. Durch ein Regalsystem können die Aufträge bzw. die zu bearbeitenden Werkzeuge geordnet, noch übersichtlicher und platzsparender zwischengelagert werden. Ein Regalsystem verbessert zusätzlich die Auftragsübersicht und dank weiteren Visualisierungsmöglichkeiten (z. B. Pick-by-Systeme) auch die Steuerung des Pufferlagers.

Dieses Regalsystem kann gut mit digitalen Komponenten ergänzt werden. Es kann die nächsten zu bearbeitenden Aufträge und deren Lagerort anzeigen. Die Option der Rückmeldung von Aufträgen ist ebenso integrierbar und folglich ein zentraler Aus- und Eingabestandort von Aufträgen implementierbar.

Daraus ergeben sich viele Vorteile, wie eine verbesserte Transparenz durch die digitale Darstellung und klare Vorsortierung im Regalsystem, ein Vergessen oder Übersehen eines Auftrages kann minimiert werden, Ordnung und Sauberkeit wird verbessert, Erhöhung des Raumnutzungsgrads usw. Im Zusammenhang des Cardboard Projekts der GGG ist noch der Nutzen zu nennen, dass die Zeit zur Sortierung der Aufträge durch einen Angestellten – was ursprünglich bei der GGG Aufgabe des Fertigungsmeisters ist – deutlich reduziert werden kann.

## Stufe 4 – Intelligente Materialausgabe

In der vierten Stufe soll die Steuerungslogik für eine bedarfsgerechte, automatisierte und flexible Puffersteuerung zur Materialausgabe genutzt werden. Als mögliche Anwendung kann ein Lagersystem mit Schubfächern angeführt werden, in welche die verschiedenen zu bearbeitenden Fräs- und Bohrwerkzeuge zwischengelagert werden. Diese sind durchgängig mit einem DMC zur klaren Identifizierung gekennzeichnet. Dieser Code wird gescannt und einem Lagerfach zugewiesen, in welchem das Werkzeug einsortiert wird.

Damit die Steuerungslogik wirken kann, müssen bei der Einsortierung definierte Parameter wie Bearbeitungsart, Werkzeuglänge, -durchmesser usw. im Regalsystem gespeichert werden. Das kann entweder manuell mit-

tels einer Benutzeroberfläche oder automatisiert durch Scannen des DMC erfolgen. Das Regalsystem speichert den Lagerort und die gespeicherten Kenngrößen und kann nach der Steuerungslogik automatisiert die gelagerten Werkzeuge sortieren, filtern und/oder ausgeben.

Die Anwendungsfälle sind vielfältig. Beispielsweise kann die Ausgabe aller zu bearbeitenden Werkzeuge mit einem bestimmten Durchmesser durch den Anwender erteilt werden, da diese auf eine bereits gerüstete CNC-Anlage bearbeitet werden können. Die Losgröße kann automatisiert und effizient ermittelt und ausgegeben werden, indem alle Schubfächer des Lagersystems angezeigt oder geöffnet werden. Analog kann das mit der Angabe der Bearbeitungsart, Werkzeuglänge usw. erfolgen – abhängig von der entwickelten Grundlogik des flexiblen Puffers. Es ergeben sich dadurch auch Vorteile hinsichtlich der Liefertreue, da auch automatisiert Eilaufträge oder Bearbeitungen angezeigt werden können, bei denen der Liefertermin in Kürze ist. Ebenso für die Steuerung der Mitarbeiter kann die intelligente Materialausgabe genutzt werden, indem nach Mitarbeiterqualifikation oder Bearbeitungszeit gefiltert wird. So können Aufträge bestimmten Mitarbeitern zugewiesen werden, oder es können bei einer unterbesetzten Schicht alle Aufträge ausgegeben werden, die eine lange Bearbeitungszeit aufweisen, um eine Mehrfachmaschinenbedienung zu ermöglichen.

All diese Anwendungen können effizient und automatisiert erfolgen und reduzieren Verschwendungen, die durch manuelles Sortieren und Zuweisen der Bearbeitungsaufträge durch einen Fertigungsmeister oder Schichtleiter entstehen. Ebenso reduziert es potenzielle Suchaufwände beim Erstellen von Fertigungslosen oder dem Ermitteln von dringend zu bearbeitenden Aufträgen. Werden diese Verschwendungen reduziert, kann dementsprechend der Anteil der wertschöpfenden Tätigkeiten erhöht werden. Die automatisierte Materialausgabe bedingt die entwickelte Grundlogik aus Stufe 0 und 1 und zeigt, wie wichtig das ganzheitliche Prozessverständnis für die Fertigungs- und Logistikabläufe im eigenen Unternehmen ist.

#### **Stufe 5 – Intelligente Materialausgabe vernetzt mit ERP**

Der nächste konsequente Schritt zur Digitalisierung ist die Adaption der intelligenten Materialausgabe mit dem ERP des Unternehmens. Der große Nutzen dabei ist, dass das ERP eine Vielzahl an Daten und Informationen verwaltet, die für die Steuerungslogik der automatisierten Materialausgabe relevant sind. Ist die Vernetzung vorhanden, ist die Eingabe der benötigten Attribute (siehe Stufe 4) obsolet und kann stattdessen direkt für die eingelagerten Aufträge aus dem ERP gezogen werden.

Wird der DMC beim Einlagern in das Pufferlager gescannt, können automatisch die relevanten Informationen aus dem ERP für das Sortieren, Filtern und das Bilden von möglichen Losgrößen importiert werden. Auch beim Auslagern der Aufträge für Bearbeitungen kann diese Information in Echtzeit an das ERP zurückgemeldet werden. Dadurch kann zentral der aktuelle Stand der Aufträge ermittelt und somit mehr Transparenz geschaffen werden.

Des Weiteren können mögliche Überprüfungen und/oder Änderungen des Auftragsstatus oder Liefertermins an die intelligente Materialausgabe an das oder vom ERP weitergeleitet werden und ein flexibles und schnelles Steuern über den Disponenten oder Fertigungssteuerer ermöglicht werden.

#### **Stufe 6 – Intelligente Materialausgabe vernetzt mit ERP und Betriebsdaten**

Als letzter Schritt in diesem Modell ist die Integration der Betriebsdaten mit ERP und intelligenter Materialausgabe vorgesehen, d. h. die Vernetzung mit den aktuellen Anlagendaten. Ein mögliches Anwendungsszenario ist die Meldung an die Materialausgabe, welche Bearbeitungswerkzeuge an den CNC-Anlagen gerüstet sind, damit der intelligente Puffer mögliche zu

bearbeitende Aufträge ermitteln, melden und zusätzlich ausgeben kann. Oder es können die Bearbeitungszeiten an den Maschinen an Materialausgabe und ERP zurückgemeldet und als Erfahrungswerte für zukünftige Aufträge und Planungen genutzt werden. Weitere Anwendungsfälle sind möglich und implementierbar, indem Priorisierungen der Aufträge kurzfristig geändert, weitergegeben und automatisiert eingesteuert werden können o. Ä.

#### **Fazit**

Dieses Stufenmodell soll von der Basis beginnend die Voraussetzungen für ein ganzheitliches Prozessverständnis schaffen bis hin zu einer schrittweisen Digitalisierung guter Prozesse. Jede einzelne Stufe soll Mehrwert und direkte Vorteile für das Unternehmen generieren. Die ersten Stufen sollen dabei leichter und kostengünstiger, aber dafür mit mehr Zeiteinsatz durchgeführt werden. Dadurch soll die Grundlage für gezielte Beschaffung und Implementierung von Industrie 4.0-Komponenten sowohl als Technologie oder als Software geschaffen werden. Der große Nutzen soll in der Reduzierung des Bestands mit gleichzeitiger Erhöhung der Produktivität und Liefertreue liegen.

#### *Literaturverzeichnis*

*Alt, Denis; Bäuml, Stephanie (2018): Systematische Puffersteuerung asynchroner Produktionsprozesse mit intelligenter Materialbereitstellung am Beispiel der Werkzeugschleiferei Neumüller GmbH. In: Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven; Seel, Christian (Hrsg.) (2018): Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale erkennen. Dingolfing. S. 45-49.*

*Conrad, Ralph; Eisele, Olaf; Lennings, Frank (2019): Shopfloor-Management – Potenziale mit einfachen Mitteln erschließen. Erfolgreiche Einführung und Nutzung auch in kleinen und mittelständischen Unternehmen. Berlin, Heidelberg. Springer.*  
*Demary, Vera; Engels, Barbara; Röhl, Klaus-Heiner; Rusche, Christian (2016): Digitalisierung und Mittelstand. Eine Metastudie. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft Medien GmbH (IW-Analysen, Nr. 109). Online verfügbar unter <http://hdl.handle.net/10419/157156>.*

*Dombrowski, Uwe (Hrsg.) (2015): Lean Development. Aktueller Stand und zukünftige Entwicklungen. Berlin, Heidelberg. Springer Vieweg.*

*Erlach, Klaus (2010): Wertstromdesign. Der Weg zur schlanken Fabrik. 2. bearb. und erweiterte Aufl. Berlin, New York. Springer.*

*Hofmann, Martin (2020): Prozessoptimierung als ganzheitlicher Ansatz. Wiesbaden. Springer Gabler.*

*Kletti, Jürgen; Schumacher, Jochen (2014): Die perfekte Produktion. Berlin, Heidelberg. Springer Vieweg.*

*plavis GmbH (Hrsg.) (2020): visTABLE. Online im Internet. URL: <https://www.vistable.de/> (Stand: 29.07.2020)*

*Rother, Mike; Shook, John (2011): Sehen lernen. Mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen. Mülheim an der Ruhr. Lean Management Institut.*



Mobiles KLT-Lagerungssystem in der Lern- und Musterfabrik

### 3. Demonstrator Intelligentes Logistiksystem – Selbstkonfiguration von intelligenten Materialbereitstellungshilfsmitteln für eine effiziente Logistikplanung

Bäuml, Stephanie; Meißner, Sebastian

Im Rahmen des Technologietransferprojekts „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik (KIP)“ wurde ein Konzept für ein selbstkonfigurierendes Logistiksystem bzw. „intelligentes Logistiksystem“ entwickelt. Dafür wurde im Arbeitskreis „Intelligente Logistiksysteme“ mit den teilnehmenden kleinen und mittelständischen Unternehmen ein Use Case ausgewählt, der in vielen Unternehmen in der operativen Logistikplanung vorkommt. Darauf aufbauend soll bis Ende des Projektes ein Demonstrator entstehen, der ein solches intelligentes Logistiksystem darstellt.

#### Ausgangssituation

Die Logistikplanung wird in strategische, taktische und operative Phasen unterteilt. GÜNTNER (Günthner 2007) definiert vier Auslöser, die zu Handlungen in der operativen und strategische Logistikplanung führen. Diese sind:

- Produktänderungen
- Strukturelle Maßnahmen
- Veränderte Wertschöpfungs- und Lieferantenstrukturen
- Technologiesprünge

(Günthner 2007)

Die Anpassung der Logistikplanungsprozesse sind mit einem hohen manuellen Aufwand verbunden (Schubel 2017). Besonders die beiden Aspekte in der Logistikplanung, dass Fachwissen nicht formalisiert und das Vertrauen in Planungssysteme aufgrund von mangelnder Transparenz nicht vorhanden ist (Schubel 2017), wurden im Arbeitskreis „Intelligente Logistiksysteme“ von den kooperierenden Unternehmen bestätigt. Diese Herausforderungen in der operativen Logistikplanung führen dazu, dass Einsparungspotenziale und Verschwendung nicht rechtzeitig erkannt werden.

Die Auslöser für die operative Logistikplanung und die damit verbundenen Herausforderungen sollen durch das in Abbildung 1 beschriebene Konzept eines selbstkonfigurierenden Logistiksystems lösen. (Meißner und Bäuml 2018) Als Auslöser wurde eine strukturelle Maßnahme gewählt. Ein Artikel zieht von einem Regal am Arbeitsplatz 1 in ein Regal am Arbeitsplatz 2 um ①. Gründe hierfür können unterschiedlicher Art sein. Beispielsweise können Arbeitsinhalte verschoben werden, und deswegen wird der Artikel an einem anderen Arbeitsplatz benötigt. Durch ein „intelligentes Bereitstellungshilfsmittel“, das durch Sensoren und Informations- und Kommunikationstechnologien die Veränderung erkennt, werden die Daten an eine Datenbank gesendet ② und diese kommuniziert mit der Applikation. Zusammen ergibt sich daraus ein cloudbasiertes System. Eine Applikation analysiert die übertragenen Daten und entscheidet, welche regelbasierten Logistikplanungsprozesse angestoßen werden müssen. Sie erkennt z. B. ob eine interne Systemänderung, eine Kapazitätsanpassung oder Instandhaltungsmaßnahme (vgl. Kapitel II 2.2) vorliegt und stößt den richtigen Planungsprozess an. Die Grunddaten für die Planung, wie z. B. Regalbelegung, werden zwischen der Applikation und dem Datenbankserver ausgetauscht ③. Die Änderungen an den Systemdaten, beispielsweise die Adresse auf der Kanban-Karte, werden automatisch durchgeführt und an die intelligenten Materialbereitstellungshilfsmittel, die notwendigen Mitarbeitenden und IT-Infrastruktur übertragen (④, ⑤, ⑥ und ⑧). Bis zu diesem Schritt wird davon ausgegangen, dass sich das System selbstkonfigurierend anpassen kann. Sollte dies nicht möglich sein, zum Beispiel, weil ein zusätzlicher Routenzuganhänger benötigt wird, wird der Logistikplaner über den

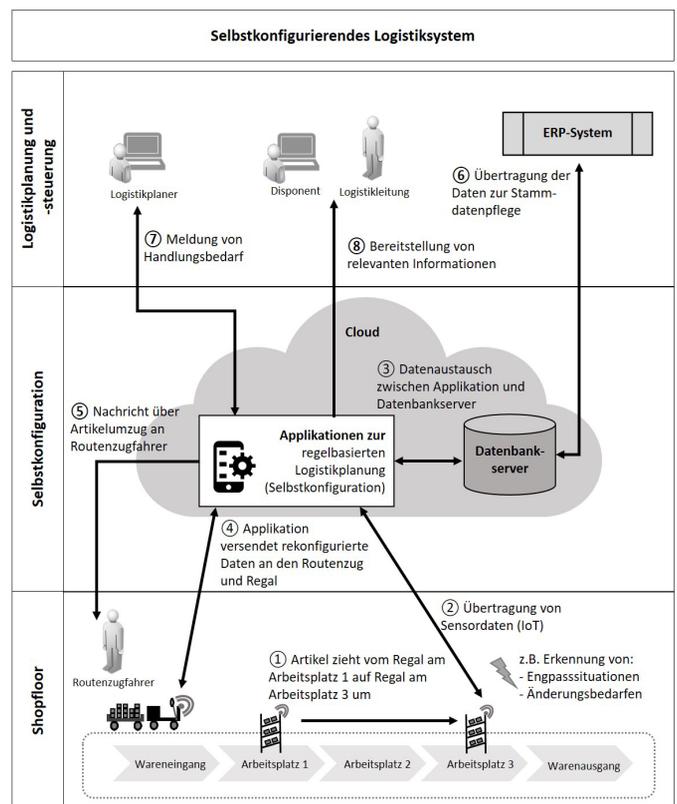


Abbildung 1 Selbstkonfigurierendes Logistiksystem (Meißner und Bäuml 2018)

Handlungsbedarf und einer Handlungsempfehlung informiert. Somit wird es ihm ermöglicht, auf Basis von Echtzeitdaten Entscheidungen zu treffen und nach einem definierten Regelablauf zu handeln. (Meißner und Bäuml 2018)

#### Vorgehensweise

Auf Basis des Konzepts wurde mit der Umsetzung des beschriebenen Beispiels „Artikel zieht von Regal am Arbeitsplatz 1 zum Regal am Arbeitsplatz 2 um“ begonnen. Dafür wurden zwei Regale und zwei Routenzüge in der Lern- und Musterfabrik aufgebaut. Anschließend wurden die Materialbereitstellungshilfsmittel beschriftet und eine Lagerplatzstruktur aufgebaut. Danach wurde die Regal- und Routenzugbelegung festgelegt. Für die Ausstattung der Materialbereitstellung mit IoT-Komponenten (engl. Internet of Things) wurde der IoT-Koffer des Arbeitspaketes PlanMet AP 2.2 verwendet. Der IoT-Koffer ist mit diverser Hardware für Raspberry Pi und mobiler Sensorik (vgl. Kapitel III.7 mobile Sensorik) ausgestattet. Der Koffer beinhaltet die wesentlichen Komponenten, um eine Vielzahl von Anwendungsszenarien in der Produktionslogistik effizient umzusetzen. Als Datenbank wurde eine MySQL-Datenbank ausgewählt, die mit der Verwaltungssoftware für Datenbanken HeidiSQL über einen MySQL-Server für das Projekt „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“ im Technologiezentrum für Produktions- und Logistiksysteme läuft.

Für die bessere Vorstellbarkeit der Schnittstellen und Informationsflüsse wurde aus dem Konzept, welches in Abbildung 1 beschrieben wurde, ein BPMN-Modell erstellt (vgl. Abbildung 2). Die Nummerierung der Abbildung 1 ist identisch mit der in Abbildung 2, um eine bessere Nachvollziehbarkeit sicherzustellen. Wie bereits in Kapitel II.2 erwähnt, hat sich das Teilprojekt IntSys auf die Modellierung von Geschäftsprozessen mit BPMN 2.0 fokussiert. Sie ermöglicht es, fachliche und technische Modelle zu erstellen, Expertenwissen zu dokumentieren, Ausführbarkeit als Workflow sicherzustellen und durch DMN (Decision Model and Notation) Entscheidungsregeln hinzuzufügen. (Bäuml und Hilpoltsteiner 2019) Für den Aufbau des Demonstrators war die Erstellung eines BPMN-Modells ein wichtiger Schritt

für ein gemeinsames Verständnis von Abläufen und Zusammenhängen. Das BPMN-Modell wurde in drei Ebenen (Lanes) unterteilt: Shopfloor, Selbstkonfiguration, Logistikplanung und -steuerung. Der Startpunkt des Modells ist der „Artikelumzug in anderes Regal“. Die notwendigen Aktionen wurden in Aufgaben (Tasks) beschrieben. Nach der Aufgabe „Änderung der Systemdaten in der Applikation“ laufen alle weiteren parallel ab. Diese sind:

- „Meldung von Handlungsbedarf an den Logistikplaner“, falls die Regalbeschriftung geändert werden muss. Eine Änderung der Regalbeschriftung kann durch eine weitere Technologie ersetzt werden. Anstatt das Regalfach manuell neu zu beschriften, können elektronische Etiketten für die Regalbeschriftung diese manuelle Aufgabe übernehmen. Diese können mit dem ERP-System verbunden werden und, wenn sich durch die Selbstkonfiguration Änderungen ergeben, automatisch mit den neuen Daten „beschriftet“ werden.
- „Bereitstellung von relevanten Informationen an den Logistikplaner und Disponenten“. Zum Beispiel, dass durch den Artikelumzug an den Arbeitsplatz 3 und dem dazugehörigen Materialbereitstellungsregal Platz zur Materialbereitstellungsoptimierung am Arbeitsplatz 1 vorhanden ist.
- „Schicken einer Benachrichtigung an den Routenzug“ und „Benachrichtigung des Routenzugfahrers über Artikelumzug“: Diese beiden Nachrichten stellen sicher, dass der Artikelumzug auch an den Routenzugfahrer bzw. dessen Materialbereitstellungshilfsmittel dem Routenzug kommuniziert wird. Aus der Gewohnheit heraus könnte der Routenzugfahrer zum Beispiel an der falschen Haltestelle halten und den Artikel am Arbeitsplatz 1 ins Regal stellen. Durch das Display am Routenzug wird er zusätzlich über die Veränderung informiert. Somit wird doppelt abgesichert, dass der Routenzugfahrer keinen Umweg fährt oder zusätzlichen Aufwand betreibt. Darüber hinaus ist es weiterhin möglich, dass der Routenzug ebenfalls ein „intelligentes Materialbereitstellungshilfsmittel“ ist und im Sinne der Selbstkonfiguration die Route automatisch anpasst oder sogar optimiert.

Das BPMN-Modell endet mit dem Endpunkt „Informationen aktualisiert“. Das bedeutet, dass alle relevanten Stakeholder in dem Prozess informiert sind, gegebenenfalls die ERP-Stammdaten angepasst sind und die Selbstkonfiguration erfolgreich durchgeführt wurde. Schritt (1) bis (3) wurden bereits als Demonstrator aufgebaut. Im Folgenden wird die Umsetzung der Schritte beschrieben.

### Umsetzung

Bei der Umsetzung des Demonstrators „Intelligentes Logistiksystem“ wurde wie folgt vorgegangen:

- (1) Ermittlung der notwendigen Daten für das Regal, um das Beispiel „Artikel zieht von Regal am Arbeitsplatz 1 zum Regal am Arbeitsplatz 2 um“ umzusetzen
- (2) Technologieauswahl aus dem IoT-Koffer, um die notwendigen Daten für das „intelligente Regal“ zu erheben
- (3) Aufbau der Grundstruktur in der Datenbank
- (4) Aufbau der Schnittstellen zwischen den gewählten IoT-Technologien (Regal) und der Datenbank
- (5) Ermittlung der notwendigen Daten für den Routenzug, um das Beispiel „Artikel zieht von Regal am Arbeitsplatz 1 zum Regal am Arbeitsplatz 2 um“ umzusetzen
- (6) Technologieauswahl aus dem IoT-Koffer, um die notwendigen Daten für den „intelligenten Routenzug“ zu erheben
- (7) Aufbau der Schnittstellen zwischen den gewählten IoT-Technologien (Routenzug) und der Datenbank
- (8) Konzeptionierung der Applikation für die notwendigen regelbasierten Logistikplanungsprozesse (Lagerplanung, Behälterplanung und Routenzugplanung)
- (9) Aufbau der Schnittstelle zwischen Datenbank und Applikation
- (10) Aufbau der Schnittstellen zwischen Applikation und „intelligentem Routenzug“
- (11) Aufbau der Schnittstellen zu den Usern („Push-Nachrichten“)

Der erste Schritt für den Aufbau des Demonstrators ist die Ermittlung der notwendigen Daten für das Regal, um das Beispiel „Artikel zieht von Regal am Arbeitsplatz 1 zum Regal am Arbeitsplatz 2 um“ umzusetzen. Dafür wurde der Demonstrator mit Hilfe von Cardboard-Engineering beispielhaft aufgebaut und das Szenario durchgeführt. Hier war festzustellen, dass folgende Daten notwendig sind:

- Artikelnummer (ID - Identifikationsnummer)
- Behälternummer (ID - Identifikationsnummer)
- Lagerplatz (XYZ-Koordinate im Lagerort; ID - Identifikationsnummer)
- Lagerort (XYZ-Koordinate im Werkslayout; ID - Identifikationsnummer)

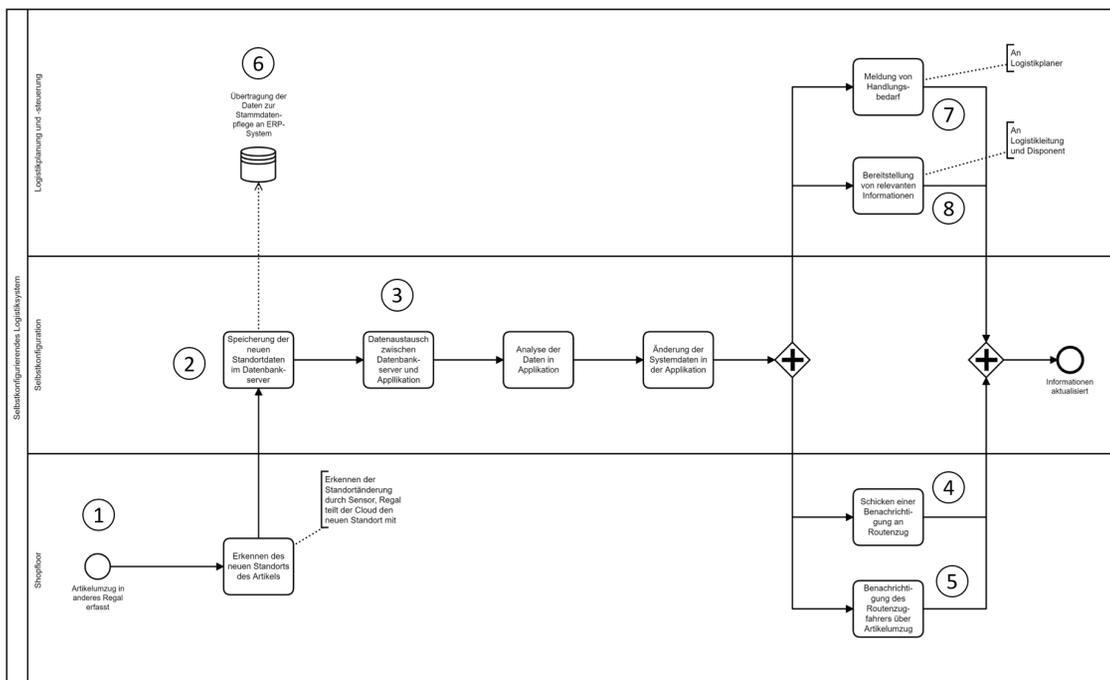


Abbildung 2: BPMN-Modell für das selbstkonfigurierende Logistiksystem (in Anlehnung an Bäuml und Meißner 2018)

Dabei ist es notwendig, jeden Lagerplatz im Lagerort eindeutig identifizieren und jede Artikelnummer mit der zugehörigen Behälternummer, dem Lagerplatz genau zuordnen zu können. Dadurch kann ein Artikelumzug in ein anderes Regal erkannt werden. Wichtig ist es, den Unterschied zwischen einem „Umzug“ und einer falschen Bestückung des Regals durch den Routenzugfahrer abzusichern. Wie bereits erwähnt, sollen mit Hilfe von intelligenten Bereitstellungshilfsmitteln die veränderten Zustände erkannt werden und selbstkonfigurierend angepasst werden (vgl. Kapitel II 2.2; Meißner und Bäuml 2018).

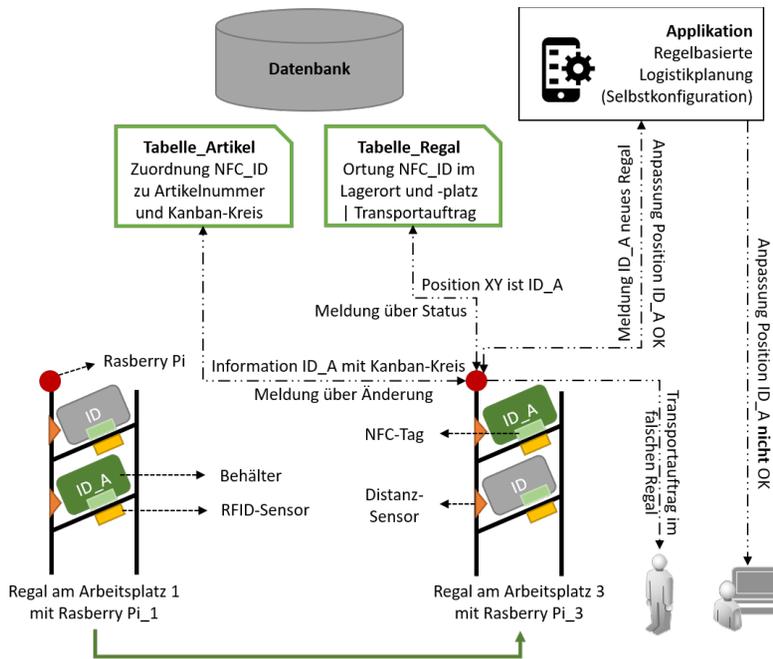


Abbildung 3: Skizze Demonstrator „Intelligentes Logistiksystem“ (Schritt 1-3)

Im zweiten und dritten Schritt wurden aus dem IoT-Koffer (vgl. Kapitel III.7 mobile Sensorik) passende Technologien ausgewählt, um die notwendigen Daten für das Beispiel „Artikelumzug“ zu erheben und die dazugehörige Datenbank aufgebaut. In folgender Abbildung 3 sind die Regale und der notwendige Datenaustausch zwischen den Technologien und der Datenbank schematisch dargestellt.

- An den Regalen sind Raspberri Pis angebracht. Diese ermöglichen dem Regal den Datenaustausch mit der Datenbank und der Sensorik, die im Regal verbaut ist.
- Der NFC-Tag wird an jeden Behälter angebracht. Über einen RFID-Sensor unter dem Stellplatz wird die ID (Beispiel: ID\_A zieht um) des NFC-Tags an den Raspberri Pi übertragen und anschließend in der Datenbank (Tabelle\_Artikel) mit der Artikelnummer und dem Kanban-Kreis verknüpft. Somit kann der Behälter mit der Artikelnummer identifiziert werden. Durch den Kanban-Kreis ist eindeutig, an welchen Lagerplatz er muss.
- Der Distanzsensor wird ebenfalls mit dem Raspberri Pi verbunden, um zu erkennen, ob der Lagerplatz belegt ist oder nicht.
- Der Raspberri Pi kann dann der Tabelle\_Regal in der Datenbank übermitteln, auf welcher Position der Behälter steht und ob ein Transportauftrag vorliegt, der mit dem Kanban-Kreis abgeglichen wird. Wenn ein Transportauftrag vorhanden ist, kann davon ausgegangen werden, dass der Routenzugfahrer den Behälter fälschlicherweise in den Regalplatz stellen möchte. Man kann dem Routenzugfahrer signalisieren, dass er falsch steht (z. B. akustisches Signal).
- Wenn kein Transportauftrag für den Kanban-Kreis mit der Artikelnummer vorliegt, kann angenommen werden, dass es sich um einen Umzug handelt.

- In dem Fall geht eine Meldung an die Applikation für regelbasierte Logistikplanungsprozesse weiter. Diese plant die Lagerplatz- und Lagerortanpassung, prüft, ob ausreichend Kapazitäten auf dem Routenzug und im Lager vorhanden sind.
- Wenn die Kapazitäten ausreichend sind, konfigurieren sich die intelligenten Bereitstellungshilfsmittel selbst.
- Wenn die Kapazitäten nicht ausreichen, wird eine Meldung an den Logistikplaner weitergegeben.

Der Einsatz der aufgelisteten Technologien macht es möglich, die notwendigen Daten zu erfassen. An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass dies nur eine Möglichkeit von vielen ist, um ein Regal in ein intelligentes Regal bzw. Bereitstellungshilfsmittel (Bäuml und Meißner 2018) umzubauen. Für das Projekt „Kompetenznetzwerk Intelligente Logistiksysteme“ wurden die Technologien aus dem IoT-Koffer, der dafür zusammengestellt wurde, verwendet.

### Ausblick

Im weiteren Projektverlauf soll der Demonstrator „Intelligente Logistiksysteme“ für oben genannte Beispiel fertig gestellt werden. Dafür wird eine Applikation für regelbasierte Logistikplanungsprozesse erstellt, die für das Beispiel von Bedeutung sind. Anschließend werden die restlichen Schnittstellen zwischen der Applikation und den intelligenten Materialbereitstellungshilfsmitteln Regal und Routenzug hergestellt. Im letzten Arbeitskreis „Intelligente Logistiksysteme“ soll der Demonstrator den Kooperationspartnern vorgestellt und evaluiert werden. Das „Intelligente Logistiksystem“ ist ein weiteres Beispiel für einen nachhaltigen Technologietransfer im Projekt „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“. Wir danken unseren Arbeitskreisteilnehmern für ihren Input und unseren studentischen Hilfskräften Jana Auer und Stefanie Hammerschmidt (Studentinnen an der Fakultät Wirtschaftsinformatik) für die Hilfe bei der technischen Umsetzung. Des Weiteren möchten wir uns bei unserem Ausstattungspartner und Arbeitskreisteilnehmer Christian Schulz von der Firma NeoLog GmbH für die Regalbereitstellung bedanken.

### Literaturverzeichnis

Bäuml, Stephanie; Hilpoltsteiner, Daniel (2019): Information Modeling of Rule-based Logistic Planning Processes Kanban Loop Planning Supported by a Workflow Engine. In: Jorge Bernardino, Ana Salgado und Filipe Joaquim (Hg.): Proceedings of the 11th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management, IC3K 2019, September 17-19, 2019, Vienna, Austria. Volume 3, KMIS. [S. I.]: SCITEPRESS = Science and Technology Publications, S. 167-175.

Bäuml, Stephanie; Meißner, Sebastian (2018): Intelligente Bereitstellungshilfsmittel - Gezielte Unterstützung der Produktionslogistikprozesse durch Technologien des Internets der Dinge. In: Markus Schneider, Sebastian Meißner, Sven Roeren und Christian Seel (Hg.): Technologietransfer für den Mittelstand - Potenziale erkennen, S. 36-43.

Günthner, Willibald A. (Hg.) (2007): Neue Wege in der Automobillogistik. Die Vision der Supra-Adaptivität. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (VDI-Buch). Online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10210880>.

Meißner, Sebastian; Bäuml, Stephanie (2018): Effizienzsteigerung in der Logistikplanung durch selbstkonfigurierende Logistiksysteme. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 2018, 2018 (Heft 3), S. 148-150.

Schubel, Alexander (2017): Dezentrale und kurzfristige Produktionslogistikplanung.



ULS KIP Europäische Union EFRE

sind bestandsminierende und bestands... ussgrößen?

Einflussgrößen, die den mengenbedarfsbezogenen Idealbestand erhöhen

- Erspariseffekte bei Pulskleidung (Umrechnen der Stückkosten / Verschnitt auf mehr Stück)
- Benötigte Reaktionszeitpunkt für die Folgeprozesse über den Kunden
- Dauer der Reproduzierbarkeit (Verfügbarkeit Maschinen, exakte Zuliefererleistungen)

Modell Komplexitätsreduzierung – Ausschnitt aus einer Arbeitskreissitzung

## 4. Modell zur Komplexitätsreduzierung – ein Analysewerkzeug

Alt, Denis; Meier, Sandra; Roeren, Sven

Wird in der Industrie von Komplexitätsreduzierung gesprochen, denkt man meist an hochtechnologische Prozesse in der Automobilindustrie oder dem Maschinenbau. Doch liegen häufig auch jene komplexen Prozesse in kleinen und mittelständischen Unternehmen vor, die sich auf die Fertigung von komplizierten und ausgefeilten Bauteilen oder Produkten mit vielschichtigen Fertigungsstufen spezialisiert haben. Genau dieses Erkenntnis konnte im Verlauf des KIP Projekts innerhalb des Arbeitskreis Komplexitätsreduzierung – gebildet aus den Teilprojekten mit Fokus auf Produktionslogistik-Kennzahlensystemen und flexibler Puffersteuerung bei asynchronen Prozessen – immer wieder bestätigt werden. Es galt, die Komplexitätsreduzierung einmal auf ihre Vielschichtigkeit und Varianz zu überprüfen. Fragen wie „Wo fängt Komplexität an?“ und „Wo hört Komplexität auf?“ wurden mit den Arbeitskreisteilnehmern besprochen und durch eine spezifische Vorgehensweise, dem Stufenmodell (Abbildung 1), versucht zu identifizieren. Dieses Stufenmodell soll als Analysewerkzeug dienen, um Komplexität systematisch aufzulösen.

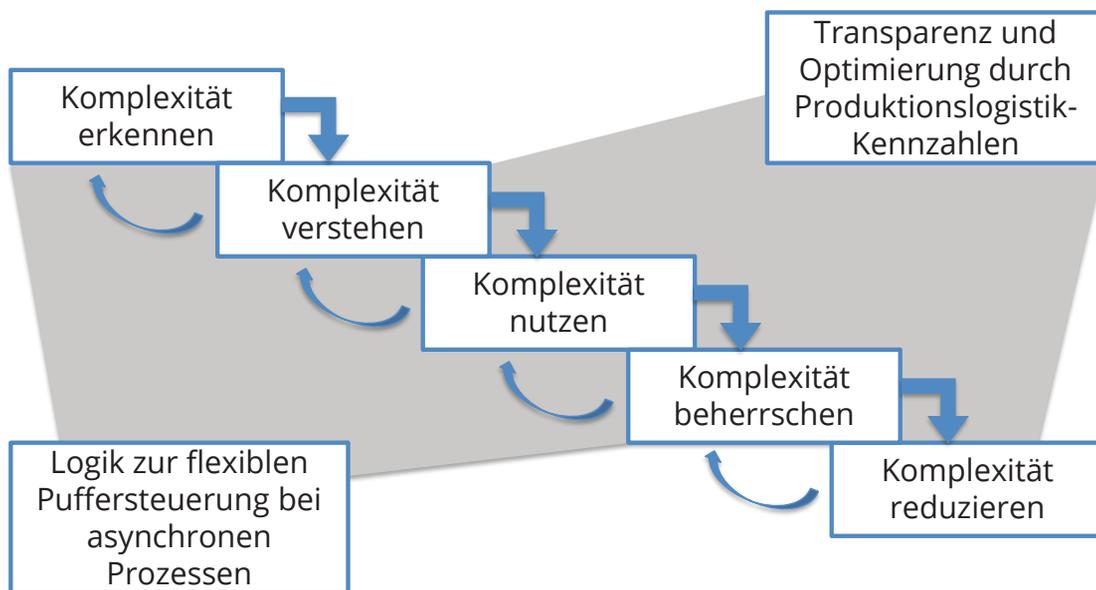


Abbildung 1: Stufenmodell zur schrittweisen Reduzierung von Komplexität

Das Modell soll universell einsetzbar sein, um eine systematische Vorgehensweise zur Reduzierung von Komplexität in Unternehmen zu erhalten (Alt, Meier und Roeren 2020). In diesem Artikel wird noch einmal auf die generelle Vorgehensweise eingegangen. Nachfolgend werden Praxisbeispiele verschiedener Art beschrieben, die drei mögliche Einsatzgebiete näher akzentuieren.

### Stufenweises Reduzieren von Komplexität – die Vorgehensweise

Zunächst galt es, die Komplexität in den Unternehmen überhaupt einmal zu erkennen. Dafür wurden in der ersten Stufe ausgewählte Methoden an die kooperierenden Unternehmen transferiert. Unter anderem konnte mit Hilfe von Wertstrom- und Tätigkeitsanalysen, der SWOT- und Pestel-Analyse und dem Ishikawa-Diagramm herausgearbeitet werden, wo und in welchen Bereichen der Firmen Komplexität vorliegt. Von Beginn an waren sich alle Teilnehmer einig, dass es von höchster Wichtigkeit ist, Prozesse, Materialflüsse und Informationsflüsse durchgängig zu dokumentieren und zu visualisieren.

„Fortschrittliche Visualisierungen werden zunehmend als mächtiges Werkzeug der Datenanalyse wahrgenommen, um Wissen und daraus Wettbewerbsvorteile zu generieren.“ Schoeneberg beschreibt die Bedeutung von Big Data unter anderem als Komplexitätstreiber und stellt die damit verbundenen Herausforderungen dar. „Die menschliche Verarbeitungskapazität wird in Zukunft immer häufiger an ihre Grenzen stoßen, wodurch sich das Potenzial, das in fortschrittlichen Visualisierungsformen liegt, gerade bei der Analyse komplexer Zusammenhänge herauskristallisiert.“ (Schoeneberg 2018, S. 7)

Gerade im Zusammenhang mit der Identifikation von Komplexitätstreibern und dem Entwickeln eines Verständnisses hierfür, konnte auf den „Dingofing Complexity Index“ (Roeren 2016), in Abbildung 2 dargestellt, zurückgegriffen werden.

Der Begriff Dynamik beschreibt demnach sämtliche Veränderungen, die Einfluss auf den Grad der Komplexität nehmen können. Unsicherheit kann auch mit dem Ausdruck „Vernetzung“ in Zusammenhang gebracht werden. Vernetzung wurde im Verlauf des KIP Projektes immer wieder, der Situation angepasst, neu diskutiert. Zum einen wurde von Vernetzung innerhalb des Herstellungsprozesses eines Produktes gesprochen, also von der Vernetzung von Anlagen.

Zum anderen beschreibt Vernetzung jedoch auch die Zuliefer-Hersteller-Verbindung, bei der, vor allem global betrachtet, Komplexität entsteht. Im Rahmen einer Delta Analyse bei einem teilnehmenden KMU konnte die Dringlichkeit der Vernetzung im Unternehmen dargestellt werden. Durch die einfache digitale Abbildung eines bestimmten Informationsflusses, der die beiden Abteilungen Vertrieb / Außendienst und Disposition/Innendienst miteinander vernetzte, konnten Verschwendungen aufgedeckt und Komplexitäten reduziert werden. Jedoch war dies erst nach der vollständigen Darstellung der eigentlichen Prozesse möglich.

Ebenso häufig wie das Wort Dynamik in Zusammenhang mit Komplexität, wird auch der Begriff Vielfalt im nutzergetriebenen Hochlohnstandort Deutschland immer wieder erwähnt. Vielfalt – oder wie in Abbildung 2 Diversität genannt – entsteht (vgl. Broschüre 2018, 2019) unter anderem durch eine große Zahl von Varianten eines Produktes. Varianten entstehen schon allein durch die Änderung oder Erweiterung der Farbauswahl für den Endanwender.

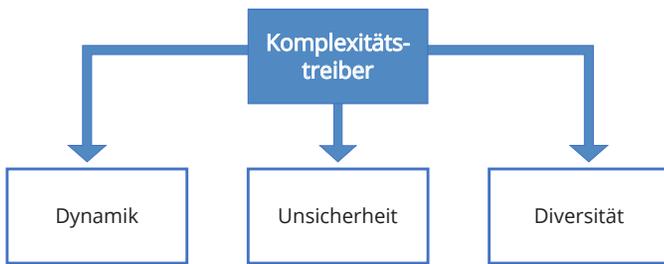


Abbildung 2: DCI - Dingolfing Complexity Index (Roeren 2016)

Die verschiedenen, gemeinsam ermittelten Komplexitätstreiber wurden in ein Verständnismodell überführt und an die Unternehmen transferiert. Durch die Kategorisierung in wichtig, unwichtig, beeinflussbar und nicht beeinflussbar wurde als erstes Thema zur näheren Betrachtung die Bestandskomplexität gewählt. Ein ausführlicher Bericht dazu ist im Jahr 2019 in der Broschüre unter dem Kapitel „Komplexität in der Produktionslogistik – erkannt und verstanden“ abgedruckt (Alt, Meier und Roeren 2019).

### Komplexitätsreduzierung durch Mitarbeiterqualifikation und einer Qualifikationsmatrix

Das Wort Komplexität wurde durch die Lockdown-Situation ab März 2020, verursacht durch die weltweite Corona Pandemie, noch einmal völlig neu betrachtet. Durch eine Befragung der Arbeitskreisteilnehmer unmittelbar nach der Bekanntmachung durch die Politik wurde das Thema Personal und Personaleinsatz in Zeiten von Kurzarbeit und teilweisen Firmenschließungen priorisiert. Die Unternehmer hatten weiter geäußert, dass durch die hohe Dynamik und der nicht absehbaren Auswirkungen der Pandemie nicht nur die Planung der Mitarbeiter sehr komplex sein wird, sondern dass auch Unternehmensstrategien und Zukunftsausrichtungen aktuell kritisch hinterfragt werden würden. Die Vernetzung spielte hierbei wieder eine entscheidende Rolle, da nicht klar war, wie lange Lieferketten aufrecht erhalten bleiben können und die eigene Produktion damit auf der Kippe steht.

In Abstimmung mit den Teilnehmern wurde daraufhin eine digitale Arbeitskreissitzung initiiert, in dem die Themenschwerpunkte Mitarbeiterqualifikation und der Nutzen von Qualifikationsmatrizen sowie die strategische Ausrichtungen und der Weg zur Entscheidungsfindung bearbeitet und diskutiert wurden. Abbildung 3 zeigt eine klassische Qualifikations- bzw. Kompetenzmatrix.

Abteilung: SFP Team: Staplerfahrer Produktion Teamleiter: Bernd Richter

MitarbeiterInnen:	Tätigkeiten										Übergreifende Funktionen									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sepp Stepp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ulrichsteiner	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Legende: 0 = kein Bedarf, 1 = Bedarf, 2 = Einarbeitung begonnen, 3 = Braucht noch Übung, 4 = Bisheriges Wissen wird (Voraussetzung für Selbstprüfung), 5 = kann alleine erlernen

Datum: 16.02.2016

Abbildung 3: Beispielhafte Kompetenzmatrix (Heller und Prasse 2018, S. 158)

Eine übersichtliche Kompetenzmatrix erleichtert dem Personalverantwortlichen die Entscheidung und Einteilung, welche Mitarbeiter zu welcher Zeit im Unternehmen anwesend sein müssen. Im operativen Bereich ist dies oftmals schon durchgängig für die Schichtplanung vorhanden. In den indirekten Bereichen, wie zum Beispiel Vertrieb oder Einkauf, liegen nur sehr selten solche Übersichten vor. In diesem Fall wird es bei der kurzfristigen Besetzungsplanung während einer Kurzarbeitsphase schwer bis unmöglich, zu überblicken, welche Mitarbeiter zwingend für die Aufrechterhaltung

eines reduzierten Betriebes erforderlich sind. Zum richtigen Umgang mit der genannten Komplexität in Verbindung mit Qualifikationsmatrizen sind mehrere Punkte zu betonen:

- Qualifikationsmatrix so einfach wie möglich halten
- Notwendigkeit der kontinuierlichen „Pfleger“ beachten
- Prozesse einer Qualifikationsmatrix erkennen (z. B. Prozess bei Neueinstellung eines Mitarbeiters oder wenn ein Mitarbeiter das Unternehmen verlässt)
- Klare Verantwortlichkeiten für Bearbeitung der Qualifikationsmatrix schaffen
- Optional: Blick auf die „weichen“ Kompetenzen haben (soft skills)

### Komplexitätsreduzierung durch Prozessmodellierung

In einer weiteren Arbeitskreissitzung wurde das Feld der Prozessmodellierung behandelt und diskutiert. Gemeinsam mit Kollegen aus anderen Teilprojekten, die den Schwerpunkt im Bereich IIoT und Prozessmodellierung gelegt hatten, wurden viele Informationen und Erkenntnisse an die Teilnehmer gestreut. Prozessmodellierung bedeutet Prozesse im Unternehmen zu erkennen, zu verstehen und zu beschreiben und folglich zu visualisieren. Der Nutzen dabei ist, komplexe Prozesse in einer vereinfachten und verständlichen Sichtweise darzustellen. Die Abbildung der Realität von Prozessen kann manuell auf ein Board oder Blatt Papier aufgezeichnet werden. Doch sinnhaft für ein flexibles Adaptieren ist die visuelle Darstellung in digitaler Form. Eine grafische Notation, wie Business Process Model and Notation (BPMN) kann dafür angewendet werden (Gadatsch 2010, S. 97-99). In Abbildung 4 werden Prozessmodelle gezeigt. Abhängig von der Ebene in der Pyramide ist die Detaillierungsstufe der Prozessmodellierung zu sehen.

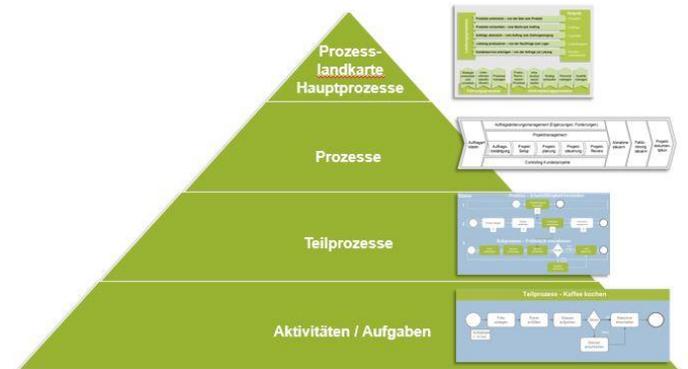


Abbildung 4: Prozessmodell (BPM&O GmbH (Hrsg.) 2020)

Prozesse können in vielfältiger Hinsicht komplex sein. Sowohl bei Hauptprozessen aller Zusammenhänge in einem Unternehmen als auch bei detaillierten Tätigkeitsfeldern ist Transparenz notwendig, indem der Prozess verstanden und visualisiert wird (siehe Abbildung 4). Weitere Vorteile durch beschriebene und aufgezeichnete Prozesse ist die Integration in eine bestehende IT-Landschaft, Daten und Dokumente können digitalisiert und Arbeitsanweisungen und Schulungen generiert werden, um nur einige wenige Punkte zu nennen. Wird dieses Anwendungsgebiet mit den entsprechenden Zweckfeldern genutzt, kann des Weiteren die Identifikation von Potenzialen, die Optimierung in Richtung eines Idealprozesses, das Monitoring und Einhalten festgelegter Prozessschritte als Zielsetzung attackiert und ein Beherrschen und Reduzieren von Komplexität in der Prozessebene erreicht werden (siehe Modell zur Komplexitätsreduzierung in Abbildung 1).

## Komplexitätsreduzierung durch Industrial Internet of Things (IIoT)

Praxisorientierte Digitalisierung für kleine und mittelständische Unternehmen ist die Zielsetzung einer sinnhaften Anwendung bestimmter Werkzeuge von Industrial Internet of Things. Elemente, wie Condition Monitoring, Asset Tracking oder Retro Fitting sollen den Mittelstand unterstützen, ihre Produktivität, Qualität und Ressourceneffizienz stetig zu verbessern (Abbildung 5).

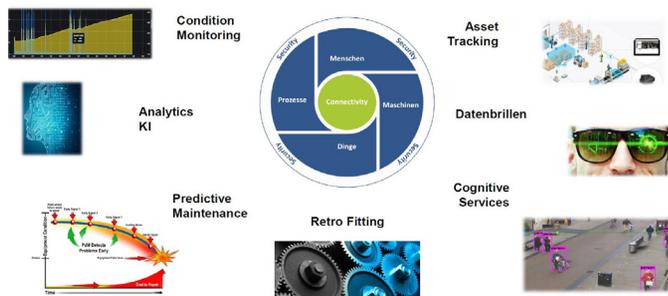


Abbildung 5: Einsatzmöglichkeiten von IIoT in der Praxis (SWS Computersysteme AG (Hrsg.) 2020)

Dazu wurden in einer weiteren Arbeitskreissitzung verschiedene Praxisbeispiele erörtert, welche Elemente in welchem Produktions- und Logistikumfeld effizient einzusetzen sind. Auch hier ist für den zielgerichteten Einsatz im produzierenden Unternehmensumfeld entscheidend, zu erkennen und verstehen, welche IIoT-Werkzeuge benötigt und eingesetzt werden sollten (siehe Modell zur Komplexitätsreduzierung in Abbildung 1). Dafür müssen die aktuellen Problemstellungen, Potentialfelder und Lösungsmöglichkeiten und deren Funktionsweisen für den Einsatz eruiert werden.

Beispielsweise will ein mittelständisch geprägtes Unternehmen, welches einen inhomogenen Maschinenpark besitzt und führend in seiner Produktherstellung ist, sich digitaler und damit zukunftsfähig aufstellen. In mehreren Workshops wird erkannt und verstanden, dass ein Retro Fitting (Quelle) großes Potential bringt, da es aktuell keine Maschinendatenerfassung, keine Prozess-Echtzeitdaten und wenig Informationen bzgl. Anlagenzustand gibt und nur reaktiv eingegriffen werden kann. Demzufolge ist mit Ausschuss, fehlender Prozessstabilität und -transparenz, Auftragsverzögerung und ungeplanten Maschinenstillständen zu kämpfen.

Für das Retro Fitting soll eine separate Sensorik-Landschaft in den Maschinensteuersystemen integriert werden, die Daten erfasst und an einem zentralen Speicherort lagert. Mittels eines Dashboard-Systems soll eine funktionale Oberfläche vorhanden sein, um relevante Prozessparameter und -werte sowie Prozess- und Qualitätsinformationen in Echtzeit zu visualisieren. Durch die konsequente Nutzung dieses IIoT-Elements kann weiteres Know-how aufgebaut, Grenzwerte für Prozessparameter und -werte generiert und eine Alarmfunktion integriert werden. Mit dem Erfahrungsaufbau durch die weitere Analyse der Maschinen- und Prozessdaten kann für die Zukunft präventiver gehandelt und geplant werden (z. B. predictive maintenance). Damit kann die erhöhte Komplexität in einem komplexen Produktionsumfeld beherrscht und reduziert werden.

Weitere Use Cases wurden besprochen und diskutiert. Unter anderem Condition Monitoring, Asset Tracking oder Robotic Process Automation (RPA), die in der gleichen Systematik nach Abbildung 1 implementiert werden können. Ziel des Arbeitskreises war es, die grundsätzliche Methodik an die Teilnehmer zu vermitteln. Das Thema IIoT bietet noch sehr viel mehr Möglichkeiten für kleine und mittelständische Unternehmen und sollte durch den Zusammenhang mit Komplexitätsreduzierung lediglich in das Gedächtnis der Unternehmerinnen und Unternehmer gerufen werden.

## Fazit

Entscheidend ist beim Umgang mit Komplexität zu beachten, dass es hierbei, gerade im wirtschaftlichen Wettbewerb, zu einem unschätzbaren Vorteil werden kann, Komplexität nicht nur negativ zu betrachten, sondern vielmehr „zu nutzen bzw. über einen Zwischenschritt des Beherrschens diese subjektiv zu reduzieren, während Wettbewerber hierin die spezifischen Herausforderungen umgehen oder noch nicht gelöst haben. Die Basis des Vorgehens besteht allerdings zunächst darin, Komplexität zu identifizieren und diese passend spezifizieren und einordnen zu können“ – wie es auch die Abbildungen 1 und 2 zeigen. Besonders bei kleinen und mittelständischen Unternehmen und deren Logistikbereichen, „die häufig nicht auf standardisierte und ausgereifte Systeme und Prozesse zurückgreifen können, ist dieser Aspekt besonders zu berücksichtigen. Gerade in langen und technologisch anspruchsvollen Prozessketten unterschiedlicher Fertigungsschritte innerhalb einer Produktion ist der Aspekt miteinzubeziehen, dass sowohl Verkettungsansätze aber auch Entzerrungen zu einer Beeinflussung der Komplexität beitragen können.“ Das Stufenmodell zur Komplexitätsreduzierung liefert eine Systematik auf Basis eindeutig spezifizierter Begriffe. Ebenso wird durch diese Darstellung eine angeleitete Methodik abgebildet, die eine mögliche vorherrschende Skepsis oder Scheu von Entscheidern und Betroffenen reduzieren kann und anhand derer zielgerichtet forciert wird, komplexe Prozesse oder Bereiche anzugehen und zu bearbeiten (Alt, Meier und Roeren 2020).

## Literaturverzeichnis

Alt, Denis; Meier, Sandra; Roeren, Sven (2020): *Agiles Komplexitätsmanagement in der Intralogistik*. In ZWF (ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb) 115, 1-2, S. 44-47.

Alt, Denis; Meier, Sandra; Roeren, Sven (2019): *Komplexität in der Produktionslogistik – erkannt und verstanden*. *Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS)*, 2.

BPM&O GmbH (Hrsg.) (2020): *Prozessmodellierung*. Online im Internet. URL: <https://bpmo.de/bpm-wiki/prozessmodellierung/> (Stand: 30.07.2020).

Gadatsch, Andreas (2010): *Grundkurs Geschäftsprozess-Management. Methoden und Werkzeuge für die IT-Praxis: eine Einführung für Studenten und Praktiker*. Wiesbaden. Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden.

Heller, T.; Prasse C. (2018): *Total Productive Management – ganzheitlich*. Berlin. Springer Vieweg.

Schoeneberg, Klaus-Peter (2018): *Komplexitätsmanagement in Unternehmen. Herausforderungen im Umgang mit Dynamik, Unsicherheit und Komplexität meistern*. Wiesbaden. Springer Gabler.

SWS Computersysteme AG (Hrsg.) (2020): *Industrial IoT Solutions*. Online im Internet. URL: <https://sws.de/leistungen/industrial-iiot-solutions/> (Stand: 05.02.2020).

h SL72

### Arbeitsinformation

Endanforderung	
Typ Bock und Lenk	
75 x	75 x
1	2
3	4
5	6
7	8
9	10
11	12
13	14
15	16
17	18
19	20
21	22
23	24
25	26
27	28
29	30
31	32
33	34
35	36
37	38
39	40
41	42
43	44
45	46
47	48
49	50
51	52
53	54
55	56
57	58
59	60
61	62
63	64
65	66
67	68
69	70
71	72
73	74
75	76
77	78
79	80
81	82
83	84
85	86
87	88
89	90
91	92
93	94
95	96
97	98
99	100

ZPULS

Schrauben verzinkt M6,8  
500-0002

Langschraube 6,2 x 10 mm  
500-0100

Mutter verzinkt M6  
500-0001

10-611-0001-01

Leergut

U-Zelle Sensorik in der Lern- und Musterfabrik

## 5. Warnsystem für die taktische Logistikplanung – Kennzahl Durchlaufzeit zur Erkennung von Prozessanpassungsbedarfen

Weindl, Stephanie; Schneider, Markus

Die taktische Logistikplanung in kleinen und mittelständischen Unternehmen ist gefordert, das Logistiksystem entsprechend der sich kontinuierlich ändernden Markt- und Kundenanforderungen situationsgerecht anzupassen. (Schneider und Otto 2008, S. 60-61; Straube 2012, S. 62; Schubel 2017, S. 126-128, S. 29; Spath et al. 2013, S. 21) Um die Produktionslogistik flexibel an die jeweilige Situation anpassen zu können, ohne dabei eine hohe Prozessvielfalt und Komplexität zu erzeugen, bietet sich die dynamische Prozessstandardisierung an. Diese strebt einen aufwandsarmen Standardisierungsprozess durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien an. Genauer soll der Aufwand für die Änderung oder Erstellung von Prozessstandards reduziert und somit der Zielkonflikt aus Anpassungsfähigkeit und Standardisierung beseitigt werden (Dombrowski et al. 2015, S. 55-56).

In Abbildung 1 zeigt sich die zeitliche Einsparung zwischen dem für die Optimierung und Anpassung von Standardprozessen notwendigen konventionellen und dem durch Informations- und Kommunikationstechnologien optimierten SDCA-(standardize-do-check-act) und PDCA-(plan-do-check-act) Zyklus.

### Herausforderungen in der taktischen Logistikplanung von kleinen und mittelständischen Unternehmen

In kleinen und mittelständischen Unternehmen ist derzeit die kontinuierliche Durchführung von aufwendigen Prozessanalysen zur Erkennung von Anpassungsbedarfen bei Logistikstandardprozessen aufgrund des vorliegenden personellen Engpasses in der taktischen Logistikplanung kaum realisierbar (Schubel 2017, 8-9; 113; Weindl und Schneider 2017 / 2018; Winkler und Lugert 2017, S. 30). Der Engpass lässt sich unter anderem darauf zurückführen, dass die operative Logistikplanung im Vergleich zur taktischen Logistikplanung in kleinen und mittelständischen Unternehmen bislang stärker forciert wird. (Weindl und Schneider 2018, S. 28; Verworn et al. 2000, S. 17)

Prozessanalysen werden zudem durch vorzufindende Schwächen im Informationsmanagement, wie dem Fehlen von zentralen Datenquellen, nicht aktualisierten Datenbeständen oder auch Suchaufwänden, oftmals erschwert. (Schneider 2016, S. 51; Schuh et al. 2017, S. 16-17; Dickmann 2015, S. 42; Lugert und Winkler 2017, S. 262; Dickmann 2015, S. 42)

Dies belastet die personenschwache taktische Logistikplanung in kleinen und mittelständischen Unternehmen, sodass Prozessanpassungen nicht rechtzeitig erkannt werden können.

Neben den Mängeln im Informationsmanagement ist in KMU oftmals eine verzögerte Weitergabe von Informationen vorhanden. Denn es existieren keine Standards und Regeln für die Weitergabe. Sofern Anpassungsbedarfe der Logistikstandardprozesse in anderen Organisationseinheiten der Logistik, wie der operativen Logistikplanung oder der ausführenden Logistik, erkannt werden, gelangen die Informationen mit zeitlichem Versatz an die zuständige taktische Logistikplanung (Spielkamp und Rammer 2006, S. 16-18) (Weindl 06.04.2018). Eine verzögerungsfreie Kommunikation wird allerdings als entscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen gesehen (Schenk et al. 2014, S. 20), sodass es diese zu optimieren gilt.

Um die taktische Logistikplanung in kleinen und mittelständischen Unternehmen zum richtigen Zeitpunkt über Anpassungsbedarfe informieren und somit eine dynamische Prozessstandardisierung erreichen zu können, wird ein Warnsystem benötigt, welches auf die Bedürfnisse der taktischen Logistikplanung zugeschnitten ist.

### Durchlaufzeit als Kennzahl für die Erkennung von Anpassungsbedarfen bei Logistikstandardprozessen

Die Durchlaufzeit stellt eine geeignete Kennzahl für das Warnsystem dar, um Anpassungsbedarfe bei den Logistikstandardprozessen erkennen zu können.

In der Produktionslogistik wird eine möglichst niedrige und stabile Durchlaufzeit bei der Produktions- und Logistikprozessgestaltung angestrebt, da somit eine hohe Lieferfähigkeit und -treue erreicht werden kann. Genauer stellen eine hohe Lieferfähigkeit und -treue bei geringstmöglichen Logistik- und Produktionskosten die wesentlichen Ziele der Produktionslogistik dar. Denn die Professionalisierung der Prozesse entsprechend dieser Zielsetzung ermöglicht jederzeit kostengünstig und schnell neuen Anforderungen entsprechen zu können und sich somit auf dem Markt von Wettbewerbern differenzieren zu können. Die Lieferfähigkeit meint dabei die Zusage der gewünschten Liefertermine unter Berücksichtigung der Produktionsgegebenheiten gegenüber dem Kunden. Die Liefertreue beschreibt dagegen die Erfüllung der vorab mit dem Kunden vereinbarten Liefertermine. Der Prozesslenkung obliegt es sodann, in den von der taktischen Logistikplanung ausgestalteten Prozessen die geplante Durchlaufzeit und somit die Lieferfähigkeit und -treue sicherzustellen. (Nyhuis und Wiendahl 2012, S. 2-3)

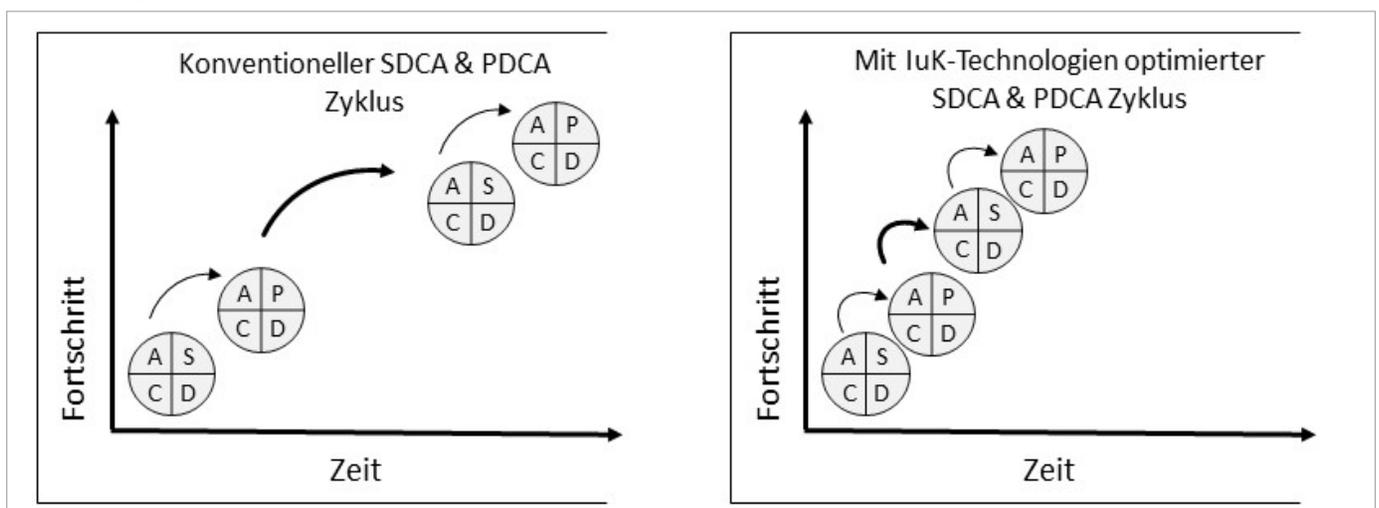
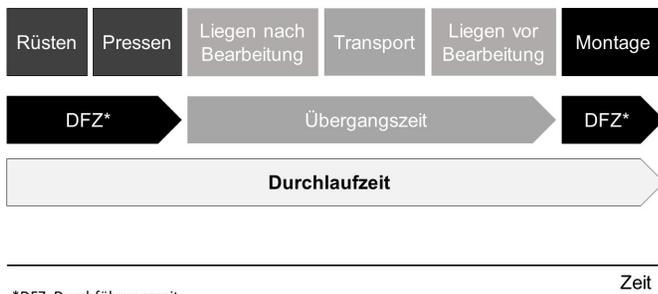


Abbildung 1: Dynamische Prozessstandardisierung [in Anlehnung an (Dombrowski et al. 2015, S. 55; Imai 1997, S. 53)]

Die Durchlaufzeit wird grundsätzlich als Summe aus der Liegezeit nach der Bearbeitung, dem Transport zur nächsten Bearbeitungsstelle, der Liegezeit vor der nächsten Bearbeitung, der notwendigen Rüstzeit und der Bearbeitungszeit definiert, vgl. Abbildung 2.

Eine instabile Durchlaufzeit ergibt sich durch kontinuierlich auftretenden



\*DFZ: Durchführungszeit

Abbildung 2: Durchlaufzeit [ in Anlehnung an (Nyhuis und Wiendahl 2012, S. 22) ]

de Terminabweichungen zwischen der geplanten und der tatsächlichen Durchlaufzeit. Abweichungen können dabei generell an allen Durchlaufzeitanteilen auftreten. (Nyhuis und Wiendahl 2012, S. 24–25)

Sofern die angesprochenen Terminabweichungen von der Prozesslenkung im Rahmen der Disposition, des Bestandsmanagements und der operativen Steuerung nicht behoben werden können, (Nyhuis und Wiendahl 2012, S. 3) sind die vorgegebenen Prozesse auf Anpassungsbedarfe von der taktischen Logistikplanung zu überprüfen.

### Beschreibung des Warnsystems anhand der Warnfunktion „Durchlaufzeit“

Um die personell limitierte taktische Logistikplanung in kleinen und mittelständischen Unternehmen bei der Erkennung von Anpassungsbedarfen bei Logistikstandardprozessen unterstützen zu können, wurde ein Warnsystem für die taktische Logistikplanung entwickelt.

Das Warnsystem wird entsprechend der folgenden Gestaltungsanforderungen, welche im Rahmen von Voruntersuchungen identifiziert werden konnten, im TZ PULS aufgebaut: (Weindl 2020, S. 68–69)

- Anpassungen müssen generell abgewogen werden, da jede Art von Veränderung nicht nur Vorteile, sondern auch Kosten mit sich bringt. (Lunau 2007, S. 5–8) Daher ist der Fokus nicht auf kurzfristige oder einmalig auftretende Abweichungen zu richten. Vielmehr gilt es, Trends genauer zu betrachten, um rechtzeitig mittel- oder langfristige Prozessanpassungen vornehmen zu können.
- Es ist erforderlich die Datenverarbeitung zu beschleunigen, um schnell auf neue Anforderungen reagieren zu können. (Spath et al. 2013, S. 21) Weiterentwicklungen bei den Logistikstandardprozessen können auf diese Weise schneller erkannt werden und Prozessüberprüfungen können häufiger durchgeführt werden.
- Um schneller reagieren zu können sind die dezentralen Datensilos durch eine zentrale Datenquelle abzulösen. (Schuh et al. 2017, S. 16–17)
- Eine IoT-Plattform ermöglicht die Bündelung der Datenverarbeitungsschritte, wie Datensammlung, Analyse, Visualisierung, Verwaltung und Speicherung. (Lempert und Pflaum 2019, S. 1188–1195) Auf diese Weise können aufwändige Prozessanalysen aufwandsärmer gestaltet werden.

- Um einen transparenten Überblick über die dynamischen Veränderungen im Logistiksystem zu haben und um Weiterentwicklungsbedarf schneller erkennen zu können, werden entscheidungsrelevante Informationen mit modellierten logistischen Standardprozessen verknüpft. Auf diese Weise können Planer die Beziehung zwischen den Logistikstandardprozessen und den verfügbaren Informationen besser herstellen. (Weindl 2020, S. 68–69)

Des Weiteren ist anzumerken, dass das Warnsystem aus mehreren verschiedenen Warnfunktionen besteht. Jede Warnfunktion überwacht unterschiedliche logistische Prozesselemente oder Kennzahlen, wie beispielsweise die Durchlaufzeit.

Die Warnfunktion mit der Kennzahl Durchlaufzeit wird beispielhaft in Form eines Anwendungsszenarios für die Bodenroller-Produktion in der Lern- und Musterfabrik des TZ PULS aufgebaut.

Die Datenerhebung erfolgt dabei vollständig automatisiert mit Hilfe von RFID-Sensoren und Raspberry Pis, vgl. Seite 90. Genauer wird die Durchlaufzeit in der Muster- und Lernfabrik mit Hilfe von RFID-Sensoren erfasst. Die aufgenommenen Daten werden in Echtzeit in eine Datenbank geschrieben und auf die IoT-Plattform automatisiert transferiert.

Auf der IoT-Plattform erfolgt dann die automatisierte Auswertung der Durchlaufzeiten. Die Durchlaufzeit wird kontinuierlich mit einer vorgegebenen Eingriffsgrenze, der maximalen Durchlaufzeit, abgeglichen. Überschreitungen, welche sich über einen kurzen Zeitraum erstrecken, werden nicht an die taktische Planung gemeldet. Jede Anpassung eines Prozesses ist mit Kosten verbunden, sodass mittelfristige Abweichungen eher für taktische Logistikplaner von Interesse sind. Die personalschwache taktische Planung soll zudem nicht unnötig Warnungen erhalten. Auch ist anzumerken, dass der geeignete Zeitpunkt einer Warnung nicht verallgemeinert werden kann. Vielmehr sind Warnungen unternehmensspezifisch und entsprechend der Bedürfnisse der taktischen Logistikplaner zu gestalten und kontinuierlich aufgrund von Erfahrungswerten anzupassen.

Die taktischen Logistikplaner erhalten auf der IoT-Plattform über zwei Userinterfaces Informationen über Warnungen aufgrund von Durchlaufzeitüberschreitungen. Auf dem Hauptuserinterface sind alle Logistikstandardprozesse der Lern- und Musterfabrik mit Hilfe von BPMN modelliert, vgl. Abbildung 3. Warnungen werden auf diesem Userinterface mit roten Rahmen an den betroffenen Prozesselementen visualisiert. Im Beispiel der Durchlaufzeit erscheint bei dem Prozesselement „Bodenroller in U-Zelle fertigen“ ein roter Rahmen, vgl. Abbildung 3. Die Logistikplaner gelangen durch Anwählen der Warnung auf ein weiterführendes Userinterface. Hierin werden für die Planer entscheidungsrelevante Informationen zur Durchlaufzeit ausgewertet, wie beispielsweise ein Vergleich der Ist- und Soll-Durchlaufzeit.

### Fazit

Das Warnsystem für die taktische Logistikplanung, welches kleinen und mittelständischen Unternehmen im Rahmen eines Anwendungsszenarios in der Lern- und Musterfabrik transferiert wird, zeigt eine Möglichkeit zur Unterstützung der Erkennung von Anpassungsbedarfen bei Logistikstandardprozessen. KMU können sich so an eine dynamische Prozessstandardisierung annähern. Zudem kann mit Hilfe des Anwendungsszenarios eine Möglichkeit gezeigt werden, Verzögerungen in der Kommunikation in kleinen und mittelständischen Unternehmen zu lösen und die Vorteile einer vollständigen automatisierten Datenverarbeitung zu nutzen.

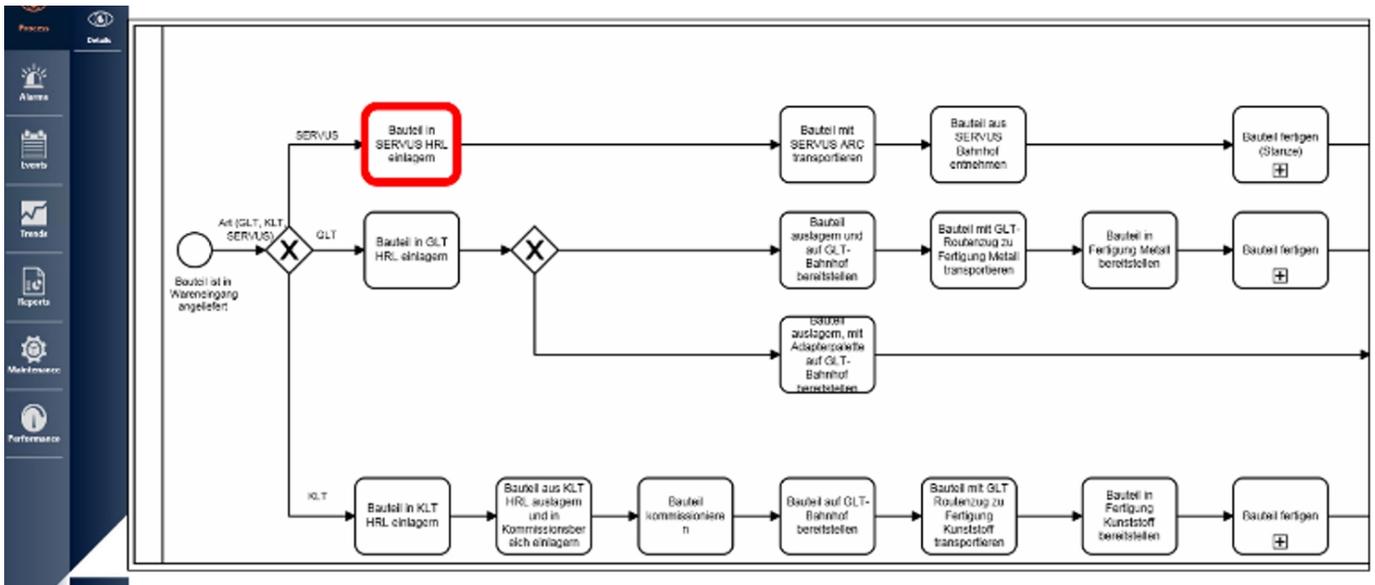


Abbildung 3: Hauptuserinterface Warnsystem taktische Logistikplanung

### Literaturverzeichnis

- Dickmann, Philipp (Hrsg.) (2015): *Schlanker Materialfluss. Mit Lean Production, Kanban und Innovationen*. 3. Auflage. Berlin: Springer Vieweg (VDI-Buch).
- Dombrowski, Uwe; Richter, Thomas; Ebentreich, David (2015): *Ganzheitliche Produktionssysteme und Industrie 4.0. Ein Ansatz zur standardisierten Arbeit im flexiblen Produktionsumfeld*. In: *Industrie Management* 31 (3), S. 53-56.
- Imai, Masaaki (1997): *Gemba kaizen. A commonsense, low-cost approach to management*. New York: McGraw Hill.
- Lempert, Sebastian; Pflaum, Alexander (2019): *Vergleichbarkeit der Funktionalität von IoT-Software-Plattformen durch deren einheitliche Beschreibung in Form einer Taxonomie und Referenzarchitektur*. In: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 56 (6), S. 1178-1203.
- Lugert, Andreas; Winkler, Herwig (2017): *Von der Wertstromanalyse zum Wertstrommanagement*. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* (04), S. 261-265.
- Lunau, Stephan (2007): *Design for Six Sigma+Lean Toolset. Innovationen erfolgreich realisieren*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Nyhuis, Peter; Wiendahl, Hans-Peter (2012): *Logistische Kennlinien. Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen*. 3. Auflage 2012. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Schenk, Michael; Wirth, Siegfried; Müller, Egon (2014): *Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. Methoden für die wandlungsfähige, vernetzte und ressourceneffiziente Fabrik*. 2. Aufl. Heidelberg: Springer Vieweg.
- Schneider, Markus (2016): *Lean Factory Design. Gestaltungsprinzipien für die perfekte Produktion und Logistik*. München: Carl Hanser Verlag.
- Schneider, Markus; Otto, A. (2008): *Taktische Logistikplanung vor Start of Production (SOP)*. In: *Logistikmanagement* 8 (2), S. 58-69.
- Schubel, Alexander (2017): *Dezentrale und kurzfristige Produktionslogistikplanung anhand eines Assistenzsystems*. Otto-von-Guericke Universität Magdeburg: Institut für Logistik und Materialflusstechnik.
- Schuh, Günther; Anderl, Reiner; Gausemeier, Jürgen; Hompel, Michael ten; Wahster, Wolfgang (2017): *Industrie 4.0 Maturity Index. Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten (acatech Studie)*. München: Herbert Utz Verlag.
- Spath, Dieter; Ganschar, Oliver; Gerlach, Stefan; Hämmerle, Moritz; Krause, Tobias; Schlund, Sebastian (2013): *Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Spielkamp, Alfred; Rammer, Christian (2006): *Balanceakt Innovation. Erfolgsfaktoren im Innovationsmanagement kleiner und mittlerer Unternehmen*. Mannheim: ZEW (ZEW-Dokumentation, 06-04). Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:180-madoc-15306>, zuletzt geprüft am 02.04.2020.
- Straube, Frank (2012): *e-Logistik. Ganzheitliches Logistikmanagement*. Berlin: Springer Berlin.
- Weindl, Stephanie (06.04.2018): *Expertengespräch zur dezentralen und kurzfristigen Produktionslogistikplanung anhand eines Assistenzsystems: Praxisprobleme mit der selbststeuernden Optimierung der Materialbereitstellungsstandardprozessen*. Interview mit Alexander Schubel. Dingolfing.
- Weindl, Stephanie (2020): *Kontinuierliche Weiterentwicklung von Prozessstandards. Anforderungen zur Unterstützung der kontinuierlichen Weiterentwicklung*. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 115 (1-2), S. 67-70.
- Weindl, Stephanie; Schneider, Markus (2017/2018): *Schwächen der taktischen Logistikplanung in kleinen und mittelständischen Unternehmen*. Interview mit kleinen und mittelständischen Unternehmen des Arbeitskreises „Taktische Logistikplanung“ des Technologietransferprojekts „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“. Dingolfing.
- Winkler, Herwig; Lugert, Andreas (2017): *Die Wertstrommethode im Zeitalter von Industrie 4.0. Studienreport*. Cottbus-Senftenberg: Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg.



U-Zelle in der Lern- und Musterfabrik

BLOKSMAN

## 6. Demonstrator Endmontage U-Zelle und Cardboard-Engineering 4.0 – Sinnvoller Einsatz bei KMU

Aufleger, Max; Schneider, Markus

### IloT für die taktische Logistikplanung

In diesem Artikel wird zunächst auf die Herausforderungen von IloT und Digitalisierung eingegangen und wie diese bewältigt werden können. Daraufhin wird das Anwendungsszenario genauer beleuchtet, wie die U-Zelle der Lern- und Musterfabrik grundlegend aufgebaut ist und wie der Fertigungsprozess mittels IloT-Technologien erfasst wird. Im Anschluss werden die Verarbeitung und der Nutzen der so erfassten Daten beschrieben und welche besonderen Vorteile die verwendete Hardware besitzt. Den Abschluss bildet die mögliche Einbindung des Demonstrators Endmontage U-Zelle in die Informationsstruktur eines Unternehmens und die Überlegung, welche Vorteile und zukünftigen Optionen diese bringen würde.

Die zugrundeliegende Aufgabenstellung des Arbeitspakets, auf das im Kapitel „Informationsfluss, mobile IloT und kooperative Software – Werkzeuge für die Unterstützung der taktischen Logistikplanung“ eingegangen wird, ist es, die taktische Logistikplanung durch den Einsatz von Wissensmanagement, IloT-Plattformen und -Technologien zu unterstützen. Im Rahmen dieser Aufgabenstellung wurde entschieden, die U-Zelle der Lern- und Musterfabrik des Technologiezentrum Produktions- und Logistiksysteme (TZ PULS), als Demonstrator für IloT-Technologien sowie als Anwendungsszenario für die Verbesserung der taktischen Logistikplanung zu verwenden. Die U-Zelle dient als Endmontageplatz von Bodenrollern für ein fiktives Unternehmen. Im Folgenden wird untersucht, wie ein solches Vorhaben begonnen und durchgeführt werden könnte und welche Probleme dabei auf KMU zukommen können.

### Herausforderungen

Die Implementierung von neuartigen Technologien kann kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) vor besondere Herausforderungen stellen. Dazu können unter anderem Lücken im Know-how, sowie finanzielle Einstiegshürden gehören:

- Lücken im Know-how: Durch die Verfügbarkeit einer extrem großen Anzahl an unterschiedlichen IloT-Plattformen (Hill 2018), verfügbare Hardware und Methoden ist ein Überblick fast nicht mehr möglich.
- Finanzielle Einstiegshürden: Einzelne, industrielle Sensoren können bereits fast vierstelligen Beträge kosten (RS Components 2020). Ein Fehler bei der Planung kann dementsprechend gravierende Auswirkungen haben.

Beide Herausforderungen sind für Projekte der Digitalisierung und IloT von hoher Relevanz und lassen sich mit den beim Aufbau der U-Zelle verwendeten und entwickelten Methoden durch den Einsatz von Prototypen leichter bewältigen.

### Cardboard-Engineering 4.0 und die Anwendung an einer Endmontage U-Zelle

Das Werkzeug, das während des Aufbaus des Anwendungsszenarios U-Zelle entwickelt wurde, ist eine Weiterentwicklung der Methode „Cardboard-Engineering“. Cardboard-Engineering ermöglicht es, durch den Einsatz einfach verfügbarer Materialien, wie etwa Holz oder Kartonaugen, prototypisch Maschinen, Arbeitsplätze und Werkzeuge testweise nachzustellen (Frens 2016), um an den so aufgebauten Arbeitsplätzen die Durchführung von Arbeitsabläufen, Methoden und Prozessen reali-

tätsnah testen zu können. Durch den Einsatz dieser Methode können Unternehmen realistisch Szenarien durchspielen, ohne Materialinvestitionen für Maschinerie, Werkzeug und Arbeitsplätze tätigen zu müssen.

Die weiterentwickelte Methode, die im Verlauf des Arbeitspakets entstand, nennt sich „Cardboard-Engineering 4.0“ (Schneider 2019). Diese Methode nutzt die Grundgedanken von Cardboard-Engineering für den Bereich Industrie 4.0 und steigert somit die Attraktivität von IloT und Digitalisierung für kleine und mittelständische Unternehmen.

Wie diese Methode angewandt werden kann, wird am Beispiel der Endmontage U-Zelle vorgestellt:

Der „traditionelle“ Aufbau eines IloT-Systems erfolgt nach dem Schema, dass nach der Planung ohne Umwege die Umsetzung erfolgt. Diese Taktik beinhaltet einige Risiken für Fehler und Fehlinvestitionen:

- Falsch gewählte Sensorik: Die in der Planung vorgesehenen Sensoren funktionieren nicht wie gewünscht oder die Umgebungsvariablen (beispielsweise zu schwache Umgebungsbeleuchtung für Kameras) verhindern deren Einsatz.
- Unpassende Datenpunkte: Die Sensoren funktionieren zwar wie geplant, die erfassten Datenpunkte können aber aufgrund einer falschen Positionierung des Sensors nicht verwendet werden und der Sensor kann baufordbedingt möglicherweise an keiner anderen Position verwendet werden.
- Falsche Funktionalität der IloT-Plattform: Die eingekaufte IloT-Plattform bietet nicht die gewünschten Funktionen, da die Erfassung und Verarbeitung bis zu diesem Zeitpunkt nicht getestet werden konnte.



Abbildung 1: Der Einplatinencomputer Raspberry Pi 3b+ mit markierten Anschlüssen

Um diesen Herausforderungen durch den Einsatz von „Cardboard-Engineering 4.0“ begegnen zu können, wurde Hardware beschafft, die mobil und flexibel verwendbar, sowie modular erweiterbar und autark einsetzbar ist. Diese Anforderungen werden von den Einplatinencomputern (engl. „System on a Chip“, „SoC“) „Raspberry Pi 3b+“ erfüllt (Abbildung 1).

Das Raspberry Pi 3b+ kombiniert alle nötigen Komponenten eines Computers auf einer einzelnen Platine, ist verbrauchsarm und kann eigenständig Daten speichern sowie mit diesen Berechnungen durchführen und Daten weiterleiten. Zudem sind Raspberry Pis mit Kontaktstiften ausgestattet, mit welchen die Verbindung zu einem oder mehreren Sensoren ermöglicht wird. Zusammengefasst eignen sich Raspberry Pis aufgrund ihrer Eigenschaften für den hier vorliegenden Einsatzzweck besonders. Diese SoCs bilden die Grundlage des Cardboard-Engineering 4.0 und wurden für den Aufbau des Anwendungsszenarios zusammen mit preiswerter Sensorik eingesetzt.

Die U-Zelle (Abbildung 2), an der die Methode demonstriert wird, ist in sieben Arbeitsplätze eingeteilt. Die Arbeitsplätze sind von „OP1“ bis „OP7“ durchnummeriert und für folgende Arbeiten verantwortlich:

- OP1: Hier startet die Fließfertigung. Der Mitarbeiter legt einen Werkstückträger auf die Laufrollen, entnimmt die nächste Heijunka-Karte, auf welcher die Auftragsdaten verzeichnet sind und legt das passende Werkstück auf den Werkstückträger. Nach 75 Sekunden schiebt der Mitarbeiter den Werkstückträger zum nächsten Arbeitsplatz.
- OP2-5: An diesen Arbeitsplätzen haben die Mitarbeiter jeweils die gleiche Tätigkeit, die Montage der vier Rollen eines Bodenrollers: Dazu wird eine der Informationen der Heijunka-Karte entsprechend farbige Rolle entnommen, das Lauflager wird eingesetzt, durch zwei Verschlusskappen fixiert und am Rahmen befestigt.
- OP6: Hier wird eine Plakette befestigt, auf welcher der Produkttyp, die Farbe der Rollen und die Art des Bodenrollerrahmens gedruckt ist.
- OP7: An Arbeitsplatz sieben findet die Verpackung der Bodenroller statt. Der Werkstückträger wird vom Mitarbeiter wieder zurück auf Arbeitsplatz eins gelegt und mit der nächsten Heijunka-Karte ausgestattet.

Um aus der U-Zelle Informationen zu extrahieren, die für ein KMU wertschöpfend und anschaulich sind, muss eine Kennzahl mit möglichst großer Aussagekraft gewählt werden. Gleichzeitig sollte diese Kennzahl mit Hilfe von Sensoren unkompliziert aufzuzeichnen sein. Aufgrund dieser Faktoren wird für den Demonstrator Endmontage U-Zelle die Durchlaufzeit gewählt – ein sogenannter „Key Performance Indicator“ („KPI“, englisch für Leistungskennzahl (Gabler Wirtschaftslexikon 2018)) vieler Unternehmen. Rund um diese Kennzahl wurde das „Proof of Concept“, also ein erster rudimentär funktionsfähiger Prototyp, für Cardboard-Engineering 4.0 aufgebaut.

Die Durchlaufzeit bezeichnet die „Zeitspanne, die bei der Produktion eines Gutes zwischen dem Beginn des ersten Arbeitsvorganges und dem Ab-



Abbildung 2: Die U-Zelle, in der das Anwendungsszenario aufgebaut ist

schluss des letzten Arbeitsvorganges verstreicht. Die Durchlaufzeit eines Auftrages ist definiert als die Summe der Bearbeitungs-, Transport- und Wartezeiten auf allen Produktionsstufen“ (Voigt 2018). Im Folgenden wird auf die zur Erfassung der Kennzahl verwendete Hardware eingegangen.

#### Hardware und Funktion im Anwendungsszenario

Die Raspberry Pis dienen im Anwendungsszenario als Verbindungselemente, sogenannte „Edge Devices“ (Stackowiak 2019), zwischen Sensor und Datenbank. Sie können bereits die erste Vorverarbeitung der von der Sensorik erhobenen Daten durchführen oder diese ohne Prüfung oder Veränderung an eine zentrale Stelle weiterleiten.

Da Raspberry Pis ohne extern verkabelte Sensorik nur die Daten zur Verfügung haben, die von internen Messelementen geliefert werden und für dieses Anwendungsszenario nicht ausreichend sind, wurde ergänzende Sensorik beschafft:



Abbildung 3: Unterhalb der Auflagefläche der Werkstückträger eingebaute Sensorik

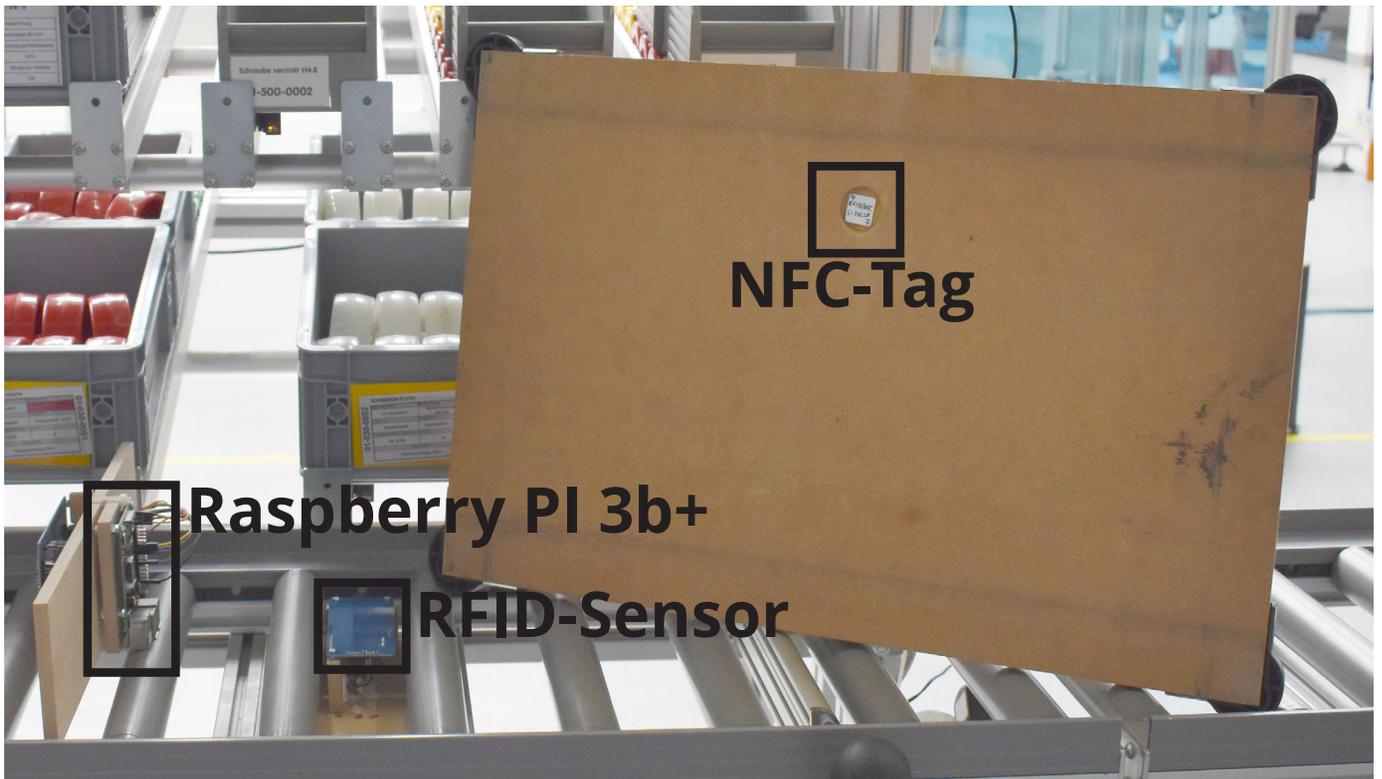


Abbildung 4: Übersicht des Aufbaus für die Datenerfassung in der U-Zelle

- RFID Sensoren: RFID steht für "Radio Frequency Identification" (Krieger 2018) und ermöglichen die kontaktlose Kommunikation zwischen Sensor und passenden RFID- und NFC-Chips.
- NFC-Chips: NFC bedeutet "Near Field Communication" (Moormann 2018). Sie sind das Pendant zu den RFID Sensoren und ermöglichen die Identifikation des Objekts, an dem die Chips befestigt sind.
- Digitale Abstandssensoren: Sensoren, die mittels Infrarot-Dioden auf die Anwesenheit eines Objekts im Messbereich prüfen und als Absicherung für die Datenaufzeichnung dienen.

Die Sensoren werden an einem Modul aus Holz zwischen den Laufrollen und unterhalb der Auflagefläche der Werkstückträger der U-Zelle befestigt (Abbildung 3). Mit Hilfe dieser Positionierung werden die NFC-Tags ausgelesen, während die Werker ohne Beeinträchtigung ihrer Tätigkeit nachkommen können.

Der RFID-Sensor dient dem Zweck, die Werkstückträger anhand des auf der Unterseite der Werkstückträger angebrachten NFC-Tags (Abbildung 4) zu identifizieren. Der NFC-Tag liefert hierfür die benötigten Informationen, da diese in einer Datenbank mit den zu fertigenden Aufträgen verheiratet sind. Der Distanzsensor erfasst die An- oder Abwesenheit eines Werkstückträgers und dient als Absicherung für die Datenaufzeichnung, indem die Übertragung der Daten an die Datenbank nur nach einer bestimmten Verweildauer eines Werkstückträgers an einem Arbeitsplatz freigeschaltet wird. Wird die festgelegte Verweildauer unterschritten, so werden die bis dahin aufgezeichneten Daten verworfen.

Das auf den Raspberry Pis laufende Skript erfasst folgende Daten:

- Die eindeutige ID des NFC-Aufklebers, diese wird zur Verheiratung mit einer Auftragsnummer benötigt.
- Die eindeutige ID des jeweiligen Raspberry Pis, damit wird auch der Arbeitsplatz eindeutig identifiziert.
- Den Startzeitstempel, dieser wird an die Datenbank übertragen, sobald ein Werkstückträger für einen bestimmten Zeitraum in

Arbeitsposition liegt.

- Den Endzeitstempel, dieser wird an die Datenbank übertragen, sobald der zuvor in Arbeitsposition liegende Werkstückträger weiterbewegt wird.
- Die Auftragsnummer, welche in der Datenbank mit jeweils einem NFC-Tag verheiratet ist. Nach Abschluss und Quittierung eines Auftrags werden die NFC-Tags automatisch mit der nächsten freien Auftragsnummer verheiratet.
- Die Dauer der einzelnen Arbeitsvorgänge. Diese wird automatisch aus Start- und Endzeitstempel errechnet und in die Datenbank geschrieben, sobald der Endzeitstempel bekannt ist.
- Die Transaktions-ID, eine eindeutige und fortlaufende Nummer

Die Zeit- und Sensordaten werden mit Hilfe der Raspberry Pis über das lokale WLAN-Netzwerk an den hausinternen Server zur Weiterverarbeitung und Distribution übermittelt. Die so gespeicherten Datenpunkte werden dann zu Informationen weiterverarbeitet, die wertvoll für die BBW-GmbH sein können, indem beispielsweise die Durchlaufzeit der Endmontage eines Bodenrollers, die Liegezeiten der Werkstückträger und die Dauer einzelner Arbeitsschritte genau berechnet werden.

Aus diesen Informationen lassen sich Optimierungspotenziale und Fehlerquellen identifizieren, wie etwa die Verursacher von Schwankungen bei der Durchlaufzeit und mögliche Störungsquellen an Arbeitsplätzen. Der Demonstrator Endmontage U-Zelle der Lern- und Musterfabrik, welches zuvor nicht digitalisiert war, wird durch den Einsatz von Sensorik transparenter und effizienzsteigernde Kennzahlen können gewonnen werden.

Cardboard-Engineering 4.0 hört an dieser Stelle aber nicht auf. Die erste Iteration der Sensorik kann verwendet werden, um Daten zu erheben, diese zu validieren und zu verifizieren. Sind diese Tests erfolgreich, so kann sich ein Unternehmen dazu entschließen, die bis dahin provisorisch angebrachte Hardware durch industriell zertifizierte Hardware zu ersetzen.

Für den entgegengesetzten Fall, dass die aufgezeichneten Daten die Testvorgänge nicht erfolgreich durchlaufen, kann die verwendete Sensorik auf Grund des modularen Aufbaus mit wenig Zeitaufwand wiederholt ausgetauscht und / oder neu positioniert werden. Neue Daten können ohne hohe Kosten erhoben und erneut validiert und verifiziert werden.

### Besondere Eignung des SoCs Raspberry Pi

Die in der U-Zelle eingesetzten Raspberry Pi 3b+ eignen sich für das Anwendungsszenario besonders, da jedes einzelne äußerst vielseitig verwendet werden kann, beispielsweise durch den Anschluss von einer in großer Bandbreite zur Disposition stehender externer Hardware. Gewährleistet wird dies durch die Verfügbarkeit einer Vielzahl an Anschlüssen:

- 40 Allzweckeingabe / -ausgabe Kontaktstifte (engl. „General Purpose Input Output“, „GPIOs“ (Christensson 2014)). An diesen können sowohl Sensoren als auch Aktoren angeschlossen werden.
- 4 x USB 2.0, beispielsweise für den Anschluss von Maus, Tastatur und anderen USB-Geräten
- HDMI-Ausgang, für die Bildschirmausgabe
- Audioausgang via Klinkestecker
- Ethernet (RJ45), dient für die Netzwerkverbindung via Kabel
- I2C (IIC (inter-integrated circuit; ein serieller Datenbus)) (Gay 2018)
- SPI (Serial Peripheral Interface; ein synchroner serieller Datenbus) (Wootton 2016)

Weiterhin sind diese SoCs beliebte Hardware für Prototypen- und Eigenbausysteme (Reichelt Elektronik Magazin 2018). Durch einen auf der Platine befindlichen Chip sind Raspberry Pi 3b+ ebenfalls dazu in der Lage, WLAN Netzwerke zu erzeugen und bieten in begrenztem Rahmen Serverkapazitäten, wodurch sie sich, abgesehen von der Stromversorgung, für einen vollständig autarken Einsatz in Unternehmen eignen, die keine externen Geräte in ihren Netzwerken zulassen.

Ein weiterer Vorteil von Raspberry Pis ist die weite Verbreitung in der sogenannten „Maker“-Szene. In dieser werden häufig Prototypisierungs- und Heimautomatisierungsprojekte umgesetzt. Durch die Größe der Community wird schnelle Unterstützung bei Fehlern gewährleistet. Gleichzeitig ist die Einstiegshürde im Vergleich zu anderen SoCs geringer, da eine große Zahl an fertiggestellten Projekten und Programmierungsbeispielen frei zur Verfügung steht (Rixecker 2019).

Die Raspberry Pis des Anwendungsszenarios wurden mit Python programmiert, einer einsteigerfreundlichen und objektorientierten Programmiersprache (Nagar 2019), welche häufig für die Programmierung von maschinellen Lernalgorithmen verwendet wird (D. Cielen 2016).

Zusammengefasst belaufen sich die Kosten, der im Anwendungsszenario für die Erfassung der Durchlaufzeit eingesetzten Hardware auf ca. 80 Euro je Arbeitsplatz. Somit sind die Gesamtkosten für das Anwendungsszenario im Bereich von unter 1.000 Euro und damit wesentlich günstiger als äquivalente industrielle Hardware.

### Einsatzbereiche von IIoT und die Bedeutung für Informationsflüsse

Digitalisierung und IIoT in Unternehmen haben im Grunde den Zweck, bessere, relevante Daten und Informationen gewinnen zu können und diese effizienter und höherfrequenter an verantwortliche Stellen zu übermitteln. Gleichzeitig soll die volle Kontrolle über die Daten und Informationen erhalten bleiben. Wird in einem Unternehmen ein solches Konstrukt für die Informationsübermittlung entwickelt, wird dieses als „Informationsfluss“ bezeichnet (Hompel und Heidenblut 2006). Der im Anwendungsszenario aufgebaute Datenstrom ist bereits verwendbar, um einen Informationsfluss für die Logistikplanung in Unternehmensstrukturen zu integrieren.

Der Informationsfluss beginnt bei den Sensoren der U-Zelle, welche die erfassten Daten an die angeschlossenen Raspberry Pis übermitteln, welche wiederum die Daten an den Server übermitteln. Auf dem Server kann dann die Verarbeitung der empfangenen Daten zu hilfreichen Informationen stattfinden, woraufhin die Information vom Server weiterverteilt werden kann, beispielsweise zur Abteilung der taktischen Logistikplanung.

Ein mit IIoT kombinierter digitaler Informationsfluss kann im Anwendungsszenario die Informationen wesentlich schneller als das manuelle Vorläufersystem bereitstellen. Die Erfassung der Durchlaufzeit mittels IIoT-Hardware ermöglicht beispielsweise die Berechnung von Produktionsleistung / Zeiteinheit in kurzen Intervallen, beziehungsweise Echtzeit. Aus diesen Informationen lassen sich Zukunftswerte extrapolieren und auf dieser Basis ließe sich frühzeitig auf eventuell aufgetretene Probleme reagieren. Ein weiterer Vorteil von digitalen Informationsflüssen ist, dass analoge Medien im besten Fall vollständig überflüssig werden. Ausgedruckte Berichte müssen nicht mehr unter hohem Zeitaufwand transportiert werden und sind je nach Situation eventuell schon wieder veraltet, sondern können von Mitarbeitern jederzeit abgerufen werden.

Werden Digitalisierung und IIoT langfristig angewendet und die erhobenen Daten und Informationen gespeichert, können neue Ansätze zur Informationsgewinnung eingesetzt werden: Die Verwendung von Algorithmen für maschinelles Lernen beziehungsweise künstliche Intelligenz. Durch den Einsatz größerer Datenmengen und spezifisch für den jeweiligen Anwendungsfall zugeschnittenen Algorithmen kann das sogenannte „Data Mining“ verwendet werden (Lackes 2018). Dieses ermöglicht es, zuvor unbekannt Zusammenhänge aufzudecken. Beispielsweise können Vorhersagen bezüglich Materialverbrauch und Stückzahl, sowie den Verschleiß von Maschinen verlässlich getroffen und die Produktion dementsprechend darauf angepasst werden. Solche Vorhersagen werden als „Predictive Analytics“ bezeichnet (Siepermann 2018).

### Fazit

Der Demonstrator Endmontage U-Zelle dient als anschaulicher Demonstrator für sowohl die Vorteile von Digitalisierung und IIoT, als auch für die Methode Cardboard-Engineering 4.0. Besonders kleinen und mittelständischen Unternehmen werden somit Werkzeuge und Hilfestellungen gegeben, die es ihnen ermöglichen, Digitalisierung und IIoT im eigenen Unternehmen testweise einzusetzen, ohne größere Investitionen zu tätigen oder bereits eine solide Wissensgrundlage besitzen zu müssen. Das Anwendungsszenario U-Zelle demonstriert, wie die im Artikel aufgeführten Herausforderungen durch den Einsatz prototypischer Hardware bewältigt werden können und wie kleine und mittelständische Unternehmen IIoT gewinnbringend für sich einsetzen können.

#### Literaturverzeichnis:

Adafruit Industries (Hg.) (2020a): PN532 NFC/RFID. Online verfügbar unter <https://www.adafruit.com/product/364>, zuletzt geprüft am 03.06.2020.

Adafruit Industries (Hg.) (2020b): Adafruit AMG8833 8x8 Thermal Camera Sensor. Online verfügbar unter <https://learn.adafruit.com/adafruit-amg8833-8x8-thermal-camera-sensor>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Adafruit Industries (Hg.) (2020c): Adafruit BME280 Humidity + Barometric Pressure + Temperature Sensor Breakout. Online verfügbar unter <https://learn.adafruit.com/adafruit-bme280-humidity-barometric-pressure-temperature-sensor-breakout>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Adafruit Industries (Hg.) (2020d): Adafruit Precision NXP 9-DOF Breakout Board. Online verfügbar unter <https://www.adafruit.com/product/3463>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Adafruit Industries (Hg.) (2020e): Adafruit Ultimate GPS Breakout - 66 channel w/10 Hz updates. Online verfügbar unter <https://www.adafruit.com/product/746>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Adafruit Industries (Hg.) (2020f): Adafruit VEML7700 Ambient Light Sensor. Online verfügbar unter <https://learn.adafruit.com/adafruit-veml7700>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Adafruit Industries (Hg.) (2020g): PIR Motion Sensor. Online verfügbar unter <https://learn.adafruit.com/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Christensson, P. (2014): GPIO (General Purpose Input/Output) Definition. Hg. v. TechTerms. Online verfügbar unter <https://techterms.com/definition/gpio#>, zuletzt geprüft am 26.03.2020.

Freescale Semiconductor, Inc. (2013): MPR121, Proximity Capacitive Touch Sensor Controller - Data Sheet. Hg. v. Freescale Semiconductor, Inc. Online verfügbar unter <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/MPR121.pdf>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Frens, Joep (2016): Cardboard Modeling: Exploring, Experiencing and Communicating. In: Panos Markopoulos, Jean-Bernard Martens, Julian Malins, Karin Coninx und Aggelos Liapis (Hg.): Collaboration in Creative Design. Methods and Tools. Cham: Springer, S. 149-177.

Pololu (Hg.) (2020): Pololu Carrier with Sharp GP2Y0D810Z0F Digital Distance Sensor 10cm. Online verfügbar unter <https://www.pololu.com/product/1134>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Prof. Dr. Markus Schneider (2019): Shopfloormangement. Intrasmart. Grothus van Koten Mittelstandsmarketing KG. Technologiezentrum Produktions- und Logistiksysteme, 24.09.2019.

Raspberry Pi Foundation (Hg.) (2020a): Buy a Pi NoIR Camera V2 – Raspberry Pi. Online verfügbar unter <https://www.raspberrypi.org/products/pi-noir-camera-v2/>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Raspberry Pi Foundation (Hg.) (2020b): Buy a Raspberry Pi 3 Model B+ – Raspberry Pi. Raspberry Pi Foundation. Online verfügbar unter <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Raspberry Pi Foundation (Hg.) (2020c): Buy a Raspberry Pi Touch Display – Raspberry Pi. Raspberry Pi Foundation. Online verfügbar unter <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-touch-display/>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Raspberry Pi Foundation (Hg.) (2020d): Camera Module V2 – Raspberry Pi. Online verfügbar unter <https://www.raspberrypi.org/products/camera-module-v2/>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Spektrum Akademischer Verlag (Hg.) (2014): LIDAR. Online verfügbar unter <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/lidar/9033>, zuletzt geprüft am 17.07.2020.

ST (Hg.) (2020): VL53L0X - STMicroelectronics. Online verfügbar unter <https://www.st.com/en/imaging-and-photonics-solutions/vl53l0x.html>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.



Prozessorientiertes Wissensmanagement

## 7. Prozessorientiertes Wissensmanagement – nachhaltig Wissen bewahren

*Spanner, Katharina; Lukacevic, Kevin; Schneider, Markus*

Um den Wissenstransfer nachhaltig zu gestalten, wurde ein prozessorientiertes Wissensmanagement aufgebaut. Dieses stellt sicher, dass die erarbeiteten Methoden, spezifischen Technologien, Planspiele und Workshops dem Mittelstand auch nach Ende der Projektlaufzeit zur Verfügung stehen.

### Beschreibung des prozessorientierten Wissensmanagements

Aufgrund der steigenden Komplexität und der zunehmenden Globalisierung wird Wissen für Unternehmen zu einem Kernelement, um wettbewerbsfähig zu bleiben. (Treichel 2007, S. 129)

„Wissensmanagement umfasst alle Massnahmen, die darauf gerichtet sind, den effizienten Umgang mit Wissen in einem Unternehmen zu unterstützen und zu optimieren“ (Belliger und Treichel 2007, S. 10). Relevantes Wissen geht in Unternehmen oft aufgrund verschiedener Faktoren verloren: steigende Mobilität und Fluktuation von Mitarbeitern, keine strukturierten und festgeschriebenen Prozesse, Angst der Mitarbeiter „ersetzbar“ zu sein, wenn sie ihr spezifisches Wissen teilen etc. Das hat zur Folge, dass das Wissen bspw. bei einem Mitarbeiterwechsel mit hohem Zeitaufwand und dem dadurch bedingten Kostenaufwand wieder neu generiert werden muss. Um dieser Problematik entgegenzuwirken, gibt es viele verschiedene Lösungsansätze, welche passend zum Unternehmen gewählt werden müssen.

Mittlerweile gibt es viele technische Lösungen, um Wissen in Unternehmen zu sichern. Diese beinhalten auch oft Optionen zum kollaborativen Arbeiten (Näheres hierzu in Artikel II.1.2).

Das Technologietransferprojekt „KIP“ hat sich für einen prozessorientierten Ansatz entschieden, um das aufbereitete und erzeugte Wissen nachhaltig am TZ PULS zu verankern und so weiterhin für die kleinen und mittelständischen Unternehmen zur Verfügung zu stellen. Prozessorientiert bedeutet hier „am (Arbeits)ablauf orientiert“ (Bibliographisches Institut GmbH (Hrsg.) 2020).

Dieser Ansatz wurde für das Transferprojekt „KIP“ gewählt, da sich aus den Gesprächen mit den kooperierenden Unternehmen Folgendes herausgestellt hat: Übliche Wissensmanagement-Tools verlangen meist einen spezifischen Begriff, um über diesen an eine Lösung zu gelangen – ähnlich wie bei Enzyklopädien. D. h., Unternehmern muss bereits bekannt sein, was sie suchen, um eine Lösungsmöglichkeit auswählen zu können. Oftmals wissen sie jedoch nur, dass es Probleme bzw. Optimierungsbedarf in einem bestimmten Bereich gibt, jedoch nichts Genaueres. Um dieser Herausforderung zu begegnen, wurde der im Projekt vermittelte Technologie- und Wissenstransfer prozessorientiert auf Basis einer virtuellen Fabrik aufbereitet.

### Gamification-Ansatz

Um das Wissensmanagement für die Unternehmen interessanter zu gestalten und sie zu motivieren, sich damit zu beschäftigen, wurde ein Gamification-Ansatz gewählt.

„Gamification ist die Übertragung von spieltypischen Elementen und Vorgängen in spielfremde Zusammenhänge mit dem Ziel der Verhaltensänderung und Motivationssteigerung bei Anwenderinnen und Anwendern“ (Bendel 2020).

Zunächst wurde Gamification ausschließlich im Unterhaltungs- und Medienbereich eingesetzt, jedoch wurde es in den vergangenen Jahren in verschiedenen Fachrichtungen getestet und implementiert, aufgrund der positiven Resultate in Form von steigender Produktivität verbunden mit erhöhter Nutzerzufriedenheit. Der Einsatz reicht mittlerweile von Lernkonzepten über Prozessmodellierung, Change-Management bis hin zu Projektwissensmanagementsystemen. (Strahinger und Krieger 2007, S. 3ff)

GRONAU und ULLRICH beschreiben prozessnahe Ansätze und integrierte Qualifizierung wie folgt: „Prozessnahe Ansätze wie Lernfabriken oder Gamification sollten zum Aufzeigen der Möglichkeiten von bspw. technischen Assistenzsystemen sowie zur Vermittlung von Prozessverständnis und digitalen Kompetenzen genutzt werden. Dabei können in einer geschützten Lernumgebung sowohl Fach-, Methoden-, Sozial- und Persönlichkeitskompetenzen weiterentwickelt und so individuelle Fähigkeiten sowie die betriebliche Innovationsfähigkeit erhöht werden“ (Gronau und Ullrich 2019, S. 489).

Deshalb wurde für das Wissensmanagement ein prozessorientierter Ansatz mit Gamification-Elementen genutzt und dieser mit dem Programm Unity umgesetzt.

### Unity – Echtzeit-3D-Entwicklungsplattform

Unity ist ein Programm, mit dem Spiele für das Handy oder für den Computer entwickelt werden können. Durch sogenannte Objekte können verschiedene Formen, Körper oder Flächen zusammengestellt und dadurch eine virtuelle Welt erschaffen werden. Flächen und Körper können in einem zwei- oder dreidimensionalen Raum erstellt werden.

In die virtuelle Welt können zudem bei Bedarf Spieler eingegliedert werden, wodurch die Möglichkeit entsteht, durch die virtuelle Welt zu „spazieren“. Neben der Bewegung eines Spielers können in Unity auch Objekten Bewegungen hinzugefügt werden. Neben einfachen Bewegungen können Objekte auch unter physikalischen Bedingungen aufeinander reagieren wie z. B. ein Spieler, der von einer Wand aufgehalten wird, weiterzugehen. Damit sich ein Spieler oder ein Objekt bewegen oder reagieren kann, ist es nötig, diese mit einem Skript auszustatten. In diesem Skript wird dem Spieler / Objekt in der Programmiersprache C# zugewiesen, was dieser tun soll; z. B. mit welcher Taste er vorwärts läuft oder in eine bestimmte Richtung blickt. Auch besteht bspw. die Möglichkeit, dass sich ein Objekt ständig um die eigene Achse drehen soll oder, dass ein Objekt bei einer bestimmten Aktion reagieren soll. Neben dem Aufbau und der Programmierung der Objekte können auch Animationen, Musik oder Geräusche hinzugefügt werden, um so realistischere Bedingungen zu erhalten.

Diese programmierten Spiele können auf Plattformen, wie PCs, Handys oder Konsolen abgespielt werden.

Unity wurde ausgewählt, da der Aufbau der Entwicklungsumgebung sehr einfach ist und durch Videoplayer, Animationen etc. viele Möglichkeiten gegeben sind. Zudem kann das „Spiel“ flexibel auf verschiedenen Plattformen verwendet werden. Die Software ist prinzipiell kostenlos und bietet die Möglichkeit, einige bestehende Projekte (3D-Plattformen und Objekte) aus dem Asset Store zu nutzen und weitere zu kaufen.

Unity erfüllt alle Kriterien, die für das Informationstool (prozessorientiertes Wissensmanagement des Projekts „KIP“) notwendig sind: Spieler steuern, Buttons, kundenfreundliche Benutzeroberfläche. (Unity Technologies (Hrsg.) 2020)

### Aufbau des Tools

Folgend wird der Aufbau des Back-End und Front-End beschrieben:

ID	Name	Kurzbeschreibung	ausführliche Beschreibung	letzte Änderung	Position x	Position y	Dateipfad
1	Wareneingang	Der Wareneingang i...	1.Externes Rechnungswesend...	10.05.2020	-5.0	38.0	C:/Users/Kevi...
2	Routenzüge	Die Routenzüge der...	Die Routenzüge der Firmen ST...	17.12.2019	1.0	31.0	NULL
3	Schutzbarrieren	Die A-Safe Schutzb...	Die A-Safe Schutzbarrieren au...	17.12.2019	0.5	49.0	NULL
4	Arbeitsplatz	Arbeitsplätze könne...	Arbeitsplätze können mit dem ...	17.12.2019	17.0	49.0	NULL

Abbildung 1: Auszug der Datenbank

#### Aufbau Back-End

Im Hintergrund liegt die Datenbank mit allen notwendigen Informationen für die Infopoints und deren Koordinaten. Die Datenbankstruktur ist wie folgt aufgebaut:

- Name des Infopoints
- Kurzbeschreibung
- ausführliche Beschreibung
- letztes Änderungsdatum
- x-Koordinate für Infopoint
- z-Koordinate für Infopoint
- Pfad für Videos, Präsentationen, etc.
- (siehe Abbildung 1)

Die y-Koordinate ist immer konstant auf 1,7 Meter gesetzt, da dies etwa der Durchschnittsgröße eines Menschen entspricht und so die Infopoints gut im Tool ersichtlich sind. Die x- und z-Koordinaten legen fest, an welcher Stelle der Infopoint stehen soll.

Die Pfade der Präsentationen und Videos müssen angegeben werden. Und die Struktur des jeweils angegebenen Dateipfads ist immer einheitlich. Es existieren für einen Pfad immer ein Ordner „Präsentation“ und ein Ordner „Videos“. Im Ordner „Videos“ sind alle Videos im Format mp4 abgelegt. Im Ordner „Präsentation“ sind als JPEG-Dateien jeweils die Folien der Präsentation gespeichert. Diese werden dann im Front-End mit den Videos und der ausführlichen Beschreibung in einem Fenster angezeigt.

#### Aufbau Front-End

Um die Inhalte zu vermitteln, wurde eine virtuelle Fabrik, analog zur Lern- und Musterfabrik des TZ PULS, erstellt (siehe Abbildung 2). Der Nutzer hat die Möglichkeit, sich in der Fabrik mit der Leertaste vorwärts zu bewegen. Mit den Pfeiltasten kann der Nutzer die Blickrichtung des Spielers ändern (z. B. linke Pfeiltaste bedeutet, Spieler dreht sich nach links).

Abbildung 3 zeigt den Blick aus Sicht des Spielers. Um einen leichten Umgang mit dem Tool zu gewährleisten, wurden zum einen Grenzen gezogen (der Nutzer kann sich bspw. nicht aus der Fabrik herausbewegen) und zum anderen wurde die Sichthöhe festgelegt. D. h., der Nutzer bewegt sich immer auf den umgerechnet 1,7 Metern vorwärts. Er hat die Möglichkeit, in



Abbildung 3: Blick aus Sicht des Nutzers



Abbildung 2: Virtuelle Fabrik von oben

alle Richtungen zu sehen, auch nach oben und unten, jedoch bleibt er am Boden „fixiert“. Diese beiden Punkte waren wichtig, damit sich die Nutzer schnell in der virtuellen Fabrik zurechtfinden.

In der virtuellen Fabrik sind verschiedene Infopoints verankert und mit einem Thema versehen. Fährt der Nutzer mit der Maus o. Ä. über einen Infopoint, wird eine Kurzbeschreibung zu der Thematik gezeigt (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4: Beispiel Infopoint Kurzbeschreibung

Die Kurzbeschreibung wird etwa fünf Sekunden lang gezeigt und verschwindet dann wieder.

Die ausführliche Beschreibung erscheint nur, wenn der Nutzer in der Kurzbeschreibung auf den Button „weitere Infos“ klickt. So kann sich der Nutzer jeweils entscheiden, ob er eine kurze Information zu dem jeweiligen Thema möchte, eine ausführliche Beschreibung oder auch einfach am Infopoint vorbeigeht.

In der ausführlichen Beschreibung sind Präsentationen, Fotos und Videos zu finden. Die Präsentation wird als Slide Show dargestellt, bei der nach links und nach rechts gewischt werden kann. Abbildung 5 zeigt als Beispiel die ausführliche Beschreibung des Infopoints „Wareneingang“ mit Video. Das Fenster mit den ausführlichen Informationen kann mit einem Klick auf den Button „X“ geschlossen werden, und es kann weiter durch die Halle gegangen werden.



Abbildung 5: Beispiel der ausführlichen Beschreibung mit Video

## Inhalte der Plattform

Um das Technologietransferprojekt „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“ nachhaltig zu gestalten, wurden die Inhalte der einzelnen Arbeitskreise und Arbeitspakete in das Tool als Infopoints aufgenommen. Je nach Größe der Informationen und auch je nachdem, ob Arbeitspakete einzelne Schwerpunkte haben, wurden je ein oder mehrere Infopoints dafür festgelegt.

Zusätzlich wurden die im Projekt „Diversität.Impuls für lebenslanges Lernen“ erstellten Learning Cells integriert. „Die Learning Cells sind prozessorientiert vom Wareneingang zum Warenausgang aufgebaut und ermöglichen Besuchern und Studierenden einen autonomen Zugang via Smartphone oder anderem mobilen Endgerät zu grundlegenden Informationen und Lernmaterialien im Bereich der Produktionslogistik“ (Hochschule für angewandte Wissenschaften Landshut (Hrsg.) 2020).

Um ein starres Konstrukt zu vermeiden, ist es möglich, das Wissensmanagement-Tool jederzeit um neue Themen und Infopoints zu erweitern.

## Fazit

Das Tool bietet einen guten Überblick über die einzelnen behandelnden Themen und zudem ist es möglich, sich über einzelne Themen detaillierter zu informieren. Durch den intuitiven Aufbau ist kein aufwändiges Einlernen in das Programm notwendig.

Über einen festintegrierten Touchbildschirm kann das Spiel von jedem Besucher des TZ PULS genutzt werden. (Aus Gründen der Sicherheit entschied man sich für einen feststehenden Touchbildschirm und verwarf die ursprünglich angedachte Online-Plattform).

Das Tool bietet die Möglichkeit, virtuell und ohne Guide durch die Lern- und Musterfabrik zu gehen. Der virtuelle Rundgang könnte künftig beispielsweise auch als Einführung bei realen Führungen durch die Fabrik genutzt werden.

Ein Nachteil des Tools ist, dass sich derzeit nur ein Nutzer damit beschäftigen kann. Auch bietet sich außer der intrinsischen Motivation derzeit kein Anreiz im Spiel.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass dieser neue Ansatz des Wissensmanagements im Fall des Transferprojekts „KIP“ die ideale Herangehensweise war. Die Ergebnisse des Projekts werden nachhaltig am TZ PULS verankert und stehen so weiter für kleine und mittelständische Unternehmen zur Verfügung.

## Literaturverzeichnis

Bendel, Oliver (2020): Gamification. Online im Internet. URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/gamification-53874/version-368843> (Stand: 01.07.2020)

Bibliographisches Institut GmbH (Hrsg.) (2020): prozessorientiert. Online im Internet. URL: <https://www.duden.de/suchen/dudenonline/prozessorientiert> (Stand: 13.07.2020)

Belliger, Andréa; Krieger, David (Hrsg.) (2007): Wissensmanagement für KMU. Zürich.

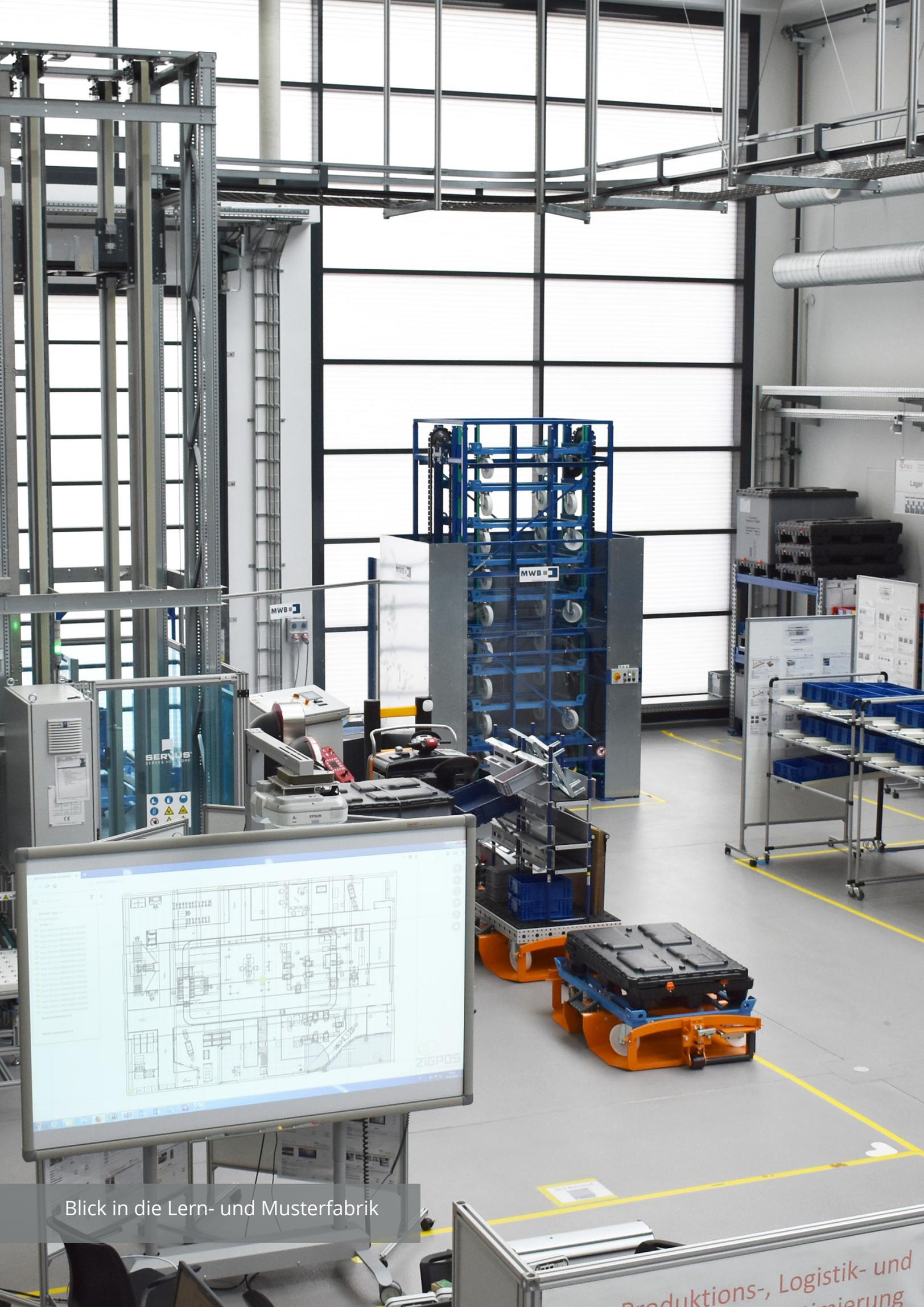
Gronau, Norbert; Ullrich, André (2019): Auswirkungen der Digitalisierung – Implikationen und Handlungsempfehlungen für Transformation und betriebliche Weiterbildung. In: Schröder, Meike; Wegner, Kirsten (2019): Logistik im Wandel der Zeit – Von der Produktionssteuerung zu vernetzten Supply Chains. Wiesbaden.

Hochschule für angewandte Wissenschaften Landshut (Hrsg.) (2020): Planspiele und Learning Cells. Online im Internet. URL: <https://www.haw-landshut.de/weiterbildung/projekte/diversitaetimpuls/2-phase-2018-2020/teilprojekt-3.html> (Stand: 13.07.2020)

Strahinger, Susanne; Leyh, Christian (2017): Gamification und Serious Games. Wiesbaden.

Treichel, Dietmar (2007): Projektmanagement für Wissensmanagement. In: Belliger, Andréa; Krieger, David (Hrsg.) (2007): Wissensmanagement für KMU. Zürich.

Unity Technologies (Hrsg.) (2020): Unity für alle. Online im Internet. URL: <https://unity.com/de> (Stand: 01.07.2020)



Blick in die Lern- und Musterfabrik

Produktions-, Logistik- und  
Optimierung

## 8. Mobile IIoT – die Einsatzzwecke und wie KMU davon profitieren können

Aufleger, Max; Schneider, Markus

Bei der Entwicklung des Anwendungsszenarios U-Zelle (siehe III 6. Demonstrator Endmontage U-Zelle und Cardboard Engineering 4.0 – Sinnvoller Einsatz bei KMU) wurde festgestellt, dass Digitalisierung und IIoT von bereits existierenden Maschinen, Arbeitsplätzen und Produktionslinien besondere Herausforderungen mit sich bringen. Wie kleine und mittelständische Unternehmen diese durch den Einsatz von mobiler IIoT bewältigen können, wird im folgenden Artikel betrachtet.

Ein großes Risiko bei der Planung und Umsetzung von IIoT-Projekten ist die Wahl der zu messenden Daten, aus welchen ein Unternehmen Informationen gewinnen will. Mit richtig gewählten Datenpunkten können Prozesse verschlankt und Gewinne gesteigert werden. Um KMU bei der Wahl und Erhebung dieser Datenpunkte zu unterstützen, wurde flexible, mobile und kostengünstige Hardware ausgewählt, die im weiteren Verlauf näher vorgestellt wird. KMU können diese Hardware verwenden, um prototypisch Messungen vorzunehmen und die so gewonnenen Daten zu validieren und Informationen daraus zu gewinnen. Wird mobile und kostengünstige Hardware verwendet, können bei falsch gewählten Datenpunkten neue Messpunkte und Testreihen einfach und unkompliziert umgesetzt werden. Nach Belieben können Sensoren hinzugefügt oder entfernt werden, bis ein Unternehmen genau die Daten erhält, aus welchen der maximale Nutzen entsteht. Sobald das KMU die Daten validieren konnte, die von den prototypisch installierten Sensoren der mobilen Sensorik erfasst wurden, können industriell zertifizierte Technologien beschafft und an den durch praktisches Testen ermittelten Messpunkten verbaut werden.

Die Methode, mit der die zur Verfügung stehende Hardware verwendet wird, ist eine Weiterentwicklung des sogenannten Cardboard-Engineerings. Cardboard-Engineering ist eine Methode, bei welcher mit Hilfe

von kostengünstigen Materialien, wie etwa Kartonagen, Maschinen und Arbeitsplätze nachgebaut werden, um Situationen möglichst realitätsnah testen zu können (Frens 2016). Die weiterentwickelte Methode nennt sich Cardboard-Engineering 4.0 und wendet die Prinzipien des Cardboard-Engineering auf Industrie 4.0 und IIoT an (Schneider 2019). Sie wird im Kapitel „III.6. Demonstrator Endmontage U-Zelle und Cardboard-Engineering 4.0 – Sinnvoller Einsatz bei KMU“ genauer vorgestellt.

Zunächst müssen für den Einsatz von Cardboard-Engineering 4.0 und mobiler IIoT folgende Fragen gestellt werden:

- Was soll mit Hilfe der zu erfassenden Daten beispielsweise verbessert werden?
- Welche Daten müssen erfasst werden, um Kennzahlen für Verbesserungen erzeugen zu können?
- Mit welcher Sensorik können diese Daten erfasst werden?

Die mobile Hardware und das Know-how des TZ PULS kann KMU bei der Beantwortung dieser unternehmensspezifischen Fragen unterstützen. Am Beispiel einer Endmontage U-Zelle könnten die Antworten folgendermaßen aussehen:

Was soll mit Hilfe der zu erfassenden Daten beispielsweise verbessert werden:

- Optimierung der Arbeitsabläufe
- Verringerung der Liegezeiten
- Minimierung von Ausschuss
- Reduzierung der Durchlaufzeit

Welche Daten müssen erfasst werden, um Kennzahlen für Verbesserungen erzeugen zu können?

- Durchlaufzeit
- Stückzahl / Zeiteinheit
- Materialverbrauch



Abbildung 1: Ein Ausschnitt der verfügbaren mobilen Hardware: 1: 7 Zoll Touchscreen; 2: Fußstaster; 3: Raspberry Pi 3b+; 4: Druckknöpfe; 5: LIDAR; 6: Time of Flight Distanzsensor; 7: Lichtsensor; 8: RFID-Karte; 9: NFC-Aufkleber; 10: RFID-Sensor; 11: Kapazitiver Sensor; 12: Temperatur-, Druck- und Luftfeuchtigkeitssensor; 13: Raspberry Pi Kamera; 14: Bewegungsmelder; 15: GPS-Sensor; 16: Distanzsensor; 17: Kamerazubehör; 18: Nachtsichtkamera

- Liegezeiten
- Ausschuss
- Fehlerquoten in den Arbeitsabläufen

Mit welcher Sensorik können diese Daten erfasst werden:

- Kameras und Bilderkennungsalgorithmen
- Distanzsensoren
- Bewegungsmelder
- RFID-Sensoren

Um Unternehmen die Möglichkeit zu geben, verschiedene Szenarien zu testen und Antworten auf die genannten Fragen zu finden, wurde eine Auswahl unterschiedlicher Sensoren und zugehöriger Hardware beschafft. Eine Teilübersicht der verfügbaren Hardware ist in Abbildung 1 dargestellt.

### Die Hardware der mobilen IIoT

Die verfügbare Hardware, mit der eine Vielzahl unterschiedlichster Anwendungsszenarien abgebildet werden kann, wird nachfolgend vorgestellt und mögliche Einsatzzwecke beschrieben:

- **Raspberry Pi 3b+:** Das System-on-a-Chip (SoC) Raspberry Pi dient als Kernelement der mobilen IIoT, ohne welches in diesem Fall keine der anderen Komponenten funktioniert. Mehrere Sensoren können über die vierzig Allzweckeingabe / -ausgabe Kontaktstifte (engl. „General Purpose Input Output“, „GPIOs“) angeschlossen werden (Christensson 2014). Gleichzeitig können Raspberry Pis als Server WLAN Netzwerke aufspannen und somit autark in Unternehmen eingesetzt werden (Raspberry Pi Foundation 2020b).
- **7 Zoll Touchscreen:** Ein Bildschirm, der über ein Flachbandkabel direkt mit einem Raspberry Pi verbunden werden kann. Die Stromversorgung erfolgt über zwei Kontaktstifte des Raspberry Pis. Der Bildschirm ist ebenfalls so ausgelegt, dass ein Raspberry Pi direkt damit verschraubt werden kann (Raspberry Pi Foundation 2020c).  
Anwendungsmöglichkeit: Der Touchscreen könnte an Arbeitsplätzen für Arbeitsanweisungen, Informationen für Werker, Fehleranzeigen und informative Dashboards verwendet werden.
- **RFID-Sensor PN532:** Dient zur Identifizierung von RFID- und NFC-Chips. Je nach Chip können durch den Sensor auch Informationen auf den Chips gespeichert werden (Adafruit Industries 2020a).  
Anwendungsmöglichkeit: RFID-Sensoren können eingesetzt werden, um beispielsweise die in einer Endmontage U-Zelle verwendete Werkstückträger zu identifizieren.
- **Sharp GP2Y0D805Z0F Digital Distance Sensor:** Dieser Sensor erfasst mittels eines Infrarot-Emitters und einer Foto-Diode, ob sich ein Objekt innerhalb des spezifizierten Messraumes befindet. Dieser beträgt bei den beschafften Sensoren zwischen 0.5 und 10 cm (Pololu 2020).  
Anwendungsmöglichkeit: Diese Sensoren können ebenfalls eingesetzt werden, um in Kombination mit den RFID-Sensoren abzusichern, ob eine Messung erfolgen darf oder nicht. Ein anderer Anwendungsfall wäre beispielsweise Zählung von vorbeifließenden Werkstücken.
- **VL53LOX Time of Flight Distanzsensor:** Ebenfalls ein Distanzsensor, dieser hat allerdings einen Messraum von ~3 bis 200 cm. Dementsprechend kann er eingesetzt werden, um größere Messräume zu überwachen (ST 2020). Die möglichen Anwendungsszenarien sind dabei ähnlich zu den bereits für Distanzsensoren genannten.
- **Precision NXP 9-DOF:** Ein Beschleunigungs- / Orientierungssensor. Mit diesem können Ausrichtung und einwirkende Kräfte auf ein Werkstück erfasst werden (Adafruit Industries 2020d).  
Anwendungsmöglichkeit: Mit diesem Sensor können beispielsweise die während des Transportes innerhalb der Produktion auftretenden

den Kräfte auf ein Produkt erfasst und somit Quellen von Fehlern oder Mängeln an Produkten ausfindig gemacht werden.

- **PIR Motion Sensor:** Ein Bewegungsmelder mit Infrarotsensor mit zwei Hälften, die durch die gemessenen Unterschiede zueinander Bewegung erkennen und Signale an das angeschlossene SoC senden (Adafruit Industries 2020g).  
Anwendungsmöglichkeit: Dieser Sensor kann für effiziente Lichtsteuerungen an Arbeitsplätzen verwendet werden.
- **Raspberry Pi Kamera:** Eine „klassische“ Kamera mit Flachbandkabel für die direkte Verbindung zu einem Raspberry Pi. Die Kamera hat eine Auflösung von 8 MP, was für Einzelbilder mit einer Auflösung von 3280 x 2464 Pixeln oder Videos mit maximal 1080p (FullHD) und 30 FPS (Frames per second; Bildwiederholrate) reicht (Raspberry Pi Foundation 2020d).  
Anwendungsmöglichkeit: Eine der Optionen wäre die Kameraüberwachung von Produktionslinien und der Einsatz von Bilderkennungsalgorithmen. Über diese können Fehlererkennung und Qualitätssicherung automatisiert durchgeführt werden.
- **AMG8833 IR Thermal Camera:** Eine Infrarot-Kamera, die Temperaturunterschiede optisch erfassen und visualisieren kann (Adafruit Industries 2020b).  
Anwendungsmöglichkeit: Eine Infrarot-Kamera könnte für die Qualitätsprüfung von temperatursensiblen Komponenten während des Fertigungsprozesses verwendet werden.
- **NoIR Nachtsicht-Kamera:** Eine Kamera, mit der Bereiche überwacht werden können, die von Standardkameras nicht abgedeckt werden können, da diese zu lichtarm sind (Raspberry Pi Foundation 2020a).
- **Fußtaster:** Ein Druckknopf, der für die Betätigung durch den Fuß eines Mitarbeiters ausgelegt ist.  
Anwendungsmöglichkeit: Mit einem Fußtaster können Werker beispielsweise den Abschluss eines Arbeitsschrittes quittieren, ohne dabei die Arbeitsabläufe unterbrechen zu müssen oder eine freie Hand zu benötigen.
- **MPR121 Capacitive Touch Sensor:** Dieser Sensor dient dazu, unterschiedliche Oberflächen zu Interaktionsmöglichkeiten umzufunktionieren. Über kapazitive Veränderungen erkennt der Sensor, ob eine Berührung stattgefunden hat. Durch ein Raspberry Pi kann eine Reaktion ausgelöst werden (Freescale Semiconductor, Inc. 2013).  
Anwendungsmöglichkeit: Mit Hilfe dieses Sensors könnten unterschiedliche Teile eines Arbeitsplatzes zu Eingabemöglichkeiten umfunktioniert werden, über die Mitarbeiter ohne zusätzliche Hardware Eingaben tätigen können.
- **BME280 Temperatur-, Druck- und Luftfeuchtigkeitssensor:** Mit diesem Sensor können die Arbeitsplatzbedingungen überprüft werden. Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchte können überwacht werden (Adafruit Industries 2020c).  
Anwendungsmöglichkeit: In Abhängigkeit dieser Daten können beispielsweise Fehler- und Ausschussquoten in Produktionslinien überwacht werden, um Korrelationen aufzudecken.
- **VEML7700 Lux Sensor:** Analog zum „BME280“ können mit Hilfe dieses Lichtsensors Arbeitsplatzbedingungen überwacht werden (Adafruit Industries 2020f).  
Anwendungsmöglichkeit: Beispielsweise bei lichtempfindlichen Produkten kann mit diesem Sensor überwacht werden, ob Schwellenwerte überschritten wurden.
- **Garmin LIDAR-Lite:** „LIDAR“ steht für „Light Detecting And Ranging“, was wörtlich übersetzt „Lichterfassung und Entfernungsmessung“ bedeutet. Ein LIDAR-Sensor kann beispielsweise dazu verwendet werden, Objekte und Orte in digitale 3D-Modelle umzuwandeln (Spektrum Akademischer Verlag 2014).  
Anwendungsmöglichkeit: Die Erstellung von digitalen Modellen und Karten ist mit Hilfe dieses Sensors möglich.
- **GPS-Sensor:** Der GPS-Sensor ist ein klassischer, über Satelliten funktionierender Ortungssensor.

Anwendungsmöglichkeit: Dieser Sensor könnte beispielsweise für die Optimierung von Transportrouten (Adafruit Industries 2020e), oder Geofencing verwendet werden.

- Zubehör: Zusätzlich zur Sensorik wurden weitere Entwicklungshilfsmittel beschafft. Dazu gehören unter anderem sogenannte „Breadboards“ beziehungsweise „Steckplatinen“, mit denen vor der finalen Verkabelung die Verbindungen zwischen Sensoren und Raspberry Pi getestet werden können. Weitere verfügbare Komponenten sind Kabel, Mäuse, Tastaturen und zusätzliche Kleinteile.

Die vorgestellte Hardware ist ein modulares und kompaktes Paket, mit welchem das Verständnis von kleinen und mittelständischen Unternehmen bezüglich IIoT, Digitalisierung und Cardboard Engineering 4.0. gefördert wird. Bei testweisen Einsätzen der Hardware können Mehrwerte für die Prozesse des Unternehmens demonstriert werden. Dadurch können KMU effizient und effektiv bei Planung und Erprobung von Digitalisierungs- und IIoT-Projekten vorgehen. Eine solide Know-how Basis wird mit Hilfe des Koffers geschaffen.

## Fazit

Die große Bandbreite der vorgestellten Sensorik ermöglicht es den Mitarbeitern des EFRE Projekts, schnell und unkompliziert vielfältige Szenarien in Produktion und Logistik zu demonstrieren und Daten prototypisch zu erheben. Die aus den Daten gewonnenen Informationen können von den KMU direkt eingesetzt werden und bieten messbare Mehrwerte, die für die Optimierung von Prozessen eingesetzt werden können. Nach den Demonstrationen kann bei Bedarf die prototypische Soft- und Hardware durch industriell zertifizierte Lösungen ausgetauscht werden und bietet KMU erhöhte Investitionssicherheit.

## Literaturverzeichnis

Adafruit Industries (Hg.) (2020a): PN532 NFC/RFID. Online verfügbar unter <https://www.adafruit.com/product/364>, zuletzt geprüft am 03.06.2020.

Adafruit Industries (Hg.) (2020b): Adafruit AMG8833 8x8 Thermal Camera Sensor. Online verfügbar unter <https://learn.adafruit.com/adafruit-amg8833-8x8-thermal-camera-sensor>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Adafruit Industries (Hg.) (2020c): Adafruit BME280 Humidity + Barometric Pressure + Temperature Sensor Breakout. Online verfügbar unter <https://learn.adafruit.com/adafruit-bme280-humidity-barometric-pressure-temperature-sensor-breakout>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Adafruit Industries (Hg.) (2020d): Adafruit Precision NXP 9-DOF Breakout Board. Online verfügbar unter <https://www.adafruit.com/product/3463>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Adafruit Industries (Hg.) (2020e): Adafruit Ultimate GPS Breakout - 66 channel w/10 Hz updates. Online verfügbar unter <https://www.adafruit.com/product/746>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Adafruit Industries (Hg.) (2020f): Adafruit VEML7700 Ambient Light Sensor. Online verfügbar unter <https://learn.adafruit.com/adafruit-veml7700>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Adafruit Industries (Hg.) (2020g): PIR Motion Sensor. Online verfügbar unter <https://learn.adafruit.com/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Christensson, P. (2014): GPIO (General Purpose Input/Output) Definition. Hg. v. TechTerms. Online verfügbar unter <https://techterms.com/definition/gpio#>, zuletzt geprüft am 26.03.2020.

Freescale Semiconductor, Inc. (2013): MPR121, Proximity Capacitive Touch Sensor Controller - Data Sheet. Hg. v. Freescale Semiconductor, Inc. Online verfügbar unter <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/MPR121.pdf>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Frens, Joep (2016): Cardboard Modeling: Exploring, Experiencing and Communicating. In: Panos Markopoulos, Jean-Bernard Martens, Julian Malins, Karin Coninx und Aggelos Liapis (Hg.): Collaboration in Creative Design. Methods and Tools. Cham: Springer, S. 149–177.

Pololu (Hg.) (2020): Pololu Carrier with Sharp GP2Y0D810Z0F Digital Distance Sensor 10cm. Online verfügbar unter <https://www.pololu.com/product/1134>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Prof. Dr. Markus Schneider (2019): Shopfloormangement. Intrasmart. Grothus van Koten Mittelstandsmarketing KG. Technologiezentrum Produktions- und Logistiksysteme, 24.09.2019.

Raspberry Pi Foundation (Hg.) (2020a): Buy a Pi NoIR Camera V2 – Raspberry Pi. Online verfügbar unter <https://www.raspberrypi.org/products/pi-noir-camera-v2/>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Raspberry Pi Foundation (Hg.) (2020b): Buy a Raspberry Pi 3 Model B+ – Raspberry Pi. Raspberry Pi Foundation. Online verfügbar unter <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Raspberry Pi Foundation (Hg.) (2020c): Buy a Raspberry Pi Touch Display – Raspberry Pi. Raspberry Pi Foundation. Online verfügbar unter <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-touch-display/>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Raspberry Pi Foundation (Hg.) (2020d): Camera Module V2 – Raspberry Pi. Online verfügbar unter <https://www.raspberrypi.org/products/camera-module-v2/>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.

Spektrum Akademischer Verlag (Hg.) (2014): LIDAR. Online verfügbar unter <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/lidar/9033>, zuletzt geprüft am 17.07.2020.

ST (Hg.) (2020): VL53L0X – STMicroelectronics. Online verfügbar unter <https://www.st.com/en/imaging-and-photonics-solutions/vl53l0x.html>, zuletzt geprüft am 21.07.2020.



A-Safe in der Lern- und Musterfabrik

Spanner, Katharina; Schneider, Markus

Das Technologietransferprojekt „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“ konnte durch seinen großen Output, gerade in Form von Transfermethoden, Veranstaltungen und Veröffentlichungen, einen weitreichenden Beitrag zur Weiterentwicklung der kooperierenden Unternehmen und des Technologiezentrums Produktions- und Logistiksysteme leisten. Die wichtigsten Veröffentlichungen des Projekts sind die Projektbroschüren.

Die drei Projektbroschüren der Zeitschriftenreihe „Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS)“ bauen aufeinander auf und beinhalten die einzelnen Abschnitte des Projekts und setzen Schwerpunktthemen.

### Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale erkennen



In der ersten Broschüre ging es primär um die Vorstellung des Projekts und der inhaltlichen Kernthemen.

Zudem wurden die Ergebnisse der Unternehmensbefragung präsentiert und erläutert. Die quantitative Befragung bildete die Basis für die Ausrichtung der Arbeitspakete und erlaubte ein Nachjustieren der Arbeitskreisinhalte sowie der zu vermittelnden Themen in Veranstaltungen und Veröffentlichungen. Die Ergebnisse lieferten keine signifikanten Daten über die Grundgesamtheit der untersuchten produzierenden Unternehmen, jedoch ließen sich Schlüsse in einzelnen Themenfeldern ziehen. Dadurch wurde nicht nur der zielgerichtete Transfer an die Kooperationspartner optimiert, sondern weitere kleine und mittelständische Unternehmen konnten durch die Auswahl an geeigneten Themen erreicht werden.

Um die Praxisnähe zu demonstrieren, wurden zwei Beispiele für den Technologietransfer in der Praxis aufgezeigt.

Details nachzulesen in: Schneider, et al. (2018): Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale erkennen. Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS).

### Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale verstehen



Die zweite Projektbroschüre behandelte im Schwerpunkt das Thema „Potenziale verstehen“.

Im Fokus stand, wie die Inhalte und nicht vordergründig welche Inhalte vermittelt wurden. Das „wie“ trägt entscheidend zum Verstehen der Inhalte bei.

Zudem wurden in dieser Broschüre der aktuelle Stand der Teilprojekte und Arbeitspakete sowie deren Transfer an die Kooperationsunternehmen und weiteres Fachpublikum erläutert.

Details nachzulesen in: Schneider, et al. (2019): Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale verstehen. Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS).

### Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale nutzen

Die dritte Broschüre ist die Abschlussbroschüre des Transferprojekts.

Hier werden zum einen die Projektaktivitäten und -ergebnisse beschrieben. Ein besonderer Fokus liegt auf den zusammengestellten, neu interpretierten oder eigens entwickelten nachhaltigen Transfermethoden.

### Kennzahlen des Projekts

Das Projektteam hat sich auf Basis des Förderantrags und -bescheids diverse Zielvorgaben gemacht, um die Vorgaben bis Projektende erfolgreich umzusetzen und den Transfer an die kleinen und mittleren Unternehmen optimal zu leisten.

In Zahlen ausgedrückt wurden vom Projektteam folgende Tätigkeiten geleistet:

#### Veranstaltungen

Das wichtigste Veranstaltungsformat sind die Arbeitskreise. Ziel des Projektteams war, insgesamt 21 Arbeitskreise abzuhalten – sieben pro thematischem Arbeitskreis. Aktuell fanden bereits 25 dieser Veranstaltungen statt [Stand: Juli 2020]. Im Herbst sollen noch weitere folgen.

Abbildung 1 zeigt die Teilnahme an externen Veranstaltungen, auf welchen im Rahmen von Vorträgen, Informationsständen, o. Ä. das Transferprojekt präsentiert wurde. Die Zielvorgabe mit zwanzig Veranstaltungen wurde mit 37 Teilnahmen weit überschritten, jedoch musste 2020 aufgrund der Ausnahmesituation auf eine Ausweitung dieser Kennzahl verzichtet werden.

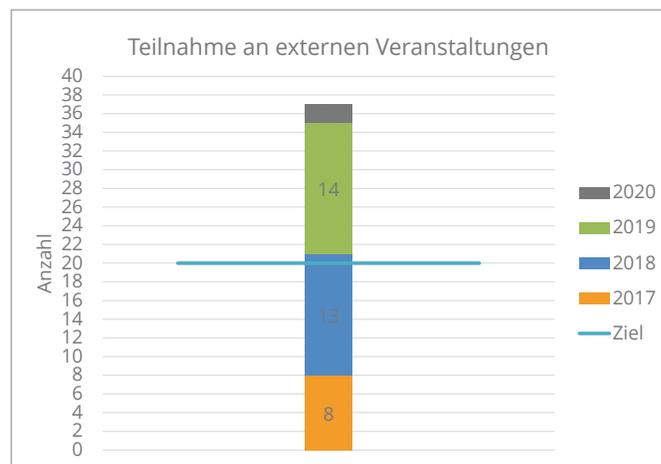


Abbildung 1 : Teilnahme des Projekts an externen Veranstaltungen nach Jahren [Stand: Juli 2020]

Dieselbe Problematik stellte sich auch mit der jährlich am Technologiezentrum PULS stattfindenden Transferveranstaltung sowie den Roadshows (Veranstaltungsreihe in den EFRE-Schwerpunktgebieten). Der Digital Tag wurde deshalb auf 2021 verschoben und Teile des Inhalts über andere Formate transferiert.

## Veröffentlichungen

Die Veröffentlichungen des Projekts sind in Abbildung 2 dargestellt. Das wichtigste Medium hierbei ist die Projektbroschüre. Die Zielvorgabe wird mit dieser Broschüre „Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale nutzen“ erreicht. Die 16 geplanten Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften o. Ä. werden mit Projektabschluss fertig gestellt; zum Teil aber erst nach Projektende veröffentlicht.

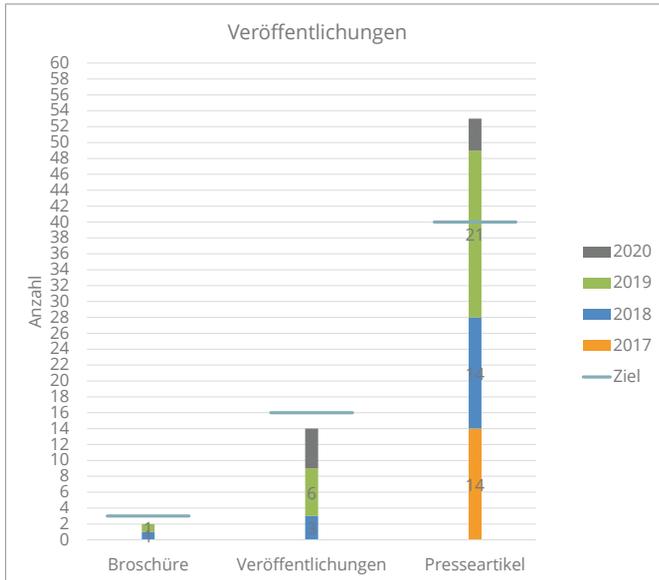


Abbildung 2: Veröffentlichungen des Projekts nach Jahren [Stand: Juli 2020]

Zu den Presseartikeln kamen 2019 vermehrt Beiträge über Social Media hinzu. Die Zielvorgabe ist hier aktuell [Stand: Juli 2020] bereits weit überschritten, jedoch soll diese Kennzahl bis Projektabschluss noch weiter steigen.

## Transfermethoden

Insgesamt wurden 13 nachhaltige Transfermethoden konzipiert und entwickelt. Hinzu kommen vier Transferprojekte im Mittelstand und neun Delta-Analysen. Diese wurden für die nachhaltigen Transfermethoden aufbereitet, um so einen allgemeinen Transfer zu schaffen.

## Anzahl erreichter KMU

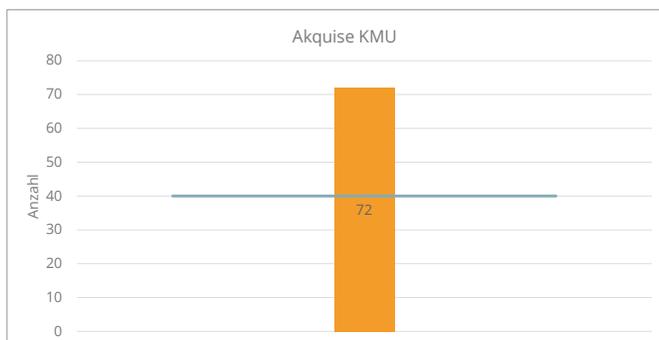


Abbildung 3: Anzahl erreichter KMU [Stand: Juli 2020]

In Abbildung 3 ist die Anzahl der erreichten kleinen und mittelständischen Unternehmen dargestellt. Ziel des Projektteams war, mindestens vierzig KMU zu erreichen. Aktuell liegt diese Kennzahl bei 72. Zu dieser Kennzahl wurden jedoch nur KMU gerechnet, welche durch Teilnahme an Projektveranstaltungen auch nachvollziehbar waren. Dieselben KMU wurden nicht gezählt, falls diese auf mehreren Veranstaltungen vertreten waren.

Wichtig ist zu beachten, dass KMU, welche auf externen Veranstaltungen, über Veröffentlichungen oder Online-Formate erreicht wurden, nicht in die Statistik fallen.

Der Erfolg des Transferprojekts und des Technologiezentrums geht nahtlos weiter in dem im August startenden Forschungsprojekt PR|IN|CE.

## PR|IN|CE – Process Innovation Center

PR|IN|CE steht für PProcess INnovation CEnter und startete am 01.08.2020 mit einem Projektvolumen von rund 2,6 Mio. Euro unter Projektleitung von Prof. Dr. Markus Schneider. Das durch das Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst geförderte Projekt hat eine Laufzeit von fünf Jahren.

Ziel des Projekts ist der Ausbau des TZ PULS zu einem „Process Innovation Center (PR|IN|CE)“, um die Wettbewerbsfähigkeit der bayerischen Unternehmen vor dem Hintergrund der Digitalisierung, Industrie 4.0 und Künstlicher Intelligenz (KI) gezielt durch Prozessinnovationen im Bereich Produktion und Logistik zu stärken.

Die Wettbewerbsfähigkeit hängt in hohem Maß von der Innovationsfähigkeit der Unternehmen ab. Der produzierende Mittelstand beschäftigt sich aktuell jedoch weitestgehend mit der Produktinnovation. Die Prozessinnovation wird meist nur wenig beachtet, obwohl diese zusammen mit Prozessoptimierung essenziell ist, um die Wettbewerbsfähigkeit eines Produktes und somit des Unternehmens dauerhaft zu erhalten. (Ebert und Özsucu 2012, S. 53ff)

Im Gegensatz zur Produktinnovation (Unternehmen bringt neues Produkt auf den Markt) geht es bei der Prozessinnovation um die „Veränderung bzw. Neugestaltung der für die Leistungserbringung notwendigen Prozesse“ (Stiller 2020). Hierbei spielt jedoch zunächst einmal die Höhe der Innovation, also der Innovationsgrad, keine Rolle.

Gerade kleine und mittelständische Unternehmen haben durch Personalknappheit und fehlendes Methoden- und Prozesswissen schlichtweg nicht die Möglichkeit, ihre Prozesse innovativ zu kreieren und im Unternehmen zu implementieren. Hinzu kommen die fehlenden Rahmenbedingungen, welche für die Ausarbeitung der Innovationen unumgänglich sind, wie: Kreativitätsräume, Platz für Prototyping, Kenntnisse über Kreativitätsmethoden, Überblick über Technologien etc.

Das „Process Innovation Center“ bietet den Unternehmen die Möglichkeit, den Ablauf von Prozessinnovationen geleitet in vier geplanten Phasen durchzuführen. In der ersten Phase werden die Ideen zu Prozessinnovationen durch radikale Kreativitätstechniken generiert. Dies wird unterstützt durch die in der Lern- und Musterfabrik vorhandenen technologischen Möglichkeiten der Digitalisierung. In der zweiten Phase werden die Ideen innerhalb von wenigen Tagen prototypisch aufgebaut und getestet.

Im Detail bedeutet das, dass in der Lern- und Musterfabrik des TZ PULS ein Process Prototyping-Baukastensystem entsteht, welches dem schnellen Test von Prozessinnovationen nach dem Plug & Produce-Prinzip dient. Der inhaltliche Fokus liegt hierbei auf Produktions- und Logistikprozessen, insbesondere Materialbereitstellungsprozessen, standardisierten und automatisierten Beschaffungsprozessen sowie der Einbindung von sinnvoll eingesetzter Technologie und Digitalisierung.

Nach mehreren Validierungen und möglichen Iterationsschleifen erhalten Anwenderunternehmen eine umsetzungsreife Prozessinnovation, die direkt im eigenen Unternehmen implementiert werden kann (siehe Abbildung 4).

Basis des Process Innovation Centers bildet die Lern- und Musterfabrik mit den vorhandenen Technologien. Diese werden laufend erweitert und zu-

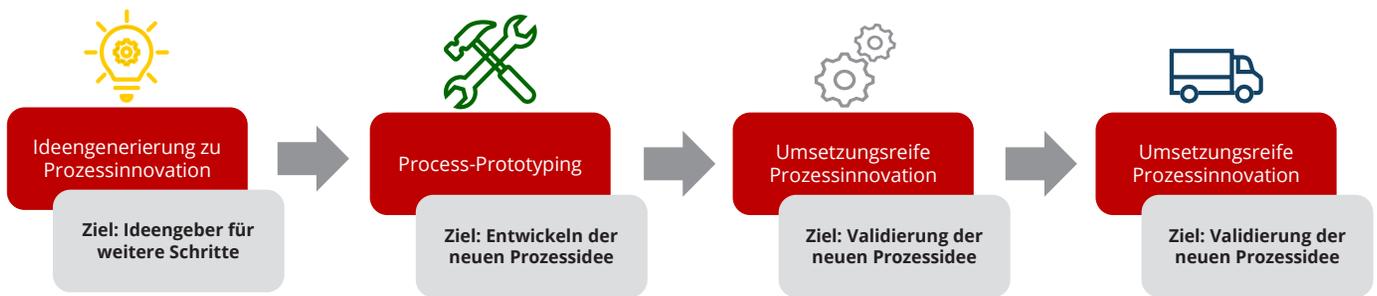


Abbildung 4 : Die vier Phasen des Prozessinnovationszyklus (entwickelt von Prof. Dr. Markus Schneider)

dem durch das Technologie-Scouting flächendeckend komplettiert. Auch soll die aktuelle Vernetzung der Fabrik durch Folgendes stetig ausgebaut werden: Erweiterung der IoT-Plattform, Simulations- und Planungssoftware, Aufbau eines virtuellen Zwillings der Fabrik, Fahrerloses Transportsystem (FTS), u. v. m.

Die kooperierenden Unternehmen arbeiten zusammen mit den Wissenschaftlern vor Ort anhand verschiedener Methoden und Kreativitätstechniken an konkreten Lösungen für ihr Unternehmen. Das Spannende daran ist neben dem innovativen Einsatz der Methoden speziell für Prozesse und nicht Produkte, dass Ideen innerhalb weniger Tage in Form von Prototypen getestet werden können. Damit wird ein hohes Investitionsaufkommen vermieden und es kann zielgerichtet mit dem Prinzip „Fail-Fast“ eine passgenaue Lösung für die Anwender gefunden werden.

In Abbildung 5 ist der Ablauf der Prozessinnovationen von der Idee über das Prototyping bis hin zum Mobile Process Prototyping schematisch dargestellt.

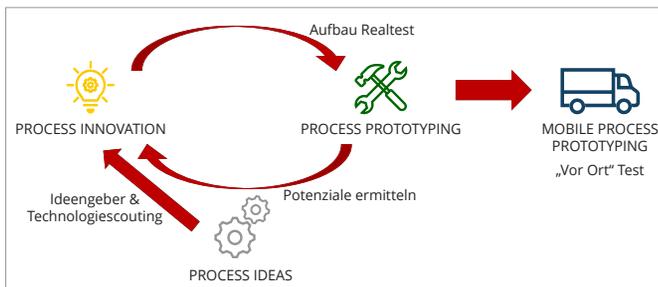


Abbildung 5: Schematische Darstellung des PR|IN|CE-Projekttablaufs

## Fazit

Das Projekt PR|IN|CE ist die ideale nächste Stufe nach dem Transferprojekt KIP, da die erlangten Erkenntnisse hier vertieft bei Anwenderunternehmen zum Einsatz kommen können. Zudem können die nachhaltigen Transfermethoden aufgrund der kürzlich erhaltenen Grundförderung des TZ PULS weiterhin an kleine und mittlere Unternehmen vermittelt werden. Das Technologietransferprojekt „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“ zeichnet sich vor allem durch die hohe Interaktion mit den kooperierenden Unternehmen sowie die nachhaltigen Transfermethoden aus.

Die nachhaltigen Transfermethoden ermöglichen es, auch nach Projektende den Mittelstand zu unterstützen und so dessen Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten und auszubauen.

Der ständige Austausch mit den Kooperationspartnern, Veranstaltungsteilnehmern und Kontakten zu anderen Projekten, Instituten und Organisationseinheiten hat zudem die Weiterentwicklung des Technologiezent-

rums Produktions- und Logistiksysteme vorangetrieben. Die Ableitung von aktuellen Herausforderungen und Bedarfen der Wirtschaft schafft die Voraussetzung zielgerichtet und am Puls der Zeit zu forschen und somit praktikable Lösungen, Methoden und Technologien hervorzubringen sowie an Unternehmen zu transferieren.

## Literaturverzeichnis

Ebert, Ralf; Özucu, Özhan (2012): Produkt- vs. Prozessinnovation – Innovationsmanagement aus Sicht eines Logistikdienstleisters. In: Stölzle, Wolfgang; Lieb, Thomas (Hrsg.) (2012): Business Innovation in der Logistik. Business Innovation Universität St. Gallen (Profilbereich Business Innovation). Wiesbaden.

Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven; Seel, Christian (Hrsg.) (2018): Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale erkennen. Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Dingolfing.

Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven; Seel, Christian (Hrsg.) (2019): Technologietransfer für den Mittelstand – Potenziale verstehen. Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (iPULS). Dingolfing.

Stiller, Grudrun (Hrsg.) (2020): Innovation. Online im Internet. URL: <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/innovation/innovation.htm> (Stand: 29.07.2020)



Materialbereitstellung auf Bodenrollern  
in der Lern- und Musterfabrik

**Wir bedanken uns bei den kooperierenden Unternehmen für die Beteiligung an unserem Technologietransferprojekt:**

**AGROTEL GmbH**

**BMW Group Werk Dingolfing**

**ebm-papst Landshut GmbH**

**Dräxlmaier Group**

**FLEXUS AG**

**Heidolph Instruments GmbH & Co. KG**

**Heinzinger electronic GmbH**

**Hinterschwepfinger Projekt GmbH**

**JELBA Werkzeug & Maschinenbau GmbH & Co. KG**

**Josef Neumüller Werkzeugschleiferei GmbH**

**KNESTEL Technologie & Elektronik GmbH**

**Kühne + Nagel (AG & Co.) KG**

**MANN+HUMMEL GmbH**

**NeoLog GmbH**

**Raithel + Co. GmbH**

**SAR Elektronik GmbH**

**Schaltbau GmbH**

**Schnupp GmbH & Co. Hydraulik KG**

**SEHO Systems GmbH**

**Wir bedanken uns bei unserer Verwaltungsassistenz, unserer Netzwerkmanagerin, unserem Laboringenieur sowie unseren studentischen Hilfskräften, die uns tatkräftig bei unserem Technologietransferprojekt unterstützen / unterstützt haben.**

## I. Technologietransfer für den Mittelstand – Potenzial nutzen

13

Abbildung 1: Projektteam zu Beginn der Laufzeit

Abbildung 2: Kennzahlenbeispiele des KIP-Projekts (Stand: 11.05.2020)

## II. Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik – Technologietransfer für den Mittelstand

17

Abbildung 1: Teilprojekte und Dimensionen

Abbildung 2: Inhaltliche Struktur des Projekts mit Arbeitskreisen

Abbildung 3: Transferprojekt KIP mit Teilprojekten und Arbeitspaketen (Quelle: Spanner und Schneider 2019, S. 15)

### 1. Planungsmethoden und -werkzeuge – Organisation und Prozessgestaltung

Abbildung 1: Einordnung von PlanMet in das Projektgefüge

Abbildung 2: Inhalte und Struktur des Teilprojekts Planungsmethoden und -werkzeuge (PlanMet)

#### 1.1. Komplexität in der Produktionslogistik – nutzen, beherrschen und reduzieren

Abbildung 1: Stufenmodell zur schrittweisen Reduzierung von Komplexität (Alt, Meier, Roeren 2018)

Abbildung 2: Zielkonflikt in der Produktion (Roeren 2017)

Abbildung 3: Abgrenzung Logistik, Produktion und Produktionslogistik

Abbildung 4: Zielgrößen, Einflussfaktoren und Indikatoren für Anlagen und Produktionsprozesse (Gottmann 2014, S. 53)

Abbildung 5: Zielgrößen, Einflussfaktoren und Indikatoren in der Logistik (Gottmann 2016, S. 65)

Abbildung 6: Prozessmodell innerbetrieblicher Transport (in Anlehnung an VDI 4400, Blatt 2)

Abbildung 7: Unkonsolidiertes Rohergebnis aus Arbeitskreis Komplexitätsreduzierung – Datenerhebung für Kennzahlengenerierung

Abbildung 8: Spannungsdreieck (Gottmann 2016, S. 147)

Abbildung 9: Balanced Scorecard (Kaplan und Norton 1997)

Abbildung 10: Wirkkette Innovationsmanagement

Abbildung 11: Die drei Sparten der Komplexitätstreiber des DCI (Roeren 2016)

Abbildung 12: Verschiedenste Ausprägungen asynchroner Prozesse (Alt, Meier und Roeren 2018, S. 26-28; Alt, Meier und Roeren 2020)

Abbildung 13: Angeführte asynchrone Produktionsprozesse bei produzierenden Unternehmen (Quelle: Eigene Erhebung 2018, n=17)

Abbildung 14: Von den Unternehmen angeführte Beispiele an Pufferlager in den Produktionsprozessketten (Quelle: Eigene Erhebung 2018, n=17)

Abbildung 15: Einflussgrößen für bedarfsgerechte Bestandsauslegung eines Pufferlagers

Abbildung 16: Asynchroner Prozess aufgrund Anlagenreduktion in der Produktionsverkettung (Alt, Meier, Roeren 2020)

Abbildung 17: Asynchroner Prozess durch variierende Taktzeit eines Fertigungsschrittes (Alt, Meier, Roeren 2020)

Abbildung 18: Semantische Analyse Arbeitspaket „Flexible Puffersteuerung bei asynchronen Produktionsprozessen“

Abbildung 19: Zur bedarfsgerechten Nutzung digitaler Daten für die flexible Puffersteuerung ist die Entwicklung und Nutzung einer passenden Logik grundlegend (in Anlehnung an Roeren 2017).

#### 1.2 Taktische Logistikplanung – intelligent umsetzen

Abbildung 1: Stufen des Industrie 4.0-Entwicklungspfades [in Anlehnung an (Schuh et al. 2017, S. 16-18)]

##### 1.2.1 Taktische Logistikplanung – intelligent transferiert

Abbildung 1: Transfermethoden im Arbeitskreis „Taktische Logistikplanung“

Abbildung 2: CoMIC Planungssystem (Schneider 2018, S. 47)

Abbildung 3: SWOT-Analyse

Abbildung 4: Planspiel in der Lern- und Musterfabrik des TZ PULS

Abbildung 5: Praxisexkursion Schaltbau GmbH Velden

Abbildung 6: Produktionslogistik der Heinzinger electronic GmbH

##### 1.2.2 Informationsfluss, mobile IIoT und kooperative Software – Werkzeuge für die Unterstützung der taktischen Logistikplanung

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Arbeitspakets „Taktische Logistikplanung“

Abbildung 2: Beispielhafter Überblick der BBW GmbH in MS Teams

Abbildung 3: U-Zelle für die Endmontage von Bodenrollern

Abbildung 4: Struktur eines Informationsflusses (in Anlehnung an Schneider 2019)

Abbildung 5: Bodenroller in der Fließfertigung

Abbildung 6: Befestigtes Modul, eingebaut in der U-Zelle

Abbildung 7: Modul für den Einsatz in der U-Zelle

### 2. Intelligent-kooperative Materialflusssysteme – Prozessautomatisierung von Logistikprozessen

Abbildung 1: Einordnung von IntSys in das Projektgefüge

Abbildung 2: Vorgehen zur Wissensvermittlung im Teilprojekt „Intelligent-kooperative Materialflusssysteme“

#### 2.1 ADAMO – toolunterstützt die Prozessmodellierung erlernen und kollaborativ Prozessmodelle konstruieren

Abbildung 1: Architektur der Anwendung und Kommunikationsebenen

Abbildung 2: Einzelne Module der Anwendung als Container die auf einem Raspberry Pi ausgeführt werden können

Abbildung 3: Übersicht der Tutorial Komponente, die sich in Aufgaben für Anfänger, Fortgeschrittene und Profis gliedert

Abbildung 4: Beispiel einer Einführung in ein Notationselement

Abbildung 5: Beispiel einer Testfrage aus dem Fragebogen

Abbildung 6: Modellierungsaufgabe mit Aufgabenstellung (links), Modellierungsbereich (oben rechts) inklusive Live-Feedback zur Korrektheit, sowie einem Validierungsbereich (unten rechts)

Abbildung 7: Messergebnisse bei der kollaborativen Modellierung über verschiedene Computer

Abbildung 8: Skizzierter Unterschied zwischen traditioneller und adaptiver Modellierung

Abbildung 9: Übersichtsbereich des Modellierungswerkzeuges ADAMO

Abbildung 10: Übersicht des Modellierungsbereichs“ siehe auch im Artikel

Abbildung 11: Modellierungsbereich mit dem Ergebnis einer extrahierten Prozessmodellvariante

#### 2.2 Intelligente Bereitstellungshilfsmittel – Potenziale und Nutzen im Materialbereitstellungsprozess

Abbildung 1: Arbeitspaket IntSys I2 - intelligente Bereitstellungshilfsmittel

Abbildung 2: Materialbereitstellungsstrategien (Bullinger und Lung 2013)

Abbildung 3: Ursachen-Wirkungsdiagramm des verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellungsprozesses

Abbildung 4: Systemhaus des „Intelligenten Logistiksystems“

Abbildung 5: Mehrwert von Informationsmodellierung in regelbasierten Logistikplanungsprozessen (Bäumli und Hilpoltsteiner 2019)

### 3. Technologietransfer – zielgruppengerechte Wissensvermittlung

Abbildung 1: Einordnung von TecTran in das Projektgefüge

Abbildung 2: Bausteine des Teilprojekts TecTran (Quelle: Schneider et. al 2018, S. 16)

Abbildung 3: Aufbau des Teilprojekts „Technologietransfer“ (TecTran)

Abbildung 4: Ergebnistransferformate des Transferprojekts

Abbildung 5: Beispiel digitaler Arbeitskreis „Taktische Logistikplanung“

Abbildung 6: Beispiel Animationsvideo Stufenmodell (Folge 6)

Abbildung 7: Prototyping des Design Thinking

Abbildung 8: Design Thinking zweite Teilnehmergruppe

## III. Nachhaltige Transfermethoden – Beispiele für interaktive Herangehensweisen und Konzepte zur Vermittlung von Wissen und Technologien

69

Abbildung 1: Überblick über Beispiele der nachhaltigen Transfermethoden

### 1. iBH – intelligente Bereitstellungshilfsmittel: ein Planspiel zur Vermittlung der Potenziale des Internets der Dinge für KMU

Abbildung 1: Ablauf Konzeption des Planspiels / Simulation (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Meyerhoff & Brühl 2015)

Abbildung 2: Darstellung der Stufen der SOLO Taxonomy als Basis zur Formulierung der Lernziele (Quelle: in Anlehnung an Hook & Mills 2011)

Abbildung 3: Arbeitspaket IntSys I2 „Intelligente Bereitstellungshilfsmittel“

Abbildung 4: Darstellung des verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellungsprozesses

Abbildung 5: Programmcode aus Simulation mit Lego Mindstorms EV3

### 2. Das Stufenmodell – eine systematische Vorgehensweise zur Optimierung und Digitalisierung in Unternehmen

Abbildung 1: Stufenmodell zur schrittweisen Optimierung und Digitalisierung in Unternehmen

Abbildung 2: Layout Gerhard Grind GmbH (Darstellung mit visTABLE)

Abbildung 3: Cardboard-Aufbau der Gerhard Grind GmbH

Abbildung 4: Beispiel Spaghetti-Diagramm des Schleifprozesses bei der Gerhard Grind GmbH

Abbildung 5: Shopfloor Board

Abbildung 6: Auszug der Kennzahlen nach Stufe 0

Abbildung 7: Cardboard Engineering zur Layoutoptimierung

Abbildung 8: Optimiertes Layout der Gerhard Grind GmbH in visTABLE

Abbildung 9: Tablet zur digitalen Abbildung der Kennzahlen

### 3. Demonstrator Intelligentes Logistiksystem – Selbstkonfiguration von intelligenten Materialbereitstellungshilfsmitteln für eine effiziente Logistikplanung

Abbildung 1: Selbstkonfigurierendes Logistiksystem (Meißner und Bäuml 2018)

Abbildung 2: BPMN-Modell für das selbstkonfigurierende Logistiksystem (in Anlehnung an Bäuml und Meißner 2018)

Abbildung 3: Skizze Demonstrator „Intelligentes Logistiksystem“ (Schritt 1-3)

### 4. Modell zur Komplexitätsreduzierung – ein Analysewerkzeug

Abbildung 1: Stufenmodell zur schrittweisen Reduzierung von Komplexität

Abbildung 2: DCI - Dingolfing Complexity Index (Roeren 2016)

Abbildung 3: Beispielhafte Kompetenzmatrix (Heller und Prasse 2018, S. 158)

Abbildung 4: Prozessmodell (BPM&O GmbH (Hrsg.) 2020)

Abbildung 5: Einsatzmöglichkeiten von IIoT in der Praxis (SWS Computersysteme AG (Hrsg.) 2020)

### 5. Warnsystem für die taktische Logistikplanung – Kennzahl Durchlaufzeit zur Erkennung von Prozessanpassungsbedarfen

Abbildung 1: Dynamische Prozessstandardisierung [in Anlehnung an (Dombrowski et al. 2015, S. 55; Imai 1997, S. 53)]

Abbildung 2: Durchlaufzeit [in Anlehnung an (Nyhuis und Wiendahl 2012, S. 22)]

Abbildung 3: Hauptuserinterface Warnsystem taktische Logistikplanung

### 6. Demonstrator Endmontage U-Zelle und Cardboard Engineering 4.0 – sinnvoller Einsatz bei KMU

Abbildung 1: Der Einplatinencomputer Raspberry Pi 3b+ mit markierten Anschlüssen

Abbildung 2: Die U-Zelle, in der das Anwendungsszenario aufgebaut ist

Abbildung 3: Unterhalb der Auflagefläche der Werkstückträger eingebaute Sensorik

Abbildung 4: Übersicht des Aufbaus für die Datenerfassung in der U-Zelle

### 7. Prozessorientiertes Wissensmanagement – nachhaltig Wissen bewahren

Abbildung 1: Auszug der Datenbank

Abbildung 2: Virtuelle Fabrik von oben

Abbildung 3: Blick aus Sicht des Nutzers

Abbildung 4: Beispiel Infopoint Kurzbeschreibung

Abbildung 5: Beispiel der ausführlichen Beschreibung mit Video

### 8. Mobile IIoT – die Einsatzwecke und wie KMU davon profitieren können

Abbildung 1: Ein Ausschnitt der verfügbaren mobilen Hardware: 1: 7 Zoll Touchscreen; 2: Fußtaster; 3: Raspberry Pi 3b+; 4: Druckknöpfe; 5: LIDAR; 6: Time of Flight Distanzsensor; 7: Lichtsensor; 8: RFID-Karte; 9: NFC-Aufkleber; 10: RFID-Sensor; 11: Kapazitiver Sensor; 12: Temperatur-, Druck- und Luftfeuchtigkeitssensor; 13: Raspberry Pi Kamera; 14: Bewegungsmelder; 15: GPS-Sensor; 16: Distanzsensor; 17: Kamerazubehör; 18: Nachtsichtkamera

## IV. Technologietransfer für den Mittelstand – nachhaltig Innovationen kreieren

109

Abbildung 1: Teilnahme des Projekts an externen Veranstaltungen nach Jahren [Stand: Juli 2020]

Abbildung 2: Veröffentlichungen des Projekts nach Jahren [Stand: Juli 2020]

Abbildung 3: Anzahl erreichter KMU [Stand: Juli 2020]

Abbildung 4: Die vier Phasen des Prozessinnovationszyklus

Abbildung 5: Schematische Darstellung des PR|IN|CE-Projektablaufs



gefördert von:



**Europäische Union**

Europäischer Fonds für regionale Entwicklung



**ebmpapst**

**MANN + HUMMEL**



in Kooperation mit:



TECHNOLOGIEZENTRUM  
PRODUKTIONS- UND  
LOGISTIKSYSTEME



HOCHSCHULE LANDSHUT  
HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN



#### FÖRDERHINWEIS

Das Technologietransferprojekt „Kompetenznetzwerk Intelligente Produktionslogistik“ wird mit Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) – Operationelles Programm mit Ziel „Investition in Wachstum und Beschäftigung“ Bayern 2014 - 2020, Prioritätsachse 1 Stärkung von Forschung, technologischer Entwicklung und Innovation in der Maßnahmengruppe 1.2 Technologietransfer „Hochschule – KMU“ – gefördert. Projektlaufzeit: 01.03.2017 bis 31.12.2020.

Förderkennzeichen: EU-1703-0001

#### IMPRESSUM

**Herausgeber:** Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven; Timinger, Holger **Adresse:** Technologiezentrum Produktions- und Logistiksysteme (TZ PULS), Hochschule Landshut, Bräuhausgasse 33, 84130 Dingolfing **E-Mail:** info@tz-puls.de **Web:** www.tz-puls.de **Liste der Autoren:** Schneider, Markus; Meißner, Sebastian; Roeren, Sven; Seel, Christian (?); Timinger, Holger; Alt, Denis; Aufleger, Max; Bäuml, Stephanie; Grzyszek, Daniel; Hilpoltsteiner, Daniel; Lukacevic, Kevin; Meier, Sandra; Spanner, Katharina; Weindl, Stephanie **Verlagsort:** Dingolfing **Grafische Umsetzung:** Gutmiedl Design, Basierend auf dem ursprünglichen grafischem Konzept von Concept-BR e.K. **Druck:** Gutmiedl Design **Bildnachweis:** TZ PULS; Filling Frames mit freundlicher Genehmigung der PuLL Beratung GmbH; **ISSN: 2625-6789**

© 2020 Technologiezentrum Produktions- und Logistiksystem (TZ PULS), Hochschule Landshut, Bräuhausgasse 33, 84130 Dingolfing

ISSN 2625-6789



9 772625 678001