

Gemeinsamer Abschlussbericht zum Verbundforschungsvorhaben



„Sozio-technische Gestaltung und Einführung cyber- physischer Produktionssysteme in nicht F&E-intensi- ven Unternehmen (STEPS)“

im Programm „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

betreut vom Projektträger Karlsruhe (PTKA)

Projektkonsortium:



Assoziierte Partner:



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Förderkennzeichen: 02P14B101

Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2015 – 30.04.2019

Herausgeber:

Prof. Jochen Deuse, Fabian Nöhring, René Wöstmann

Autoren:

Rudolf Beckert, Dr. Judith Cudaj, Prof. Jochen Deuse, Manfred Fischbach, Prof. Hartmut Hirsch-Kreinsen, Hardy Jordan, Edin Klavic, Ralf Klinkenberg, Thomas Lacker, Wolfgang Leiß, Edwin Lotter, Uwe Müller, Fabian Nöhring, Besart Rrecaj, Silvan Schagen, Philipp Schlunder, Ronald Schoberth, Prof. Rainer Maria Wagner, Dr. Tobias Wienzek, René Wöstmann

Veröffentlichungsdatum:

23.08.2019

Förderhinweis:

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird / wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ (Förderkennzeichen 02P14B101) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin / beim Autor.

Vorwort

Die Digitalisierung als Vision des vernetzten Unternehmens kennzeichnet die industrielle Entwicklung nicht erst seit Beginn der vierten industriellen Revolution (Industrie 4.0). Die Möglichkeiten, diese Vision zu realisieren und die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen zu steigern, sind in den letzten Jahren beträchtlich gestiegen. Die damit einhergehende Integration cyber-physischer Produktionssysteme in Wertschöpfungsnetzwerken, die Anpassung von Aufbau- und Ablauforganisationen samt der Beschäftigtenstrukturen bis hin zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle sind nur einige der Herausforderungen, denen sich produzierende Unternehmen dazu in Zukunft stellen müssen. Hierbei gilt es unternehmensspezifische Charakteristika, wie die Identität und Kernkompetenzen, auch im Zeitalter der Digitalisierung, zu berücksichtigen. Demzufolge ist ein zielgerichteter und praktikabler Ansatz erforderlich, um geeignete Anwendungsfälle der Industrie 4.0 zu identifizieren und den dynamischen Entwicklungen im Bereich der Digitalisierung begegnen zu können. Von besonderer Bedeutung ist die Ableitung konkreter Veränderungen für das eigene Unternehmen. Insbesondere nicht F&E-intensive Unternehmen besitzen aufgrund fehlender Ressourcen und Erfahrungen bisher nicht die erforderlichen Unterstützungsmöglichkeiten.

Ziel des Verbundforschungsprojekts STEPS war es daher, Unterstützungsmöglichkeiten zur Gestaltung und Einführung der Industrie 4.0 mit Fokus auf nicht F&E-intensiven Unternehmen zu erarbeiten. In enger Kooperation zwischen Anwenderunternehmen, Systementwicklern sowie Forschungsinstituten wurden somit eine Gestaltungs- und Einführungssystematik erarbeitet und Leuchtturmprojekte in den Unternehmen umgesetzt. In diesem Kontext gilt ein großer Dank den beteiligten Projektpartnern, die maßgeblich zum erfolgreichen Abschluss des Projekts beigetragen haben. Weiterhin haben auch die assoziierten Partner das Projekt durch wertvollen Input und Feedback das Projekt unterstützt. Zu guter Letzt möchten wir einen herzlichen Dank an die Fördergeber sowie an den Projektträger, in Person von Frau Barbara Mesow, für die fortwährend gute Unterstützung in allen Belangen, aussprechen.

Das vorliegende Werk gibt Ihnen einen schnellen und dennoch umfassenden Überblick über die Ergebnisse und Anwendungen des STEPS-Verbundprojektes, ich wünsche Ihnen viel Spaß bei der Lektüre!

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Deuse

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	III
1 EINLEITUNG	1
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung.....	2
2 NUTZEN VON STEPS FÜR UNTERNEHMEN	5
2.1 Nutzen für Unternehmen	5
2.2 Für wen sind die STEPS-Ergebnisse geeignet	6
3 STEPS GESAMTSYSTEMATIK	7
3.1 Modul 0: Unternehmenstypologie	8
3.1.1 Der praktische Typ – Wir machen nur das Nützliche	14
3.1.2 Der reagierende Typ – Wir haben noch I-3.0	17
3.1.3 Der gestaltende Typ – Vorausdenken was kommt	20
3.1.4 Der zufriedene Typ – Wir nutzen weiter Industrie 3.0	23
3.2 Modul 1: Zielgerichtete Auswahl von CPPS-Lösungen.....	26
3.2.1 Definition eines Ziel-Zustands.....	26
3.2.2 Analyse Ist-Zustand.....	28
3.2.3 CPPS-Auswahl	29
3.3 Modul 2: Sozio-technische Fähigkeitsbewertung	34
3.3.1 Das sozio-technische System	34
3.3.2 Anforderungen an die Bewertung	35
3.3.3 Sozio-technische Fähigkeitsbewertung.....	36
3.3.4 Abschätzung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses	39
3.4 Modul 3: Befähigung.....	40
3.4.1 Mitarbeiterereinbindung	41
3.4.2 Kompetenzentwicklung.....	42

3.4.3	Verstetigung und Nachhaltigkeit.....	43
4	STEPS USE-CASES	45
4.1	Use-Case 1: intrObest – Big Data Analytics in der Auftragsabwicklung.....	45
4.1.1	Zielgerichtete Auswahl von CPPS-Lösungen	46
4.1.2	Sozio-technische Fähigkeitsbewertung.....	48
4.1.3	Befähigung und Umsetzung	49
4.1.4	Fazit	56
4.2	Use-Case 2: MSP – Smarte Logistik: Staplerleit- und Werkerassistenzsystem	57
4.2.1	Zielgerichtete Auswahl von CPPS-Lösungen	58
4.2.2	Sozio-technische Fähigkeitsbewertung.....	59
4.2.3	Befähigung und Umsetzung	60
4.2.4	Fazit	62
4.3	Use-Case 3: Topstar – Intelligente Produktion mit smarten FTS	63
4.3.1	Zielgerichtete Auswahl von CPPS-Lösungen	64
4.3.2	Sozio-technische Fähigkeitsbewertung.....	66
4.3.3	Befähigung und Umsetzung	68
4.3.4	Fazit	70
4.4	Use-Case 4: Steiner – Smarte Arbeitssysteme in der Verpackung.....	72
4.4.1	Zielgerichtete Auswahl von CPPS-Lösungen	73
4.4.2	Sozio-technische Fähigkeitsbewertung.....	77
4.4.3	Fazit	79
4.5	Use-Case 5: Kunden- und Marktanalyse mit Hilfe von Web Mining.....	79
5	KRITISCHE WÜRDIGUNG UND AUSBLICK.....	82
5.1	Zusammenfassung der Projektergebnisse	82
5.2	Zukünftige Herausforderungen und Weiterentwicklungspotenziale	84
6	LITERATURVERZEICHNIS.....	86

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht der Ziele des Verbundforschungsprojekts STEPS	3
Abbildung 2: Übersicht des Konsortiums	4
Abbildung 3: Übersicht Systematik zur Gestaltung und Einführung von CPPS (i. A. a. Nöhring et al. 2016).....	8
Abbildung 4: Das sozio-technische System (Ittermann et al. 2016)	9
Abbildung 5: Übersicht der Unternehmenstypologie	13
Abbildung 6: Balanced Scorecard (i. A. a. Scheibeler 2001)	27
Abbildung 7: Schematischer Treiberbaum (i. A. a. Nöhring et al. 2016).....	27
Abbildung 8: Zielgerichtete Verbesserung (Rother 2009; Nöhring et al. 2018)	28
Abbildung 9: Auszug an Methoden zur Problemidentifikation.....	29
Abbildung 10: Konzept zur Beschreibung von CPPS-Lösungen (Deuse et al. 2016)	30
Abbildung 11: Startseite der Auswahlhilfe (i. A. a. Deuse et al. 2018)	31
Abbildung 12: Ergebnisliste von CPPS-Lösungen	32
Abbildung 13: Details zur CPPS-Lösung.....	32
Abbildung 14: Eingabemaske für neue CPPS-Lösungen	33
Abbildung 15: Schnittstellen im sozio-technischen System (i. A. a. Ittermann et al. 2016).....	34
Abbildung 16: Status der Digitalisierung zur Fähigkeitsbewertung.....	37
Abbildung 17: Workshopkonzept zur Fähigkeitsbewertung (Nöhring et al. 2018).....	38
Abbildung 18: Übersicht des Kompasses Digitalisierung (Deuse et al. 2019).....	39
Abbildung 19: Bewertung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses.....	39
Abbildung 20: Zielgerichtete Mitarbeiterereinbindung im Einführungsprozess	41
Abbildung 21 Ableitung von Maßnahmen zur Kompetenzentwicklung.....	43
Abbildung 22: Übersicht der Use-Cases.....	45
Abbildung 23: Gesamtkonzept bei intrObest (i. A. a. Wöstmann et al. 2017)	47
Abbildung 24 Sozio-technische Fähigkeitsbewertung bei intrObest	49
Abbildung 25: Schematische Darstellung der drei Komponenten der Innovationspipeline	51
Abbildung 26: Deep Learning Erweiterung in RapidMiner Studio	52
Abbildung 27: Struktur von Netzwerkebenen, wie sie in einem Lehrprozess vorhanden ist	52
Abbildung 28: Zuordnung der Schritte der Innovationspipeline zu Aufgaben im Rahmen der Use-Cases.....	53

Abbildung 29: Upload einer Kundenanfrage.....	54
Abbildung 30: Vorgeschlagene Komponenten (über Ähnlichkeitsmaße identifiziert)	55
Abbildung 31: Manuelle Komponentensuche	55
Abbildung 32: Exemplarische API-basierte Suche im Onlineshop „Farnell Element 14“	56
Abbildung 33 Sozio-technische Fähigkeitsbewertung bei MSP	59
Abbildung 34: Blick auf die Fertigungslinie Wagner vor dem Umbau	64
Abbildung 35: Layoutskizze Endmontage Wagner-Linie.....	65
Abbildung 36: Endmontageplatz und Lagerplatz für Variantenteile	65
Abbildung 37: Sozio-technische Fähigkeitsbewertung der Wagner Linie	68
Abbildung 38: Informationen zum umgesetzten Demonstrator	69
Abbildung 39: Smarte FTS an der neuen Produktionslinie Wagner	69
Abbildung 40: Montageplätze der neuen Wagner-Linie inkl. Informationsterminals	70
Abbildung 41: Auszug aus dem Validierungsprotokoll	70
Abbildung 42: Fertige Packeinheit und Auswahl einzelner Komponenten	73
Abbildung 43: Zielsetzung des Anwendungsfalls Steiner-Optik.....	74
Abbildung 44: Spezifizierte Problemstellung des Anwendungsfalls Steiner-Optik	74
Abbildung 45: Schematische Darstellung des Arbeitssystems in der Verpackung	75
Abbildung 46: Schematische Darstellung des permutiven Arbeitsplatzsystems	76
Abbildung 47: Module des permutiven Arbeitsplatzsystems für die Verpackung	77
Abbildung 48: Sozio-technische Fähigkeitsbewertung der Firma Steiner-Optik.....	77
Abbildung 49: Extraktion von Eigenschaften aus Onlinekatalogen mittels RapidMiner	81
Abbildung 50: Operator zur Extraktion von Eigenschaften aus Onlinekatalogen mittels RapidMiner	81

1 Einleitung

Innovationen zur Wettbewerbssicherung sind auch für nicht F&E-intensive Unternehmen, die kaum eigene Forschung betreiben, von großer Bedeutung. Diese Unternehmen zeichnen sich meist durch KMU-ähnliche Strukturen und damit verbunden durch begrenzte Kapazitäten, technologische Investitionsmöglichkeiten und Kompetenzen zur Gestaltung ihres Produktionssystems aus. Des Weiteren bestehen oftmals spezifische Barrieren gegenüber Prozessinnovationen. Die im Zuge der vierten Industriellen Revolution entwickelten Technologien sowie das daraus entstehende Leitbild der Digitalisierung der Unternehmen unter dem Schlagwort Industrie 4.0 können insbesondere von nicht F&E-intensiven Unternehmen daher bislang nur unzureichend berücksichtigt werden. Es wird jedoch angenommen, dass eine sozio-technische Integration von Industrie 4.0-Lösungen in bestehende Produktionssysteme erforderlich ist, um Unternehmen profitabel weiterzuführen und die Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. In den folgenden beiden Abschnitten werden die Ausgangssituation und die Problemstellung sowie daraus folgend die Zielsetzung des Projekts detaillierter vorgestellt.

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Die zunehmende Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnik (IKT), vernetzten Produktionseinheiten sowie neuer Internettechnologien ermöglicht die Umsetzung Cyber-Physischer Produktionssysteme (CPPS), welche die Grundlage für die Industrie 4.0 bilden. Die Bedeutung dieser CPPS für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie ist unter Informatikern¹, Ingenieurwissenschaftlern sowie Verbänden und politischen Akteuren unumstritten (acatech 2013; Spath et al. 2013). Das generelle Ziel von CPPS besteht darin, wachsende Flexibilitätsanforderungen, zunehmende Produktindividualisierung, kürzer werdende Produktlebenszyklen, steigende Komplexität der Prozessabläufe, Produkte und Anforderungen sowie Herausforderungen des demografischen Wandels automatisierungstechnisch, informatorisch und dezentral selbstregelnd zu bewältigen (Spath et al. 2013; Bauernhansl 2014). Derzeit ist die Umsetzung von Industrie 4.0 auf den Hallenböden noch nicht weit fortgeschritten, sodass der Markt der CPPS-Technologien noch sehr unübersichtlich ist. Erste Implementierungen werden derzeit weitestgehend in der Wissenschaftslandschaft und innerhalb von technologieintensiven Groß- und Mittelunternehmen umgesetzt. Aktuelle Umfrageergebnisse zeigen, dass sich dagegen insbesondere kleine und mittlere Unternehmen zwar intensiv mit Industrie 4.0 beschäftigten, bislang aber kaum mit der Umsetzung begonnen haben (acatech 2013). Die Ursachen liegen u. a. in der Komplexität der einzuführenden Technologie, der Notwendigkeit der betriebsspezifischen Anpassungen der CPPS-Technologien und den dafür fehlenden Ressourcen und Erfahrungen von nicht F&E-intensiven Unternehmen, die in der Folge nicht mit der derzeitigen Entwicklung Schritt halten können.

¹Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird zur Bezeichnung die männliche Wortform verwendet; sie dient jedoch der Umschreibung sowohl von Männern als auch von Frauen.

Industrie 4.0-basierte Produktionssysteme werden durch den Einsatz von IKT, wie vernetzten, eingebetteten Systemen, sowie der Einführung von Überwachungs- und Entscheidungsprozessen selbststeuernd ausgelegt. Durch ihre schrittweise Implementierung auf dem Weg zu Cyber-Physischen Produktionssystemen können in der industriellen Praxis weitere funktionale sowie wirtschaftliche Potenziale bestehender Produktionssysteme genutzt werden (Geisberger und Broy 2012; Kagermann et al. 2011). Unbestritten ist jedoch zugleich, dass damit größere Veränderungen hinsichtlich der Gestaltung von sozio-technischer Arbeit in der Produktion zu erwarten sind, die insbesondere nicht F&E-intensive Unternehmen vor große Herausforderungen stellen. Begrenzte Managementkapazitäten sowie fehlendes Personal und fehlende Ressourcen für Forschung und Entwicklung sind für nicht F&E-intensive Unternehmen nicht zu unterschätzende Engpässe bei der Einführung und Umsetzung von Prozessinnovationen im Allgemeinen und von CPPS-Lösungen im Besonderen (Schulz 2007). Diese kaum in der öffentlichen Diskussion wahrgenommenen, nicht F&E-intensiven Unternehmen haben für die deutsche Wirtschaft eine erhebliche Bedeutung: Über 40 % der Wertschöpfung und rund 50 % der Gesamtbeschäftigung in der deutschen Industrie entfallen auf diese Unternehmen (Rammer et al. 2011). Die herausragende Bedeutung von organisatorischen und technischen Prozessinnovationen für nicht F&E-intensive Unternehmen zur Sicherung der eigenen Wettbewerbsfähigkeit ist in der Wissenschaft weitgehend unumstritten (Hirsch-Kreinsen 2005; Som und Zanker 2011).

Vor diesem Hintergrund ist es entscheidend, diesen Unternehmen den Zugang zu CPPS-Lösungen zu ermöglichen und sie zu befähigen, die neuen Technologien wirtschaftlich und beschäftigtenorientiert einzusetzen. Von besonderer Relevanz ist hierbei, die sozio-technischen Herausforderungen bei der Einführung von Industrie 4.0 zu bewältigen und CPPS-Lösungen den betrieblichen Anforderungen entsprechend einzuführen, zu gestalten und zu betreiben.

1.2 Zielsetzung

Das Ziel des Verbundprojektes besteht einerseits in der konkreten Einführung von CPPS-Lösungen auf den Shop Floors der vier Anwendungspartner. Die Lösungen sollen dabei zur Erreichung der konkreten operativen Ziele der Unternehmen beitragen. Hierdurch entstehen konkrete Demonstratoren und Leuchtturmprojekte in Bezug auf CPPS in nicht F&E-intensiven Unternehmen. Andererseits wird ausgehend von den spezifischen Lösungen eine allgemeine Gestaltungs- und Einführungssystematik von CPPS-Lösungen für nicht F&E-intensive Unternehmen entwickelt. Diese berücksichtigt neben den technologischen auch die ökonomischen und sozialen Anforderungen dieser Zielgruppe. Das Verbundprojekt STEPS hat in diesem Kontext das übergreifende Ziel, ein spezifisches CPPS-Lösungsmuster für nicht F&E-intensive KMU sowie die für die Einführung und Umsetzung notwendigen Strategien für ein beschäftigtenorientiertes, wirtschaftliches Produktionssystem zu entwickeln. Zusammenfassend ist die Übersicht des Forschungsprojekts in Abbildung 1 dargestellt.

weise frühzeitig aufgegriffen. Mit diesem Konzept wird vermieden, dass allein nach der Funktionsweise einzelner Mensch-Technik-Organisation-Komponenten (M-T-O) gefragt wird. Vielmehr werden die Wechselwirkungen und die Kombination der drei Elemente fokussiert.

Um der definierten Zielstellung gerecht zu werden, wurde das Konsortium aus Forschungs-, Anwendungs- und Entwicklungspartnern unterschiedlicher Disziplinen, Branchen und Technologien zusammengestellt, siehe Abbildung 2. Die Arbeitsteilung zwischen den Partnern erfolgt entsprechend der jeweiligen Kernkompetenzen. Aufgrund der Expertise der Entwicklungspartner stammen die zu entwickelnden Demonstratoren aus den Bereichen Big Data, Smart Components und Mensch-Maschine-Interaktion und werden entsprechend der Anforderungen und Zielsetzungen der Anwendungspartner zielgerichtet ausgewählt, vor Ort umgesetzt und die Adaptierbarkeit auf andere Unternehmen sichergestellt. Die Forschungspartner entwickeln und validieren die Gesamtsystematik und begleiten die Industriepartner bei der Umsetzung und Validierung der Prototypen.

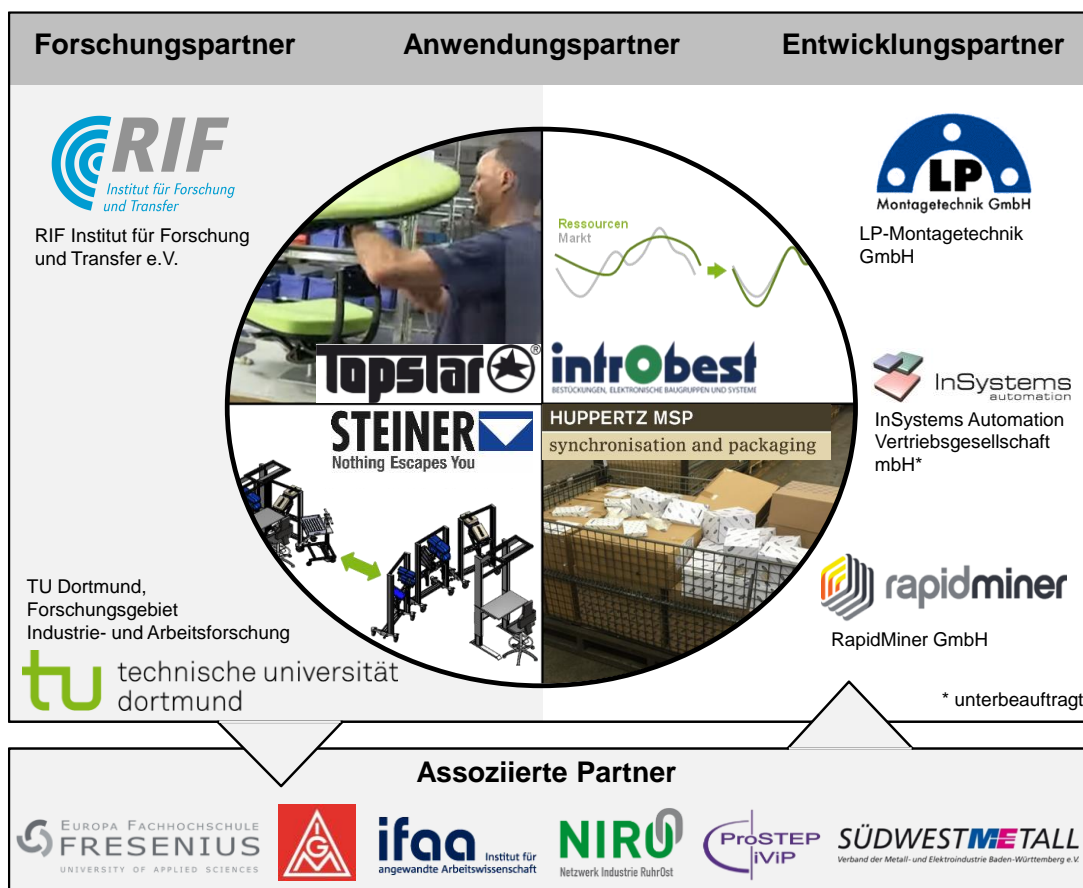


Abbildung 2: Übersicht des Konsortiums

2 Nutzen von STEPS für Unternehmen

In den folgenden beiden Abschnitten wird der Nutzen der Ergebnisse des Forschungsprojekts STEPS für Unternehmen dargestellt. Dazu werden einerseits die Nutzenpotenziale für Unternehmen und andererseits die Zielgruppe, die durch dieses Projekt adressiert wird, kurz vorgestellt.

2.1 Nutzen für Unternehmen

Der Nutzen für Unternehmen besteht maßgeblich in zwei Punkten:

- Orientierung an Best-Practices
- Verwendung der Gestaltungs- und Einführungssystematik

Als Best Practices werden die umgesetzten Demonstratoren der Anwenderunternehmen sowie die Ergebnisse der Systementwickler verstanden. Um die technologische und anwendungsseitige Vielfalt der Industrie 4.0 zu adressieren, wurden vier unterschiedliche Anwendungsszenarien definiert. Im Folgenden werden die Anwendungsszenarien kurz beschrieben, detaillierte Informationen sind in Kapitel 4 zu finden.

- Smart Logistics durch Staplerleit- und Werkerassistenzsystem:
Beim Logistikdienstleister MSP wird die Erfassung von Echtzeitdaten und die Unterstützung der Mitarbeiter forciert. Ziel ist die Logistikoptimierung entlang der Supply Chain durch eine hohe Transparenz bei gleichzeitig hoher Produktivität.
- Smart Logistics durch fahrerlose Transportsysteme (FTS):
Beim Sitzmöbelhersteller TOPSTAR werden autonome Transportsysteme implementiert, die mit dem Menschen interagieren können. Ziel ist es, die ergonomische Belastung bei Einfach Tätigkeiten bei gleichzeitig hoher Produktivität und Flexibilität des Mitarbeiterinsatzes zu reduzieren.
- Big Data Analytics in der Auftragsabwicklung:
Beim Elektronikfertiger intrObest werden Web/ Data Mining Modelle zur Optimierung der Auftragsabwicklung eingeführt. Ziel ist es, u.a. die Materialbeschaffung zu vereinfachen und Auftragschwankungen prognostizieren zu können.
- Smart Components and Devices zur Prozessabsicherung und -optimierung:
Beim Fernglashersteller Steiner-Optik werden Anlagen um smarte Komponenten erweitert, die u. a. Informationen zur Prozessabsicherung und der Unterstützung von Mitarbeitern in Form von Montageanleitungen führen. Ziel ist es, die Produktivität und Produktqualität innerhalb der Montage zu erhöhen.

Aus den Erfahrungen der Umsetzung der Anwendungsfällen sowie ergänzender Recherchen wird eine Systematik zur zielgerichteten Gestaltung- und Einführung von Industrie 4.0-Lösungen erarbeitet. Die Systematik wird in vier Teile gegliedert.

- Unternehmenstypologie:
Beschreibung von vier Unternehmenstypen und Zuordnung von jeweiligen Hemmnisse und Erfolgsfaktoren, um Unternehmen zu sensibilisieren und zu unterstützen.

- **Auswahlhilfe für Industrie 4.0-Lösungen:**
Nutzung der Online-Auswahlhilfe zur Identifikation geeigneter Industrie 4.0-Lösungen basierend auf Unternehmenszielen.
- **Sozio-technische Fähigkeitsbewertung:**
Detaillierte Bewertung einer ausgewählten Industrie 4.0-Lösung im Sinne des sozio-technischen Systems unter Berücksichtigung der drei Aspekte Mensch-Technik-Organisation.
- **Befähigung:**
Leitfaden zur Einbindung relevanter Unternehmensbereiche und einer Richtlinie für die Einführung einer konzipierten Industrie 4.0-Lösung. Best Practices beschrieben in Form einer Broschüre.

2.2 Für wen sind die STEPS-Ergebnisse geeignet

Maßgabe des Projekt war es, nicht F&E-intensive Unternehmen, die klassischerweise KMU-ähnliche Strukturen aufweisen, zu unterstützen. Daher wurden die besonderen, spezifischen Eigenschaften dieser Unternehmensklasse besonders berücksichtigt. Zu den Charakteristika zählen bspw. begrenzte Kapazitäten, technologische Investitionsmöglichkeiten und Kompetenzen zur Gestaltung ihres Produktionssystems. Somit wurden relativ hohe Erwartungen an die zu erarbeitende Systematik gestellt. Dementsprechend sind die Ergebnisse auch für größere Unternehmen nutzbar. Bspw. die Sozio-technische Fähigkeitsbewertung wurde im Rahmen eines Transferprojekts mit der IG Metall zum Kompass Digitalisierung weiterentwickelt und mit Unternehmen beliebiger Unternehmensgröße validiert.

3 STEPS Gesamtsystematik

Grundlegend orientiert sich die Systematik an einer zielgerichteten, digitalen Transformation von Unternehmen. Die Umsetzung der Industrie 4.0 bzw. der Einsatz Cyber-Physischer Produktionssysteme ist dabei kein Selbstzweck, sondern Mittel zum Zweck, um einen definierten Ziel-Zustand zu erreichen. Von Bedeutung ist dabei die Berücksichtigung des jeweiligen aktuellen Ist-Zustands, der die Grundlage für den Transformationsprozess bildet. Um Unternehmen bei dieser zielgerichteten Transformation zu unterstützen, wurden vier Module entwickelt, siehe Abbildung 3. Prinzipiell sind diese Module unabhängig voneinander nutzbar, doch erst kombiniert unterstützen sie den gesamten Gestaltungs- und Einführungsprozess.

Den grundlegenden Rahmen bildet die Unternehmenstypologie. Diese beschreibt detailliert vier Unternehmenstypen samt der zugehörigen Erfolgsfaktoren und Hemmnisse für die Einführung der Industrie 4.0 anhand von Fallbeispielen. Die Einordnung des eigenen Unternehmens ermöglicht es, die eigenen Erfolgsfaktoren und Hemmnisse zu erkennen und in den Gestaltungs- und Einführungsprozess einfließen zu lassen. Bezogen auf die Unternehmensstruktur und die daraus resultierenden Eigenschaften unterstützt dieses Modul maßgeblich zur Einordnung des Ist-Zustands und gibt Anregungen für die zukünftige Unternehmensentwicklung.

Darauf aufbauend werden die Module 1-3 iterativ durchlaufen, um die Digitalisierung fortlaufend und zielgerichtet umzusetzen. Das „Großprojekt“ der Digitalisierung soll dadurch in kleinere Projekte unterteilt werden, im Rahmen derer einzeln messbare Potenziale für einzelne Bereiche umzusetzen sind. Anhand von Demonstratoren wird der Nutzen für das eigene Unternehmen evaluiert und kann bei Erfolg auf weitere Teile des Unternehmens übertragen werden. Ziel ist es, dadurch das Risiko überschaubar zu halten und die Akzeptanz innerhalb des Unternehmens zu steigern. Eine übergeordnete Vision der Industrie 4.0 wird dadurch nicht obsolet, doch wird die konkrete Ausprägung und die schrittweise Annäherung an diese Vision unterstützt. Im Zuge dessen kann auch eine erneute Einordnung in die Unternehmenstypologie sinnvoll sein, da das Unternehmen möglicherweise eine nennenswerte Entwicklung durchläuft.

Im Modul 1 werden Unternehmen bei der Auswahl geeigneter Industrie 4.0-Lösungen unterstützt. Die Grundlage hierzu bilden die Definition von Unternehmenszielen sowie die Ableitung dieser auf die einzelnen Unternehmensbereiche. Für einen ausgewählten Pilotbereich inklusive definierter Problemstellung wird im nächsten Schritt die Auswahl einer geeigneten Industrie 4.0-Lösung unterstützt. In der entwickelten Online-Auswahlhilfe werden bestehende Industrie 4.0-Lösungen beschrieben und hinsichtlich ihrer Auswirkung auf das Unternehmen bewertet. Ergebnis ist die Identifikation von Prinziplösungen, die im Folgenden detaillierter analysiert werden.

Das Modul 2 unterstützt die Ausgestaltung der Industrie 4.0-Lösung in Form eines Workshopkonzepts. Hierzu wurde ein Excel-Tool entwickelt, welches die sozio-technische Bewertung der Prinziplösung ermöglicht. Die detaillierte Betrachtung des Ist-Zustands des betrachteten Produktionsbereichs vor Einführung der Industrie 4.0-Lösung sowie des Soll-Zustands inklusive ausgewählter Prinziplösungen ermöglicht eine Analyse der Auswirkungen sowie erforderlicher Handlungsfelder. Auf Basis dessen erfolgt die abschließende Bewertung und Auswahl einer Industrie 4.0-Lösung.

KMU und zeichnen sich mit den damit verbunden begrenzten Kapazitäten, technologischen Investitionsmöglichkeiten und Kompetenzen zur Gestaltung ihres Produktionssystems aus. Dabei ist zunächst festzuhalten, dass ihr Anteil am KMU-Gesamtbestand mit 60 % (Som 2012) vergleichsweise hoch ist. Innovationen zur Wettbewerbssicherung haben jedoch auch für diese Unternehmen eine große Bedeutung.

Aktuelle Umfrageergebnisse zeigen, dass diese Unternehmen sich zwar intensiv mit der Industrie 4.0 beschäftigten, bislang aber kaum mit der Umsetzung begonnen haben (acatech 2013). Die Ursachen liegen u. a. in der Komplexität der einzuführenden Technologie, der Notwendigkeit der betriebsspezifischen Anpassung der CPPS-Technologien und den dafür fehlenden Ressourcen und Erfahrungen von nicht F&E-intensiven Unternehmen, die in der Folge nicht mit der derzeitigen Entwicklung Schritt halten können. An dieser Stelle setzt die vorgelegte Typologie an und ermöglicht eine erste Selbsteinordnung für diese Unternehmen, aus der dann weitere Maßnahmen abgeleitet werden können.

Die Erstellung einer Unternehmenstypologie soll es nicht F&E-intensiven Unternehmen ermöglichen geeignete Lösungen schneller zu finden bzw. unpassende auszuschließen. Damit können typische Erfolgsfaktoren aber auch Hemmnisse bei der Einführung von CPPS aufgezeigt werden, die es nicht F&E-intensiven Unternehmen ermöglicht, sich selbst zu bewerten. Die konzeptionelle Basis bietet dabei das Stufenmodell empirisch begründeter Typenbildung (Kluge 1999). Grundannahme der an dieser Stelle vorgelegten Typologie ist eine Sichtweise mit dem Fokus auf den Menschen in der Einführungssystematik. Rein technische Lösungen werden hier nur insoweit in Betracht gezogen, als dass sie einen unmittelbaren Einfluss auf menschliches Arbeitshandeln bzw. Arbeit im hier untersuchten Zusammenhang haben. Gleiches gilt für eine rein organisatorische Betrachtung. Dabei wird die soziotechnische Gesamtbewertung (vgl. Abbildung 4) des jeweiligen Systems in Betracht gezogen, die eine rein isolierte Sichtweise qua Definition bereits ausschließt.

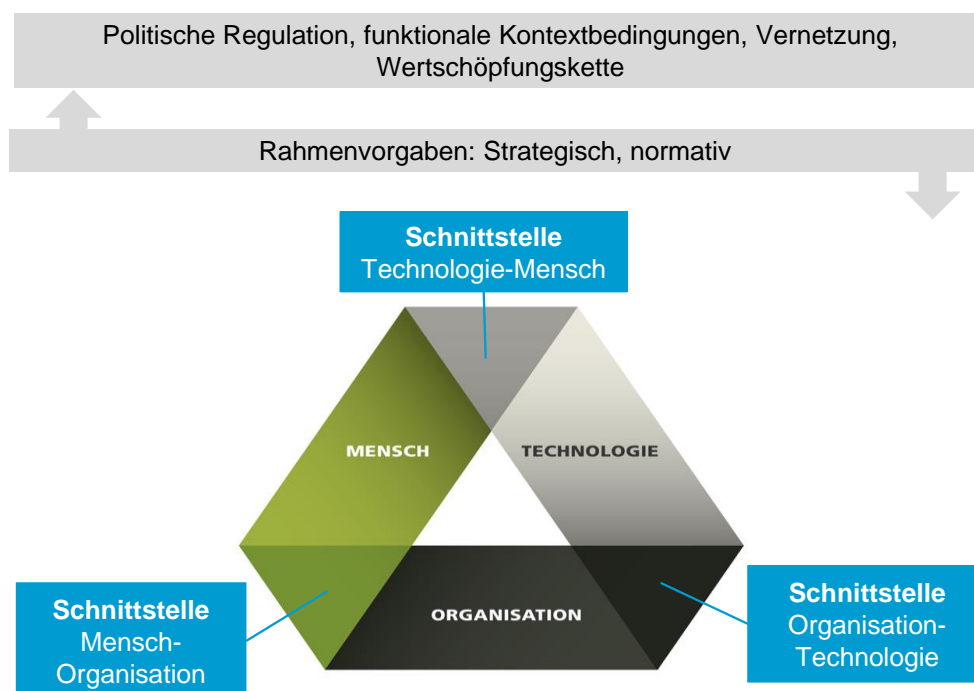


Abbildung 4: Das sozio-technische System (Ittermann et al. 2016)

Es sind vor allem die Schnittstellen näher zu betrachten, da hier mögliche Gestaltungsräume und Handlungsfelder verortet sind (Ittermann et al. 2016). Diese Schnittstellen werden als erste Grundlage für die Merkmale herangezogen und durch das übergreifende Merkmal des Einführungsprozesses ergänzt.

Im Folgenden werden zunächst die Merkmale und die jeweiligen Ausprägungen der Typologie näher beschrieben. Um die Auswahl der Kategorien besser begründen zu können, werden diese im Folgenden anhand einer „These“ kurz begründet. Diese Begründung liefert gleichzeitig einen Hinweis auf weitere Interpretationsmöglichkeiten. Die so dargestellten Merkmale, deren Ausprägungen aufgrund bisheriger Erkenntnisse (Voruntersuchungen, Literaturrecherche) formuliert wurden, werden dann zu spezifischen Typen verdichtet.

Merkmalsauswahl

Basis für die Entwicklung einer Typologie ist die Unterscheidung möglicher Typen anhand denkbarer Merkmale. Die Auswahl erfolgte in zwei Schritten und wird im Folgenden näher erläutert. Der erste Schritt benennt zunächst die bestimmenden Merkmale. Auf Basis einer eingehenden Analyse und von Expertengesprächen sind die folgenden vier Merkmale heranzuziehen:

1. Arbeitsorganisation (Mensch-Organisation)
2. Tätigkeiten und Qualifikationsanforderungen (Technologie-Mensch)
3. Technologieadaptionsfähigkeit (Organisation-Technologie)
4. Akzeptanz der Lösung

Im zweiten Schritt sind dann, neben den oben genannten Merkmalen (Kelle und Kluge 1999) zusätzlich die Ausprägungen innerhalb der jeweiligen Merkmale (ebd.) zu benennen. Damit lassen sich die Kategorien und die dazu erhobenen empirischen Daten zu einer Typologie verdichten. Die Auswahl der Ausprägungen erfolgt anhand des empirischen Datenmaterials (Kluge 1999). Hierbei ist grundsätzlich eine Zweiteilung zwischen den jeweiligen Extrempunkten annehmbar. Darüber hinaus sind jedoch mögliche Zwischenschritte zwischen diesen Extremwerten denkbar. Vor dem Hintergrund der Fokussierung auf den Faktor Mensch, sind diese Kategorien einerseits in Anlehnung an eine umfangreiche Literaturrecherche entstanden, andererseits aber auch aus der Auswertung der geführten Interviews. So konnten vor allem die empirisch evidenten Kategorien herausgearbeitet werden, die sich in den Anwendungsfällen finden ließen. Ein Gesamtbild der möglichen Kategorien liefert die Morphologie zur soziotechnischen Fähigkeitsbewertung, siehe Kapitel 3.3.

Kategorien - Merkmale

- Arbeitsorganisation – Schnittstelle Mensch-Organisation

Eine Grundannahme der Analyse richtet sich auf die jeweilige organisatorische Umsetzung möglicher Lösungen von Industrie 4.0 im Unternehmen. Dabei ist die aktuelle Arbeitsorganisation in den Blick zu nehmen. Im Zuge einer zunehmenden Digitalisierung sind vor allem sich verändernde Zuschnitte von Arbeit, Kontrolle und Mitbestimmung zu betrachten. Insbesondere wird durch eine zunehmende Erfassung von Daten auch eine sich erhöhende Transparenz der einzelnen Beschäftigten ermöglicht, die zu neuen Formen der Kontrolle genutzt werden kann. Dabei werden sich zukünftig andere Formen der Arbeitsorganisation etablieren, die den neuen Formen

und Zuschnitten von Arbeit Rechnung tragen werden. Vor allem für die zukünftige Entwicklung von Arbeit sind unterschiedliche Szenarien denkbar (Hirsch-Kreinsen 2016), die jeweils eine darauf angepasste bzw. veränderte Arbeitsorganisation erfordern.

– Tätigkeiten und Qualifikationsanforderungen – Schnittstelle Technologie-Mensch

Wichtiges Kriterium im Umsetzungsprozess sind die direkt betroffenen Beschäftigten. Korrespondierend zur Kategorie Technologieadaptionfähigkeit sind die tatsächlichen und zukünftig notwendigen Qualifikationen der Beschäftigten zu betrachten. Hier ist davon auszugehen, dass in engem Zusammenhang zu den betrieblichen Umsetzungsprozessen gegenwärtige und zukünftige Qualifikationen eine große Bedeutung für die erfolgreiche Umsetzung und weitere Ausrichtung von nicht F&E-intensiven Unternehmen spielen. Gleiches gilt für den eventuellen Aufbau von Schnittstellen zu Kunden und Lieferanten von nicht F&E-intensiven Unternehmen. Neben der rein technischen Umsetzung ist dabei auch die menschliche Komponente zu betrachten. So hat die Ausgestaltung einer Schnittstelle wesentlichen Einfluss auf die kooperativen Beziehungen zu Kunden und Lieferanten (Som und Zanker 2011, Wienzek 2014). Darüber hinaus ist der organisatorische Aspekt von Schnittstellen (Brockhoff 1994) zu betrachten. Die Qualifikationsanforderungen an die Beschäftigten werden sich unter den sich verändernden Rahmenbedingungen von Industrie 4.0 verändern. Offen ist dabei bisher der eigentliche Entwicklungspfad. Denkbar sind an dieser Stelle unterschiedliche Szenarien, die unter dem Punkt Ausprägungen der Typologie näher erläutert werden.

– Technologieadaptionfähigkeit – Schnittstelle Organisation-Technologie

Die Fähigkeit neue Technologien zu integrieren ist im Kontext von Industrie 4.0 eine zentrale Größe. Gleichzeitig gilt es jedoch auch schon vor der Integration bei der Entwicklung bzw. spezifischen Adaption mitzuarbeiten. Hier muss von einem großen Überblick und fundierten Kenntnissen über die Technik ausgegangen werden, was wiederum spezifische Fähigkeiten für nicht F&E-intensive Unternehmen voraussetzt. Eine enge Verbindung zur Kategorie Personal/ Qualifikation ist zunächst festzuhalten, wobei insbesondere der Umgang mit sogenanntem Erfahrungswissen von großer Bedeutung ist, da sich diese Wissensbestandteile nur schwer übertragen lassen. Auch die Auswahl der „richtigen“ Technologie für nicht F&E-intensive Unternehmen kann vielfach ein Hemmnis darstellen, da die Zahl der möglichen Lösung zunächst erfasst und verifiziert werden muss, siehe Kapitel 3.2. Dies stellt vor allem kleinere Unternehmen vor große Herausforderungen.

– Akzeptanz der Lösung

Die Bedeutung des Einführungsprozesses für die Akzeptanz einer Digitalisierungslösung darf in keinem Fall unterschätzt werden. Daher ist eine deutliche und für alle Parteien nachvollziehbare Planung und Gliederung für alle Seiten von großer Bedeutung. So wird die notwendige Transparenz über den Verlauf und das weitere Vorgehen geschaffen. Dies führt zudem dazu, dass man das Maß an Verbindlichkeit zwischen den Partnern sowohl innerbetrieblich als auch darüber hinaus erhöhen kann. Gleichzeitig können auf diese Weise Beschäftigte enger eingebunden werden, was mögliche Hemmnisse in diesem Bereich abbauen bzw. vermeiden kann (Kreimeier und Hermann 2013). Nur über eine frühe und offene Einbindung der Beschäftigten bei der Umsetzung möglicher Digitalisierungslösungen kann vermieden werden, dass es an dieser Stelle zu Komplikationen kommt. Dies wird vor allem an den bisher nur allgemein formulierten Größen (möglicher

Personalabbau, Wegfall von Arbeitsplätzen etc.) deutlich. Bisher diskutierte quantitative Veränderungen von Arbeit (IG Metall 2016; Arntz und Zierahn 2016) machen die hohe Bedeutung einer transparenten Vorgehensweise deutlich, wenn man die Potenziale der Beschäftigten weiter nutzen will. Nur durch diese Maßnahmen lässt sich eine hohe Akzeptanz von angestrebten Lösungen auf der Beschäftigtenebene erreichen. Dies ist für die erfolgreiche Umsetzung eine wesentliche Voraussetzung.

Ausprägungen der Typologie

Nach der Vorstellung der Kategorien bzw. Merkmale müssen in einem weiteren Schritt die jeweiligen Ausprägungen des jeweiligen Merkmals genauer beschreiben. Die Ausprägungen basieren dabei auf der Auswertung des empirischen Datenmaterials. Grundsätzlich kann zunächst eine Zweiteilung zwischen den jeweiligen Extrempolen angenommen werden. Dies wird jedoch nur als Grundlage für eine genauere Einordnung genutzt, da sich im empirischen Datenmaterial keine derartigen Extreme finden ließen. Nach der Darstellung der möglichen Ausprägungen wird dann eine Einordnung der empirischen Fälle in den so aufgestellten Rahmen der Typologie vorgenommen.

– Arbeitsorganisation - Ausprägung

Ausgehend von den bisher vorgefundenen Formen der Arbeitsorganisation können vor allem mit Hinblick auf die Veränderung von Arbeit unterschiedliche Szenarien (Hirsch-Kreinsen 2016) angenommen werden. Diese stehen in unmittelbarem Zusammenhang zur jeweiligen Arbeitsorganisation. Dabei stellen sich die Extremwerte wie folgt dar. Auf der einen Seite kann sich eine vollständig automatisierte Form ergeben, die den Einsatz menschlicher Arbeitskraft vollständig ausblendet. In diesem Fall ist ein Eingreifen des Menschen in den Produktionsprozess nicht mehr ausgestaltet. Auf der anderen Seite kann sich wiederum eine stark an den Beschäftigten orientierte Einführung neuer Technologien ergeben, die eher auf ein unterstützendes Moment maschineller Arbeit abzielt und dabei große Entscheidungsspielräume und Partizipationsmöglichkeiten auf Seiten der Beschäftigten bestehen lässt.

– Tätigkeiten und Qualifikationsanforderungen - Ausprägung

Mit dem sich verändernden Zuschnitt von Industriearbeit im Kontext der Digitalisierung werden sich vor allem zukünftige Tätigkeiten und die damit verbundenen Qualifikationsanforderungen an die Beschäftigten verändern. Denkbar ist hier auf der einen Seite ein Szenario des Upgradings von Industriearbeit bis hin zu einer Polarisierung von Qualifikationen (Ittermann et al. 2015). Zwischen diesen Extrempunkten lässt sich eine Vielzahl von Abstufungen finden, die je nach Unternehmen unterschiedlich ausfallen. Dabei ist ein Erreichen der Extremwerte empirisch von geringerer Relevanz. Vielmehr werden sich unterschiedlich stark ausgeprägte Abstufungen zwischen diesen Extremwerten finden lassen, die sich jeweils stark in den vorzufindenden Tätigkeiten widerspiegeln.

– Technologieadaptionfähigkeit - Ausprägung

Eine Notwendigkeit zur Integration neuer Technologien ist eine wesentliche Voraussetzung für alle Unternehmen. Dies gilt sowohl im speziellen Fall der Integration einer CPPS-Lösung wie auch allgemein. Bei nicht F&E-intensiven Unternehmen kann man innerhalb dieser Kategorie

eine Dreiteilung vornehmen. Eine geringe Technologieadaptionsfähigkeit würde den Zukauf „fertiger“ Technologien bedeuten. Darüber hinaus kann es neben der Fähigkeit zur grundsätzlichen Erstellung und Festlegung von Spezifikationen für eine Technologie auch zu einem Umbau bzw. einer eigenen Weiterentwicklung von Technologie kommen.

– Akzeptanz der Lösung – Ausprägung

Die große Bedeutung des Einführungsprozesses ist bereits oben betont worden. Für den Ablauf können die folgenden Ausprägungen angenommen werden. Der Ablauf kann von einer kurzfristigen Projektplanung (ad hoc) über eine grob strukturierte Planung bis zu einer langfristigen, fein strukturierten Projektplanung reichen. Dabei ist zu betonen, dass sich Einführungsprozesse im Laufe der Zeit verändern können, wenn die beteiligten Partner dies für nötig erachten. Wichtiges Element dabei ist vor allem eine möglichst transparente Strategie der Einführung, da nur so mögliche Hemmnisse vermieden werden. Über diese Maßnahmen lässt sich dann auch die Akzeptanz für die angestrebte Lösung erhöhen. Gleichzeitig ist es wichtig diese Größe fortlaufend zu betrachten und unternehmensspezifisch zu messen.

Unternehmenstypen

Im Folgenden werden auf Basis der beschriebenen Merkmale vier Unternehmenstypen dargestellt, die sich aus den empirischen Ergebnissen des Forschungsprojektes ableiten lassen, siehe Abbildung 5. Wesentliches Moment dabei waren die Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0-Lösungen in den Unternehmen. Dabei wird vor allem die schnittstellenübergreifende Betrachtung in den Blick genommen, um so die Besonderheiten der Einführung und ihre Auswirkung auf die unterschiedlichen Merkmale deutlich herausarbeiten zu können. Im Anschluss an die Beschreibung findet sich zudem eine grafische Darstellung der Typen, die zur Selbsteinordnung des eigenen Unternehmens genutzt werden kann. Dies ermöglicht einen ersten Überblick über den eigenen Einführungsprozess bzw. das eigene Unternehmen. Dabei ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die Einordnung immer nur unternehmensspezifisch erfolgen kann. Die Typologie bietet dazu einen ersten Ansatzpunkt.

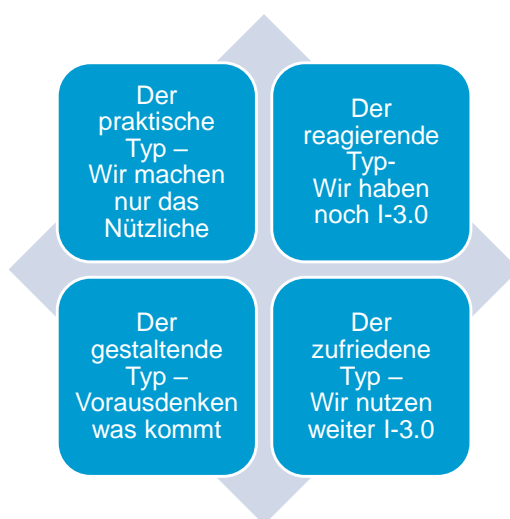


Abbildung 5: Übersicht der Unternehmenstypologie

3.1.1 Der praktische Typ – Wir machen nur das Nützliche

Dieser Typ beschreibt Unternehmen, die vor allem praktikable Lösungen umsetzen wollen. Dabei werden einfache und bestehende Dinge/ Standards genutzt und diese auf eine niederschwellige und anwenderorientierte Art und Weise im Unternehmen eingebunden. Hervorzuheben ist, dass diese Unternehmen aktiv nach Lösungen suchen und diese selbst für das eigene Unternehmen anpassen. Zentrales Moment ist dabei eine einfache und auf bestehenden Standards aufbauende Integration von Technologie. Im Folgenden sollen nun die Merkmale dieses Typs genauer betrachtet werden.

– Arbeitsorganisation – Merkmal und Ausprägung

Die bisherige Arbeitsorganisation dieses Typs wird meist nur inkrementell verändert. Die Einführung neuer Technologien in den Tätigkeitsablauf erfolgt meist schleichend und stellt vor allem die Verbesserungen durch die Technologie in den Mittelpunkt. Die Beschäftigten werden anhand der Vereinfachungen oder Verbesserungen langsam an die neuen Abläufe herangeführt. Diese Einführungsstrategie setzt zudem darauf, dass zunächst Beschäftigte angesprochen werden, die technischen Veränderungen offen gegenüberstehen. Diese Beschäftigten werden als so genannte Promotoren gesehen und können die Neuerungen zuerst „testen“. Bei positiver Resonanz auf die Einführung können weitere Beschäftigte dann einfacher für die Veränderungen gewonnen werden. Dieses Vorgehen ist deshalb erfolgreich, da der Fokus der Digitalisierungslösung stark auf die Nützlichkeit und Vereinfachung bisheriger Arbeitsabläufe ausgerichtet ist. Grundsätzlich ist hier aber vor allem ein relativ hoher Entscheidungsspielraum der Beschäftigten gegeben. Der gesamte Einführungsprozess verläuft ergebnisoffen. Nur so können die nützlichen Dinge für das Unternehmen herausgearbeitet werden. Zwar wird eine mögliche Lösung durch das Management vorgegeben, diese wird jedoch auf ihre Eignung im Unternehmen überprüft und ggfs. angepasst, was zu einer völligen Neukonfiguration führen kann, wenn sich die ursprüngliche Lösung als nicht nutzbar herausstellt.

Es finden sich jedoch durchaus geänderte Arbeitsabläufe für die Beschäftigten, die nicht nur positiv zu sehen sind. So kann eine zunehmende Digitalisierung auch zu einer erhöhten Arbeitsdichte führen. Gleichzeitig sind die in diesem Fall beobachteten veränderten Zuschnitte von Arbeit auch in negativer Sicht nutzbar. Durch eine digitale Erfassung kann recht einfach auf die Leistung des Einzelnen geschlossen und diese transparent gemessen werden. Die Vereinfachung bestimmter Arbeitsabläufe hat somit eine mögliche, erhöhte Kontrolle zur Folge. Gleichzeitig werden bestimmte Arbeitsschritte zukünftig durch digitale Lösungen ersetzt. Dies hat zur Folge, dass eventuell noch bestehende Arbeitsplätze zukünftig wegfallen können. Auch die innerbetriebliche Kommunikation kann zukünftig in hohem Maße digital ablaufen und führt damit ebenfalls zu einer Veränderung der Arbeitsorganisation.

Unter dem Label einer großen Nützlichkeit finden sich hier durchaus kritische Punkte in Bezug auf die Arbeitsorganisation. Diese Einführungsstrategie muss daher durchaus ambivalent gesehen werden. Einerseits ermöglicht sie ein recht hohes Maß an Einbindung der Beschäftigten. Andererseits kann eine derartige Einführungsstrategie auch dazu führen, dass derartige Veränderungen im Nachhinein nur schwer reversibel sind, da sie eben im Vorfeld von einer möglichst

großen Zahl von Beschäftigten mitgetragen wurden. Die Auswirkungen auf die Arbeitsorganisation sind hierbei eher inkrementell zu bezeichnen. Zwar lassen sich eventuell einzelne Arbeitsschritte zukünftig automatisieren, diese Automatisierung wird jedoch vor allem das so genannte „Back-Office“ treffen, da Tätigkeiten aus diesem Bereich Teil der Digitalisierungslösung sind (An- und Abmeldung, Ersatzteilbeschaffung, Auftragserfassung etc.). Grundsätzlich kann diese Einführungsstrategie ein hohes Maß an Identifizierung mit der Lösung schaffen, was für den weiteren Fortschritt im Unternehmen hilfreich sein kann, da sie von den Betroffenen mitgestaltet und mitgetragen wird.

– Tätigkeiten und Qualifikationsanforderungen – Merkmal und Ausprägung

Die hier vorzufindende inkrementelle und niederschwellige Einführung von Digitalisierungslösungen verändert die Tätigkeiten nur graduell. Zudem erlaubt der Einführungsprozess auch Rückschritte und Anpassungen, was ebenfalls dazu führt, dass sich Tätigkeiten und Anforderungen an die Beschäftigten nicht sprunghaft verändern. Grundsätzlich sind jedoch grundlegende Fähigkeiten in Bezug auf die gewählte Digitalisierungslösung erforderlich. Die Konzentration auf sinnvolle und/ oder nützliche Lösungen führt dazu, dass die Fähigkeiten entweder schnell erlernbar, oder schon vorhanden sind. So verändern sich die Tätigkeiten auf dem Hallenboden nur graduell und in kleinen Schritten, was auch für die Qualifikationsanforderungen gilt. Daher kann zusammenfassend davon gesprochen werden, dass sich in diesem Fall eher kleine Veränderungen mit Blick auf zukünftige Tätigkeiten finden lassen. Eine Abwertung bisheriger Tätigkeiten ist hier zunächst nicht erkennbar. Vielmehr kann aufgrund der Einführung von Digitalisierungslösungen eher von einer – wenn auch nur graduellen – Aufwertung von Tätigkeiten gesprochen werden, da Aufgrund der Lösung hier oft mehr Einfluss bei den Beschäftigten auf dem Hallenboden (Rückmeldung über Fehlmengen, Vereinfachung der bisherigen Arbeitsabläufe etc.) festgestellt werden kann.

Auf der Ebene des Managements ist eine Veränderung deutlicher erkennbar. Die neuen Lösungen bzw. deren Einführung erfordern in vielen Fällen ein recht hohes Maß an technischem Know-how. Gleichzeitig gilt es, die hinter der eigentlichen Lösung stehenden Zusammenhänge zu verstehen bzw. diese auch in digitaler Form aufzubereiten (Datenbanken, Programmierung etc.). Dies wird in den meisten Fällen nicht vom eigenen Management zu leisten sein (was auch aufgrund der Unternehmensgröße – KMU – zu beachten ist) und wird daher vielfach als Dienstleistung zugekauft. Dies gilt es grundsätzlich zu beachten, denn es besteht die Gefahr sich hier von Dienstleistern abhängig zu machen.

Über das gesamte Unternehmen betrachtet kann hier nicht von einer extremen Veränderung von Tätigkeiten und/ oder Qualifikationsanforderungen von Industriearbeit gesprochen werden. Gleiches gilt auch in Bezug auf die Auf- oder Abwertung von Industriearbeit. Aufgrund der eher offenen und in Teilen partizipativen Einführung ergibt sich hier eher ein stetiger Wandel, der auch zukünftig kaum starke Veränderung erwarten lässt. Der gewählte Entwicklungs- und Einführungs-pfad spricht mehr für eine schrittweise Entwicklung der bisherigen Qualifikationen und Erweiterung der Tätigkeiten der Beschäftigten.

– Technologieadaptionsfähigkeit – Merkmal und Ausprägung

Die Adaptionsfähigkeit ist in diesem Fall mit dem Fokus auf eine als praktisch anzusehende Lösung zu betrachten. So werden hier keine umfassenden technischen Veränderungen eingeführt und auch keine tiefgreifenden Veränderungen der Arbeitsorganisation vorgenommen. Grundsätzlich kann vor diesem Hintergrund die Adaptionsfähigkeit der neuen Technologie hier durchaus als hoch eingestuft werden. Dies liegt jedoch auch an der spezifischen Form der Einführung, die zunächst auf Pilotbereiche bzw. Pilotarbeitsplätze setzt, an denen die neue Lösung dann eingeführt wird. Dies hat zwei unterschiedliche Gründe. Zum einen kann die eigentliche Technologie so getestet werden. Zum anderen kann über die Auswahl von „Key-Usern“ ein erster Schritt in Richtung Akzeptanz gemacht werden, da hier Beschäftigte als sogenannte Promotoren ausgesucht werden, die grundsätzlich Interesse an technischer Veränderung haben. Der eigentliche Einführungsprozess betont zunächst die Vorteile in Bezug auf die Veränderung der Arbeitsabläufe. Dabei ist zu beobachten, dass die Beschäftigten mit den Veränderungen durchaus offen umgehen und so schnell die Scheu vor den technischen Lösungen verlieren. In einem zweiten Schritt wird dann vielfach der Funktionsumfang der Technik erhöht, um so das volle Potenzial nutzen zu können. Begleitet wird dies durch ein fortlaufendes Feedback über den gesamten Prozess durch die Beschäftigten. In einem letzten Schritt werden dann alle geplanten Bereiche mit den entsprechenden technischen Lösungen ausgerüstet.

Die Technologieadaptionsfähigkeit des Unternehmens muss daher in unterschiedlichen Bereichen betrachtet werden. Zum einen auf der Ebene der Unternehmensführung und damit der Planungsebene, die in starkem Maße von der Nützlichkeit der Digitalisierungslösung getrieben ist. Es wird daher auf eine eher anwendungsorientierte Lösung gesetzt, deren volles Potenzial erst in späteren Ausbaustufen genutzt werden kann oder bewusst nicht genutzt wird, um vor allem eine leichte Nutzbarkeit gewährleisten zu können. Auch mögliche Standards werden so gewählt, dass sie breit nutzbar sind. Auf der Anwendungsebene werden damit möglichst einfache und schnell nutzbare Lösungen implementiert, die eine sehr geringe Einarbeitungszeit erfordern. Der Fokus auf die Nützlichkeit der Lösung soll eine schnelle und breite Einführung gewährleisten.

Grundsätzlich kann die Technologieadaptionsfähigkeit hier als eingeschränkt bezeichnet werden, da diese nur Technologien betrachtet, die für das Unternehmen nützlich sind. Es wird daher auf eben diese Möglichkeiten fokussiert, was möglicherweise andere Lösungen ausblendet.

– Akzeptanz der Lösung – Merkmal und Ausprägung

Die besondere Einführung der technischen Lösung über Pilotbereiche und Pilotbeschäftigte sowie die Fokussierung auf möglichst nützliche Lösungen führen in diesem Fall zu einer hohen Akzeptanz. Insbesondere die Einbindung der Beschäftigten und das fortlaufende Feedback kann als wesentliche Größe für diese hohe Akzeptanz gesehen werden. Gleiches gilt für die fehlertolerante Einführung, die über mögliche Rückschritte und Anpassungen dazu führt, dass ein ständiges Monitoring stattfindet. Hier stellen die Rückmeldungen der Beschäftigten und die Feedbackmöglichkeit ein wesentliches Moment dar, welches aktiv genutzt wird und auch schnell Einzug in die technische Lösung findet.

Zusammenfassend ist so zu betonen, dass ein breiter und offener Einführungsprozess als wesentliches Element für die Akzeptanz angesehen werden kann, da er die Beschäftigten und ihre

Ideen einbindet. Im hier gezeigten Typus sind es zudem die nützlichen Elemente einer technischen Lösung, die in den Mittelpunkt gestellt werden. Ein solches Vorgehen kann unter Einbezug der Beschäftigten die Akzeptanz für die Industrie 4.0-Lösung erhöhen und führt schlussendlich dazu, dass die Einführung solcher Veränderungen reibungsloser und schneller ablaufen kann.

3.1.2 Der reagierende Typ – Wir haben noch I-3.0

Wesentliches Merkmal für diesen Typ ist, dass zunächst fertige Lösungen umgesetzt werden. Dabei wird darauf verzichtet, diese zu gestalten bzw. selbst zu entwickeln oder nach Lösungen zu suchen. Im Fokus steht daher der Kauf einer Lösung, die dann möglichst reibungslos eingeführt werden kann. Das Unternehmen passt sich dabei der Lösung an und steht zunächst noch eher abwartend einer möglichen Digitalisierung gegenüber. Bisher bewährtes wird zunächst beibehalten und nicht grundsätzlich in Frage gestellt. Mit der Einführung einer Industrie 4.0-Lösung kann dies jedoch auch zu einer nicht geplanten Dynamik im Unternehmen führen, die ihrerseits zu bewältigen ist.

– Arbeitsorganisation – Merkmal und Ausprägung

Eine Veränderung der bisherigen Arbeitsorganisation findet hier zunächst nicht statt. Im Fokus steht vielmehr ein Test bzw. eine Simulation der geplanten Lösung in einem eng umrissenen Pilotbereich, ohne diese im ersten Schritt in den Arbeitsablauf zu integrieren. Erst nach Abschluss der Testphase werden die ausgewählten Lösungen dann implementiert. Eine Einbindung der Beschäftigten auf dem Shop-Floor erfolgt erst mit Umsetzung der Lösung. Im Vorfeld wird lediglich rudimentär auf die Wünsche und Anregungen der Beschäftigten eingegangen, die dann in Teilen in die Umsetzung einfließen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass eine Anpassung von Unternehmensseite erfolgt. Es werden Umsetzungen geplant, die eine Anpassung der Beschäftigten an die technische und organisatorische Lösung voraussetzen. Die Einführungsstrategie erfolgt zentral und über den gesamten Bereich hinweg und damit deutlich anders als im Fall des praktischen Typs, der die Beschäftigten stärker im Mittelpunkt sieht. Damit fallen Möglichkeiten zu Einzeltests weg und das System kann nur als Ganzes analysiert werden. Grundsätzlich stehen auch hier die Verbesserungen und Vereinfachungen für die Beschäftigten im Mittelpunkt der technischen Lösung und werden besonders hervorgehoben, wobei mögliche Entscheidungsspielräume der Beschäftigten durchaus beschnitten werden, jedoch nicht gänzlich wegfallen. Zu beachten ist jedoch, dass in diesem Fall ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Entscheidungsspielräume zu finden ist und diese geringer werden.

Die hier zu findenden Veränderungen in den Arbeitsabläufen sind für die Beschäftigten nicht nur positiv zu sehen. So ist zu befürchten, dass die zunehmende Digitalisierung auch zu einer erhöhten Arbeitsdichte führen wird. Gleichzeitig haben die in diesem Fall beobachteten veränderten Zuschnitte von Arbeit auch negative Auswirkungen. Durch die nun digital erfassbare Veränderung der Arbeit kann recht einfach auf die Leistung des Einzelnen geschlossen und diese gemessen werden. Die geringeren Entscheidungsspielräume der Beschäftigten und die mögliche erhöhte Kontrolle können zudem dazu führen, dass sich Beschäftigte stärker überwacht fühlen. Eine mehr digital ausgelegte innerbetriebliche Kommunikation führt ebenfalls zu einer Veränderung der Arbeitsorganisation.

Die hier vorzufindenden Vereinfachungen von Arbeitsabläufen führen dazu, dass die Qualifikationsanforderungen an zukünftige Beschäftigte geringer ausfallen oder bestimmte Arbeitsschritte zukünftig durch digitale Lösungen ersetzt werden. Vor dem Hintergrund der Konzentration auf eine technisch getriebene Lösung finden sich hier durchaus kritische Punkte in Bezug auf die Arbeitsorganisation. So ist die Einführungsstrategie durchaus ambivalent zu betrachten. Einerseits ermöglicht sie eine recht breite Umsetzung im Unternehmen und damit eine schnelle Implementierung ohne eine breite Einbindung der Beschäftigten auf dem Hallenboden. Andererseits kann eine derartige Einführungsstrategie zur Folge haben, dass die Beschäftigten der technischen Lösung sehr skeptisch gegenüberstehen und diese nicht mittragen. Die Auswirkungen auf die Arbeitsorganisation sind auch hier eher als inkrementell zu bezeichnen. Zwar lassen sich einzelne Arbeitsschritte zukünftig automatisieren, vereinfachen bzw. einfacher kontrollieren, diese Tendenzen finden sich aber auch jetzt schon in den jeweiligen Unternehmen. Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass diese Form einer Einführungsstrategie zu einem geringen Maß an Identifizierung der Lösung führt, was für den weiteren Fortschritt im Unternehmen (Ausweitung auf andere Bereiche, Implementation im gesamten Unternehmen) eher hinderlich ist. Gleichzeitig kann die Lösung so jedoch recht schnell und breit ausgerollt werden.

– Tätigkeiten und Qualifikationsanforderungen – Merkmal und Ausprägung

Auch bei diesem Unternehmenstyp sind die Veränderungen nicht tiefgreifend und werden vor allem vor dem Hintergrund der Nützlichkeit dargestellt. Die Einführung einer Digitalisierungslösung verläuft hier jedoch weniger schleichend, was zu einer massiveren Wahrnehmung bei den Beschäftigten führt. Es finden sich hier neue Arbeitsabläufe, die sich recht stark für den einzelnen Beschäftigten verändern und daher – nicht nur subjektiv – als derartige Veränderung empfunden werden. Die grundsätzlichen Anforderungen werden jedoch auch hier nicht in Frage gestellt. Tätigkeiten auf dem Hallenboden werden bei diesem Typ stärker geführt und grundsätzlich vereinfacht. Auch bisherige Freiheitsgrade der Beschäftigten werden damit eingeschränkt, was auf die Tätigkeiten der Beschäftigten zunächst nur geringe Auswirkung hat, da diese die neuen Tätigkeiten bzw. die Veränderung noch vor dem Hintergrund der alten Abläufe wahrnehmen. Gleichwohl werden durch eine stärkere Führung und Kontrolle der Tätigkeiten zukünftige Qualifikationsanforderungen zurückgehen. Auf längere Sicht kann hier von einer Abwertung der Tätigkeiten gesprochen werden, die zudem mit einer starken Einschränkung menschlichen Entscheidens verbunden ist.

Die mittlere Führungsebene erfährt auch hier eine Aufwertung von Arbeit und Qualifikationsanforderungen. Der Wegfall bisher notwendiger Planungs- und Steuerungsaufgaben führt dazu, dass nun mehr Führungsaufgaben wahrgenommen werden können und sollen, was bisher in geringerem Maße der Fall war. Auch bei diesem Typus gilt es die Zusammenhänge der Digitalisierungslösung zu erfassen, um diese zukünftig weiterentwickeln bzw. Fehlern und Anpassungen entsprechend begegnen zu können.

Zusammenfassend zeichnet sich in diesem Fall eine durchaus höher einzustufende Veränderung von Tätigkeiten und Qualifikationsanforderungen ab. Dabei sind jedoch widerstrebende Richtungen erkennbar. Auf dem Hallenboden kann von einer Vereinfachung von Tätigkeiten und zukünftigen Qualifikationsanforderungen gesprochen werden, während es auf einer mittleren Führungsebene zu einer Aufwertung kommt.

– Technologieadaptionsfähigkeit – Merkmal und Ausprägung

Vor dem Hintergrund der Einführungsstrategie ist der Adaptionsfähigkeit von Technologie ein deutlich größeres Gewicht beizumessen als im vorangegangenen Typ der Fall. So sind hier vor allem in Bezug auf die Hintergrundprozesse und den bisherigen Umgang mit Technologie relativ große Veränderungen vorzunehmen, die darüber hinaus auch mit den Prozessen von Kunden und Lieferanten abgestimmt werden müssen. Zu beachten sind erneut die unterschiedlichen Ebenen der Betrachtung. So kann auf dem Hallenboden eine schnelle Umsetzung der technischen Lösungen vollzogen werden, da hier zwar in die bisherigen Abläufe eingegriffen wird, diese aber die Lösung eine von den Beschäftigten akzeptierte Vereinfachung mit sich bringt. Auf diese Anwendungsebene werden damit möglichst einfache und schnell nutzbare Lösungen implementiert, die zukünftig eine sehr geringe Einarbeitungszeit nach sich ziehen. Auf der mittleren Führungsebene sind die Veränderungen jedoch durchaus tiefgreifender und bedürfen größerer Anstrengungen, da hier komplexe Prozesse, auch in Abstimmungen mit den Teilnehmern der Lieferkette, umgesetzt werden müssen. Dazu müssen sowohl die eigenen Prozesse klar beschrieben sein als auch die Schnittstellen zu den Kunden bzw. Lieferanten. Hinzu kommt, dass eine exemplarisch eingeführte Veränderung zukünftig auf das ganze Unternehmen übertragen werden kann, was die Komplexität noch erhöht.

Analog zu den bisherigen Beobachtungen finden sich auch hier unterschiedliche Ebenen der Betrachtung, die jedoch deutlich machen, dass es in diesem Typ einer höheren Technologieadaptionsfähigkeit bedarf, wenn die Prozesse abgestimmt funktionieren sollen. Insbesondere im so genannten „Back-Office“ sind vielfältige Abstimmungsarbeiten nötig, da sonst die geplante Umsetzung der Digitalisierungslösung nicht denkbar wäre. Die Technologieadaptionsfähigkeit bei diesem Typ muss daher als grundsätzlich höher eingeschätzt werden. Wenngleich auch hier die Einführung einer nützlichen Lösung im Fokus steht, werden doch zusätzliche und tiefgreifende Änderungen im bisherigen System erforderlich.

– Akzeptanz der Lösung – Merkmal und Ausprägung

Die Implementation einer fertigen Lösung auf dem Hallenboden erfolgt hier in Form einer Komplettlösung und damit nicht sukzessive wie im Fall des praktischen Typs. Dies führt zu einer weniger hohen Akzeptanz der Lösung und birgt potenziell die Gefahr einer Ablehnung durch die Beschäftigten. Zwar wird auch hier die Nützlichkeit der neuen Technologie in den Mittelpunkt gerückt, was den bisherigen Arbeitsablauf deutlich erleichtern kann. An dieser Stelle kann es zu einer deutlich spürbaren Rücknahme bisheriger Freiheitsgrade bei den Beschäftigten kommen, weshalb dieser Punkt besonders betrachtet werden sollte, um ihm frühzeitig begegnen zu können. Eine breite Akzeptanz der Lösung kann nur über eine Einbindung der Beschäftigten erfolgen, die hier allerdings weniger stark im Fokus steht. Ob die Betonung der Nützlichkeit der Veränderung dazu ausreichend ist, kann bezweifelt werden.

Zusammenfassend muss hier vor allem auf die Gefahren einer weniger intensiven Einbindung der Beschäftigten hingewiesen werden, die schnell in eine Ablehnung umschlagen kann. Anders als beim praktischen Typ wird die technische Lösung hier als Komplettlösung eingeführt und muss entsprechend umgesetzt werden. Dies kann zu Ablehnungen bei den Beschäftigten führen, wenn

nicht im eigentlichen Einführungsprozess entsprechend gegengesteuert (Einbindung der Beschäftigten, Aufnahme von Feedback, gemeinsame Gestaltung von Anwendungsumgebungen, etc.) wird.

3.1.3 Der gestaltende Typ – Vorausdenken was kommt

Die zentrale Besonderheit dieses Typs ist in einer aktiven Mitgestaltung des Wandels und einem Anspruch nach der Gestaltung der technischen Veränderungen von Industrie 4.0 im eigenen Unternehmen zu sehen. Im Mittelpunkt stehen dabei weitreichende technische Veränderungen, die sowohl bisherige Tätigkeiten verändern als auch auf eine zunehmende Digitalisierung zukünftiger Tätigkeiten setzen. Dies geht soweit, dass auch hybride Teams in der Mensch-Roboter-Kollaboration durchaus in Betracht gezogen werden. Kennzeichnend ist ein pro-aktives Gestalten der Digitalisierungslösung, wobei auch mögliche Fehler bis hin zu einem Scheitern (Abbruch) durchaus mitgedacht werden. Dieser Fehlertoleranz und eine sich daran anschließende Analyse führen dann zu einer weiteren Verbesserung. Eine solche Vorgehensweise setzt jedoch in besonderem Maße eine genaue Kenntnis der eigenen Prozesse wie auch eine genaue Vorplanung voraus, die sich bei diesem Typ durchweg erkennen lässt. Mögliche Hemmnisse sind vor allem in Bezug auf die Geschwindigkeit der Einführung zu sehen, die zu einer Überforderung der Beschäftigten führen kann, wenn diese nicht Schritt halten können. Diese gilt für zukünftige Digitalisierungslösungen, die nicht zu früh angegangen werden sollten, da zunächst begonnene Veränderungen Großteils abgeschlossen werden sollten, um so nicht zu schnell weitere Veränderungen anzustoßen.

– Arbeitsorganisation – Merkmal und Ausprägung

Eine Veränderung der Arbeitsorganisation ist in diesem Fall durchaus spürbar für die Beschäftigten, da der bisherige Ablauf weitreichender verändert wird. Hierbei ist jedoch auch zu beachten, dass in diesem Typ eine Einbindung der Beschäftigten sehr ausgeprägt erfolgt. Dies geschieht zum einen durch Informationsveranstaltungen für alle betroffenen Beschäftigten, ist jedoch zum anderen durch eine sehr enge Einbindung der unteren Führungsebene gekennzeichnet, die den direkten Kontakt zu den Beschäftigten auf dem Hallenboden haben und nutzen. Durch diese Konstellation werden auch Wünsche und Erfahrungen der Beschäftigten in den Planungsprozess einbezogen, was zu einer größeren Akzeptanz der Lösung (vgl. unten) führen kann.

Auch hier werden die Veränderungen meist als Gesamtlösung eingeführt, was ähnlich dem Vorgehen beim reagierenden Typ ist. Dies führt dann ebenso zu einem eher harten Wechsel innerhalb der Abläufe, die jedoch im Vorfeld gut vorbereitet wurde. Zwar sind die neuen technologischen Lösungen durchaus herausfordernd für die Beschäftigten, was aber durch eine Fokussierung auf eine möglichst intuitive Bedienung und Anwendung aufgenommen wurde. So können die neuen Arbeitsabläufe schnell erlernt werden. Auch hier steht eine Vereinfachung der bisherigen Tätigkeiten im Mittelpunkt der Industrie 4.0-Lösung, die auf längere Sicht auch zu einer weiteren Polarisierung von Arbeit (Hirsch-Kreinsen 2016) führen kann. Mit dem Fokus auf eine Vereinfachung von Tätigkeiten steht auch hier die Wirtschaftlichkeit der Industrie 4.0.-Lösung deutlich im Mittelpunkt. Zwar werden auch an dieser Stelle die Vereinfachungen der Tätigkeiten mit einer geringeren Belastung im Arbeitsprozess begründet. Gleichzeitig findet aber ein Eingriff in

bisherige Entscheidungsspielräume der Beschäftigten statt, dessen Effekt langfristig nicht durchweg positiv zu sehen ist. Eine Erhöhung der Arbeitsintensität kann hier zu einer Belastung der Arbeitnehmer führen. Auch bei diesem Typ ist zu erkennen, dass die zukünftigen Qualifikationsanforderungen auf dem Hallenboden eher geringer sein werden als dies bisher der Fall ist. Dies muss jedoch immer vor dem Hintergrund des spezifischen Unternehmens gesehen werden, wenn etwa geeignete Beschäftigte aufgrund regionaler oder demografischer Faktoren immer schwerer zu finden sind.

Eine Besonderheit findet sich im Bereich der unteren und mittleren Führungsebene, die zukünftig mit einer erkennbaren Aufwertung der Tätigkeiten konfrontiert werden, da hier weitere Planungsprozesse und Koordinationsaufgaben wahrgenommen werden müssen. Die bisherige Arbeitsorganisation wird sich daher deutlich in Richtung einer mehr projektartig ablaufenden Form verändern, die sich zudem mit der Forderung neuer Impulse durch die Geschäftsführung konfrontiert sieht. Gleichzeitig ergeben sich damit in diesem Bereich neue Entscheidungsspielräume, die bisher nicht in dieser Form vorhanden waren. So kann hier von einer deutlichen Aufwertung von Arbeit (Hirsch-Kreinsen 2016) gesprochen werden.

Zusammenfassend ist hier eine erkennbare Polarisierung (ebd.) von Arbeit und der damit verbundenen Arbeitsorganisation festzuhalten. Diese Form der Arbeitsorganisation zieht die dargestellte Einführungsstrategie nach sich, die nicht grundsätzlich friktionslos ablaufen muss. Aufgrund einer frühen und umfassenden Einbindung der Beschäftigten ist jedoch zu erwarten, dass die Einführung von Industrie 4.0-Lösungen hier eher reibungslos ablaufen wird.

– Tätigkeiten und Qualifikationsanforderungen – Merkmal und Ausprägung

Die dargestellte Einführungsstrategie und die damit verbundenen Veränderungen bzw. Anpassungen der Arbeitsorganisation machen deutlich, dass sich aufgrund der vorzufindenden Polarisierung von Arbeit eher eine Abwertung von Arbeit und Tätigkeiten auf dem Hallenboden einstellen wird. Diese Tätigkeiten werden auch bei diesem Typ stärker geführt und sind zukünftig durch eine kürzere Anlernzeit gekennzeichnet. Dies kann dazu führen, dass bisherige Qualifikationsanforderungen zurückgenommen werden und zukünftig durch geringere ersetzt werden. Eine solche Veränderung kann aber gleichzeitig der Forderung nach kurzfristiger Lieferung und schnellerer Auftragsbearbeitung nachkommen, da so bspw. auf Auftragsspitzen besser reagiert werden kann, da nun auch auf ungelernete Beschäftigte zurückgegriffen werden kann. Auf längere Sicht muss jedoch von einer Abwertung dieser Tätigkeiten gesprochen werden, die zudem einer hohen Automatisierungswahrscheinlichkeit ausgesetzt sind. Dies ist vor allem vor dem Hintergrund des eingeschlagenen Weges einer weitgreifenden Digitalisierung wahrscheinlich.

Auf der anderen Seite ist aber eine Aufwertung der Tätigkeiten auf der unteren und mittleren Führungsebene zu beobachten. Die hier stattfindende stärkere Einbindung der Beschäftigten in die technischen Veränderungen wertet diese Tätigkeiten auf und stellt die Beschäftigten als zentrale Schnittstelle zwischen Hallenboden und der oberen Führungsebene dar. Ihnen fallen zukünftig deutlich mehr Entscheidungsspielräume zu, was jedoch mit einer steigenden Anforderung an das eigene Arbeitsumfeld und die eigene Arbeit einhergeht. Hier ist vor allem darauf zu achten, dass diese Beschäftigten nicht von den Ideen und den Anforderungen des Managements überfordert werden, da sonst wichtige Promotoren (Gemünden und Walter 1995; Gemünden und Walter 1996; Wienzek 2014) für weitere Digitalisierungsvorhaben fehlen.

Zusammenfassend ist eine bereits angesprochene Polarisierung von Arbeit (Hirsch-Kreinsen 2016) deutlich zu erkennen. Diese Entwicklung ist durchaus kritisch zu sehen, da damit vor allem auf dem Hallenboden eine schleichende De-Qualifizierung der Beschäftigten zu erwarten ist. Auf der anderen Seite sind damit Aufwertungen von Tätigkeitsbereichen und von Arbeit allgemein verbunden, die auch Chancen für Beschäftigte bieten. Insgesamt kann eine zunehmende Polarisierung zur Spaltung von Belegschaften führen, die dann wichtige Impulse vom Hallenboden mehr und mehr ausblendet.

– Technologieadaptionsfähigkeit - Merkmal und Ausprägung

Unternehmen dieses Typs verfolgen meist den Anspruch bei technologischen Veränderungen als „First-Mover“ gesehen zu werden. Dies gelingt ihnen zum Teil deswegen, da sie in der Lage sind neue Technologien schnell zu adaptieren und diese recht schnell im eigenen Produktionsumfeld umzusetzen. Diese hohe Adaptionsfähigkeit ist auf eine breite Einbindung der Beschäftigten zurückzuführen, die in der Lage sein müssen, die neue Technologie anzuwenden. Gleichwohl werden auch in diesem Fall erste Einführungshürden mit dem Argument der Nützlichkeit und Arbeits-erleichterung der neuen Technologie entkräftet. Kennzeichnend ist eine komplette Einführung neuer Technologie in einem Bereich, die jedoch zahlreiche Feedback-Schleifen und einen fehler-toleranten Umgang mit der Technologie vorsehen, um so mögliche Anpassungen zu erlauben.

Bei diesem Typ ist eine auf zwei Ebenen unterteilte Technologieadaptionsfähigkeit zu betrachten, die auf der einen Seite die Anwendungsebene auf dem betrieblichen Hallenboden in den Blick nimmt, die eine Gesamtlösung nutzen soll. Auf der anderen Seite wird die Führungs- bzw. Planungsebene betrachtet, die die eigentliche Auswahl der technischen Lösung vornimmt. Wesentlich ist dabei eine gute Planung und ein offener Umgang bzw. eine offene Kommunikation zwischen diesen Ebenen für das Gelingen der Technologieeinführung. Zu beachten ist jedoch die Tatsache, dass die Belegschaft nicht überfordert werden darf und die geeigneten Promotoren für den Einführungsprozess gefunden werden. Im vorliegenden Typus sind es vor allem diese Promotoren, die einen gelungenen Einführungsprozess möglich machen. Insgesamt kann von einer hohen Technologieadaptionsfähigkeit im Unternehmen gesprochen werden, die über das gesamte Unternehmen grundsätzlich vorzufinden ist. Hinzuweisen ist aber auf eine deutliche Tendenz zu einer Polarisierung von Arbeit, die diesem Szenario auf lange Sicht entgegensteht, da mehr und mehr Kompetenzen auf der Umsetzungsebene verloren gehen können.

– Akzeptanz der Lösung - Merkmal und Ausprägung

Bei diesem Typ ist eine breite Akzeptanz der technischen Lösung erkennbar. Insbesondere die Identifikation und Einbindung von Promotoren für den Umsetzungsprozess kann dabei als wesentliche Größe für den Typ des gestaltenden Unternehmens angesehen werden. Wenngleich die gewählte Art der Umsetzung (komplette Einführung) eine gewisse Gefahr in Bezug auf eine akzeptierte Lösung birgt, ist eine grundsätzlich positive Einstellung zum Veränderungsprozess deutlich. Allerdings kann es nach der Umsetzung auf dem Hallenboden zu Widerständen kommen, die auch bis zu einer Ablehnung und damit Nicht-Nutzung führen können. Dem kann damit begegnet werden, dass die Beschäftigten auf dem Hallenboden nicht mit technischen Anforderungen überfordert bzw. die Planungen des Managements entsprechend angepasst werden. Die hohe technische Affinität und der Wunsch nach kompletten und weitreichenden Lösungen des

Managements müssen insbesondere hier mit den Fähigkeiten der Beschäftigten in Einklang gebracht werden. Dies wird durch eine frühzeitige Einbindung der Beschäftigten einerseits und durch eine entsprechende Gestaltung der technischen Systeme andererseits gewährleistet, die auf einfache Bedienung und verbesserte Arbeitsabläufe setzen. Technische Systeme werden vor allem als hilfreich und unterstützend angesehen, was eine grundsätzliche Akzeptanz durch die Beschäftigten auf allen Ebenen nach sich zieht.

Auch hier ist die Akzeptanz einer gewählten Lösung das zentrale Element bei der Einführung und weiteren Nutzung. Im dargestellten Typ ist vor allem auf eine möglichst genaue Passung zwischen den Wünschen der Planungsebene und den Fähigkeiten der Beschäftigten zu achten, um diese nicht zu überfordern. Rückmeldungen der Beschäftigten sollten schnell aufgenommen und kommuniziert werden. Da bei diesem Typ meist weiterreichende technische Lösungen umgesetzt werden, ist dies von besonderer Bedeutung, da hier vielfach entsprechende Investments getätigt werden. Vor allem für KMU stellt dies eine gewisse Gefahr dar, da umfangreiche Investitionen im Versagensfall zu einer existenziellen Gefahr für das Unternehmen werden können.

3.1.4 Der zufriedene Typ – Wir nutzen weiter Industrie 3.0

In diesem Typus dargestellte Unternehmen sind in der gewählten Nische bisher wirtschaftlich sehr erfolgreich und sehen daher kaum die Erfordernis zur Veränderung bzw. stehen einer zunehmenden Digitalisierung abwartend bis ablehnend gegenüber. Mögliche angedachte Lösungen werden daher zunächst nicht umgesetzt. Gründe sind zum einen die bisherigen Strukturen, die zu eingefahren und auch in hohem Maße komplex sind. Hier können Veränderungen vor allem im Bereich der EDV zu großem Aufwand führen, der für KMU nur schwer abschätzbar ist. Zum zweiten ist damit ein finanzielles Risiko verbunden, das nur schwer abschätzbar ist. Hinzu kommt eine wirtschaftlich gute Lage, die keinen direkten Anlass für Veränderungen gibt. Der starke Bezug zum Tagesgeschäft bindet einen Großteil der Ressourcen, um weitreichende strategische Veränderungen anzustoßen. Unklare interne Kommunikationswege und eine fehlende Integration der Industrie 4.0-Lösung in die Gesamtstrategie des Unternehmens führen bei diesem Typ zu einer ablehnenden Haltung gegenüber neuen technologischen Lösungen. Grundsätzlich kann hier von einem nicht unerheblichen Beharrungsvermögen gesprochen werden, was teilweise zu einem Scheitern von Veränderungsbemühungen führt. Es kommt hier eher nicht zur Umsetzung von Industrie 4.0-Anwendungen. Begründungen dafür lassen sich ebenfalls entlang der aufgestellten Merkmale finden.

– Arbeitsorganisation – Merkmal und Ausprägung

Der zufriedene Typ ist in Bezug auf die Arbeitsorganisation durch komplexe Strukturen und starke Beharrungstendenzen gekennzeichnet. Die für diesen Typ charakteristische Marktnische, erlaubt es ihnen dabei mit den bisherigen Strukturen sehr profitabel produzieren zu können. Die über viele Jahre gewachsenen Strukturen sind höchstens in einigen wenigen Punkten angepasst worden, wenn dies aufgrund von sich ändernden technischen Möglichkeiten erforderlich war. Dabei stand die weitere Manifestation der bisher erreichten Marktposition im Fokus, um weiterhin qualitativ hochwertige Produkte produzieren zu können. Eine Veränderung dieser gewachsenen Strukturen kann nur unter großen Anstrengungen gelingen und muss vor allem die untere Lei-

tungsebene einbeziehen, da diese als wesentliche Promotoren anzusehen sind. Gerade dort stehen jedoch der bisherige Anspruch von Handwerk und der Qualitätsanspruch stark im Vordergrund und ist eng verbunden mit der über viele Jahre gewachsenen Produktionsform. Das Bild des klassischen deutschen Facharbeiters steht dabei im Mittelpunkt und der Produktionsprozess ist durch viele Einzelschritte, ein hohes Maß an Handarbeit und eine ausgeprägtes Abteilungsdenken gekennzeichnet.

Die bereits betonte Promotorenstellung der unteren und mittleren Führungsebene wird vor dem Hintergrund eines erkennbaren Bruchs in der internen Kommunikation zwischen diesen Ebenen bedeutsam. Gründe dafür können im Rückzug des vormals aktiven Inhabers oder im Verkauf des Unternehmens gesehen werden. Die damit verbundenen Veränderungen stoßen auf starke Beharrungskräfte im Unternehmen. Mit der Veränderung ist dann meist ein neuer Führungsstil verbunden, der nicht im Zuge einer geordneten Übergabe bzw. Übergangsphase vollzogen worden ist. Diese neuen Führungsansätze stehen dann oft in Opposition zu den bisherigen Gegebenheiten, was ebenfalls in starkem Maße Veränderungsbereitschaft und Veränderungswillen im Unternehmen beeinflussen oder hemmen.

Im Kern bedeutet eine solche Konstellation oft eine Ablehnung bzw. Nichteinführung angedachter Industrie 4.0-Lösungen, die jedoch für das Unternehmen einen durchaus gangbaren Weg darstellen und auf lange Sicht unumgänglich scheinen. Mit der Ablehnung bzw. Nichteinführung kommt es so zu keiner Veränderung der Arbeitsorganisation, da starker Beharrungswillen möglichen Lösungen entgegensteht. Erkennbar wird auch, dass die große Menge an möglichen Industrie 4.0-Lösungen KMU oftmals überfordern. Die (vorläufige) Nicht-Nutzung kann durchaus als Option gelten, da für das eigene Unternehmen die (möglichen) Vorteile bisher nicht überwiegen bzw. erkennbar sind.

– Tätigkeiten und Qualifikationsanforderungen – Merkmal und Ausprägung

Zwar kommt es bei diesem Typ nicht zur Einführung einer Industrie 4.0-Lösung, gleichwohl kann über eine angedachte Veränderung der Tätigkeiten und Qualifikationsanforderungen eine Aussage gemacht werden, da auch in diesem Fall eine Lösung oft geplant jedoch nicht umgesetzt worden ist. Im Fokus stehen auch hier oft Vereinfachungen der Tätigkeiten auf dem Hallenboden, die insbesondere einfache Tätigkeiten (Verpacken, Kommissionieren) betreffen. Denkbar ist dabei eine stärkere Anleitung der Beschäftigten durch elektronische Systeme und eine stärkere Vorplanung, die mögliche Suchzeiten und andere Nebentätigkeiten minimiert. Damit ist auch bei diesem Typ eine Rücknahme bisheriger Qualifikationsanforderungen zu erwarten bzw. mit einer schleichenden Abwertung dieser Tätigkeiten zu rechnen. Wie bereits beim reagierenden Typ sind auch hier Veränderungen in zwei unterschiedliche Richtungen festzustellen. So werden Tätigkeiten und Qualifikationsanforderungen auf dem Hallenboden vereinfacht bzw. zurückgenommen. Gleichzeitig steigen jedoch die Qualifikationsanforderungen auf einer mittleren Führungsebene, wobei es zu einer Aufwertung der Tätigkeiten kommt. Auch bei diesem Typ lassen sich Polarisierungstendenzen bei der Betrachtung von Arbeit (Hirsch-Kreinsen 2016) erkennen.

– Technologieadaptionsfähigkeit – Merkmal und Ausprägung

Wenngleich zunächst keine Umsetzung einer Industrie 4.0-Lösung erfolgt, kann die Technologieadaptionsfähigkeit bei diesem Fall nicht durchweg als schwach bezeichnet werden. In der Vergangenheit sind durchaus technische und organisatorische Veränderung umgesetzt worden. In Bezug auf Industrie 4.0-Lösungen wird jedoch deutlich, dass vor allem die hohe Anzahl und die rasant steigende Geschwindigkeit solcher Lösungen die Adaptionsfähigkeit des Unternehmens an Grenzen stoßen lässt. Dabei ist es nicht so sehr die technische Machbarkeit, die solche Grenzen deutlich werden lässt. Es sind vielmehr organisatorische und teilweise finanzielle Vorgaben, die die eigentliche Umsetzung hemmen. Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Digitalisierung der industriellen Produktion muss jedoch betont werden, dass eine Verweigerung vor diesen Veränderungen in letzter Konsequenz zu einer „Überalterung“ der eigenen Produktion führen kann. Daher ist bei diesem Typus die bereits angedachte Lösung in jedem Falle weiterzuverfolgen, um diese zu einem späteren Zeitpunkt einführen oder diese Planungen konkretisieren zu können.

– Akzeptanz der Lösung – Merkmal und Ausprägung

Aufgrund einer in diesen Fällen nicht eingeführten Digitalisierungslösung kann keine fundierte Aussage über deren Akzeptanz in der Praxis gemacht werden. Grundsätzlich kann hier aufgrund der Beharrungstendenzen und der starken Orientierung an den bisherigen Standards jedoch davon ausgegangen werden, dass solche Lösungen nicht friktionslos umzusetzen sind. Zu betonen sind daher die Vorgaben und Forderungen aus den anderen Unternehmenstypen (Einbindung der Mitarbeiter, Nützlichkeit der Lösung, Qualifizierung etc.), wenn eine Einführung erfolgreich erfolgen soll. Notwendige Anpassungen der Arbeitsorganisation müssen dabei nicht grundsätzlich abgelehnt werden, wenn die Umstellung partizipativ abläuft. Es ist jedoch anzunehmen, dass es zu größeren Widerständen kommen kann, da bisher gewohnte Pfade verlassen werden müssen und auch das ausgeprägte Abteilungsdenken überwunden werden muss.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Akzeptanz einer Industrie 4.0-Lösung bei diesem Typ zunächst am geringsten ausgeprägt sein wird, da die bisherigen Standards in Frage gestellt, gewachsene Strukturen verändert und ein erkennbares Beharrungsvermögen überwunden werden muss. Bei einer Umsetzung sind diese Punkte in besonderer Art und Weise zu beachten, wenn diese gelingen soll.

Zusammenfassung

Die vorgestellte Typologie ermöglicht KMU in einem ersten Schritt sich mit dem Thema einer CPPS-Einführung zu beschäftigen. Diese erste Selbsteinschätzung ist in Zusammenhang mit den weiteren Lösungen der Einordnung und der Einführungssystematik von CPPS-Lösungen zu sehen und sollte in der genannten Kombination genutzt werden. Die alleinige Nutzung der Typologie kann nur ein erstes Instrument sein, welches jedoch einen schnellen Überblick auf wesentliche Bereiche im Unternehmen legt, die bei der Einführung betroffen sein können. So können auf recht einfacher Art und Weise erste Hemmnisse erkannt und angegangen werden, damit die Umsetzung der gewählten Lösung möglichst umfassend gelingt. Gleichwohl können dabei auch weitere – hier nicht betrachtete – Hemmnisse auftreten, die eine Umsetzung erschweren. Entlang der einzelnen Typen wurde versucht, die typischen Herausforderungen aufzuzeigen. Ziel war es dabei ein besonderes Augenmerk auf die Bedeutung einer ganzheitlichen Einführung von Industrie

4.0-Lösungen zu legen, da nur über eine solche Betrachtung ein sinnvoller Prozess angestoßen werden kann. Die vielfach vorzufindende rein technische Sicht im Kontext von CPPS-Lösungen und Digitalisierungsvorhaben muss daher von vornherein aufgegeben werden, wenn sie auch als Ausgangspunkt gewählt werden kann. KMU stehen im Besonderen oft vor der Herausforderung aus der Menge an möglichen Lösungen die für das eigene Unternehmen geeignete Lösung auszuwählen. Wünschenswert ist dabei ein Blick vom technisch Machbaren auf das für das Unternehmen insgesamt sinnvolle und machbare, wobei diese Typologie unterstützen kann. Sie erlaubt eine erste Einordnung des eigenen Unternehmens und kann auf mögliche Problemfelder hinweisen. Die vier beschriebenen Typen stellen einen akzentuierten Blick auf Einführungsstrategien dar und werden in der Praxis aufgrund spezifischer Unternehmensumstände anzupassen sein. Allen gemein sind jedoch die Herausforderungen von KMU in der Umsetzung geeigneter Industrie 4.0-Lösungen. Typische Problemfelder sind vor dem Hintergrund einer sozio-technischen Gesamtperspektive beschrieben worden und können durch Einbezug der Typologie in den jeweiligen Planungs- und Einführungsprozess vermieden werden.

3.2 Modul 1: Zielgerichtete Auswahl von CPPS-Lösungen

Aufbauend auf der Einordnung in die Unternehmenstypen erfolgt im zweiten Schritt die zielgerichtete Auswahl von CPPS-Lösungen. Darunter wird die Auswahl von CPPS-Lösungen verstanden, die Unternehmen bei der Erreichung definierter Unternehmensziele unterstützen. Für die Umsetzung der Industrie 4.0 ist die Einbindung in die Unternehmensstrategie von maßgeblicher Bedeutung (Schallowet al. 2018). Die zielgerichtete Auswahl von CPPS-Lösungen wurde in ein dreiteiliges Vorgehen unterteilt und im Zuge der Anwendungsfälle validiert:

- Definition eines Ziel-Zustands
- Analyse des Ist-Zustands
- CPPS-Auswahl

Die einzelnen Schritte werden im Folgenden erläutert und die unterstützende, webbasierte Auswahlhilfe (www.industrie4.0-katalog.de) vorgestellt.

3.2.1 Definition eines Ziel-Zustands

Eine langfristige Vision ist die Basis, um unternehmerischem Handeln eine Richtung zu geben (vgl. Schallow et al. 2014). Diese muss unternehmensspezifisch definiert und kann nicht allgemeingültig vorgegeben werden. Da eine Vision typischerweise sehr abstrakt ist, wird diese in klarer definierte Unternehmensziele unterteilt. Häufig wird das klassische „Zielgrößendreieck“ bestehend aus Kosten, Qualität und Zeit eingesetzt, welches zum Teil um die beiden Faktoren Termintreue und Flexibilität ergänzt wird (vgl. Kletti und Schumacher 2014). Dabei ist ersichtlich, dass die Mitarbeiterperspektive vernachlässigt wird. Als geeigneter wird eine Betrachtung im Sinne der Balanced Scorecard (BSC) erachtet (Norton und Kaplan 1997; Mostert 2007). Diese stellt eine Weiterentwicklung traditioneller Kennzahlensysteme hin zu einem Performance Measurement System dar (vgl. Grimm et al. 2012) und ist in vier Perspektiven aufgeteilt, siehe Abbildung 6. Diese Betrachtung gilt es weiter aufzugliedern und durch Kennzahlen, bzw. Key Performance Indicators (KPI), zu spezifizieren.

Die vier Perspektiven der BSC ermöglichen eine umfassende Betrachtung von Unternehmenszielen (Kaplan und Norton 1996). Abhängigkeiten zwischen Zielgrößen innerhalb der vier Perspektiven können messbare KPI/ Kennzahlen oder qualitativ ausprägbare Zielgrößen sein. Aufgrund der Flexibilität der BSC ist der Einsatz auch für KMU geeignet (vgl. Keuper und Schunk 2009; Scheibeler 2001; Krey und Lorson 2009). Die Definition relevanter Zielgrößen, im Sinne von KPI, ist erforderlich, um eine Begrenzung der Betrachtung auf das Wesentliche zu ermöglichen und den Ermittlungsaufwand, bzw. Informationsüberfluss, zu begrenzen. Zusätzlich ermöglichen KPI die Erfolgsmessung der Zielerreichung und unterstützen daher auf lange Sicht ein stetiges Annähern an die Unternehmensziele (vgl. Klein und Schnell 2012; Preißler 2008).

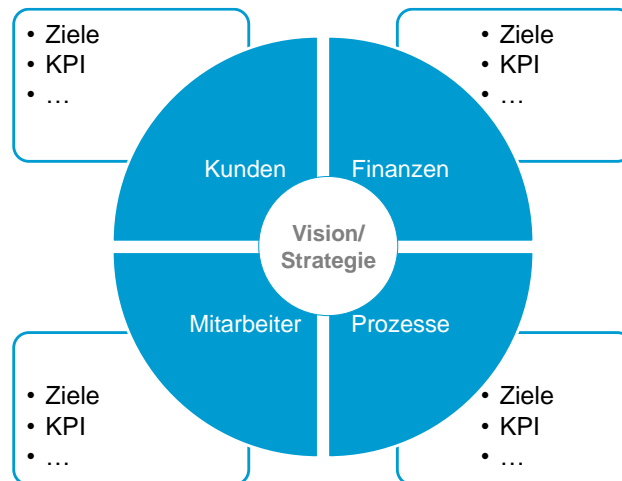


Abbildung 6: Balanced Scorecard (i. A. a. Scheibeler 2001)

Im Rahmen des Projektes wurden bestehende, allgemeingültige KPI, bzw. Kennzahlen, recherchiert und hinsichtlich ihrer Eignung zur Detaillierung der vier Perspektiven der Balanced Scorecard bewertet (für Details siehe Nöhring et al. 2018). Ausgewählte KPI wurden anschließend, sofern nicht bereits vorhanden, in Treiberbäume überführt und zum Teil ergänzt. Ein schematischer Treiberbaum ist in Abbildung 7 dargestellt. Anforderungen, die an die KPI gestellt wurden sind neben einer Allgemeingültigkeit der Kennzahlen, eine möglichst weite Verbreitung sowie ein hoher Detaillierungsgrad. Die Treiberbäume können zur Inspiration bei der Definition eines Zielsystems, bzw. eigener KPI, herangezogen werden und unterstützen die Zielentfaltung im Unternehmen. Detailliert beschrieben sind diese in der Auswahlhilfe (www.industrie4.0-katalog.de).

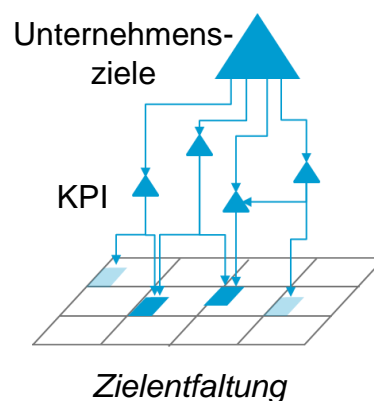


Abbildung 7: Schematischer Treiberbaum (i. A. a. Nöhring et al. 2016)

Im Projekt erfolgte die Zielentfaltung im Rahmen moderierter Workshops. Bewährt hat sich dabei die Einbindung der Geschäftsführung, je nach Unternehmensgröße die Leitungsebene, sowie Prozessexperten für die Zielentfaltung auf operativer Ebene. Auf Basis der Zielentfaltung werden diejenigen Unternehmensbereiche identifiziert, die in Hinblick auf die definierten Unternehmensziele zu optimieren sind. Der Ansatz dieses Projektes ist es, geeignete CPPS-Lösungen für diese Bereiche zu identifizieren. Der Ansatz hierzu ist an das Lean Management nach Rother (2009) angelehnt, in dem ein definierter Zielzustand, bspw. für ein Arbeitssystem, festgelegt wird, siehe Abbildung 8. Die Erreichung dieses Zielzustands ist zum Teil mit Hindernissen verbunden, die den derzeitigen Prozessen inhärent sind, bspw. fehlende Informationen für den operativen Mitarbeiter für die Weiterbearbeitung eines Auftrags. Hindernisse auf dem Weg zum Zielzustand werden fokussiert, sodass nicht beliebige Probleme behoben werden, siehe Abbildung 8. Durch das Anvisieren von Hindernissen wird der maßgebliche Unterschied zum herkömmlichen Verbesserungsansatz deutlich, da auf dieser Basis eine Ausrichtung auf die tatsächlichen Bedürfnisse erfolgen kann. Die vorherige Definition eines Zielzustands trägt in Summe zur effektiven Prozessverbesserungen bei. Meistens ist bei der Identifizierung eines Hindernisses in einem Prozess allerdings nicht die Fragestellung relevant, wie dieses Hindernis vermieden, sondern vielmehr, wie es überwunden werden kann. Nur so kann sich das Unternehmen weiter in Richtung des Zielzustands, bzw. der Unternehmensvision, bewegen (vgl. Hempen et al. 2010; Rother 2009). Somit werden, in Bezug auf die aktuellen Entwicklungen im Kontext Industrie 4.0, neue technologie-unterstützte Ansätze gesucht, die eine Überwindung etwaiger Hindernisse ermöglichen.

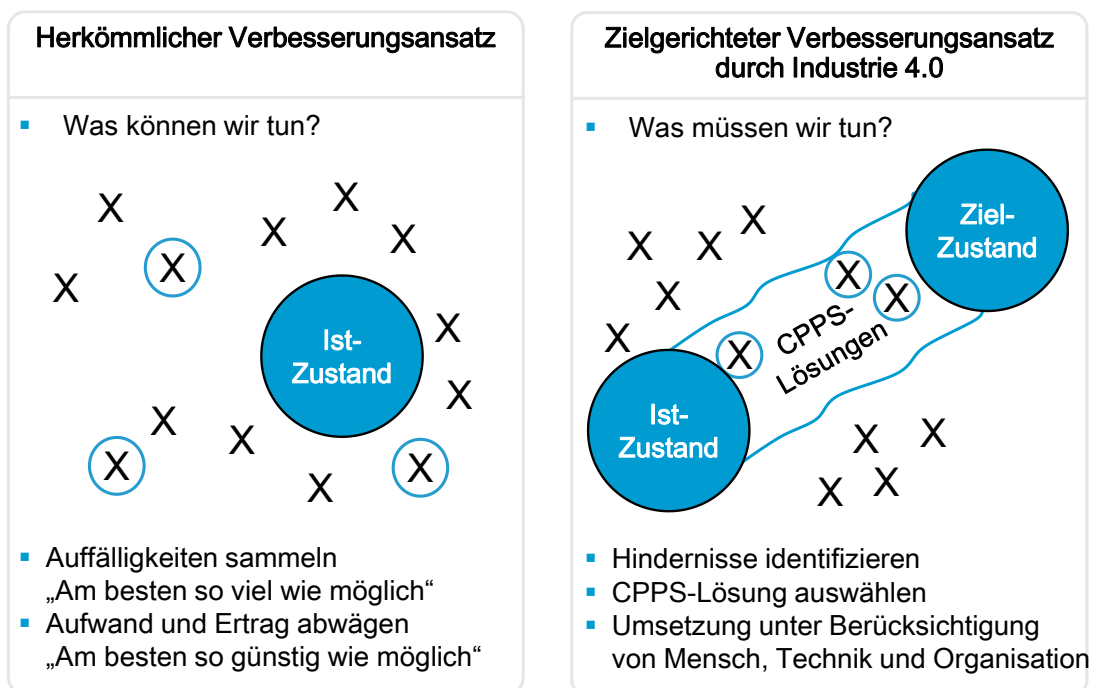


Abbildung 8: Zielgerichtete Verbesserung (Rother 2009; Nöhring et al. 2018)

3.2.2 Analyse Ist-Zustand

Die Analyse des Ist-Zustands ist erforderlich, um die tatsächliche Problemstellung zu identifizieren. Im Rahmen des Projektes wurden die identifizierten Produktionsbereiche detailliert analysiert. Die einzusetzende Methode ist abhängig von der Prozessstruktur des Bereichs sowie der

vermuteten Problemstellung und Zielsetzung. In Abbildung 9 ist ein Auszug an Methoden dargestellt, die zur Problemidentifikation eingesetzt werden können. Im Zuge des Projekts wurden diverse Methoden bei den Anwenderunternehmen eingesetzt und unter maßgeblicher Einbindung der Systementwickler angewendet.

Die Problemstellung wurde entsprechend systematisiert dargestellt und möglichst quantifiziert, sodass diese der Zielsetzung gegenübergestellt werden kann. Im Rahmen der Anwendungsszenarien wurden so bspw. Zeiten ermittelt, die für nicht wertschöpfende Tätigkeiten aufgewendet werden. Dadurch konnte transparent dargestellt werden, weshalb bspw. vorgegebene Taktzeiten oder Mehraufwände in der Produktion entstehen.

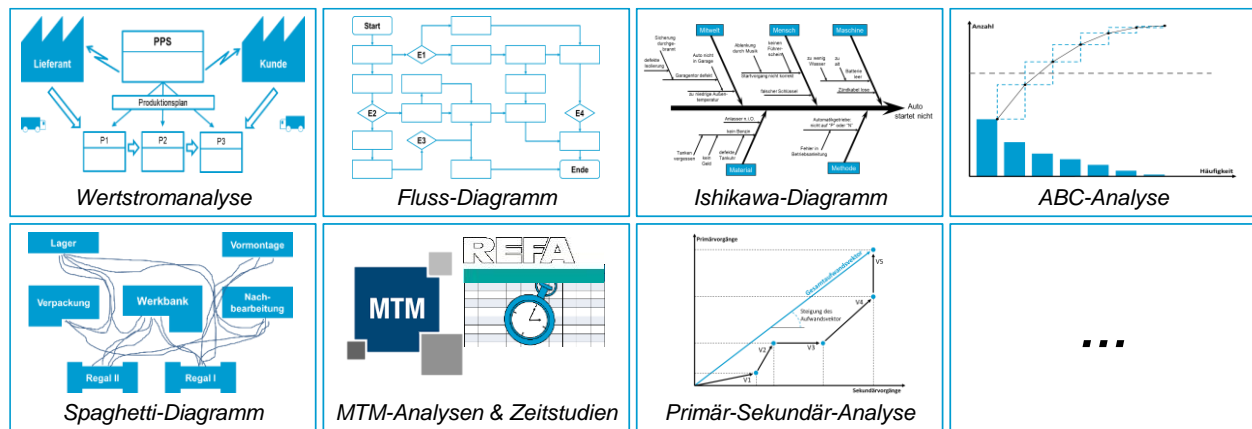


Abbildung 9: Auszug an Methoden zur Problemidentifikation

3.2.3 CPPS-Auswahl

Basierend auf der definierten Zielsetzung und der identifizierten Problemstellung ist im nächsten Schritt eine geeignete CPPS-Lösung auszuwählen. Um Unternehmen bei der Auswahl geeigneter Lösungen zu unterstützen wurde eine webbasierte Industrie 4.0-Auswahlhilfe konzipiert. Diese wurde im Rahmen des Projekts initial befüllt, bietet aber ebenso die Möglichkeit, dass Systementwickler ihre Lösungen dort eintragen. Im Folgenden wird die Beschreibung der Industrie 4.0-Lösungen und die prinzipielle Nutzung der Auswahlhilfe erläutert.

Strukturierung von Industrie 4.0-Lösungen

Die bestehenden Strukturierungs- und Klassifizierungsmöglichkeiten sind ebenso vielfältig wie die Definitionen und Technologiefelder der Industrie 4.0. Der Fokus bisheriger Erhebungen lag in der Darstellung von Funktionen, Einsatzbereichen und Zukunftsfeldern (vgl. Hölczli et al. 2016; Lucke et al. 2014; Wischmann et al. 2015; Bauer et al. 2014). Zur Beschreibung des abstrakten Aufbaus sowie der übergelagerten Architektur von Industrie 4.0-Komponenten existiert darüber hinaus ein standardisiertes Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0) (DIN SPEC 91345 2016). Aus praxisorientierter Sicht besteht jedoch keine detaillierte Unterscheidung zwischen herkömmlichen technischen und Industrie 4.0-Lösungen. Es herrscht Einigkeit darüber, dass die im Rahmen des RAMI 4.0 definierten Industrie 4.0-Komponenten die Grundlage für die Umsetzung von Industrie 4.0 in der Produktion bilden und durch deren Verknüpfung Cyber-Physische Produktionssysteme (CPPS) entstehen. Der im Folgenden vorgestellte Ansatz ermöglicht sowohl die Einordnung von CPPS-Lösungen in Technologiefelder als auch ihre konkrete Charakterisierung,

sodass den bisher abstrakten Definitionen von Industrie 4.0-Komponenten und CPPS begegnet und eine zielgerichtete Auswahl konkreter Lösungen ermöglicht werden kann.

Die Erarbeitung einer praxisorientierten Strukturierung sowie der Überführung in einen CPPS-Katalog erfolgte auf Basis der o.g. Strukturierungsansätze und einer umfangreichen Analyse bestehender CPPS-Lösungen. Grundsätzlich besteht der CPPS-Katalog aus fünf Technologiefeldern – Innovative Produktionssysteme, Logistik, Robotik, Informations- und Kommunikationstechnik sowie Sensortechnik – und sechs Charakterisierungssegmenten – CPPS-Lösung, Funktionen, Einsatzbereiche, Systemanbieter/-integratoren, Key Performance Indicators (KPI) sowie Kundenerfahrungen/ Feedback. In Abbildung 10 ist die Beschreibung von CPPS-Lösungen konzeptuell dargestellt.

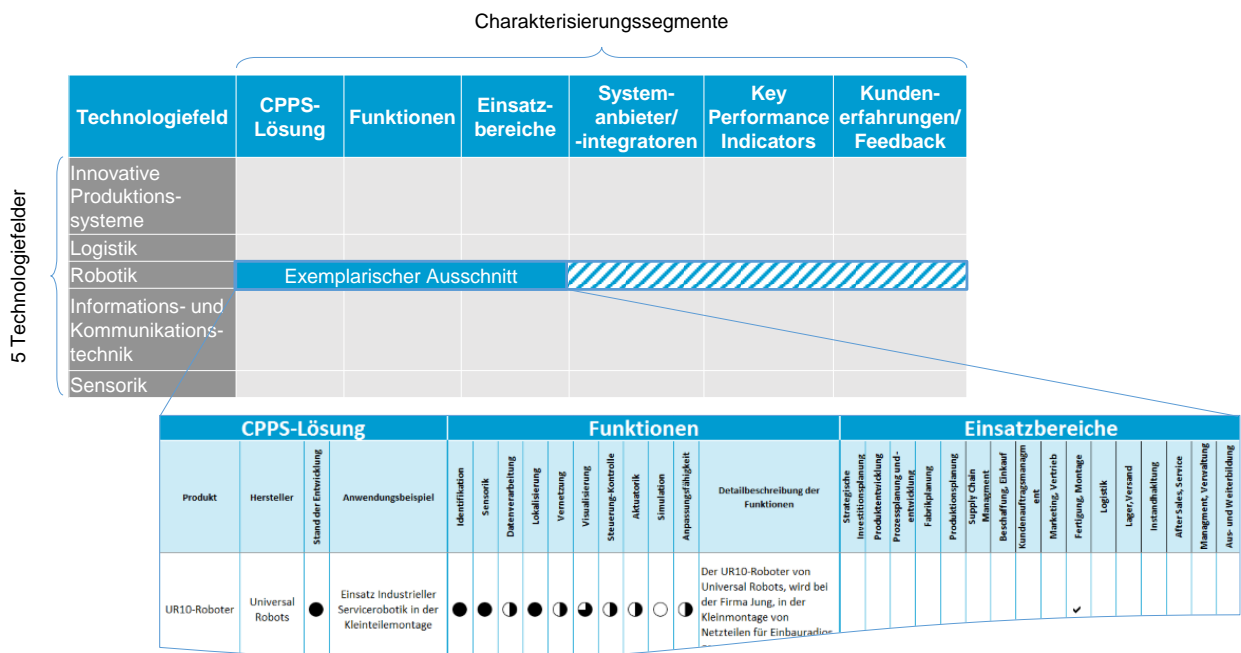


Abbildung 10: Konzept zur Beschreibung von CPPS-Lösungen (Deuse et al. 2016)

Zur Steigerung der Übersichtlichkeit werden die o.g. Technologiefelder in weitere praxisorientierte Bereiche untergliedert. Die CPPS-Lösungen des Technologiefelds „Innovative Produktionssysteme“ können u. a. den Bereichen intelligente Fertigungslinien, intelligente Maschinenkomponenten oder intelligente Werkzeuge zugeordnet werden. In den Charakterisierungssegmenten werden die CPPS-Lösungen detaillierter beschrieben. Im Charakterisierungssegment „Funktionen“ werden bspw. im Kontext von Industrie 4.0 zehn Funktionen – Identifikation, Sensorik, Datenverarbeitung, Lokalisierung, Vernetzung, Visualisierung, Steuerung & Kontrolle, Aktuatorik, Simulation, Anpassungsfähigkeit – unterschieden und für jede CPPS-Lösung ausgeprägt (vgl. Hölczli et al. 2016). Die Ausprägung erfolgt in einer fünfstufigen Bewertung von nicht erfüllt (○) bis voll erfüllt (●).

Der Katalog wurde mit bestehenden CPPS-Lösungen befüllt, indem die CPPS-Lösung zu einem Technologiefeld zugeordnet sowie die Ausprägung der Charakteristika in den Charakterisierungssegmenten dokumentiert wurde. Anhand einer CPPS-Lösung wird die Ausprägung exemplarisch dargestellt, siehe Abbildung 10 (unterer Teil). Bei der ausgewählten CPPS-Lösung handelt es sich um das Szenario einer Mensch-Roboter-Kollaboration unter Einsatz eines UR10-Roboters

in Kombination mit einer mobilen Plattform, welches im Rahmen des Forschungsprojektes MANUSERV entwickelt wurde (Hengstebeck et al. 2016). Diese CPPS-Lösung wird dem Technologiefeld Robotik und dem Bereich Mobile Robotik zugeordnet. Im Folgenden wird die Umsetzung des CPPS-Katalogs in Form der webbasierten Auswahlhilfe vorgestellt.

Nutzung der Auswahlhilfe

Die Nutzung der Auswahlhilfe kann für den Anwender geführt mit Hilfe der von ihm ausgewählten KPI erfolgen. Abbildung 11 zeigt die Startseite der Auswahlhilfe. Entsprechend der Perspektiven der BSC kann ausgewählt werden, in welchem Bereich ein Anwender mit Hilfe von CPPS-Lösungen Verbesserungen erreichen möchte. Durch die Auswahl eines Bereichs wird eine geführte Suche initiiert. In dieser können durch eine intuitive Visualisierung der Treiberbäume durch Checkboxen KPI ausgewählt werden (Abbildung 11, rechte Seite). Über die Startseite ist es ebenso möglich, im Katalog eine freie Suche auszuführen sowie das Menü zur Eintragung einer neuen Lösung aufzurufen.

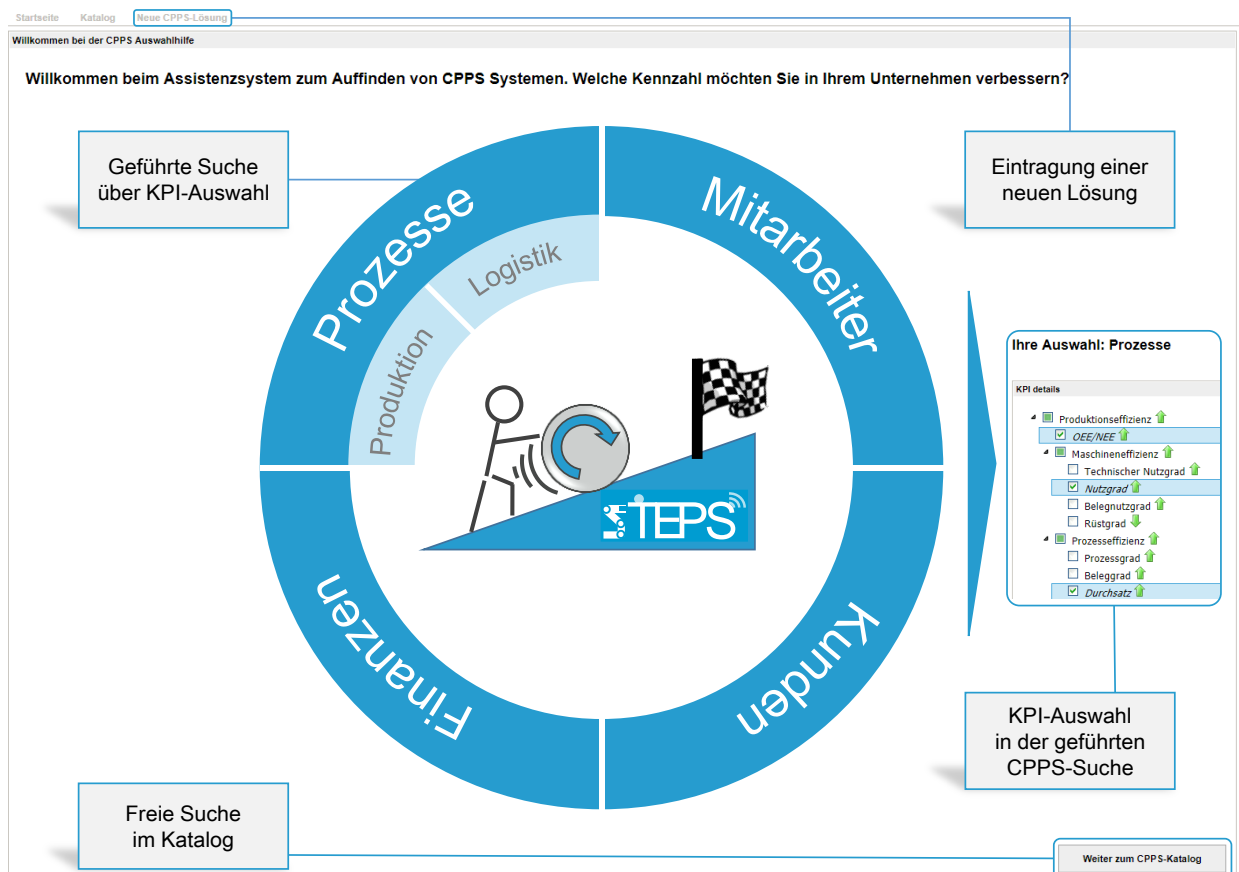


Abbildung 11: Startseite der Auswahlhilfe (i. A. a. Deuse et al. 2018)

Durch die Auswahl relevanter KPI erfolgt die Ausführung einer Filterfunktion, aus der eine Ergebnisliste von potenziell geeigneten Lösungen inkl. Angabe des Herstellers resultiert, siehe Abbildung 12. Ein manuelles Suchfeld ermöglicht weitere Filterkriterien im Rahmen der Charakterisierungssegmente wie bspw. Technologiefeld, Funktionen oder Einsatzbereichen. Des Weiteren kann der Katalog auch ohne die geführte Auswahlhilfe verwendet und nach entsprechenden CPPS-Lösungen gefiltert werden.

KPI Filter Bereich Prozesse

- Produktionseffizienz ↑
- OEE/NEE ↑
- Maschineneffizienz ↑
- Technischer Nutzgrad ↑
- Nutzgrad ↑
- Belegnutzgrad ↑

Ihre Auswahl: Prozesse

KPI details

- Produktionseffizienz ↑
- OEE/NEE ↑
- Maschineneffizienz ↑
- Technischer Nutzgrad ↑
- Nutzgrad ↑
- Belegnutzgrad ↑
- Rüstgrad ↑
- Prozesseffizienz ↑
- Prozessgrad ↑
- Beleggrad ↑
- Durchsatz ↑
- Mitarbeiterproduktivität ↑
- Prozessqualität ↑
- Fall off Rate / Ausfallrate ↓
- Ausschussquote ↓
- Ausschussgrad ↓
- First Pass Yield (FPY) ↑
- Nacharbeitsquote ↓
- Maschineneffizienzindex (CMI) ↓
- Prozessfähigkeitsindex (Cp) ↓
- Kritischer Maschineneffizienzindex (Cmk) ↓
- Kritischer Prozessfähigkeitsindex (Cpk) ↓

CPPS-Lösung	Hersteller
Produktion	Homag
DuoBlock (+Celos)	DMG Mori, Schaeffler
...orischer Werkzeughalter	Pro-Micon
	Würth
	RethinkRobotics
Unterlegscheibe	Eilhauer Maschinenbau GmbH
	Mobile Industrial Robots
	RapidMiner
...und Werkerassistenzsystem	MSP Huppertz
Arbeitsystem	LP Montagetechnik
... Klaus	Optimum

Abbildung 12: Ergebnisliste von CPPS-Lösungen

CPPS / Produktdetails

Anwendungsbeispiel
Smart Logistics mittels AGV

Funktionsbeschreibung
Teile und Baugruppen aus Teilelager und Vormontage werden auf Kommissionier-Trays auftragsbezogen vorkommissioniert und auf eine Puffer-Rollenbahn zwischengespeichert. Der Transport von der Rollenbahn der Vorkommissionierung zu den Puffer-Rollenbahnen vor den Endmontageplätzen erfolgt daraufhin über fahrerlose Transportsysteme.

CPPS-Kategorien

Technologiefeld	Cluster
Logistik	Shuttlesysteme / Fahrerlose Transportsysteme / AGV

CPPS - Einsatzbereiche

- ✓ Fertigung, Montage
- ✓ Logistik
- ✓ Lager, Versand

Ergänzende Informationen

Webseite	Stand der Entwicklung
http://www.steps-projekt.de/das-projekt/steps/	Im Einsatz (100%)

Produkte	Hersteller
MIR 100	Mobile Industrial Robots

KPI Prozesse - Produktion **KPI Prozesse - Logistik** **KPI Mitarbeiter** **KPI Finanzen** **KPI Kunden**

Abbildung 13: Details zur CPPS-Lösung

Nachdem eine konkrete CPPS-Lösung ausgewählt wurde, wird diese im Detail angezeigt. Dies wird in Abbildung 13 beispielhaft dargestellt. Die Produktdetails können vom Anwender über die Charakterisierungssegmente eingesehen werden. Darüber hinaus erhält der Anwender die Möglichkeit, den Anbieter bzw. Systemintegrator direkt zu kontaktieren. Eine weitere Funktion ermöglicht, die KPI-Veränderungen des vorgestellten Anwendungsfalls im Detail zu sichten. Die geführte Auswahl von der Festlegung von Zielen und KPI bis hin zur CPPS-Lösung ist somit abgeschlossen und es kann eine Bewertung der ausgewählten Lösungen hinsichtlich ihrer Eignung erfolgen.

Befüllung der Auswahlhilfe

Abbildung 14: Eingabemaske für neue CPPS-Lösungen

Die Umsetzung der Eingabemaske für neue CPPS-Lösungen ist in Abbildung 14 dargestellt. In der Eingabemaske wurde eine Funktion implementiert, mit deren Hilfe die Technologiefelder und Charakterisierungssegmente durch textuelle Beschreibungen anzureichern sowie im Rahmen von Dropdown-Menüs auszuprägen sind. Auf diese Weise kann ein Systemanbieter eine eigene CPPS-Lösung durch Nennung des Produktnamens und Herstellers benennen sowie eine Homepage angeben. Der Entwicklungsstatus der CPPS-Lösung kann in verschiedene Kategorien von „In Planung“ bis hin zu „Im Einsatz“ eingeordnet werden. Darüber hinaus wird die Möglichkeit geboten, die Funktionen der Lösung sowie ein explizites Anwendungsbeispiel detaillierter zu erläutern. Die Angabe eines Anwendungsbeispiels ist besonderes für die Betrachtung der KPI von Relevanz, da diese sich auf das Beispiel beziehen. Die Ausfüllung der Einsatzbereiche und des Technologiefelds erfolgt per Checkbox bzw. Drop-Down-Menü. Die Ausprägung der KPI ist in einem nachfolgenden Menü vorzunehmen und wird durch die visuelle Darstellung der KPI-Trei-

berbäume unterstützt, in denen per Dropdown-Menü jeweils Ausprägungen vorgenommen werden können. Die Treiberbäume bieten außerdem die Möglichkeit eines Vorschlagswesens über weitere potenziell veränderte KPI, indem die Ausprägung auf höhere KPI-Ebenen propagiert wird. Auf dieser Basis könnte bspw. eine gesenkte Nacharbeitsquote ein Indikator für eine erhöhte Prozessqualität sein, die wiederum zu einer Steigerung der Produktionseffizienz führt.

3.3 Modul 2: Sozio-technische Fähigkeitsbewertung

3.3.1 Das sozio-technische System

Bei der CPPS-Auswahl in Kapitel 3.2 lag der Fokus auf der Auswahl technischer Lösungen basierend auf definierten Use-Cases und ihrer Auswirkung auf Unternehmensziele. Hierbei handelt es sich zunächst um allgemeine Lösungen, die im zweiten Schritt auf das Unternehmen zu übertragen sind. Die Grundlage dazu bildet die Betrachtung des sozio-technischen Systems.

In der Diskussion um die Industrie 4.0 wird häufig die Diskussion um eine Technikzentrierung oder Humanisierung von Arbeit geführt. Dem Ansatz des sozio-technischen Systems entsprechend geht es bei der Arbeitsgestaltung allerdings nicht um die Frage eines entweder Technik oder Mensch, sondern vielmehr ist eine komplementäre Gestaltung der einzelnen Systemelemente, um ein aufeinander abgestimmtes sozio-technisches Gesamtsystem zu erreichen (vgl. insbesondere Grote 2018). Komplementarität meint dabei, dass situationsabhängig die spezifischen Stärken und Schwächen von Technik und Mensch gleichermaßen Berücksichtigung finden und eine entsprechend optimale Funktionsteilung zwischen Mensch und Maschine entworfen wird, die durch die Organisation ermöglicht wird und eine störungsfreie und effiziente Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems ermöglicht. Eine Voraussetzung dafür ist einerseits, dass die Technik den Menschen unterstützt und ihn nicht einschränkt oder belastet sowie andererseits, dass der effiziente Einsatz technischer Systeme ermöglicht wird. Bei der komplementären Gestaltung des Gesamtsystems sollte das leitende Kriterium stets darin bestehen, die Potenziale für das Gesamtsystem bestmöglich auszuschöpfen.

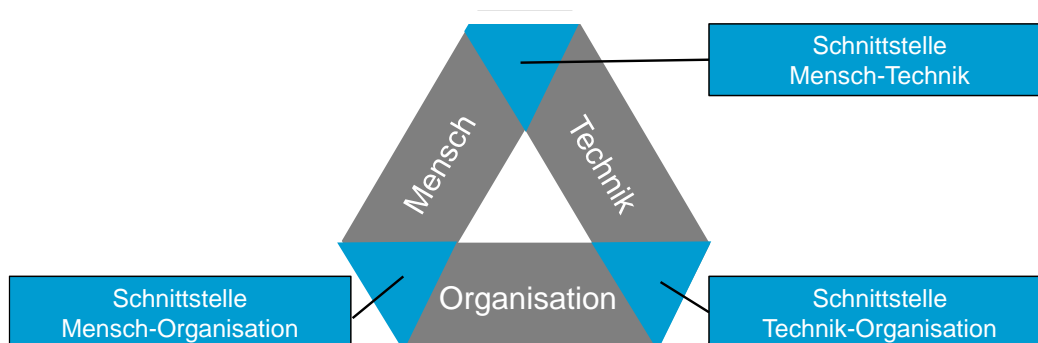


Abbildung 15: Schnittstellen im sozio-technischen System (i. A. a. Ittermann et al. 2016)

Die zentralen Gestaltungsräume liegen daher weniger in voneinander unabhängigen Funktionsweisen der einzelnen Teilsysteme, sondern vielmehr in den Interdependenzen der Teilsysteme digitale Technik, Mensch und Organisation (vgl. hierzu und zum Folgenden insbesondere Hirsch-Kreinsen und ten Hompel 2016; Ittermann et al. 2016). Konkret geht es um die Auslegung der funktionalen Beziehungen bzw. der Schnittstellen (siehe Abbildung 15):

- Mensch-Technologie: Mensch-Maschine-Interaktion
- Mensch-Organisation: Gestaltung der Arbeitsorganisation und die Realisation von Prinzipien der Arbeitsstrukturierung
- Organisation-Technologie: Gestaltung der Prozessorganisation und der Realisation von Kriterien des Business Process (Re-)engineering

Da bestehende Ansätze zur soziotechnischen Analyse, bspw. nach Grote (2018), sehr detailliert, allerdings auch sehr zeitaufwändig sind, wurde ein vereinfachter, spezifischer Ansatz im Kontext der Industrie 4.0 entwickelt.

3.3.2 Anforderungen an die Bewertung

In diesem Kontext wurden sieben Anforderungen definiert, die im Folgenden kurz erläutert werden:

Multiperspektivität

Gemäß des sozio-technischen Verständnisses ist eine ganzheitliche Betrachtung des Systems bestehend aus Mensch, Technik und Organisation sowie der zugehörigen Schnittstellen erforderlich (siehe Kapitel 3.1). Nur so können die Gestaltungsräume, die durch Industrie 4.0 entstehen entsprechend betrachtet und genutzt werden.

 Sozio-technische Betrachtung von Arbeitssystemen

Interdisziplinarität

Für eine umfassende Bewertung der Digitalisierung ist die Einbeziehung verschiedener Organisationseinheiten, Fachrichtungen bzw. Hierarchien eines Unternehmens von Bedeutung. Hierdurch wird eine möglichst sachliche und neutrale Bewertung angestrebt, die unterschiedliche Perspektiven berücksichtigt. Hierzu kann z. B. die Berücksichtigung strategischer, produktionstechnischer, arbeitnehmerorientierter und betriebswirtschaftlicher Perspektiven zählen.

 Anwendung in Form eines Workshops, interdisziplinäres Team

Objektivität

Aufgrund der Themenkomplexität der Digitalisierung sind Diskussionen und Abstimmungen unter Beteiligung verschiedener Interessengruppen zu koordinieren sowie inhaltlich umfassend und nachvollziehbar durchzuführen. Die Vorgabe von Kriterien inklusive der jeweiligen Ausprägungsstufen ermöglicht eine gewisse Transparenz sowie fachliche Tiefe der Diskussion, auch für Beschäftigte mit ersten Berührungspunkten mit der Digitalisierung.

 Bewertungsstufen detailliert vorgegeben und Abstufungen spezifisch erläutert

Granularität

Da die Digitalisierung je nach Technologie bzw. Projekt unterschiedliche Ebenen des Unternehmens betreffen kann, muss der Detaillierungsgrad der Betrachtung variierbar sein. Dadurch kann sowohl die Bewertung eines einzelnen Arbeitsplatzes bis zum gesamten Produktionsbereich ermöglicht werden und eine hierarchieübergreifende Unternehmenslandkarte definiert werden.

 Hierarchieübergreifende Unternehmenslandkarte mit diversen Detaillierungsstufen

Umsetzungsorientierung

Neben der Analyse des derzeitigen Zustands soll die Definition eines Soll-Zustands ermöglicht werden, um die gezielte Gestaltung der Digitalisierung zu ermöglichen. Basierend darauf wird die Maßnahmenableitung unterstützt, um Umsetzungsprozesse anstoßen zu können.

 Definition eines Soll-Zustands und Unterstützung der Maßnahmenableitung


Universalität

Das Instrument soll nicht auf einzelne Unternehmen beschränkt, sondern branchenübergreifend für industrielle Unternehmen einsetzbar sein, um einen breiten Nutzerkreis anzusprechen. Da die Digitalisierung sehr vielfältig ausgeprägt sein kann und diverse Technologien adressiert werden, soll das Instrument eine umfassende Betrachtung der Digitalisierung unabhängig von einzelnen Technologien ermöglichen.

 Branchenübergreifende Anwendung, technologieübergreifend

Validität

Die Einbindung von Unternehmen in die Entwicklung und Validierung ist unerlässlich, um ein geeignetes Instrument zu erhalten, das für den praktischen Einsatz geeignet ist. Dies ist die Grundlage für die Validität der Ergebnisse und den Übertrag auf andere Unternehmen.

 In Zusammenarbeit mit Unternehmen entwickelt und in der breiten Praxis validiert

Im Rahmen bestehender Modelle wurden Teilaspekte der Digitalisierung bereits detailliert adressiert. So definiert der Leitfaden Industrie 4.0 vom VDMA bspw. eine Reihe von Kriterien zur Bewertung der Digitalisierung im Unternehmen aus einer technischen Perspektive mit Fokus auf das Produkt und die Produktion. Andere Modelle wiederum betrachten Aspekte der Kultur (Industrie 4.0 Maturity Index von acatech) oder der IT-Sicherheit (Industrie 4.0-Readiness von der IMPULS-Studie). Die Erkenntnisse aus der durchgeführten Analyse der bestehenden Modelle fließen in die Definition der Kriterien für den Kompass Digitalisierung mit ein. Je nach Eignung wurden Kriterien inklusive ihrer Ausprägungen übernommen oder auch abgewandelt. Ebenso wurden neue Kriterien und Ausprägungsstufen ergänzt, um eine umfassende Bewertung der Digitalisierung basierend auf einem sozio-technischen Systemverständnis zu ermöglichen. Die detaillierte Übersicht der ausgewählten Kriterien sind im zugehörigen IT-Tool des Kompasses Digitalisierung dargestellt.

3.3.3 Sozio-technische Fähigkeitsbewertung

Das Ziel der Fähigkeitsbewertung besteht darin, die Evaluation von CPPS-Lösungen zu unterstützen (siehe Abbildung 16). Der Ausgangspunkt ist dabei die Bewertung des Ist-Zustands der Digitalisierung, um die aktuelle Situation des Unternehmens zu verstehen und transparent darzustellen. Hierzu wird ein Kriterienkatalog mit definierten Ausprägungsstufen bereitgestellt, der im Folgenden detaillierter vorgestellt wird. Das Ergebnis der Bewertung ist die Kennlinie der Digitalisierung, die eine grafische Interpretation des Ist-Zustands ermöglicht.

Im zweiten Schritt kann der Zielzustand für den jeweiligen Unternehmensbereich definiert werden. Hierbei steht die interne Abstimmung und Festlegung des zu erreichenden Ziels im Fokus.

Die Grundlage für diese Bewertung stellt die ausgewählte CPPS-Lösung dar. Sofern mehrere Lösungen zur Auswahl stehen sind verschiedene Bewertungen anzulegen. Die vorgegebenen Kriterien und Ausprägungsstufen unterstützen hierbei die Einstufung vorzunehmen und ggf. auch Erweiterungen der CPPS-Lösung zu diskutieren. Das Ergebnis ist ebenfalls die Ermittlung einer Kennlinie, in diesem Fall als Spezifikation des Zielzustands.

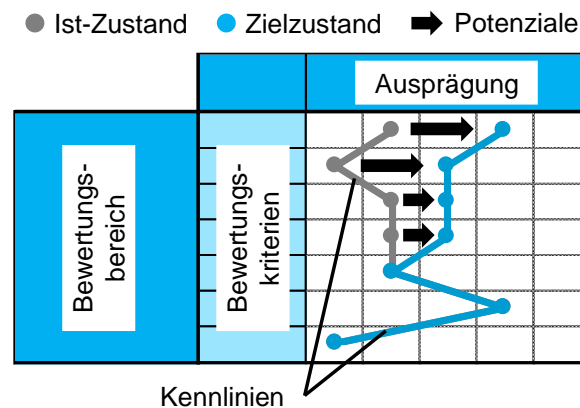


Abbildung 16: Status der Digitalisierung zur Fähigkeitsbewertung

Nach der Bewertung von Ist- und Zielzustand ermöglicht der Vergleich der beiden Kennlinien die Identifikation von Handlungsfeldern. Bereiche, in denen sich Abweichungen zwischen Ist- und Zielzustand erkennen lassen, sind detaillierter zu analysieren und Handlungsmaßnahmen abzuleiten.

Entgegen der weitverbreiteten Vorgehensweise anderer Modelle bzw. Instrumente einen Reifegrad zu bestimmen, wird hier ein alternativer Ansatz gewählt. Ein Reifegrad impliziert, dass die höchste Ausprägungsstufe als das allgemeingültige Ziel definiert wird, welches es zu erreichen gilt. Dementsprechend wird das Bestreben unterstützt, eine möglichst weitgreifende Digitalisierung zu realisieren, ohne deren Konsequenzen für die Beschäftigten oder die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens zu hinterfragen. Außerdem besitzen Unternehmen durch unterschiedliche Markt- bzw. Kundenanforderungen, Strukturen und weitere Rahmenbedingungen variierende Voraussetzungen und Zielsetzungen für die Digitalisierung. Daher wird hier die Kennliniendarstellung verfolgt, die einen unternehmensspezifischen Zielzustand darstellt, basierend auf der in Kapitel 3.2 ausgewählten CPPS-Lösung. Dieser Zielzustand muss nicht zwangsläufig ein höheres Maß an Digitalisierung aufweisen, sondern vielmehr einen auf das Unternehmen und dessen Rahmenbedingungen abgestimmten Grad der Digitalisierung. Die Gegenüberstellung der Kennlinien von Ist- und Zielzustand ermöglicht es neue Handlungsfelder zu identifizieren und für Änderungen im Unternehmen zu sensibilisieren, bzw. die Ausgestaltung der Lösung an das Unternehmen anzupassen.

Anwendung der Fähigkeitsbewertung in Form eines Workshopkonzepts

Zur Durchführung der Bewertung wurde ein Workshopkonzept erarbeitet, dessen Ablauf in Abbildung 17 dargestellt ist. Auf Basis der Erfahrungen aus dem Forschungsprojekt wird empfohlen die Bewertung in einem Team durchzuführen, dass idealerweise aus Vertretern der Leitungsebene, Shopfloor(-naher) Mitarbeiter sowie ausgewählter Experten aus Fachabteilungen besteht.

Das Team sollte so zusammengesetzt werden, dass es in der Lage ist, sowohl technische, organisatorische als auch personelle Themen zu beurteilen. Die Teamgröße kann frei gewählt werden, es ist jedoch zu beachten, dass mit zunehmender Gruppengröße entweder die Zeit für Diskussionen ansteigt oder die einzelnen Teilnehmer weniger Möglichkeiten haben, sich in die Beurteilung einzubringen. Zu empfehlen ist eine Teamgröße von etwa fünf Personen.

Für die Ausgestaltung der CPPS-Lösungen und die Anpassung an das Unternehmen ist möglichst ein konstruktiver Dialog der Teilnehmer zu schaffen. Die Interpretation der Auswirkungen auf das Unternehmen sowie zugehörige Gestaltungsaspekte sind hervorzuheben. Die Betrachtungsebene kann von einem Arbeitssystem bis hin zu einen ganzen Bereich variieren. Dementsprechend sind die Diskussion und die Besetzung des Teams zu gestalten.

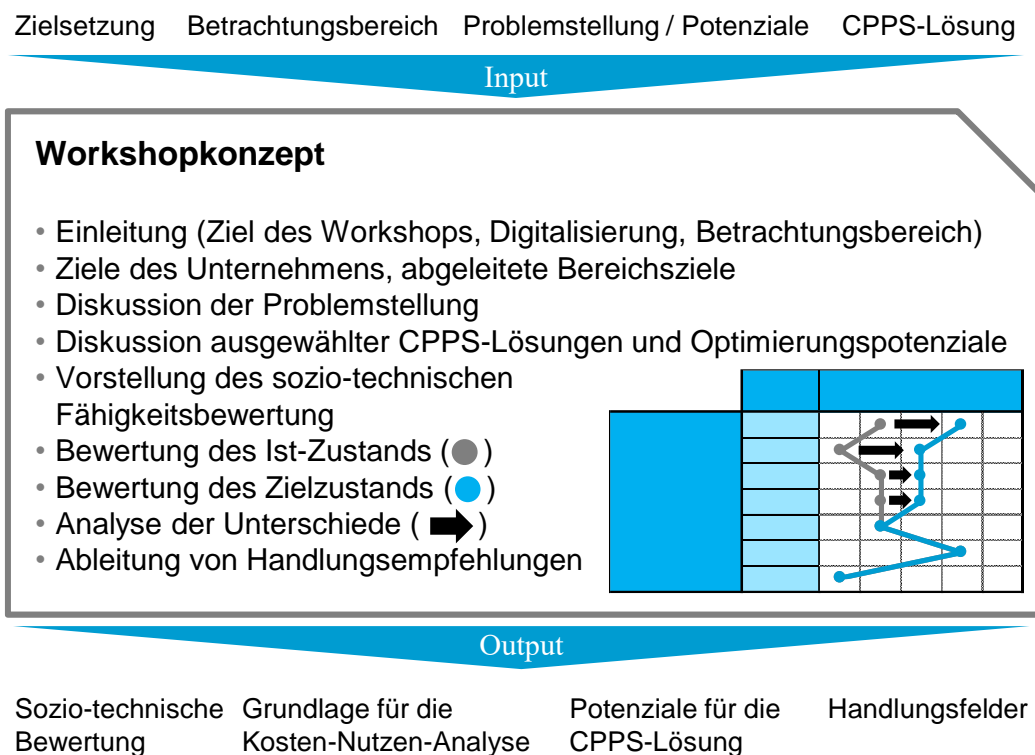


Abbildung 17: Workshopkonzept zur Fähigkeitenbewertung (Nöhring et al. 2018)

Erweiterung der sozio-technischen Fähigkeitenbewertung zum „Kompass Digitalisierung“

Im Rahmen eines Transferprojekts mit dem assoziierten Partner IG Metall wurden die beschriebenen Ergebnisse zur sozio-technischen Fähigkeitenbewertung erweitert und in ein übergreifendes Bewertungsinstrument für die Digitalisierung die Abschätzung von Arbeitsfolgen überführt, den Kompass Digitalisierung, siehe Abbildung 18. Das Instrument erlaubt es, den Stand der Digitalisierung in einem Betrieb detailliert zu erfassen (Modul 1). Die Analyse erstreckt sich auf die Bereiche Strategie, Qualität der Gestaltungsprozesse und die Schnittstellen zwischen den Faktoren Technik, Organisation und Mensch. Daneben ermöglicht das Instrument die Beschreibung und Beurteilung von konkreten betrieblichen Digitalisierungsprojekten (Modul 2). Kernbestandteil dessen ist eine sozio-technische Beurteilung auf der Grundlage von Kriterien zur Gestaltung guter, digitaler Industriearbeit im Rahmen eines partizipativen Ansatzes. Das Instrument sowie eine zugehörige Broschüre mit detaillierten Informationen zum Instrument werden über die STEPS-

Homepage (www.steps-projekt.de) zur Verfügung gestellt. Zusätzlich erfolgt die Verbreitung des Kompasses Digitalisierung über die IG Metall in Form von Betriebsräte-Schulungen.

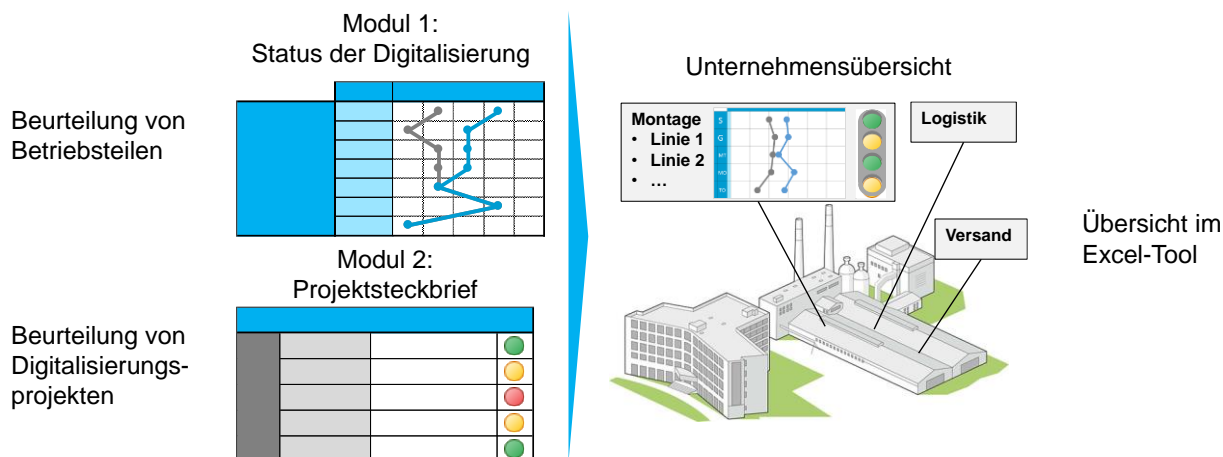


Abbildung 18: Übersicht des Kompasses Digitalisierung (Deuse et al. 2019)

3.3.4 Abschätzung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses

Die abschließende Auswahl einer CPPS-Lösung wird auf Basis des antizipierten Aufwand-Nutzen-Verhältnisses getroffen. Hierzu wird die Einstufung nach Lunau (2007) verwendet, siehe Abbildung 19. Die Einstufung erfolgt nach einer qualitativen Bewertung des Nutzenpotenzials und des Aufwands. Als Nutzenpotenziale werden die antizipierten Auswirkungen auf die in Kapitel 3.2 ausgewählten Zielsetzungen definiert. Hierzu können bei Bedarf die einzelnen Kennzahlen, die den Bereichen der Balanced Scorecard zugewiesen sind, noch gewichtet werden. Somit werden explizit die zuvor definierten Zielsetzungen fokussiert. Der Aufwand hingegen wird auf Basis der zuvor definierten Handlungsfelder abgeleitet, hierzu zählen bspw. Investitionen in Technologien, Personalentwicklungs- und Schulungskosten und organisatorische Umstrukturierungen. Exemplarisch sind drei evaluierte Lösungen (CPPS 1, 2 und 3) in das Diagramm eingetragen. Zur Unterstützung der Interpretation der Ergebnisse wird das Diagramm in vier Bereiche unterteilt, die im Folgenden kurz erläutert werden.

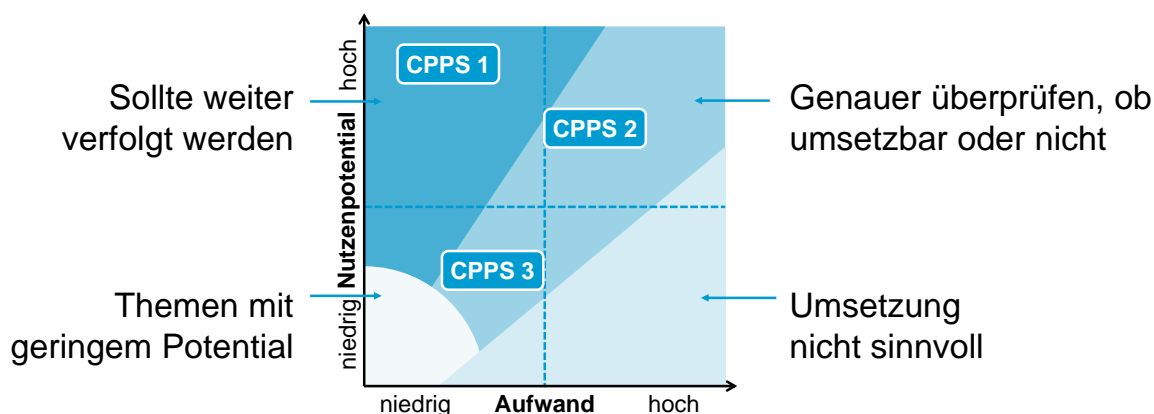


Abbildung 19: Bewertung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses

Bereich 1: niedriger Aufwand, niedriges Nutzenpotenzial

In diesem Bereich werden CPPS-Lösungen mit geringem Potenzial eingeordnet, sodass möglichst eine andere CPPS-Lösung auszuwählen ist. Da Kapazitäten insbesondere in KMU nur begrenzt vorhanden sind und häufig auch die Geschäftsführung beteiligt ist, ist es von besonderer Relevanz Projekte korrekt zu priorisieren. Da die Digitalisierung klassischerweise mit umfassenderen Änderungen und Anpassungen innerhalb von Unternehmen einhergeht, wird eine Einstufung in diesen Bereich als eher unwahrscheinlich betrachtet.

Bereich 2: erhöhter Aufwand, eher niedriges Nutzenpotenzial

Bei einer Einstufung in diesem Bereich wird eine Umsetzung als nicht sinnvoll erachtet. Dementsprechend sollte die identifizierte CPPS-Lösung verworfen werden. Es kann hierbei durchaus sein, dass in einem anderen Unternehmen die Einführung einer Technologie große Potenziale birgt, im eigenen Unternehmen aufgrund anderer Rahmenbedingungen diese Technologie jedoch verworfen wird.

Bereich 3: erhöhter Aufwand, erhöhtes Nutzenpotenzial

Lösungen, die in diesen Bereich eingestuft werden, sind noch einmal genauer zu betrachten, da sich Aufwand und Nutzen gegenseitig aufwiegen. Sofern Lösungen mit einem verbesserten Kosten-Nutzenverhältnis identifiziert wurden (Bereich 4), sind diese vorzuziehen.

Bereich 4: eher niedriger Aufwand, hohes Nutzenpotenzial

Lösungen, die in diesen Bereich eingeordnet werden, sind zu bevorzugen und umzusetzen. Das nachfolgende Modul 3 unterstützt bei weiteren Aktivitäten zur Befähigung und Umsetzung.

3.4 Modul 3: Befähigung

Die Einführung eines CPPS stellt für nicht F&E-intensive KMU eine bedeutende betriebliche Veränderung dar. Um Hemmnisse der Einführung abzubauen (vgl. Kapitel 3.1) sowie Ideen der Belegschaft zielgerichtet einzubinden, ist die Umsetzung der digitalen Transformation nicht nur im Rahmen technischer Dimensionen zu betrachten. Dementsprechend sollen, vor der Erarbeitung eines Projektplans für die Einführung eines CPPS, allgemeine Charakteristika der Befähigung diskutiert werden. Diese setzen sich insbesondere aus den Bereichen Mitarbeiterereinbindung, Kompetenzentwicklung sowie Verstetigung und Nachhaltigkeit zusammen (Lauer 2014; Stolzenberg und Heberle 2013; Frey et al. 2008). Um einerseits eine hohe Akzeptanz der Belegschaft für die damit einhergehenden Änderungen und andererseits eine reibungslose technische Umsetzung zu gewährleisten, sind relevante Akteure rechtzeitig in den Transformationsprozess einzubeziehen. Wichtige Akteure bei der Einführung einer CPPS im Produktionsbereich sind bspw.:

- **Geschäftsführung:**

Die Geschäftsführung trifft nicht nur die Entscheidung zur Einführung einer CPPS, sondern ist auch maßgeblich dafür verantwortlich, den damit einhergehenden Veränderungsprozess im Unternehmen voranzutreiben, die Belegschaft über Veränderungen zu informieren und Akzeptanzbarrieren zu überwinden.

- **Projektleiter:**
Der Projektleiter koordiniert Phasen und Akteure eines Umsetzungsprojektes. Teilweise wird die Rolle in KMU von der Geschäftsführung eingenommen, teilweise von shopfloor-nahen Führungskräften.
- **IT-Abteilung:**
Die IT-Abteilung verwaltet bestehende und zukünftige IT-Architekturen und Systemlandschaften und sollte somit frühzeitig einbezogen werden.
- **Personalabteilung:**
Die Personalabteilung ist insbesondere von Relevanz, wenn es um den zielgerichteten Mitarbeitereinsatz sowie Kompetenzentwicklung geht, auch sie sollte frühzeitig in Veränderungsprozesse einbezogen werden.
- **Führungskräfte in produktionsnahen Bereichen:**
Shopfloornahe Führungskräfte fungieren als Bindeglied zwischen Produktion und Geschäftsführung und haben somit sowohl strategische als auch operative Ziele im Fokus. Der Erfolg einer CPPS-Einführung hängt maßgeblich von ihnen ab.
- **Produktionsmitarbeiter:**
Mitarbeiter in der Produktion haben einerseits das tiefste Prozessverständnis und sind andererseits bei der Einführung von CPPS am direktesten mit neuen technischen Systemen konfrontiert.
- **Externe Partner:**
Externe Partner wie Lieferanten oder Universitäten sind einzubinden, sofern erforderliche Kompetenzen und Qualifikationen die vorhandenen übersteigen.

3.4.1 Mitarbeitereinbindung

Widerstände seitens der Mitarbeiter entstehen nicht nur, wenn diese sich schlecht über die anstehenden Neuerungen informiert fühlen, sondern auch, wenn sie das Gefühl haben, nicht in die Entscheidungsfindung einbezogen gewesen zu sein. Umgekehrt ermöglicht die Einbindung der Mitarbeiter neben der Verringerung von Widerständen sogar eine Motivationserhöhung der Beteiligten sowie die Findung höherwertiger Lösungen aufgrund der verbreiterten Wissensbasis. Wenn auch in Anbetracht genannter Vorteile eine breite Einbindung von (allen) Mitarbeitern in Erwägung gezogen werden kann, ist diese bei einer hohen Zahl betroffener Mitarbeiter nicht sinnvoll realisierbar. Stattdessen sollte eine zielgruppengerechte Einbeziehung bei Themen, zu denen die jeweiligen Mitarbeiter einen sinnvollen Beitrag leisten können, erfolgen.

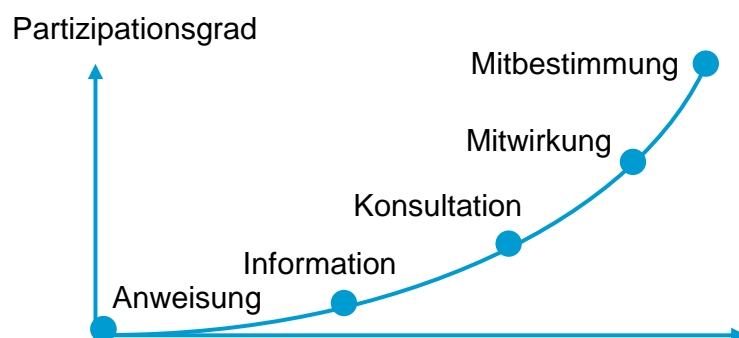


Abbildung 20: Zielgerichtete Mitarbeitereinbindung im Einführungsprozess

Es bestehen verschiedene Möglichkeiten der Partizipation, die von der reinen Anweisung und Information bis hin zur Mitwirkung und Mitbestimmung reichen. Zu entscheiden sind die Fragen, welches Maß der Einbindung zu welchem Zeitpunkt angemessen ist und welche Zielgruppe jeweils adressiert wird. Aus den Umsetzungsprojekten im Rahmen von STEPS konnten folgende Erfolgsfaktoren identifiziert werden:

- Kontinuierliche Information der Mitarbeiter, bspw. Informationsveranstaltungen
- Einbindung des Feedback in den Planungsprozess (Konsultation)
- Mitwirkung der Lösungsgestaltung ermöglichen
- Befähigung zu eigenständiger Problemlösung in Betriebsphase

Eine detailliertere Untersuchung erfolgte im Rahmen der Arbeitsgruppe „Industrie 4.0 – Mitarbeiter einbinden“, in der verbundprojektübergreifende Erfolgsfaktoren und Good Practice-Beispiele der Mitarbeiterereinbindung in CPPS-Einführungsprojekten analysiert und konsolidiert wurden. Das gemeinsame Ergebnis der Arbeitsgruppe ist in Form einer Broschüre auf der Projekthomepage (www.steps-projekt.de) zugänglich.

3.4.2 Kompetenzentwicklung

Eine betriebliche Änderung geht oftmals mit veränderten Anforderungen an die Mitarbeiter einher. Um die Mitarbeiter zu unterstützen, den neuen Anforderungen begegnen zu können, bedarf es entsprechender Entwicklungsmaßnahmen für die Mitarbeiter bereits in der Planungsphase bzw. vor Inbetriebnahme des CPPS. Durch den entwickelten Befähigungsansatz werden insbesondere relevante Akteure in die Lage versetzt, mit einem neu eingeführten CPPS umzugehen und den sonstigen damit einhergehenden betrieblichen Veränderungen gerecht zu werden. Um dies zu erreichen, sind einerseits die Vermittlung des relevanten Wissens und andererseits die Ausbildung wichtiger Kompetenzen erforderlich. Unter Wissen wird eine systematische Vernetzung von Informationen verstanden (Lehner 2014). Informationsauswahl, -vergleich und Bewertung erfolgen dabei stets unter einem bestimmten Ziel und werden von der lernenden Person durchgeführt, sodass Wissen stets von der Interpretation der jeweiligen Person abhängig ist (Nickelsburg 2007). Nach North (2011) umfasst Wissen neben theoretischen Erkenntnissen auch praktische Handlungsregeln, die Personen zur Lösung von Problemen einsetzen können. Damit umfasst der Wissensbegriff zwar relevante theoretische Erkenntnisse zur Ausführung einer Arbeitsaufgabe, lässt deren praktische Anwendung jedoch außen vor. Ebenjene praktische Anwendung des Theorie-geprägten Wissens berücksichtigt der Begriff der Kompetenz. Dieser beschreibt das Vermögen eines Menschen aufgrund zusätzlicher Erfahrung vorhandenes Wissen in Handlungen zielorientiert und situationsadäquat umzusetzen (North 2011).

Eine gezielte Vorgehensweise besteht darin, die neuen Anforderungen und die damit einhergehenden erforderlichen Kompetenzen zu definieren, diese mit den Kompetenzprofilen der Mitarbeiter abzugleichen sowie erforderliche Weiterbildungsmaßnahmen abzuleiten und einen strategischen Kompetenzaufbau zu ermöglichen. Im ersten Schritt gilt es, auf Basis der sozio-technischen Fähigkeitsbewertung (vgl. Kapitel 3.2) Kompetenzanforderungen an das neue Arbeitssystem bzw. deren Mitarbeiter zu definieren. Zudem ist zu prüfen, ob es auch in angrenzenden Arbeitssystemen zu Veränderungen der Anforderungen kommt. Im zweiten Schritt sind, sofern noch

nicht vorhanden, eine Qualifizierungsmatrix der Mitarbeiter zu erstellen und die CPPS-Anforderungen zu integrieren. Darauf aufbauend sind Potenzialträger zu identifizieren, die sowohl strategisch die Digitalisierung im Unternehmen verantworten, bspw. in Form von weiteren Umsetzungsprojekten, als auch operative Mitarbeiter mit der Aufgabe vertraut zu machen, das ausgewählte CPPS in der Einführung zu begleiten und im Anschluss zu betreiben. Im nächsten Schritt sind daher für die Mitarbeiter des neuen Arbeitssystems gezielt konkrete Qualifizierungsmaßnahmen zur Kompetenzentwicklung abzuleiten. Im Rahmen des STEPS-Projekts wurde eine Zusammenstellung an Qualifizierungsmaßnahmen für die Kompetenzbedarfe der Digitalisierung basierend auf Studien und weiteren wissenschaftlichen Publikationen durchgeführt und mit den entsprechenden Kategorien der sozio-technischen Fähigkeitsbewertung verknüpft. Die in Abbildung 21 dargestellte Matrix unterstützt die Auswahl einer geeigneten Kombination von „on-the-job“- und „off-the-job“-Maßnahmen für einen Mitarbeiter bzw. eine Personengruppe. Unternehmens- bzw. CPPS-spezifische Anforderungen in der Kompetenzentwicklung sind darüber hinaus jederzeit möglich.

		Maßnahmen-Kategorien										
		Vorträge & Konferenzen	Praxisbeispiele & Demonstratoren	Schulungen & Seminare (In-House & extern)	Planspiele & Qualifizierungsprojekte	Hochschulkooperationen & Beteiligung von Studierenden in Teilprojekten	E-Learning & MOOCs	Blended-Learning	Experimente	Praxis-Workshops	Team-Building-Maßnahmen	Externe Unterstützung
Kompetenzen	Entscheidungsautonomie			●		●			●			●
	Tätigkeitsstruktur des Mitarbeiters		●	●	●	●			●	●	●	●
	Kooperation		●	●	●	●		●	●	●	●	●
	Systemkompetenz	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●
	IKT-Kompetenz	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●
	Adaptionsfähigkeit		●	●	●	●	●	●	●	●		●

Abbildung 21 Ableitung von Maßnahmen zur Kompetenzentwicklung

3.4.3 Verstetigung und Nachhaltigkeit

Im Anschluss an die initiale Einführung einer CPPS-Lösung gilt es, die Entwicklung zu verstetigen, nachhaltig zu betreiben und eine Organisationsform für Veränderungen zu etablieren. Kurzfristig besteht ein Erfolgsfaktor darin, den Nutzen der neuen Lösung transparent darzustellen und zu kommunizieren. Eine kennzahlenbasierte Evaluation und Validierung, die die in Kapitel 3.2 gesetzten Ziele adressiert, hilft, um die Zielerreichung abzusichern und ggfs. neue Maßnahmen einzuleiten. Mittel- bis langfristige Ziele sind die Entwicklung der Organisation hinsichtlich einer Veränderungs- und Verbesserungskultur sowie der kontinuierlichen Kompetenzentwicklung.

Hierzu kann es helfen, die Nachhaltigkeit der Industrie 4.0-Technologien als Unternehmensstrategie zu formulieren sowie Verantwortlichkeiten für die Verstetigung und weitere Digitalisierungsprojekte zu vergeben.

Eine detailliertere Untersuchung von Erfolgsfaktoren der Verstetigung und Nachhaltigkeit empirischer CPPS-Einführungsprozesse erfolgte im Rahmen der Arbeitsgruppe „Industrie 4.0 – Mitarbeiter einbinden“. Das gemeinsame Ergebnis der Arbeitsgruppe ist in Form einer Broschüre veröffentlicht worden (Bashir et al. 2018). Die Broschüre ist auf der Projekthomepage (www.steps-projekt.de) zugänglich.

4 STEPS Use-Cases

Im Rahmen der praktischen Implementierung und Validierung des Projekts wurde durch Projektteams aus einem oder mehreren Entwicklungspartnern und den Forschungseinrichtungen jeweils ein konkretes Industrie 4.0-Anwendungsszenario auf den Shopfloors der Anwendungspartner umgesetzt. Das Resultat bilden Technologiedemonstratoren innerhalb realer Produktionssysteme, die unter Berücksichtigung des M-T-O-Ansatzes industrielle Problemstellungen mit Hilfe von CPPS-Lösungen adressieren und beheben. In Abbildung 22 ist eine Übersicht der Projektergebnisse dargestellt. In den nachfolgenden Kapiteln werden die vier Use-Cases detailliert vorgestellt.

Die Struktur der Use-Case-Beschreibung entspricht der in Kapitel 3 vorgestellten Gesamtsystematik. Dementsprechend werden zunächst die Zielsetzungen definiert und geeignete CPPS-Lösungen ausgewählt. Darauffolgend werden die sozio-technischen Strukturen analysiert und Implikationen für die Umsetzung abgeleitet sowie die tatsächliche Umsetzung beschrieben. Abschließend wird ein kurzes Fazit zu den Use-Cases dargestellt.

Zusätzlich wurde bei einem projektinternen Transfers im Zuge einer kostenneutralen Verlängerung des Projekts ein zusätzlicher Use-Case erarbeitet, der in Kapitel 4.5 vorgestellt wird.



Abbildung 22: Übersicht der Use-Cases

4.1 Use-Case 1: intrObest – Big Data Analytics in der Auftragsabwicklung

Der Hersteller von Elektronikbaugruppen (SMD- und konventionelle Bestückung) intrObest fertigt heute ständig wechselnde Produkte in kleiner Stückzahl. Die Produkte bestehen in der Regel aus

Zukaufteilen (Leiterplatten und Elektronikbauteile), die manuell oder auf SMD-Linien automatisiert montiert werden. Eine eigenständige F&E-Abteilung betreibt das Unternehmen nicht. Die Entwicklungsarbeit beschränkt sich auf die Konstruktion von Elektronikbaugruppen bei einzelnen Aufträgen. Der Use-Case wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Entwicklungspartner RapidMiner bearbeitet. RapidMiner bietet eine softwareseitige Analyseplattform für Datenanalyse-Teams. Die Plattform ist Open Source und besteht dabei aus Produkten, die alle Schritte vom Datenzugang bis hin zur automatisierten Anwendung von prädiktiven Modellen auf neue Daten in der Produktion abdeckt. Dazu gehört unter anderem ein cloudbasiertes Produkt zur automatisierten Erstellung eines ersten Modells des Maschinellen Lernens in nur fünf Klicks. Zur Plattform zählt zudem eine Community von aktuell ca. 500.000 Anwendern.

4.1.1 Zielgerichtete Auswahl von CPPS-Lösungen

Zu Beginn des Projektes wurden die Ziele sowie die Ist-Situation systematisch analysiert. Das oberste Ziel ist es, dem Kunden eine kurze Durchlaufzeit von der Anfrage bis zur Auslieferung zu bieten, um somit flexibel auf Nachfrageschwankungen reagieren zu können. Die größten Zeitan-teile liegen hierbei mit bis zu drei Wochen in der Angebotserstellung sowie Beschaffung der Zukaufteile. Weiterhin spielen auch interne Ziele, wie Kosten, Qualität und Transparenz in Wareneingang und Produktion eine Rolle. Beginnend mit einer Kundenanfrage wird die Angebotserstellung ausgelöst. Um dem Kunden Lieferzeiten und Preise nennen zu können, ist zunächst eine neue System-Stückliste mit firmeneigenen Artikelnummern zu erstellen. Derzeit erfolgt dies manuell mit einem hohen Suchaufwand für Bauteile und Komponenten sowie einem Fehlerrisiko. Darauf aufbauend erfolgt die Kostenkalkulation für den Auftrag. Im Einkauf besteht derzeit ein sehr hoher Rechercheaufwand, da der Markt unübersichtlich ist und Preise sowie Verfügbarkeiten schwanken. Dem Kunden zugesagte Preise und Termine können demnach nicht immer eingehalten werden. Weiterhin sieht sich intrObest mit einem stark volatilen Marktumfeld konfrontiert, sodass derzeit valide Absatzprognosen nicht möglich sind. Dies führt wiederum zu unvorhersehbaren Auslastungen in der Auftragssteuerung sowie Produktion, wodurch sowohl die kurz- als auch die langfristige Personal- und Kapazitätsplanung erschwert wird. Die resultierenden Herausforderungen können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Die Auswahl möglicher Lieferanten und der Vergleich der Zukaufteile mit den Anforderungen und Kundenwünschen erfolgt über eine manuelle Sondierung des Beschaffungsmarktes. Dies führt zu einem enormen Datenauswertungsaufwand sowie der Gefahr eines erhöhten Einkaufspreises. Die Bauteileverfügbarkeit sowie die Preise ändern sich teilweise sehr kurzfristig, was zu Problemen in der Lieferfähigkeit führt. Hierdurch ist das günstigste Angebot nicht „on-the-fly“ identifizierbar. Die für die Berechnung des Kundenangebots zugrunde gelegten Einkaufspreise können zum Zeitpunkt der Auftragserteilung durch den Kunden und der daraus folgenden Bauteilbestellung zum Teil messbar abweichen.
2. Ein weiteres Risiko existiert bei der Komponentenidentifikation, welches entsteht, wenn der Kunde in seiner Anfrage die Komponenten für das zu bestückende Bauteil nicht exakt spezifiziert hat. So muss erst ein Bauteil gesucht werden, welches die notwendigen Spezifikationen erfüllt, um danach in die Verfügbarkeitssuche zu gehen. Zur Überprüfung einer Verbesserung durch die geplante CPPS-Lösung kann an dieser Stelle die Dauer, die für die

Bearbeitung einer Stücklistenposition vom Mitarbeiter aufgewendet werden muss, herangezogen werden.

- Die Bereitstellung der Auftragsunterlagen in Papierform führt insbesondere bei den manuellen Tätigkeiten der Bauteilbestückung zu einer Kostenerhöhung. Einerseits durch höheren Personalaufwand aufgrund von Suchzeiten in den Unterlagen, Papier- und Druckkosten, sowie dem damit einhergehenden Risiko von veralteten Unterlagen. Die Messung der Durchlaufzeit eines Kundenauftrags sowie der Höhe der vorgenannten Kosten stellen überprüfbare Kennzahlen dar.

Das Ziel war es, eine Industrie 4.0-Lösung zu finden, die zum einen die intelligente Beschaffung der relevanten Daten sowie die Beherrschung der sich ergebenden Datenflut, wie bspw. Artikel- und Herstellerdaten, die Verfügbarkeit von Bauteilen, Prozessdaten, Qualitätssicherungs- bzw. Traceability-, Umwelt- und Schadstoffdaten unterstützt. Hierdurch sollte auch eine schnelle Reaktion auf Kundenwünsche („Need for Speed“) erreicht werden. Darüber hinaus besteht bis heute die Vision eines automatisierten, bzw. maximal unterstützten Auftragsabwicklungsprozesses.

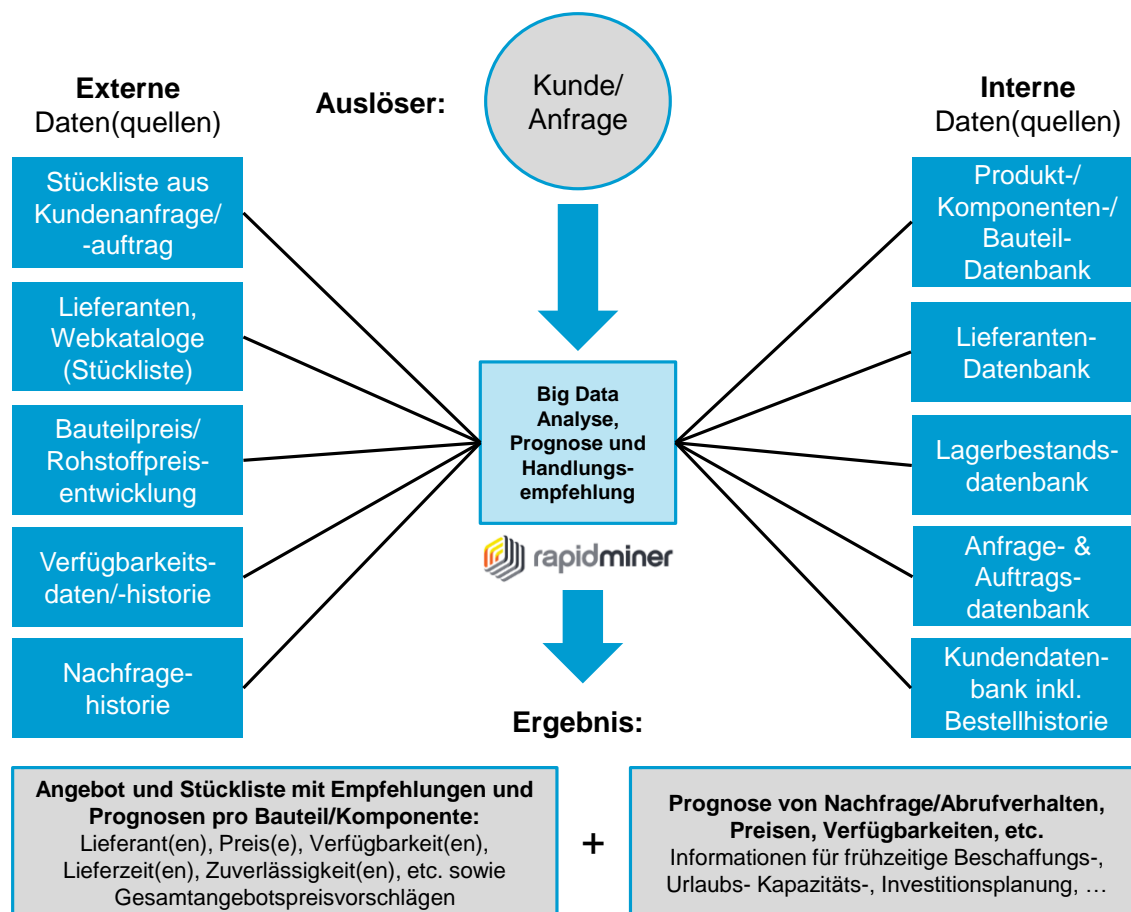


Abbildung 23: Gesamtkonzept bei intrObest (i. A. a. Wöstmann et al. 2017)

Als Grobkonzept wurde daher eine Kombination aus papierloser Fertigung durch Nutzung digitaler Endgeräte und der Nutzung teilautomatisierter Datenverarbeitungsprozesse unter Zuhilfenahme von Methoden des Maschinellen Lernens mittels der Data Mining-Plattform RapidMiner erarbeitet. Der Schritt der Angebotserstellung, als Beginn des Auftragsabwicklungsprozesses, ist für das Unternehmen ein wichtiger Prozessschritt, da hier verschiedene interne und externe Fak-

toren zusammenkommen, die durch den Einsatz einer Industrie 4.0-Lösung in ihrer Zeitintensivität und Komplexität reduziert werden können. Die erforderliche Sichtung einer Vielzahl interner und externer Planungsdaten und -dokumente sowie den tagesaktuellen Zugang zu Marktinformationen über das Internet führt zu einer komplexen Aufgabe für den Mitarbeiter. Eine hohe Anzahl manueller Schritte bei gleichzeitiger Vielfalt an Daten und Informationen aus einer hohen Anzahl an Quellen sind für einen Mitarbeiter derzeit schwer zu überblicken. Teil des Konzeptes, das fortan unter dem Namen „Web und Data Mining bei intrObest“ gebündelt wurde, war daher die Entwicklung eines Unterstützungssystems für die Mitarbeiter in der Auftragsabwicklung („intrObest Assistent“). Ziel war es, neben dem Forecast des Abrufverhaltens der Kunden eine teilautomatisierte Stücklistenenerstellung unter Berücksichtigung der aktuellen Beschaffungspreise mit automatischer Materialbeschaffung (siehe Abbildung 23) zu integrieren.

In der Folge ändert sich der Auftragsabwicklungsprozess. So sollten die Stücklisten der Auftraggeber automatisiert verarbeitet werden und auf dieser Basis Anfragen im Internet für Bauteile oder Baugruppen nach vorgegebenen Regeln (automatisiert) generiert werden. Dazu müssen alle Bauteile zuerst eindeutig identifiziert und bspw. Sondertypen erkannt werden. In Verbindung mit den unternehmensinternen Daten ergibt sich hieraus ein Basisdatensatz.

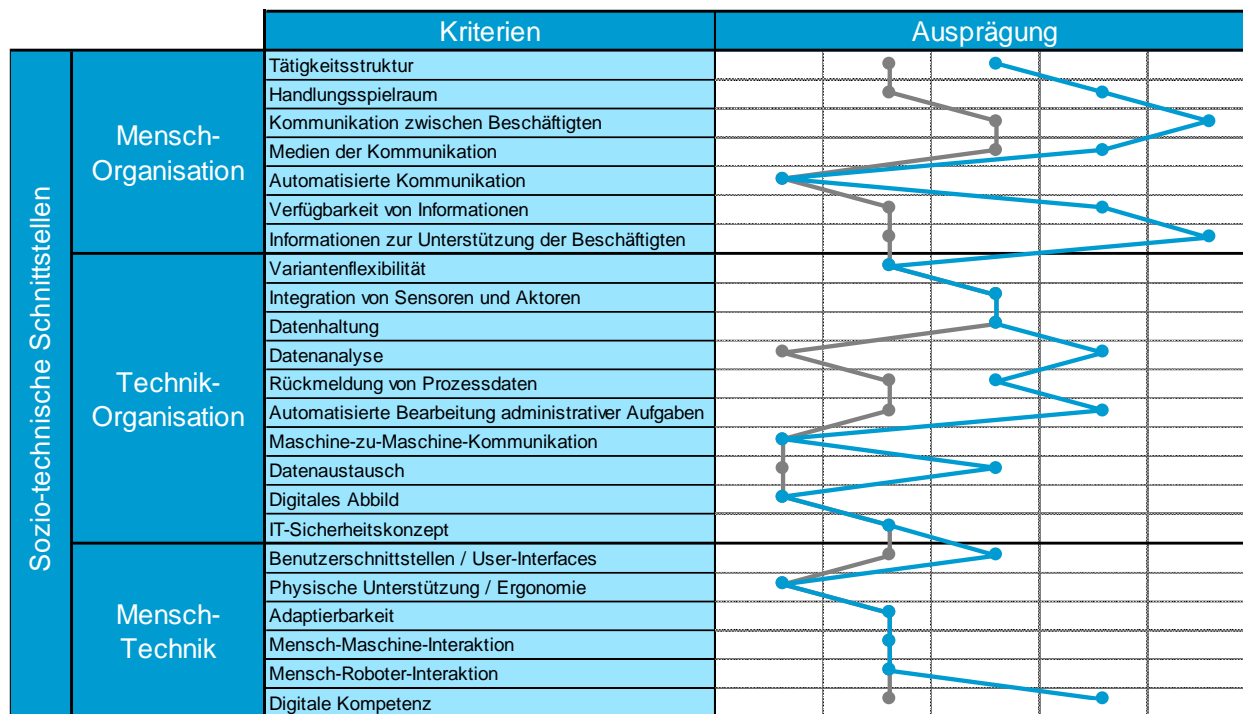
Die Einbindung von grafischen Benutzerschnittstellen (GUI), die entsprechend der Anwendungen Beschaffung, Produktionsprogrammplanung oder Personalplanung (voraussichtlich Nutzung der GUI aus BMBF-Projekt KapaFlexy) ausgeprägt sind, wurde als optional in die Planung aufgenommen.

4.1.2 Sozio-technische Fähigkeitsbewertung

Im Anschluss an die Grobkonzeptionierung erfolgte eine Detaillierung mit Hilfe der Systementwickler sowie Einbezug der Mitarbeiter der Auftragsabwicklung bei intrObest. Weiterhin wurde die sozio-technische Fähigkeitsbewertung (siehe Abbildung 24) durchgeführt, um systematisch Unterschiede zwischen Ist- und Soll-Zustand in den betroffenen Bereichen bei intrObest aufdecken und entsprechende Maßnahmen einleiten zu können.

Auffällig ist, dass insbesondere in den Schnittstellen, die den Mitarbeiter direkt betreffen, Verbesserungen zu erwarten sind. So steigen bspw. die Tätigkeitsstruktur und der Handlungsspielraum auf eine höhere Ebene, da durch das Assistenzsystem eine Vielzahl monotoner repetitiver digitaler Tätigkeiten automatisiert und für den Mitarbeiter mehr kreative Tätigkeiten und Entscheidungen ermöglicht werden. Ebenso werden manuelle Suchtätigkeiten unterstützt und (teil-)automatisiert, sodass die Mitarbeiter in Zukunft mehr Informationen zur Verfügung haben, die im Auftragsabwicklungsprozess unterstützen. Bedingt durch die technischen Neuerungen erfolgt zudem die Anforderung, eine stärkere digitale Kompetenz aufzubauen. Zwar sind neue technische Systeme zur Datenanalyse in Betrieb zu nehmen, jedoch wurde der Aufwand als gering eingestuft, da weiterhin auf den bestehenden Datenbanken gearbeitet werden konnte und die Einrichtung von RapidMiner Server und RapidMiner Studie unproblematisch im Rahmen der vorhandenen Strukturen möglich war. Somit wurde im nächsten Schritt beschlossen, das potenzielle Lösungskonzept weiter zu verfolgen und gemeinsam mit dem Entwicklungspartner in die Umsetzungsphase zu gehen. Weiterhin wurde als Prämisse für die Umsetzung festgelegt, die Mitarbeiter frühzeitig mit einzubeziehen, um parallel zur Projektbearbeitung auf die Wünsche und Bedürfnisse

einzugehen und die zukünftig erforderlichen Kompetenzen zum Betrieb und zur Verbesserung des Systems aufzubauen.



Legende:

- Ist-Zustand
- Zielzustand

Abbildung 24 Sozio-technische Fähigkeitsbewertung bei intrObest

4.1.3 Befähigung und Umsetzung

Die Mitarbeiter wurden von Beginn an intensiv in den Änderungsprozess eingebunden. Sowohl in der Vorbereitung als auch während der Entwicklung des Assistenten waren regelmäßige Rücksprachen mit den späteren Anwendern wichtig. Da das frühzeitige konstruktive Feedback in die Entwicklung einfließen konnte, wurde die neu entwickelte Industrie 4.0-Lösung zu ihrer Lösung. Außerdem wurde beim Design des Assistenten Wert darauf gelegt, dieses an die Arbeitsweise der Mitarbeiter von intrObest anzupassen und regelmäßige Überprüfungen auf Einfachheit der Nutzung durchgeführt. Die Anwendung des intrObest Assistenten ist möglichst einfach konzipiert und die einzelnen Funktionalitäten sind jederzeit in einer Benutzerdokumentation nachzulesen.

Die in der Web App „intrObest Assistent“ umgesetzten Use-Cases bei intrObest beziehen sich auf die im Kapitel 4.1.1 genannten Herausforderungen, mit denen sich das Mittelstandsunternehmen konfrontiert sieht.

1. Unsichere Auslastungsprognosen führen zu Personalengpässen bzw. -überhang
2. Hoher Rechercheaufwand bei der Beschaffung von Bauteilen kann sehr zeitaufwändig sein
3. Komplexe Stücklisten, deren Komponenten manuell identifiziert und eventuell Alternativprodukte benötigen, bergen das Risiko der Falschidentifikation

Thematisch lassen die Anwendungsfälle wie folgt einordnen:

1. Bedarfsanalyse/ Verbrauch/ Prognose
2. Onlinequellensuche bezüglich Lieferanten inklusive Verfügbarkeit sowie dem Preis der jeweiligen Bauteile/ Produkte
3. Datenimport und Datenaufnahme

Zu jedem Use-Case wurden verschiedene Problemlösungsmethoden eingesetzt. Allgemein wird die Gesamtheit der Use-Cases über eine Web App realisiert, die den Prozess der Angebotserstellung abdeckt. Diese dient gleichzeitig als Endpunkt einer Innovationspipeline für das Unternehmen.

Die Innovationspipeline ist dabei ein Konzept, das nach initialer Umsetzung den Aufwand zur Integration weiterer Unternehmensprozesse, sowie das Hinzufügen neuer prozessunterstützender Informationen stark vereinfacht. Dabei wird ausgenutzt, dass Datenanalyseplattformen wie RapidMiner die Erstellung und Verwaltung sowohl von Datenzugriffen, als auch Web Apps und Prozesslogik ermöglichen. Es müssen bspw. Datenzugriffe nur einmalig zentral auf einem Server eingerichtet werden, um sie anschließend für Entwickler von Datenverarbeitungsprozessen als auch Nutzer der Web Apps leicht nutzbar zu gestalten. Die eigentliche Innovationspipeline besteht dabei aus folgenden Komponenten:

1. Web App als Schnittstelle zu allen prozessrelevanten Datenquellen und Prozessergebnissen
2. Datenverarbeitungsprozessen, welche die Logik der Web App abbilden
3. Werkzeuge zur Erstellung von Datenverarbeitungsprozessen

Eine schematische Darstellung der einzelnen Komponenten ist in Abbildung 25 dargestellt. Dargestellt sind von links nach rechts: das Werkzeug (exemplarisch durch eine Übersicht der Operatoren zur Analyse von Zeitreihendaten repräsentiert), der resultierende Prozess, der interne Operatoren des Werkzeugs nutzt sowie eine Web App als Assistent, welche den Prozess als Logik nutzt, um Daten zusammenzuführen und zu analysieren. Die jeweiligen Komponenten bedienen dabei unterschiedliche Zielgruppen. Die Web App dient als Schnittstelle zum Mitarbeiter. Der Mitarbeiter nutzt die Web App, um den Unternehmensprozess durchzuführen bzw. Unterstützung durch generierte Zusatzinformationen zu erhalten. Ziel der Nutzung einer einzelnen Web App zur Bearbeitung des Unternehmensprozesses ist es, die Anzahl der zu erlernenden Programme und Oberflächen zu reduzieren. Die Web App an sich kann jedoch aus verschiedenen Unterseiten bestehen.

Fachexperten für den jeweiligen Unternehmensprozess sind in dem Konzept der Innovationspipeline für die Erstellung der Prozesslogik zuständig. Werkzeuge zur visuellen Abbildung von Prozessen als datenverarbeitende Prozesse unterstützen den Fachexperten dabei. Diese Prozesse können einfache Datenzugriffe und Datenaufbereitungen abbilden, oder komplexe Analysen beinhalten.

Systemanbietern, Forschungseinrichtungen oder anderen Instituten kommt dabei die Aufgabe der Erstellung von Erweiterungen von Datenanalyseplattformen zu. Werden neue Analyse- oder Datenverarbeitungskonzepte entwickelt, werden diese als Erweiterungen für Datenanalyseplattformen umgesetzt. Dabei ist es besonders wichtig, die Anwendbarkeit der neu entwickelten Methoden in den Vordergrund zu rücken. Eine Erweiterung sollte daher selbsterklärende Inhalte mit

sich bringen, klare Anforderungen an die Datenaufnahme bereitstellen, und eine granulare Auswahl an Parametern bereitstellen, die den Anwender nicht überfordert, aber gleichzeitig die Komplexität der Methodik nicht oder nur geringfügig beschränkt.



Abbildung 25: Schematische Darstellung der drei Komponenten der Innovationspipeline

Dieses Konzept wurde im Anwendungsfall bei intrObest zur Erstellung des Angebotsassistenten umgesetzt. Dabei wurden seitens RapidMiner (als Plattformanbieter) komplexe Konzepte wie aufwendige Zeitreihenanalyse oder Deep Learning in leicht handhabbare Erweiterungen für die eigene Plattform integriert. Diese Erweiterungen enthalten Schulungsmaterial und beispielhafte Analyseprozesse. Diese Prozesse sind nah an den realen Gegebenheiten von Unternehmen wie intrObest angelegt und lassen so einen einfachen Übertrag bzw. eine Anpassung zu. Anschließend können die angepassten Analyseprozesse aus dem Schulungsmaterial in die Unternehmenseigene Web App eingebaut werden. Bedingt durch die Architektur von Analyseplattformen wie RapidMiner ist dabei ein Ziel, dass Mitarbeiter des Unternehmens selbst die Prozesse anpassen und in die Unternehmens-Web Apps einbauen können. Hierbei können auch die Web App Referenzimplementierungen hilfreich sein. So kann durch Bereitstellung von neuen Erweiterungen oder Werkzeugen wie in Schritt eins ein Multiplikatoreffekt erreicht werden, der einer Vielzahl von Unternehmen die Nutzung neuester Methoden ermöglicht. Auch können Prozesse oft mit nur geringen Abstraktionen auf andere Unternehmen angewandt werden.

Abbildung 26 zeigt eine RapidMiner Studio-Oberfläche mit einem Lehrprozess zur Nutzung der Deep Learning Erweiterung. Im Zentrum des Bildes sind erklärende Annotationen zu erkennen. Rechts unten ist ein Fenster mit Zusatzinformationen zum jeweils ausgewählten Operator dargestellt. In Abbildung 27 ist in einer detaillierteren Ansicht die Struktur von Netzwerkebenen innerhalb eines Lehrprozesses veranschaulicht.

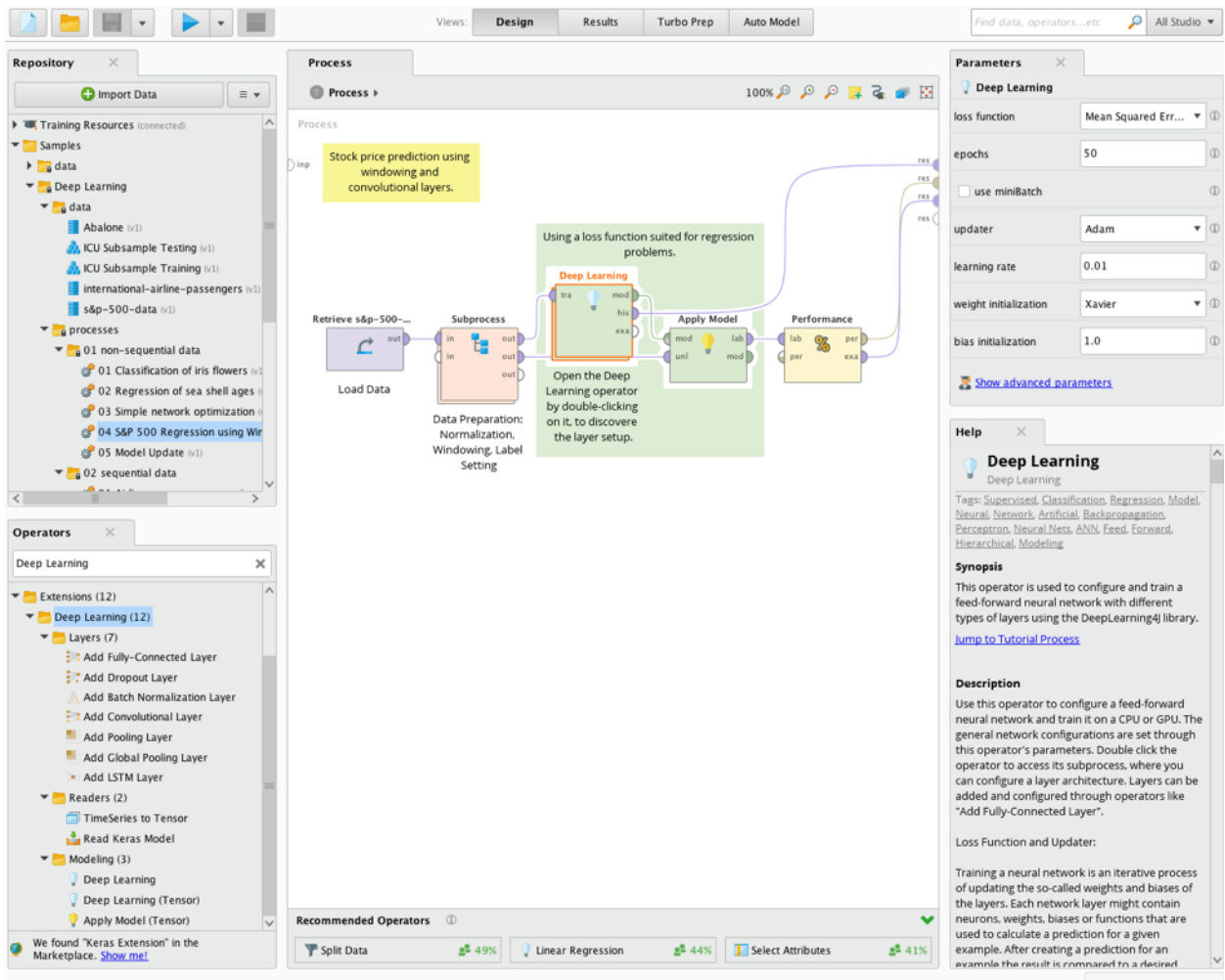


Abbildung 26: Deep Learning Erweiterung in RapidMiner Studio

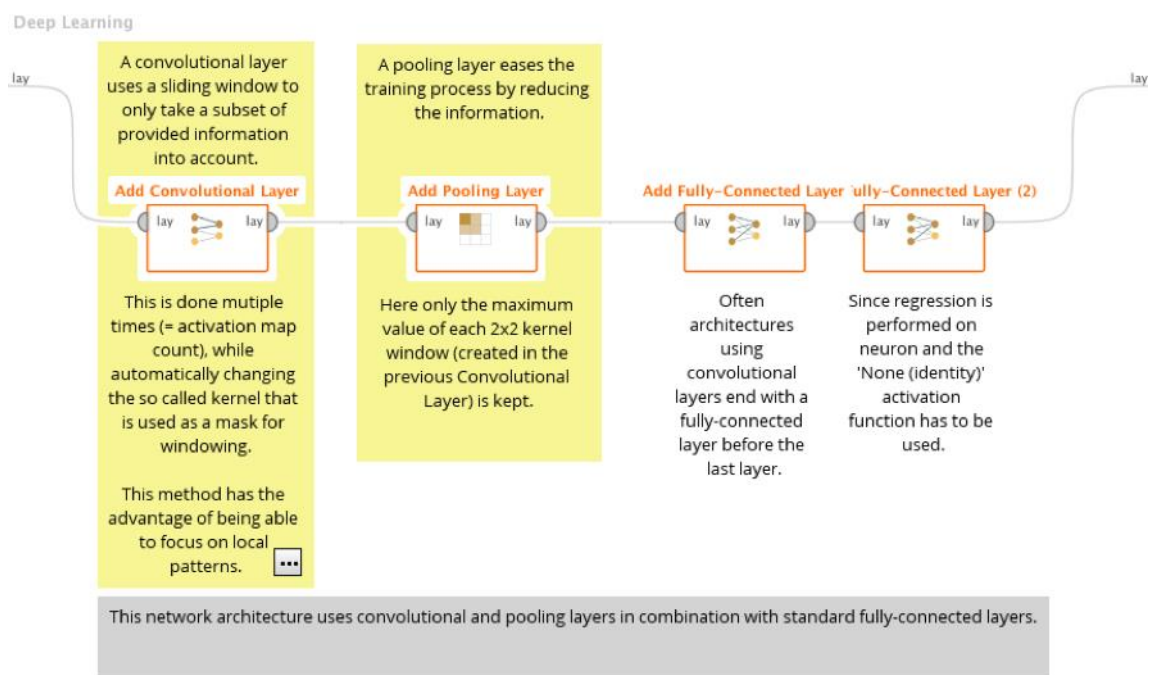


Abbildung 27: Struktur von Netzwerkebenen, wie sie in einem Lehrprozess vorhanden ist

Mitarbeiter im Unternehmen müssen sich unter Anwendung des Innovationspipeline-Konzeptes nur einmalig an den Aufbau einer Web App gewöhnen. Werden neue Analyseprozesse erarbeitet und in die Web App integriert, sind lediglich kleine Änderungen für den Mitarbeiter sichtbar. Zu nennen sind hier bspw. neue Kennzahlen mit Prognosen zur Lieferzeit, die als Zusatzinformation eingeblendet werden. Es muss kein neues Programm gelernt und in Arbeitsprozesse integriert werden. Einem Mitarbeiter obliegt dabei die Entscheidungshoheit, ob eine Information genutzt und in Entscheidungsprozesse mit einbezogen wird. In Abbildung 28 ist die Zuordnung der Schritte des Innovationspipeline-Prozesses zum intrObest-Use-Case dargestellt.

	Konkrete Umsetzung	Prozessbezug	Rolle in Pipeline
1.	Stücklistenassistent	Integration neuer Prozesse	Systemintegration
2.	Datenqualitätsanalyse, Lieferzeitprognose und Webkatalogempfehlung	Evaluation möglicher Prozesse	Erweiterung über erste Integration hinaus
3.	(Weiter-) Entwicklung von Werkzeugen zur Zeitreihenprognose & Deep Learning	Vereinfachte Erstellung neuer Prozesse	Befähigung durch Reduktion der Einstiegshürde zur Nutzung neuer Technologien

Abbildung 28: Zuordnung der Schritte der Innovationspipeline zu Aufgaben im Rahmen der Use-Cases

Auf dieser Basis wurden von RapidMiner verschiedene Module für die unterschiedlichen Schritte der besagten Pipeline erarbeitet. Diese sind bereits abstrahiert oder können mit geringem Aufwand für andere Unternehmen ebenfalls abstrahiert werden. Dabei handelt es sich um folgende Module, die in der chronologischen Entstehung aufgelistet sind:

1. Prozesse zur Aufbereitung von Daten aus verschiedenen unternehmensinternen Datenbanken.
Dabei wurden zudem Prozesse entwickelt, die Mitarbeitern potenziell fehlerhafte und ungewollte Einträge und Formatierungen in Bestandsdaten aufzeigen.
2. Prozesse zur Zusammenführung der verschiedenen Unternehmensdaten
3. Prozesse zur Aufbereitung von Kundenanfragen
In diesem Schritt wurde die Kundenanfrage als Datei eingelesen und in ein einheitliches Datenformat umgewandelt, welches später dem Anwender in der Web App angezeigt wird.
4. Prozesse zur Zuordnung von angefragten Komponenten zu bekannten Produkten.
Für die Zuordnung wurden weiterhin Prozesse zum Abgleich von physikalischen Einheiten entwickelt. Dies beinhaltet die Prüfung, ob geforderte Eigenschaften erfüllt sind. Dabei werden physikalische Einheiten, unterschiedliche Notationen und Strukturen (mehrspaltige oder einspaltige Angaben) berücksichtigt.
5. Prozesse zur Lieferzeitabschätzung, sowie Preisabschätzung bei Angeboten, basierend auf den Anfragedaten des Kunden.
6. Prozesse zur automatisierten Produktabfrage bei bekannten Onlineshops.
7. Prozesse zur Extraktion von Informationen beliebiger Webseiten.

8. Prozesse zur Extraktion von Informationen über vordefinierte, von Onlineshops bereitgestellte Schnittstellen.
9. Einen Operator zur Extraktion von Eigenschaften, definiert durch schema.org-Schemata.
10. Prozesse zur Zusammenführung intern und extern erhobener Produktdaten.
11. Weiterentwicklung einer Extension (Sammlung von Operatoren, die zur Erweiterung von RapidMiner geladen werden kann) zur Bearbeitung, Analyse und prädiktiven Vorhersage von sequentiellen (zeitreihenartigen) Daten um 13 Operatoren.
12. Eine Extension bestehend aus 13 Operatoren zur Erstellung und Anwendung von Neuronalen Netzen auf tabellarischen, textuellen und sequentiellen Daten. Diese Extension kann nicht nur in RapidMiner, sondern auch mit anderen Programmen erstellte und trainierte Netze anwenden.
13. Eine Web App zur Begleitung des Angebotserstellungsprozesses vom Eintreffen der Anfrage (Abbildung 29), über die durch Data Mining-Algorithmen vorgeschlagenen (Abbildung 30) und manuell gesuchten (Abbildung 31) Komponenten und Produkte, sowie der Onlinerecherche von Preisen und Lieferzeiten (Abbildung 32) bis hin zum ersten Angebotsvorschlag. Die Begleitung ergibt sich dabei aus einer Teilautomatisierung, bei der jeder Schritt zunächst automatisiert versucht und die Ergebnisse dem Anwender zur Überprüfung und Korrektur bereitgestellt wird.

Im Folgenden werden die wesentlichen Schritte der Web App (siehe Punkt 13) aus Sicht des Anwenders durch exemplarische Screenshots illustriert.

The screenshot shows the 'intrObest Assistant / Excel Upload' web application. It features a header with the 'intrObest Assistant' logo (powered by STEPS) and navigation tabs for 'Dateiupload', 'Vorschläge', 'Manuelle Suche', and 'Onlinesuche'. The main content area is titled 'Stückliste der Kundenbestellung (Excel Datei)' and includes a 'Browse...' button (showing 'No file selected.') and an 'Auftrag hochladen' button. To the right, there is a 'Bestellmenge' input field with the value '1' and an 'Aktualisiere Ansicht' button. Below this is a table of 'Original Auftragsdaten' with the following columns: Pos, Komponente, Objektkurztext, Mng, E, Referenz 1, Art, Gehäuse, Beschreibung 1, Beschreibung 2, Beschreibung 3, Herstellerbezeichnung, and Herstell.

Pos	Komponente	Objektkurztext	Mng	E	Referenz 1	Art	Gehäuse	Beschreibung 1	Beschreibung 2	Beschreibung 3	Herstellerbezeichnung	Herstell
0010	24410.02262	C_1206_10NF_500V_X7R_KEM	2	ST	C2 C3	Kondensator	1206	10nF	500V	X7R, 10%	C1206C103KCRAC	Kemet
0020	24410.00232	C_1206_100NF_50V_X7R_KEMET_FT	1	ST	C4	Kondensator	1206	100nF	50V	X7R, 10%	C1206X104K5RAC	Kemet
0030	24410.01344	H_TLE4945-2L_INFINEON	2	ST	H1 H2	Hallsensor	PG-SSO-3-2	3.8...24V	6mT/ -6mT	?	TLE4945-2L	INFINEO
0040	24410.01447	J_6POL_RM2.5_S6B-EH_JST	1	ST	J1	Stecker	S6B	6 polig	RM 2.5mm	3A bei 25°C	S6B-EH	JST
8990	24410.80470	PCB_MG2_2C_ENTSTOERT_REVB	1	ST	?	Leiterplatte	?	?	?	?	?	?

Abbildung 29: Upload einer Kundenanfrage

intrObest Assistant / Automatische Suchvorschläge

Dateiupload | **Vorschläge** | Manuelle Suche | Onlinesuche

Auftragsdaten

Status	Pos	ib-artnr	Komponente	Objekturztext	Mng	E	Referenz 1	.Art	.Gehäuse	.Beschreibung 1	.Beschreibung 2	.Beschreibung 3	.Herstellerbezeichnung	.Hersteller	.Temp
✓	0010	SM0000205	24410.02446	C_1206_220NF_50V_X7R_SAS	125	ST	C1	Kondensator	1206	220nF	50V	X7R, 10%	CL31B224KBFN(x)	Samsung	-55°C...+125°C
	0020	---	24410.00782	R_1206_100R_1/4W_1%_YAG	125	ST	R1	Widerstand	1206	100R	1/4W	1%, 200V	RC1206 FR (XX) 100RL	Yageo	-55°C...+125°C
	0030	---	24410.02422	Z_PJTP6SMB20ATR7_PAJ	500	ST	Z1 Z2 Z3 Z4	Zener Diode / Suppressordiode	SMB	Suppressordiode	17.1V	unipolar	PJTP6SMB20ATR7	Panjit	-55°C...+125°C
	0040	---	24410.01626	H_HAL501UA-A_MCR	375	ST	H1 H2 H3	Hallsensor	TO92UA	3.8V_24V	0.5mT-07mT	?	HAL501UA-A	Micronas	-40°C...+125°C
	0050	---	24410.01586	J_5POL_RM1.5_S5B-ZR-SM2-TF_JST	125	ST	J1	Stecker	S5B	5 polig	RM 1.5mm	1A bei 25°C	S5B-ZR-SM2-TF	JST	-25°C...+85°C
	8990	---	24410.80461	PCB_BG65/BG65S_HALL_REVE	125	ST	?	Leiterplatte	?	BG65/BG65S Hall	?	?	?	?	?
	9000	---	27576.12069	ZENTRIERRING_BGA5 (verstärkt)	125	ST	?	?	?	?	?	?	?	?	?

Einstellungen

Mindest Ähnlichkeit: 0.6
 Anzahl Ergebnisse: 20
 Bauformfilter anwenden?
 Kundenbezeichnung:
 Submit

Ausgewählte Position

Pos	Komponente	Objekturztext
0010	24410.02446	C_1206_220NF_50V_X7R_SAS

intrObest Suchkriterien

artbez1	properties	artbez3
Kondensator	220nF 50V X7R, 10%	1206

Vorgeschlagene Artikel

Auswählen	artnr	artbez1	artbez2	artbez3	artbez4	artbez5	artbez6	istbestand	disbestand	bestand	Stückzahl	Bestellung notwendig	similarity
+	9923346261	SMD-Kondensator	0,1µF-250V-10%-X7R	1206		z.B. Yageo	z.B. CC126KX7RYBB104	0	0	0	125	ja	0.733
+	9923429005	SMD Kondensator	0,1µF	1206				0	0	0	125	ja	0.733
+	SM0000168	SMD-Kondensator	0,1µF-50V-10%-X7R	1206	Flexitem	A/X	12065C104KAZA	450	0	450	125	nein	0.733
+	SM0000205	SMD-Kondensator	2,2µF-50V-X7R-10%	1206				876	0	876	125	nein	0.733
+	SM0001305	SMD-Kondensator-Array	4x33nF-50V-20%-X7R	1206				0	0	0	125	ja	0.636

Abbildung 30: Vorgeschlagene Komponenten (über Ähnlichkeitsmaße identifiziert)

intrObest Assistant / Manuelle Suche

Dateiupload | Vorschläge | **Manuelle Suche** | Onlinesuche

Auftragsdaten

Status	Pos	ib-artnr	Komponente	Objekturztext	Mng	E	Referenz 1	.Art	.Gehäuse	.Beschreibung 1	.Beschreibung 2	.Beschreibung 3	.Herstellerbezeichnung	.Hersteller	.Temp
✓	0010	SM0000205	24410.02446	C_1206_220NF_50V_X7R_SAS	125	ST	C1	Kondensator	1206	220nF	50V	X7R, 10%	CL31B224KBFN(x)	Samsung	-55°C...+125°C
✓	0020	SM0001002	24410.00782	R_1206_100R_1/4W_1%_YAG	125	ST	R1	Widerstand	1206	100R	1/4W	1%, 200V	RC1206 FR (XX) 100RL	Yageo	-55°C...+125°C
	0030	---	24410.02422	Z_PJTP6SMB20ATR7_PAJ	500	ST	Z1 Z2 Z3 Z4	Zener Diode / Suppressordiode	SMB	Suppressordiode	17.1V	unipolar	PJTP6SMB20ATR7	Panjit	-55°C...+125°C
✓	0040	IB34-1121-R	24410.01626	H_HAL501UA-A_MCR	375	ST	H1 H2 H3	Hallsensor	TO92UA	3.8V_24V	0.5mT-07mT	?	HAL501UA-A	Micronas	-40°C...+125°C
	0050	---	24410.01586	J_5POL_RM1.5_S5B-ZR-SM2-TF_JST	125	ST	J1	Stecker	S5B	5 polig	RM 1.5mm	1A bei 25°C	S5B-ZR-SM2-TF	JST	-25°C...+85°C
	8990	---	24410.80461	PCB_BG65/BG65S_HALL_REVE	125	ST	?	Leiterplatte	?	BG65/BG65S Hall	?	?	?	?	?
	9000	---	27576.12069	ZENTRIERRING_BGA5 (verstärkt)	125	ST	?	?	?	?	?	?	?	?	?

Suchfilter

intrObest Artikelnummer:
 artbez1:
 artbez2: 100r
 artbez3:
 artbez4:
 artbez5: yageo
 artbez6: RC1206
 Anzahl Ergebnisse: 20
 Submit

Auftragsposition in Bearbeitung: 0020

Suchergebnisse

Auswählen	Übereinstimmung	artnr	artbez1	artbez2	artbez3	artbez4	artbez5	artbez6
+	ca. 99%	SM55-1772-R	SMD-Widerstand	100R-1%-1/4W	1206	-55...+155°C	Yageo	RC1206FR(XX)100RL
+	ca. 99%	SM0001002	SMD-Widerstand	100R-1%-1/4W	1206	?	Yageo	RC1206FR(XX)100RL
+	ca. 99%	9923346046	SMD-Widerstand	100R-1%-1/4W	1206	-55...+155°C	Yageo	RC1206FR(XX)100RL
+	ca. 82.500%	SM55-2773-R	SMD-Widerstand	100R-1%-1/8W-TK100	0805	-55...+155°C	Yageo	RC0805FR(XX)100RL
+	ca. 82.500%	SM55-2721-R	SMD-Widerstand	1M-1%-0.25W	1206	max. Arbeitsspannung 200V	Yageo	RC1206FR-071M1L
+	ca. 82.500%	SM55-2714-R	SMD-Widerstand	820k-1%-0.25W	1206	?	Yageo	RC1206FR-07820KL
+	ca. 82.500%	SM55-2701-R	SMD-Widerstand	100R-1%-TK100	0603	-55...+155°C	Yageo	RC0603FR-(XX)100RL
+	ca. 82.500%	SM55-2537-R	SMD-Widerstand	150k-1%-0.25W	1206	?	Yageo	RC1206FR-07150KL
+	ca. 82.500%	SM55-2516-R	SMD-Widerstand	120k-1%-0.25W	1206	?	Yageo	RC1206FR-07120KL
+	ca. 82.500%	SM55-2323-R	SMD-Widerstand	20k-1%-0.25W	1206	?	Yageo	RC1206FR-0720KL
+	ca. 82.500%	SM55-2285-R	SMD-Widerstand	11,5k-1%	1206	?	Yageo	RC1206FR-0711K5L
+	ca. 82.500%	SM55-2219-R	SMD-Widerstand	6,8k-1%-0.25W	1206	?	Yageo	RC1206FR-076K8L
+	ca. 82.500%	SM55-2193-R	SMD-Widerstand	5,6k-1%-0.25W	1206	?	Yageo	RC1206FR-075K6L

Filter zurücksetzen

Abbildung 31: Manuelle Komponentensuche

The screenshot shows the 'intrObest Assistant / Onlinesuche' interface. At the top, there are tabs for 'Dateiupload', 'Vorschläge', 'Manuelle Suche', and 'Onlinesuche'. Below this is a table of 'Auftragsdaten' (Order Data) with columns for Status, Pos, Art, Komponente, Objekt, Menge, Referenz, Art, Gehäuse, and three descriptions. A search criteria panel on the left shows 'Suchkriterien' with 'Onlinesuchbegriff' set to '4k3 1% MF' and 'Maximale Onlinesuchergebnisse' set to '20'. The 'Ausgewählte Position' table shows one result for Pos 0090. The 'Suchergebnisse' (Search Results) table at the bottom lists various components like 'MICROCHIP - ATTINY1617-MFR - MCU, 8BIT, AVR, 20MHZ, QFN-24' with their respective prices and technical data links.

Abbildung 32: Exemplarische API-basierte Suche im Onlineshop „Farnell Element 14“

Darauf aufbauend wurden verschiedene Analyseprozesse (Lieferabschätzung, Bedarfsvorhersage und Webkatalogempfehlungen) betrachtet und überprüft. Im Rahmen der Umsetzung wurde weiterhin die „papierlose Fertigung“ ausgebaut. Es wurden weitere Megapad-Tablets angeschafft, um noch mehr Mitarbeitern in der Fertigung die Möglichkeit zu geben, direkt am Arbeitsplatz auf die relevanten Material- und Stücklistendaten zuzugreifen und Artikelverfügbarkeiten prüfen zu können. Die Tablets wurde alle installiert und werden von den Mitarbeitern positiv angenommen.

4.1.4 Fazit

intrObest profitiert unmittelbar durch die wirksamen Verbesserungen seiner Produktionssysteme. Die Anwendungsszenarien wurden so formuliert, dass konkrete wirtschaftliche Ziele im Sinne operativer Ergebniskennzahlen erreicht wurden. In ersten Studien konnte eine erhebliche Reduzierung des manuellen Arbeitsaufwands festgestellt werden. Wichtig zu erwähnen ist hierbei, dass der Prozess der Angebotserstellung durch die erstellte Lösung durch eine größere Menge an Informationen gestützt wird, während der Zusatzaufwand für Mitarbeiter reduziert wird, da ein neues System geschaffen wurde, das bisherige Arbeitsschritte auf eine Anwendungsoberfläche reduziert und gewisse Arbeitsschritte teilautomatisiert werden konnten. Dies stärkt die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens nachhaltig. Im Rahmen der Umsetzung wurden Industrie 4.0-Lösungen implementieren und die dazu erforderlichen Fähigkeiten aus sozio-technischer Sicht

entwickeln. intrObest ist damit nach erfolgreichem Projektabschluss in der Lage, weitere Zielzustände unter Einbezug von Industrie 4.0-Lösungen zu realisieren sowie als Multiplikatoren innerhalb ihrer Supply Chain zu agieren. Dies ist insbesondere im Kontext seiner Eigenschaft als nicht F&E-intensives Unternehmen von Bedeutung, da sie Innovation oftmals in enger Zusammenarbeit mit Kunden und Zulieferern tätigen.

Im Zuge einer abschließenden Validierung wurde der Demonstrator des intrObest-Assistenten im Rahmen eines Kundenauftrags evaluiert. Die Stückliste einer Kundenanfrage wurde in ein Standardformat überführt und in den intrObest-Assistenten eingeladen. Für die einzelnen Auftragspositionen wurden durch eine Ähnlichkeitssuche automatisch Suchvorschläge aus der intrObest-Datenbank ermittelt und dem Benutzer zur Verfügung gestellt. Nicht vorhandene Artikel konnten über eine integrierte Onlinesuche ermittelt und ergänzt werden. Durch die Unterstützung konnte der Aufwand zur Angebotserstellung etwa auf ein Drittel reduziert werden. Um das gesamte Spektrum an Angebotsanfragen unterstützen und weitere Lieferantendatenbanken einzubeziehen zu können sind zukünftig weitere Anpassungen und Optimierungen erforderlich.

4.2 Use-Case 2: MSP – Smarte Logistik: Staplerleit- und Werkerassistenzsystem

Die Material Synchronisation & Packaging GmbH (MSP) ist als Teil der Huppertz Group ein modernes Logistik-, Verpackungs- und Transportunternehmen mit internationaler Ausrichtung. Zu den Kompetenzen gehören das Management der Automobil-, Chemie- und Innerwerkslogistik, umfassende Logistics Services, Konsolidierungszentren, eine eigene Verpackungsentwicklung sowie Import, Export und Verzollung. Darüber hinaus werden EDV-Lösungen und Konzepte zur Prozessverbesserung für die Kunden von MSP entwickelt. MSP ist Spezialist für umfassende Logistics Solutions und Prozessverbesserungen bei allen Dienstleistungen, Angeboten und Services. Hier werden ganzheitliche Strategien und Visionen erarbeitet. Außerdem wird dafür gesorgt, dass die einzelnen Kompetenzcenter voneinander lernen und profitieren.

Seit nunmehr zehn Jahren arbeitet MSP nach den Regeln des "Huppertz Lean Logistics"-Konzepts. Grundlage hierfür ist das von Toyota entwickelte Produktionssystem, das neu interpretiert wurde, um es täglich in der Logistik zu leben. Damit wird es zu einem anspruchsvollen und umfassenden Arbeits- und Kulturmodell, das auf kontinuierlicher Weiterentwicklung basiert. Es ist Teil der Unternehmensphilosophie geworden, die von allen Mitarbeitern getragen und täglich aufs Neue gelebt wird. Dies kommt ebenfalls den Geschäftspartnern zugute denn MSP verbessert nicht nur die eigenen Prozesse stetig, sondern auch die der Kunden.

MSP (Material Synchronisation & Packaging) ist das Zentrum für Ersatzteillogistik und Verpackungen. Hier wird der komplette Warendurchfluss für Großkunden gemanagt und konsolidiert. Dabei werden die Ersatzteile von über 2.000 europäischen Lieferanten vereinnahmt und an mehr als 40 Enddestinationen versendet. MSP steht nicht zufällig für Schnelligkeit und Präzision. Täglich werden bis zu 300.000 verschiedene Ersatzteile in Original-Ersatzteilverpackungen konsolidiert und verpackt, hierzu werden 1.000 verschiedene Packmaterialien verwendet. Dies geschieht

in nur sechs bis acht Stunden. Dabei kommt es darauf an, unvorhersehbare Volumenschwankungen auszugleichen und dennoch alle spontanen Kundenwünsche schnellstmöglich abzufertigen.

Die neu verpackte Ware kommt im Anschluss in definiertes Leergut und wird an die Kunden-Zentrallager in Europa verschickt. Das alles geschieht in einem exakt getakteten Anlieferhythmus.

Neben der Verpackung und Entwicklung geeigneter Packspezifikationen für Neuteile sowie dem Management des Leerguts gehört es zu den Aufgaben, die Qualität der Lieferanten und Spediteure zu überwachen. Darüber werden Papierdokumentationen, Warenauszeichnungen und Datenströme erstellt, kontrolliert und korrigiert. Diese vielfältigen Services leistet MSP exakt nach Kundenwunsch online auf diversen eigenen oder externen EDV-Applikationen.

4.2.1 Zielgerichtete Auswahl von CPPS-Lösungen

Grundsätzlich werden bei MSP im Auftrag des Kunden Fahrzeugersatzteile verpackt, mit dessen Branding versehen und auf seine europäischen Zentrallager gemäß Vorgabe verteilt. Hierzu liefern diverse Hersteller Ersatzteile bei der MSP an, die Entladung erfolgt, Verpackungsaufträge werden aus dem Kundensystem (SAP) erstellt, verpackt und wieder versendet. Teilweise lagen recht grob beschriebene Prozessbeschreibungen bereits zum Projektstart vor. Weitere Detaillierungen wurden im Rahmen des Projektes in Form von Prozessbeschreibungen, Flussdiagrammen, Fehlerindikatoren und Zeitstudien nach REFA und MTM vorgenommen, sodass eine recht genaue Vorstellung über die KPI respektive die gewünschten Zielzustände existierte. Im Rahmen des ersten Konsortialtreffens bei MSP wurden die Problemstellung und Zielstellung sowie deren Messbarkeit diskutiert. In Workshops mit den Entwicklern sowie auf dem zweiten Konsortialtreffen wurden Lösungsansätze thematisiert und im Rahmen des dritten Meilensteintreffens konkrete Kennzahlen und KPI zur Verbesserung definiert.

Gesucht wurde eine Industrie 4.0-Lösung sowie ein Pilotbereich innerhalb der MSP, der die KPI

- Qualität
- Kosten
- Liefer-/ Durchlaufzeit

maßgeblich positiv beeinflusst.

Anhand rein quantitativer Kennzahlen, bspw. Anzahl der Packaufträge, Stückzahlen oder bearbeitete Gebinde (Racks, Colli, Paletten), wurde ein Bereich gefunden, der aufgrund seines Durchsatzes das höchste Potenzial bietet. Je größer diese produktionsspezifischen Faktoren sind, desto signifikanter ist der Einfluss dieses Bereiches auf die KPI des gesamten Unternehmens.

Das Ergebnis ist der sogenannte „Stillage-Bereich“. Hier werden normal große und normal schwere Ersatzteile verpackt, die in jedem Automobil unter Umständen mehrfach vorhanden sind und somit überdurchschnittlich oft bearbeitet werden müssen. Typische Waren sind Lichtmaschinen, Kühler, Türdichtungen, Stoßdämpfer, etc.

Im zweiten Schritt wurden in einer weiteren Detaillierungsebene alle weiteren Kennzahlen des Stillage-Bereichs zusammengetragen und ausgewertet, die einen nachweislichen Einfluss auf die KPI besitzen.

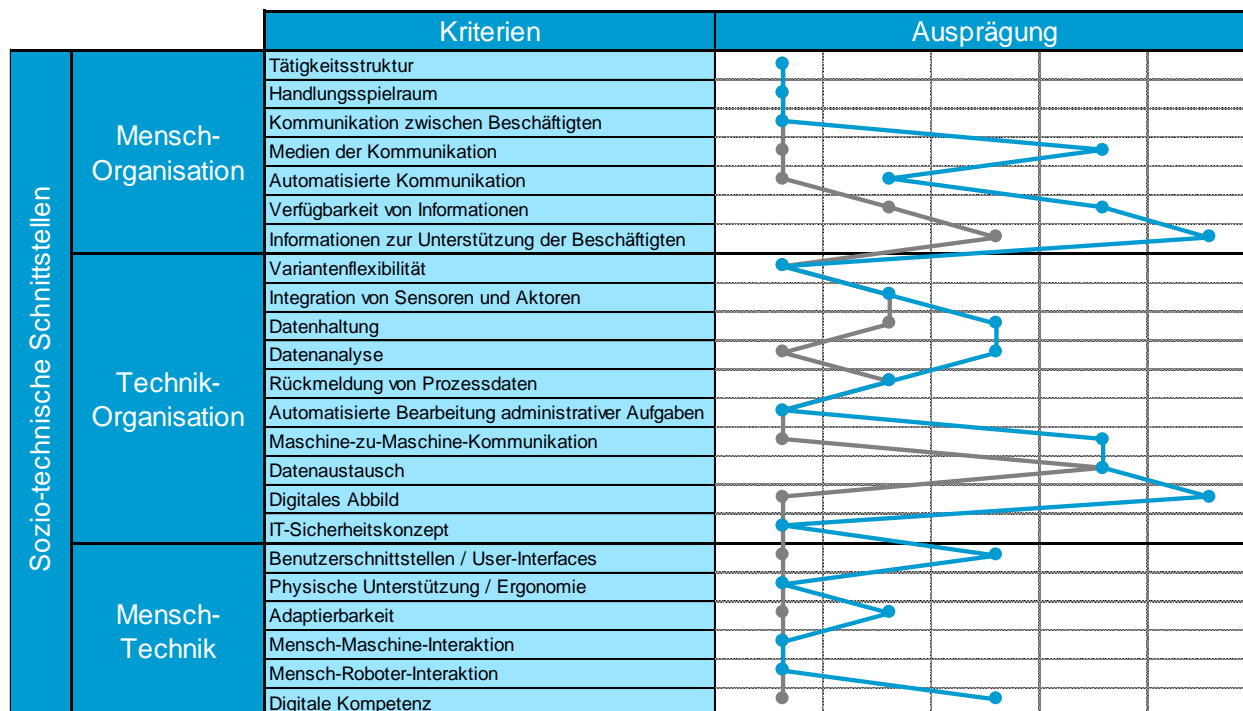
Als maßgebend sind die folgenden Kennzahlen ermittelt worden:

- Qualität: Fehlersammelkarte/ Fehlerquotient
- Kosten: Administrative Rüstzeit und Staplerhandlungszeit
- Lieferzeit: Spezifische Vertragsbestandteile, die die Durchlaufzeit betreffen

Die Optimierung dieser Punkte mit Hilfe von CPPS-Lösungen müsste folglich einen messbaren Einfluss auf die Kennzahlen des Stillage-Bereichs haben und die übergeordneten Unternehmensziele (KPI) positiv beeinflussen. Als potenzielle Lösung wurde ein Werkerassistenzsystem ausgewählt, das das An- und Abmelden von Waren, Prozessunterstützung in Form von kontextsensitiven Arbeitsanweisungen sowie eine Synchronisierung mit dem Staplerleitsystem unterstützt.

4.2.2 Sozio-technische Fähigkeitsbewertung

Nach der Auswahl der potenziellen Lösungsvariante erfolgte eine detaillierte Ausarbeitung in Form von Workshops unter Einbezug der Systementwickler und insbesondere der eigenen IT-Abteilung sowie involvierter Mitarbeiter aus verschiedenen weiteren Unternehmensbereichen. Weiterhin wurde die sozio-technische Fähigkeitsbewertung (siehe Abbildung 33) durchgeführt, um systematisch Unterschiede zwischen Ist- und Soll-Zustand im Stillage-Bereich aufdecken und entsprechende Maßnahmen einleiten zu können.



Legende:

- Ist-Zustand
- Zielzustand

Abbildung 33 Sozio-technische Fähigkeitsbewertung bei MSP

Die generelle Aufgeschlossenheit der Belegschaft gegenüber dem Neuen zeigte sich auch in den diversen Meetings, Workshops und Brainstormings. Bei diesen Regelterminen wurde nicht nur die Geschäftsleitung oder die Führungskräfte einbezogen, sondern auch die Bereichsmitarbeiter. In proaktiven Gesprächen wurde diskutiert, Ideen eingebracht und Meinungen geäußert. Die engagierte Teilnahme der Werker vor Ort bestätigt die Akzeptanz des Projektes. Nicht zuletzt, da glaubhaft vermittelt werden konnte, dass die Einführung von CPPS-Lösungen nicht zum Verlust des Arbeitsplatzes, sondern zu einer Erleichterung ihrer Arbeit führt.

Speziell im logistischen Dienstleistungssektor, der aufgrund von hohem Wettbewerbsdruck niedrige Preise fordert, was wiederum Einfluss auf die Lohnpolitik hat, zeigt es sich immer wieder, dass Alter, Sprache und Ausbildungsstand der Mitarbeiter besondere Anforderungen an jegliche Art von Change Management stellen. Aus dieser Erfahrung heraus müssen die Front-End-Lösungen hauptsächlich zwei Kriterien erfüllen: Simplizität und Visualisierung.

Des Weiteren muss genau eruiert werden, welche Voraussetzungen die CPPS-Lösungen an das Back-End stellen. Das SAP-System als übergeordnetes Warenwirtschaftssystem ist vom Kunden vorgegeben und kann nicht beeinflusst werden. Schnittstellen für nötige Programmierungen mit dem firmeneigenen Produktionssystem z. B. zum Einsatz von Smart Devices sind zwar (in begrenztem) Umfang vorhanden; diese sind jedoch oft restriktiv. So musste die Idee einer RFID-Steuerung vorerst verworfen werden, da der Kunde eine WLAN-Lösung aufgrund von Sicherheitsbedenken ablehnt. Dieses unflexible System wird hierbei als Hauptproblem angesehen und erfordert einen erheblichen Aufwand an IT-Leistungen.

4.2.3 Befähigung und Umsetzung

Der bisherige Stillage-Prozess sah vor, dass alle Verpackungsaufträge vom Bereichsleiter anhand einer vorgegebenen Priorisierungsliste nach Dringlichkeit sortiert werden. Dieser wiederum übergab dem Staplerfahrer ein Paket mit mehreren Aufträgen, woraufhin alle Materialien samt Verpackungsmittel ausgelagert und in einer Vorbereitungszone abgestellt wurden.

Der Arbeitsvorbereiter griff die zusammengestellten Materialien aus der Vorbereitungszone auf und wies sie einem freien Packtisch zu, woraufhin der eigentliche Verpackungsprozess startete. Nach Beendigung des Auftrages räumte der Staplerfahrer den Packtisch ab und fuhr das Material in den Warenausgang.

Diese Tätigkeiten basierten oft nur auf menschlichem Handeln und waren technisch wenig unterstützt. Fehlervermeidung wurde zwar im Ansatz mit den gängigen Lean-Werkzeugen wie z. B. bebilderten Arbeitsanweisungen durchgeführt, diese waren aber kein Garant für fehlerfreies Arbeiten, wie es z. B. bei hartem Poka Yoke der Fall ist.

Da der einzelne Bereich im Unternehmensgeflecht nicht autark agiert, sondern auch immer von vor- bzw. nachgelagerten Prozessen abhängig ist, wurde sowohl die interne als auch externe Kommunikation gesucht, um Inseleoptimierungen zu vermeiden.

Alle beteiligten Führungsebenen der MSP GmbH wurden zum aktuellen Prozess befragt. Hierzu zählten die Vorgesetzten in den Abteilungen Wareneingang, Packbereich und Warenausgang sowie deren unterstellten Fachbereichen wie z. B. Wareneingang CP (Contract Packaging).

Des Weiteren wurden verschiedene Anwenderworkshops bzw. Arbeitstreffen mit den Konsortialpartnern durchgeführt; nicht zuletzt auch, um einen anderen Blickwinkel zu erhalten. Im Vorfeld wurden Filme über die kritischen Prozesse gedreht, die die Problematik im Stillage-Bereich abbilden. Gemeinsam wurden diese Filme analysiert und lieferten in Verbindung mit Prozessbeobachtungen auf dem Shopfloor reproduzierbare Ansatzpunkte, die bei der Entscheidungshilfe und bei der Generierung von Lösungskonzepten hilfreich waren.

Der Informationsaustausch mit dem Kunden erfolgte dergestalt, dass die Idee einer CPPS-Lösung bzw. das Anstreben einer technisierten Prozessverbesserung im Bereich Stillage vorgestellt und besprochen wurde. In diesem Zuge wurde zudem ergründet, wie sich Änderungen auf den Status Quo auswirken und sichergestellt, dass nicht am Kunden „vorbeioptimiert“ wird.

Unter Berücksichtigung der übergeordneten KPI und Kennzahlen sind die Erkenntnisse, die aus all diesen Gesprächen gewonnen wurden, zu drei kritischen Erfolgsfaktoren verdichtet und das Umsetzungskonzept detailliert worden:

Konzept einer möglichst papierlosen Ein- und Auslagerung des Materials

- Automatisierte Rückmeldung von (Teil-)Fertigmeldungen
- Digitalisierung des Arbeits- bzw. Packplatzes

In der Praxis bedeutet dies, dass der Staplerfahrer, der das Material auslagert und das Verpackungsmaterial zusammenstellt, nicht mehr physische Auftragspakete durch den Arbeitsvorbereiter zugeteilt bekommt. Die Auftragserteilung erfolgt vollautomatisch durch einen Industrie-PC am Stapler, der die vom Kunden vorgegebene Priorisierungsliste berücksichtigt.

Eine manuelle Korrektur bzw. das Umgehen der Priorisierungsliste ist bei Bedarf zwar immer noch möglich, jedoch nur noch bewusst und in Absprache mit der übergeordneten Führungskraft.

Positiver Synergieeffekt ist die Vorgabe eines effizienten Staplerweges durch die Regalreihen, da im Hintergrund ein Auslagerungsalgorithmus arbeitet, der nicht nur die menschlichen Fehler reduziert, sondern auch die Freiheitsgrade des Auslagerers reduziert, indem die Lagerorte der Materialien in optimaler Anfahrreihenfolge angezeigt werden.

Im Zusammenspiel mit neu eingeführten Tablets am Packplatz, an denen die Mitarbeiter ihren aktuellen Status mitteilen, kann der Staplerfahrer die verschiedenen Belegungsstadien eines Packtisches anhand einer einfachen Visualisierung (Ampelfarben) genau erkennen:

- rot: Packtisch belegt, Mitarbeiter packt Auftrag
- gelb: Auftrag abgeschlossen, Material bereit zum Versand
- grün leer: Packtisch zum Einrichten bereit, Material kann angestellt werden
- grün mit Auftragsnummer: Packtisch ist eingerichtet, Packauftrag kann starten

Durch die Anzeige dieser Daten besitzt der Staplerfahrer gegenüber dem vorherigen Prozess einen erheblichen Informationsvorsprung, so dass komplette Tätigkeitsabfolgen und Doppelhandlings entfallen, die in der Vergangenheit auf Zuruf erfolgten und/ oder menschlicher Steuerung bedurften.

Der Umweg über das Abstellen in die Vorbereitungszone entfällt; das Material kann direkt an einen „grünen“ Tisch angestellt werden. Der Versand muss nicht mehr durch den Packer oder

Arbeitsvorbereiter organisiert werden. Ist ein Tisch „gelb“ kann dieser selbstständig abgeräumt werden.

Ähnliche Verbesserungen ergeben sich auch für den direkten Mitarbeiter. Durch die Ausrüstung des Packtisches mit Tablets und derselben Anzeige des Belegungsplanes, erfolgt die Steuerung nicht mehr durch den Bereichsleiter, sondern der Packtisch kann eigenständig gewechselt und übernommen werden.

Eine Überprüfung der Packzeit ist ebenfalls geplant. Bei Übernahme des Packtisches wird eine Stoppuhr gestartet, die die benötigte Bearbeitungszeit des Auftrages misst und mit der auf MTM-Analysen basierenden Vorgabezeit vergleicht. Hierbei steht ausdrücklich nicht die Überwachung einer einzelnen Person im Vordergrund, sondern ob eine wie auch immer geartete Abweichung von Vorgabezeit zu Packzeit existiert.

Die Überlegung hierbei beruht eher auf der Überprüfung der generellen Arbeitsweise, die eventuell durch Schulungen aufgefrischt werden muss. Denkbar ist auch, dass die Arbeitsmethode, welche der MTM-Studie zu Grunde liegt, einer Korrektur bedarf und somit neu bewertet werden muss.

Dennoch kann die Zeitnahme, z. B. bei unvorhergesehenen Problemen, jederzeit angehalten werden. Hierfür ist ein Alarm-Knopf vorgesehen, der dem Bereichsleiter bei Betätigung signalisiert, dass ein Mitarbeiter Hilfe benötigt.

Die letzte Verbesserung des Packtisches in Verbindung mit CPPS-Lösungen resultiert in der Anzeige des eigentlichen Packauftrages. Alle Daten zum Auftrag und die Verpackungsrichtlinien stehen dem Mitarbeiter online zur Verfügung und können bei Bedarf am Tablet abgerufen werden. Dies war auch in der Vergangenheit durch einfaches Auslesen des Auftrages möglich. Zusätzlich ist jedoch eine bebilderte bzw. filmische Arbeitsanweisung angedacht, die für jeden Auftrag individuell hinterlegt werden kann und somit zu einer wesentlichen Vereinfachung der Arbeit für den Mitarbeiter als auch für die Führungskraft führt. Zudem erfolgt ein weitreichender Ausschluss von potenziellen Fehlerquellen durch eine einfache Visualisierung.

4.2.4 Fazit

In der letzten Projektphase wurde eine qualitative und quantitative Validierung auf Basis eines standardisierten Validierungsprotokolls vorgenommen, um die Zielerreichung zu überprüfen, Korrekturen vorzunehmen und ggfs. weitere Verbesserungsinitiativen zu starten.

Gemäß des Mottos IFTTT (If This Than That) kann das erwartete Potenzial durch den Einsatz von CPPS-Lösungen in einem relativ genauen Rahmen bestimmt werden:

Wenn technische Lösungen für den Arbeitsplatz des Staplerfahrers und Packers eingeführt werden, dann werden Prozesse hinsichtlich der Kennzahlen bzw. KPI positiv beeinflusst oder u. U. sogar gänzlich obsolet. Für den Stillage-Bereich konnte nachgewiesen werden, dass die Zeit für Korrekturen und Nacharbeit um 76 % reduziert werden konnte. Weiterhin wurde die Auftragszeit um 14,5 % reduziert. Wird dieser Gedanke auf die vorhandene Prozesslandschaft der MSP GmbH angewandt, so ist die Verbesserung der Lieferzeit und das Einsparpotenzial durch die Verringerung der Rüst- und Handlingszeiten eindeutig dadurch bestimmt, dass die verkürzten

Prozesseinzelzeiten lediglich in der bisherigen Gesamtdurchlaufzeit berücksichtigt werden müssen. Dieses Ergebnis ist - in einem gewissen Rahmen - eindeutig bestimmbar.

Die Verringerung der Fehlerrate und somit das Ansteigen der Qualität ist durch die Visualisierung und automatisierte Vorgaben bei verschiedenen Tätigkeiten wie z. B. der Ein- und Auslagerung ebenfalls zu erwarten, jedoch nicht so eindeutig bestimmbar, wie im Fall der Zeiten. Das Anstreben einer Null-Fehler-Reklamationsquote ist vorerst eine Vision. Wie hoch die tatsächliche Fehlerreduktion sein wird, kann erst nach einer erneuten Auswertung beantwortet werden, die jedoch erst in Zukunft erfolgen wird und ggfs. eine neue Iterationsschleife der STEPS-Systematik anstößt.

4.3 Use-Case 3: Topstar – Intelligente Produktion mit smarten FTS

Unternehmensinformation

Die Topstar GmbH ist einer der weltweit modernsten Fertigungsbetriebe für Design, Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von innovativen Sitzmöbeln für alle Einsatzbereiche (Büro, Hotel, Gastronomie, privates Zuhause). Hergestellt werden bis zu 10.000 Sitzmöbel pro Tag mit ca. 450 gut ausgebildeten Mitarbeitern am Standort Langenneufnach nahe Augsburg. Das Unternehmen erwirtschaftet ca. 100 Mio. Euro Jahresumsatz und beliefert mehr als 60 Länder weltweit. Topstar tritt am Markt mit zwei Marken auf. Die Marke Topstar steht für innovative Sitzlösungen vom mittleren bis zum gehobenen Segment, die Marke Wagner bedient Handelspartner, Großunternehmen aus Industrie, Hotellerie, Gastronomie und öffentlichem Bereich mit Premiumprodukten rund um das Sitzen inkl. der kompletten Einrichtung. Da das Unternehmen immer seinem Standort in Deutschland treu geblieben ist und dies auch weiterhin so halten will, verfolgt es zwei zentrale Zielsetzungen:

1. Jederzeitige Differenzierung vom Wettbewerb:
In allen Marktsegmenten und Preisbereichen herrscht extremer Wettbewerb von Anbietern aus aller Welt. Speziell die asiatischen Hersteller treten seit ca. 10 Jahren extrem aggressiv in die Märkte von Topstar ein.
2. Konsequente Trading-Up-Strategie auf Basis des „Made in Germany“:
Das Unternehmen muss sich aufgrund seines Standortes in Deutschland mehr und mehr im hochwertigen Marktsegment positionieren. Dies gilt auch für die Marke Topstar, die kreative Wege geht (Entwicklung neuer Produkt- und Marktbereiche).

Use-Case-Beschreibung

Topstar ist seit Jahrzehnten nicht nur Innovator am Markt für Produkte, sondern auch für Produktionstechniken in der Möbelfertigung. So hat das Unternehmen Anfang der 1990er Jahre u. a. das erste vollautomatische Hochregallager, die ersten Aufricht- und Schließmaschinen für Kartonnagen oder den ersten EAN-Code in der Branche eingeführt. Im Verlauf der 2000er Jahre wurden dann in mehreren wissenschaftlichen Forschungsprojekten Lean-Techniken und Hightech-Kooperationen umgesetzt sowie die Zufriedenheit und Kompetenz der Belegschaft in den Fokus gerückt.

Im Rahmen des Projekt STEPS war das Ziel geeignete Industrie 4.0-Technologien zu identifizieren und umzusetzen. Hierzu wurden verschiedene Fertigungsbereiche wie die Näherei und Polsterei sowie Kommissionierungs- und Montagelinien näher betrachtet. Der ursprüngliche Plan war, an den Kommissionierungslinien (Einlegen von Stuhlteilen in Kartonagen) Mensch-Maschine-Kollaborationen einzuführen. Aufgrund des schnellen Bandtaktes und des teilweise hohen Gewichts der Komponenten wurde diese Idee wieder verworfen, da die smarte Robotik zu diesem Zeitpunkt die Anforderungen nicht erfüllte.

Nach mehreren weiteren Analysen unterschiedlicher Unternehmensbereiche wurde die Produktionslinie Wagner ausgewählt, da dort einerseits unternehmensseitig Potenziale zur Prozessoptimierung und andererseits auch mögliche technische Lösungen identifiziert wurden. Die Idee war die Produktion um Echtzeitinformationen zu bereichern, sodass einerseits den Mitarbeitern auf dem Shopfloor aktuelle Informationen (bspw. Arbeitsanweisungen, Produktionsprogramm) zur Verfügung stehen und andererseits die Produktion optimal gesteuert werden kann (bspw. Liefertermine, ergonomische Arbeitsverteilung). Damit weitere nicht-wertschöpfende Tätigkeiten reduziert werden, wurde ergänzend die Idee der Integration smarterer führerlose Transportfahrzeuge (sogenannte AGV, Autonomous Guided Vehicle) geprüft. Die Aufgabe war es somit, die bisherige Produktionslinie (siehe Abbildung 34) auf ca. 1.000 qm komplett neu zu gestalten. Basis hierfür bildeten vier zentrale Ziele für das Projekt, die aus den o. g. Oberzielen und den Projektanforderungen abgeleitet wurden (siehe 4.3.1).



Abbildung 34: Blick auf die Fertigungslinie Wagner vor dem Umbau

4.3.1 Zielgerichtete Auswahl von CPPS-Lösungen

Im Rahmen der Projektarbeiten ging es in einem ersten Schritt um die Ist-Aufnahme der bestehenden Linie, um aus diesen Daten und den Ideen der Projektbeteiligten Ziele und messbare Indikatoren (sogenannte KPI, Key Performance Indikatoren) zu erarbeiten.

Die Durchführung dieser Ist-Aufnahme diente im Wesentlichen zur Bewertung der vorliegenden Gegebenheiten des Ausgangszustands im Endmontagebereich der Produktionslinie Wagner. Die

Prozessaufnahme lieferte die notwendigen Einsichten hinsichtlich Arbeitssystemgestaltung, Teilebereitstellung, Gehwege sowie die zu bewegenden Gewichte durch die Mitarbeiter. Zu diesem Zweck wurden durch die Projektpartner LP und InSystems die bestehenden Arbeitsplatzsysteme und deren Anordnung im Hallenlayout vermessen, maßstäbliche Skizzen angefertigt und die daraus resultierenden Laufwege der Mitarbeiter mittels MTM analysiert.

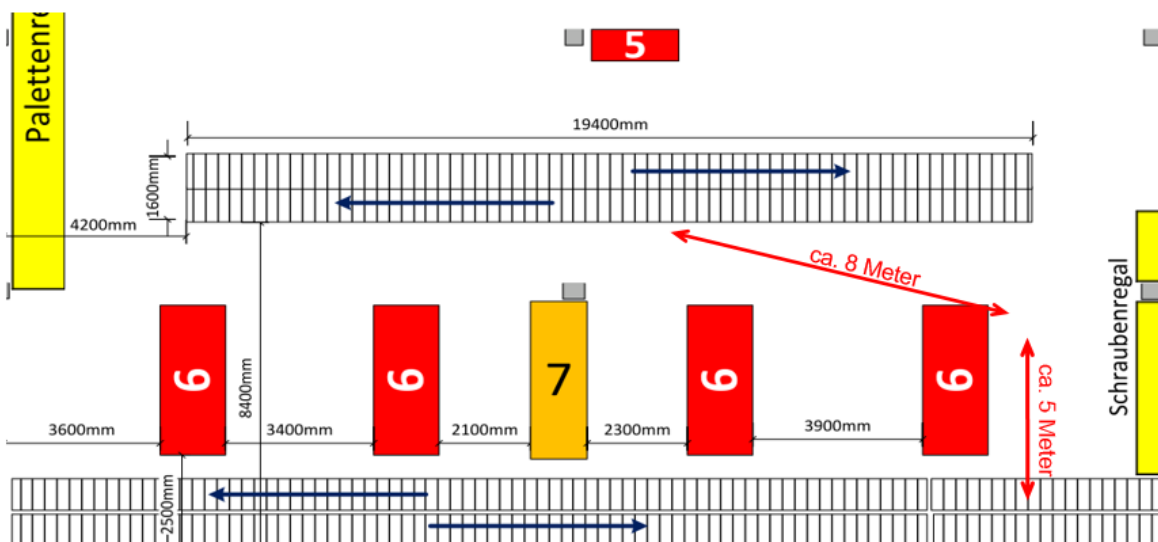


Abbildung 35: Layoutskizze Endmontage Wagner-Linie

Die Endmontageplätze im Ausgangszustand erwiesen sich als sehr einfache, großflächige Arbeitstische, die weder über eine Höhenverstellung, noch über eine ergonomische Teile- und Werkzeugbereitstellung verfügten. Die Laufwege, um die vorkommissionierten Trays vom Pufferband zu den Montagetischen zu verbringen waren für das Montagepersonal teilweise sehr weit. Dementsprechend war dann nach erfolgter Montage eines Bürostuhls das Tragen und Ablegen des fertigen Produkts auf dem Abführband mit hoher Kraftanstrengung für das Personal bei ebenfalls relativ weiten Gehwegen verbunden. Des Weiteren konnten, bedingt durch die Komplexität und die hohe Varianz in der Endmontage, nicht alle notwendigen Einzelteile an den Montageplätzen bereitgestellt werden. Diese mussten von den Mitarbeitern vor Montagebeginn auftragsbezogen abgezählt von einem zentralen Bereitstellungstisch geholt werden.



Abbildung 36: Endmontageplatz und Lagerplatz für Variantenteile

Mittels MTM-Analyse wurden die nicht-wertschöpfenden Laufwege des ursprünglichen Zustands (Ausgangslage) erfasst:

- Geh- und Handhabungswege zum Holen vorkommissionierter Trays mit weitester Entfernung Arbeitsplatz – Kommissionierband => 31,5 Sek.
- Geh- und Handhabungswege zum Holen vorkommissionierter Trays mit kürzester Entfernung Arbeitsplatz – Kommissionierband => 23,5 Sek.
- Geh- und Handhabungswege für die Umsetzung fertig montierter Produkte auf das Transportband in den Verpackungsbereich => 23,3 Sek.

Aus den o. g. Daten wurden vier zentrale Ziele und KPI für das Projekt fixiert:

Ziele

- Verbesserung der Ergonomie
- Steigerung der Mitarbeiterzufriedenheit
- Erhöhung der Flexibilität
- Hebung von Ratiopotenzialen

KPI

- Lastenhandhabung (bewegte Lasten pro Tag)
- Mitarbeiterzufriedenheits-Score
- Anlernzeiten für Mitarbeiter
- Wertschöpfungsanteil (Primär-Sekundär-Zeiten)

Im nächsten Schritt wurde die AGV-Technologie näher betrachtet und unter Berücksichtigung der definierten Zielsetzung ein Anwendungsszenario definiert. Das Projektteam entschied sich nach vielen Messebesuchen und Gesprächen mit Herstellern für das dänische Unternehmen MIR, das eine passende Lösung anbieten konnte. Die AGV sollten größere Stuhlkomponenten (z. B. von der Vormontage bereits fertiggestellte Stuhlober- oder Unterteile) innerhalb der Produktionslinie frei navigierend an bestimmten Stationen abholen und in die Montagebereiche liefern – ein durchaus anspruchsvolles Unterfangen, wie sich herausstellte. Die AGV-Technologie stand zu Beginn des Projektes noch im Anfangsstadium ihrer Entwicklung.

4.3.2 Sozio-technische Fähigkeitsbewertung

Um nun einer Konzeption der neuen Linie näher zu kommen, wurden drei Felder aus dem Bereich Mensch-Technik-Organisation betrachtet:

1. Mensch:

Die bisherige Produktionsweise an der Linie Wagner war gekennzeichnet von einem sehr breiten Aufgabenbündel pro Mitarbeiter („one-man-one-chair“). Es wurden also alle Modelle jeweils von einem Mitarbeiter gefertigt. Dies hatte den Vorteil klarer Zuordnungen, jedoch auch den Nachteil, dass häufig bei komplexen Modellen nur wenige Monteure mit entsprechendem Wissen zur Verfügung standen. Diese Herausforderung

wurde vor allem dann verstärkt, wenn bei größeren Aufträgen kurzfristig viele solcher Varianten zu fertigen waren. Als Lösung dieser Problematik wurde nun entschieden, die Produktion in eine Vormontage (komplexere Tätigkeiten) und eine Endmontage (relativ einfache Tätigkeiten) zu trennen. Hierdurch sollte für wesentlich höhere Flexibilität bei schwankender Auslastung gesorgt werden.

2. **Informationstechnik:**

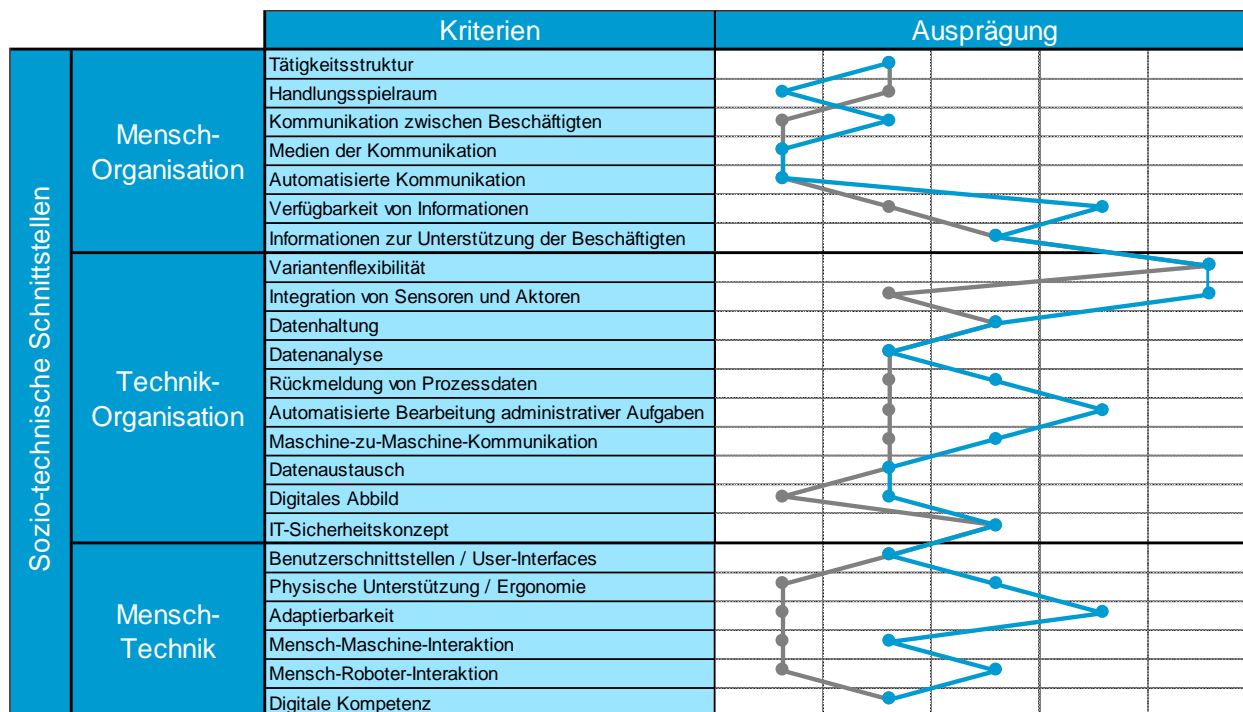
Die Produktionslinie war bisher nicht echtzeit-integriert, anstehende Aufträge mussten je nach Charge am Arbeitsplatz einzeln kommuniziert werden. Dieses System wurde komplett in Richtung einer jederzeit digital verfügbaren Information in Echtzeit umgestaltet. In Zukunft sollte der Leitstand die komplette Schichtproduktion digital an die jeweiligen Arbeitsplätze kommunizieren. Eine Rückmeldung soll dann per Lichtschranke oder Scan in Echtzeit gegeben werden. Damit entfallen alle bisherigen händischen Planungs- und Steuerungsprozesse.

3. **AGV-Technologie:**

Da eine direkt Mensch-Maschine-Kollaboration durch Leichtbauroboter (z. B. bei der Montage) an der Wagner-Linie technisch und wirtschaftlich nicht sinnvoll erschien, kam die schon beschriebene AGV-Technologie zum Einsatz, die allenfalls indirekt (Belieferung Montageplatz) mit den Mitarbeitern „in Berührung kommt“, ansonsten autonom auf Basis des Produktionsplans agiert.

Diese Überlegungen führten in Summe natürlich zu einer nachhaltigen Veränderung des sozio-technischen Systems. Einerseits musste die Gesamtorganisation der Linie für etwa 30 Mitarbeiter angepasst werden. Auch mussten viele Aufgabenbündel neu definiert werden. Um diese großen Veränderungen gut meistern zu können und Ängste innerhalb der Belegschaft zu nehmen, wurden alle betroffenen Mitarbeiter von Beginn an in die Projektarbeiten mit einbezogen. Es fanden eine Vielzahl von Teamsitzungen und Einzelgesprächen statt, außerdem wurden die Wünsche der Mitarbeiter – wann immer möglich – berücksichtigt. Dies führte dazu, dass alle Beteiligten nur eine äußerst kurze „Skepsis-Phase“ durchlebt haben und nach kurzer Zeit mit hoher Motivation an Ihrer neuen „Vorzeigelinie“ mitarbeiteten.

Zusätzlich wurde die Fähigkeitsbewertung bei der Firma Topstar, mit Fokus auf der Wagner, Linie durchgeführt. Die dynamische Bereitstellung von Informationen an den Arbeitsplätzen und der Einsatz von AGV zur Entlastung der Montagemitarbeiter spiegeln sich merklich in der Bewertung wider, siehe Abbildung 37. So sind insbesondere bei der physischen Unterstützung als auch der Automatisierung administrativer Tätigkeiten Unterschiede zu erkennen. Damit gehen entsprechend die Veränderung der Tätigkeiten von Mitarbeitern sowie die Interaktion mit technischen Systemen einher. Dementsprechend wurde bei der Ausgestaltung und Umsetzung des Anwendungsfalls eine besondere Bedeutung auf die Einbindung und Vorbereitung der Mitarbeiter gelegt. Im Folgenden wird auf die Befähigung zur Umsetzung weiter eingegangen.



Legende:

- Ist-Zustand
- Zielzustand

Abbildung 37: Sozio-technische Fähigkeitsbewertung der Wagner Linie

4.3.3 Befähigung und Umsetzung

Neben der o. g. intensiven Einbindung der Mitarbeiter war es unerlässlich, einen genauen Blick auf die Kompetenzen der einzelnen Beschäftigten zu werfen und diese bei Bedarf den neuen Anforderungen anzupassen. Dabei konnten Ergebnisse eines weiteren Forschungsprojekts mit dem Schwerpunkt in der Kompetenzentwicklung auf das STEPS-Projekt übertragen werden. Diese Erkenntnisse wurden für die Wagner-Linie im Bereich der Führungskräfte eingesetzt. Diese wurden nach einer Kompetenzmatrix hinsichtlich aller relevanten Kriterien (wie z. B. Führung, Technik, Sozialkompetenz etc.) vom zuständigen Bereichsleiter eingruppiert. Entsprechend des Kompetenzprofils wurden Schulungs- und Trainingsmaßnahmen aufgesetzt. Zu den ersten Maßnahmen gehörten bspw. Workshops zum Thema Robotik.

Die Mitarbeiter der Vor- und Endmontage wurden durch Inhouse-Schulungen an Ihre neuen Aufgaben herangeführt. Auch die wissenschaftlichen Mitarbeiter der Projektpartner haben hier wertvolle Hilfestellung geleistet, da sie mit viel Fachwissen und Einfühlungsvermögen einen wichtigen Beitrag zur Professionalisierung der Belegschaft geleistet haben. Die ergriffenen Maßnahmen wurden über die gesamte Projektlaufzeit weiter verfeinert und auch für die Zukunft institutionalisiert. Beispiele hierfür sind Train-the-Colleague-Meetings, Job-Rotations der Schichtführer und Bereichsleiter bei Ihren Kollegen sowie ein regelmäßiger Austausch innerhalb des gesamten Führungskreises. Ganz besonders die Schichtführer dienten darüber hinaus als die zentralen Multiplikatoren für Ihre jeweiligen Mitarbeiter auf dem Hallenboden. Bereits im letzten Drittel des Projekts konnte die neue Produktionslinie Wagner in Betrieb genommen werden. Informationen zum Demonstrator sind in Abbildung 38 dargestellt.

HARDWARE:

- Komplettes neues, hochmodernes Layout auf ca. 1.000 m².
- Roboterfahrzeuge, sog. AGV's (Autonomous Guided Vehicle) übernehmen Teile des internen Transports und der Produktionslogik. Sie bewegen sich vollkommen autonom, kommunizieren per WLAN und sind lernfähig. Gerne begrüßen Sie auch unsere Besucher über ihr Sprachmodul.
- Hochmoderne ergonomische Montageplätze, in jeder Hinsicht (z.T. elektronisch) auf die Mitarbeiter einstellbar, alle mit PC's ausgestattet.
- Intelligente, digital vernetzte Schraubwerkzeuge.
- Nahezu taghelle LED-Beleuchtung.

SOFTWARE:

- Verteilung aller stationären Arbeitsaufträge papierlos von einem Leitstandrechner. Keine Zwischenbuchungen. Rückmeldung der Montageplätze in Echtzeit per Knopfdruck oder Scan.
- Ortsunabhängige Liniensteuerung jederzeit möglich!
- Verteilung mobiler Arbeitsaufträge (z.B. Materialbereitstellung) über Tablets.
- Automatisierte Arbeitsaufträge an die AGV's im Produktionsverlauf.

Abbildung 38: Informationen zum umgesetzten Demonstrator

Für den Transport zwischen den Montagebereichen wurden smarte FTS integriert, siehe Abbildung 39. Dadurch werden unnötige Wegstrecken für die Mitarbeiter eliminiert und die Zeit für die Montage erhöht sich signifikant. Zudem werden die physischen Belastungen durch das reduzierte Materialhandling stark reduziert. Im Gegensatz zu herkömmlichen Systemen navigieren die neuen FTS vollkommen selbstständig, sind lernfähig und kommunizieren per WLAN. Außerdem wurde organisatorisch die Trennung von Vor- und Endmontage ermöglicht. In der bisherigen Fertigungsorganisation wurde ein Stuhl immer von einem Mitarbeiter komplett montiert. Dies hatte mehrere Nachteile. Zum einen mussten aufgrund der Variantenvielfalt Sonderteile (aus einem „Material-Supermarkt“) bereitgestellt werden. Zum anderen waren die Prozesse aufgrund der hohen Arbeitsinhalte komplex woraus gering standardisierte Prozesse mit nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten resultierten. Durch die konsequente Trennung vorbereitender Tätigkeiten (z. B. die Verschraubung von Lehnenrahmen, Kopfstützen oder die Vormontage von Armlehnen) von der „echten“ Endmontage konnten die Prozesse wesentlich klarer strukturiert und eine hohes Maß an Primärzeit (Zeit für die Stuhlmontage) gewonnen werden.

**Abbildung 39: Smarte FTS an der neuen Produktionslinie Wagner**

Zusätzlich wurde die ergonomische Optimierung der Arbeitsplätze durch die Reduzierung von Arbeitsinhalten ermöglicht, siehe Abbildung 40. Einerseits wurde eine physische Entlastung der Mitarbeiter durch Schwenk- und Abschiebevorrichtungen der Stühle realisiert. Andererseits wird der Mitarbeiter durch Arbeitsanweisungen über Bildschirme unterstützt und qualitätsrelevante Merkmale wie Drehmomente des Akkuschraubers werden überwacht und dokumentiert. Dies wurde über eine Vernetzung der Arbeitsplätze mit dem Montageleitstand ermöglicht.



Abbildung 40: Montageplätze der neuen Wagner-Linie inkl. Informationsterminals

4.3.4 Fazit

Im letzten Projektschritt stand die Validierung im Vordergrund. Es sollte soweit möglich untersucht werden, inwieweit die eingangs erwähnten vier zentralen Ziele erreicht werden konnten.

Zu diesem Zweck wurde in Zusammenarbeit der Projektpartner LP, InSystems und dem RIF ein Fragebogen entwickelt, der alle relevanten Ergebnisse, bzw. die Datenlage nach der oben beschriebenen Umsetzung gemäß Industrie 4.0–Projektanspruch im Demonstrator-Bereich bei TOPSTAR erfasst. In Abbildung 41 ist ein Auszug aus dem Validierungsprotokoll dargestellt.

5.2.1.8. Verbesserung des logistischen Ablaufs, autonomer Transport der Trays; Einsatz autonomer Transportmittel zur Übernahme Trays mit Aufträgen / Abgabe leerer Trays

Umsetzung: Ja Nein Teils Grad der Umsetzung: 80 %

Anmerkungen / Begründung bei Abweichung:
 Restwege bleiben bestehen (vom Pufferbahnhof zum Arbeitsplatz), Wege vom Kommissionierband zum Pufferbahnhof werden durch AGV abgedeckt

Abbildung 41: Auszug aus dem Validierungsprotokoll

Die eigentliche Validierung wurde anschließend in zwei Teilschritten, zusammen mit allen direkt beteiligten Projektpartner im Hause TOPSTAR durchgeführt. Der erste Validierungsdurchlauf fand im April 2018 statt, wobei alle aufgeführten Punkte des Protokolls bewertet wurden, soweit dies die Datenlage ca. 6 Monate nach Umsetzung der Maßnahmen zuließ.

Eine wiederholende Validierung nach längerer Laufzeit des Demonstrator-Bereichs nach dessen Umsetzung und mit nunmehr gefestigten Ergebnissen erfolgte dann Ende Januar 2019.

Des Weiteren wurde im September 2018 erneut eine MTM-Analyse, analog zu der Analyse des Ausgangszustands, durchgeführt, um auch zahlenmäßig die Veränderung des Sekundäraufwands, verursacht durch Gehwege, zu belegen.

Ergebnisse der MTM-Analyse nach der Umsetzung:

- Geh- und Handhabungswege zum Holen vorkommissionierter Trays von den neu gestalteten Arbeitsplätzen zu den Pufferstrecken => 20,6 Sek.
- Geh- und Handhabungswege für die Umsetzung fertig montierter Produkte auf das Transportband in den Verpackungsbereich => 39,0 Sek.

Anmerkung: die hier längere Handhabungszeit für das Abschieben der fertigen Produkte auf das Transportband resultiert aus der Prozesszeit für die Höhenverstellung der Montageplätze auf das Niveau der Förderstrecke; insgesamt ist die Endmontagezeit deutlich kürzer und die körperliche Belastung der MA geringer als im Ausgangszustand.

Auf Basis dieser Arbeiten und der Auswertung aller zum Projektende bereits vorliegenden Mitarbeiter einschätzungen und Controllingzahlen/ KPI können nun folgende Beiträge zur Zielerreichung festgehalten werden:

1. Verbesserung der Ergonomie:

Die Mitarbeiter sind mittlerweile zu ca. 75 % um manuelles Heben und Tragen entlastet. Durch die Neugestaltung der Anlagen und den Einsatz von AGV konnten über 2.000 händisch bewegte Tonnen p.a. eingespart werden. Die o. g. Prozentzahl wird sich im Verlauf der nächsten ca. 1-2 Jahre auf über 90 % erhöhen.

2. Steigerung der Mitarbeiterzufriedenheit:

Die ersten Einschätzungen aller beteiligten Mitarbeiter zur neuen Produktionslinie sind hinsichtlich Arbeitsumgebung und Arbeitsgestaltung überaus positiv. Viele erzählen mit Stolz, an diesem Projekt mitgewirkt zu haben und an dieser Linie zu arbeiten. Wir werden dieses erfreuliche Feedback der Mitarbeiter einerseits über weitere Interviews unserer Wissenschaftspartner, als auch über eine breit angelegte, zweijährlich wiederkehrende Mitarbeiterzufriedenheitsbefragung in 2019 nochmals konkretisieren.

3. Erhöhung der Flexibilität:

Hier konnte durch die Trennung der Vor- und Endmontage die Anlernzeit der Monteure bspw. um ca. 75 % gesenkt werden. Dies ist von großem Vorteil für uns, da gerade bei unregelmäßig wiederkehrenden Großaufträgen in kurzer Zeit eine große Anzahl an Monteuren zur Verfügung stehen muss. Auch in anderen Bereichen ist durch die klare Gliederung der Linie die Anlernzeit niedriger und auch das Grundverständnis der Arbeit wesentlich höher als früher. Hier werden im Verlauf der nächsten Zeit sicherlich weitere erfreuliche Zahlen zu vermelden sein.

4. Hebung von Ratiopotenzialen:

Wie im bisherigen Verlauf des Beitrages geschildert, wurde im Rahmen des Projektes an der Wagner-Linie nahezu an jeder „Stellschraube gedreht“. Insofern hat sich auch monetär

eine Vielzahl von Einzeleffekten ergeben. Die einzelnen Bereiche weisen einen unterschiedlichen Entwicklungsstand auf, so dass noch keine abschließend belastbare Zahl zur Verfügung steht. Nach unserer derzeitigen Schätzung summieren sich die verschiedenen Effekte aber durchaus auf eine Produktivitätsverbesserung um ca. 10 %. Diese Zahl liegt leicht über unseren Erwartungen und wird innerhalb der nächsten ein bis zwei Jahre wahrscheinlich noch steigen.

In Summe hat das STEPS-Projekt das Unternehmen nachhaltig bereichert. Einerseits ist Europas modernste Fertigungslinie für Sitzmöbel entstanden. Nicht zuletzt deswegen konnten wir in den letzten Jahren eine große Zahl neuer Kunden mit bekannten Namen aus der Großindustrie und dem Dienstleistungsgewerbe für uns gewinnen. Auf der anderen Seite hat sich die frühe und umfängliche Einbindung der Mitarbeiter in das Projekt nicht nur für die Produktionslinie Wagner ausgezahlt. Die unternehmensweite Kommunikation des Projekts hat auch bei anderen (allen) Mitarbeiter-/innen innovative Kräfte freigesetzt. Man sieht dies u. a. deutlich an den Ideen, die in unser betriebliches Vorschlagswesen eingepflegt werden oder einfach nur in Meetings und Workshops zu den unterschiedlichsten Themen. Dort werden auch die „unmöglichen, aber zukunftsweisenden“ Themen diskutiert und umgesetzt. Digitalisierung und Industrie 4.0 werden auf diese Weise nicht nur bekannt gemacht, sondern auch gelebt. Diesen Geist gilt es nun weiterhin festzuhalten und fortzuentwickeln.

4.4 Use-Case 4: Steiner – Smarte Arbeitssysteme in der Verpackung

Unternehmensinformation

Steiner-Optik verfügt aufgrund seiner langjährigen Erfahrung über Expertise im Bereich der Herstellung qualitativ hochwertiger Ferngläser und Zielfernrohre für den Militär- und Zivilbereich. Den Fokus der Innovationen bilden die Fachbereiche Mechatronik und Maschinenbau zur Entwicklung und Optimierung eigener Produkte. Dennoch umfassen Forschung und Entwicklung nur einen geringen Anteil am Umsatz, sodass Steiner-Optik den Kriterien eines nicht F&E-intensiven Unternehmens entspricht. Eine Organisationseinheit zur Weiterentwicklung des Produktionssystems oder der arbeitswirtschaftlichen Gestaltung von Arbeitssystemen, wie bspw. eines Industrial Engineerings, existiert in dieser Form nicht. Zur Weiterentwicklung des Produktionssystems bzw. einzelner Arbeitssysteme, insbesondere mit Fokus auf die technische und informatorische bzw. IT-technische Anbindung, ist Steiner-Optik auf die Zusammenarbeit mit externen Lieferanten angewiesen. Dementsprechend wurde die Digitalisierung von Produktionssystemen in der Vergangenheit durch Steiner-Optik nicht in nennenswertem Maße adressiert. Zur Identifikation von Potenzialen, die durch die Industrie 4.0 erreicht werden können, wurde daher die Auswahl eines geeigneten Unternehmensbereichs und die zielgerichtete Auswahl und Implementierung einer Industrie 4.0-Lösung angestrebt. Besonderes Potenzial wurde im Bereich der manuellen Montagesysteme identifiziert.

Herausforderungen

Die manuellen Montagesysteme von Steiner-Optik sind mit zahlreichen Herausforderungen konfrontiert. Produktwechsel und Produktionsvolumenanpassungen erfordern eine ständige Anpassung der Produktionssysteme. Die aktuellen Informationen über den Status des Montagesystems sind allerdings zurzeit nicht abrufbar, ebenso wenig wie die aktuelle Systemkonfiguration und die Rüstaufwände für die Rekonfiguration. Die als Planungsgrundlage dienenden Layouts oder CAD-Daten liegen nicht so aufbereitet vor, dass sie in der Arbeitsvorbereitung verwendet werden können oder sind veraltet, sodass eine angemessene Planung der Anpassungen der Produktionssysteme nicht ohne Weiteres möglich ist. Darüber hinaus führen Änderungen der Montagetätigkeiten zu erhöhtem Zeitaufwand für Schulungen und Fehlerpotenzial.

Use-Case-Beschreibung

Als besonders geeigneter Anwendungsbereich wurde das Arbeitssystem des Einpackens von Ferngläsern identifiziert. Das Verpacken der Ferngläser ist ein kontinuierlicher Montageprozess mit hoher Variantenbildung und großen Stückzahlen (bis zu mehreren Hundert pro Tag). Die Losgrößen variieren zwischen ein und 200 Stück. Trotz einiger Mehrfachverwendungsteile muss der Arbeitsplatz mehrmals am Tag umgerüstet werden. Dabei ist es wichtig die richtigen Komponenten (bis zu 13 Stück pro Fernglas) für das einzupackende Produkt in der benötigten Montagereihenfolge zur Verfügung zu stellen, siehe Abbildung 42.



Abbildung 42: Fertige Packeinheit und Auswahl einzelner Komponenten

4.4.1 Zielgerichtete Auswahl von CPPS-Lösungen

Die Grundlage für die Auswahl geeigneter CPPS-Lösungen bildet die Festlegung einer spezifischen Zielsetzung. Auf übergeordneter Ebene wurden die in Abbildung 43 dargestellten Ziele definiert und für den Produktionsbereich der Verpackung von Ferngläsern zugehörige Kennzahlen abgeleitet. Die Kennzahlen dienen der Vorgabe einer messbaren Zielsetzung, um den Erfolg der Zielsetzung abschließend beurteilen zu können.

Basierend auf der Zielsetzung wurde eine detaillierte Analyse der tatsächlichen Problemstellung durchgeführt und dokumentiert, um im nächsten Schritt geeignete Maßnahmen ableiten zu können. Für die einzelnen Problemstellungen wurden wiederum messbare Größen (Kennzahlen) abgeleitet, die einen detaillierten Einblick in die Prozesse sowie Ansätze zur Gestaltung und Bewertung der Prozesse ermöglichen, Abbildung 44.

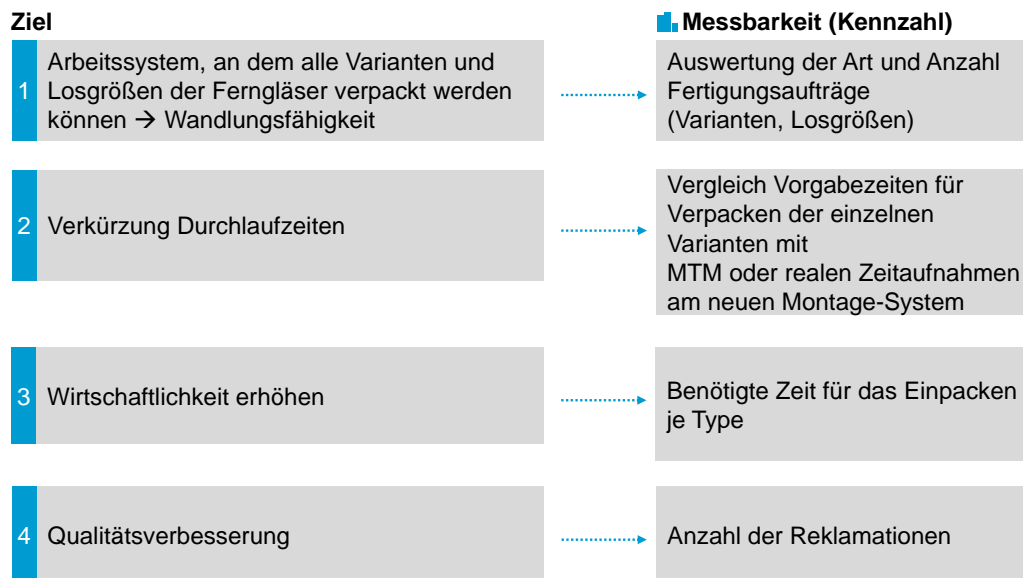


Abbildung 43: Zielsetzung des Anwendungsfalls Steiner-Optik

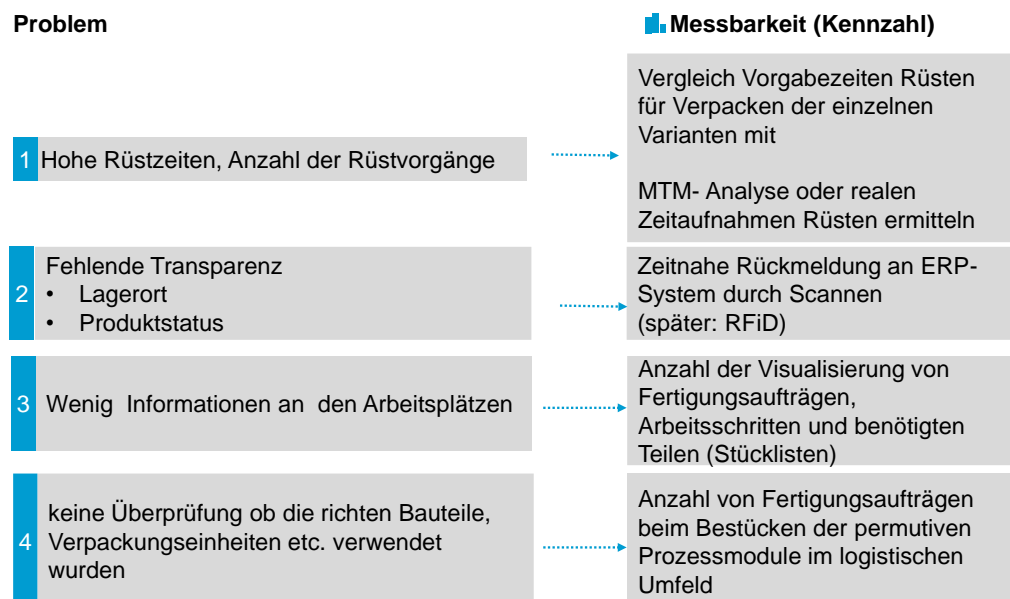


Abbildung 44: Spezifizierte Problemstellung des Anwendungsfalls Steiner-Optik

Aus den im Unternehmen durchgeführten Prozessaufnahmen wurden die nachfolgenden Herausforderungen identifiziert und bilden die Grundlage für die nachfolgende Konzeption der CPPS-Lösung.

Herausforderungen:

- Vielzahl an Varianten und Komponenten bei unterschiedlichsten Losgrößen
- Häufig wechselnde Mitarbeiter im Einsatz
- Häufige Unterbrechung des Arbeitsablaufes wegen Materialbeschaffung durch Mitarbeiter
- Keine Info über Status und Standort der Produkte
- Qualitative Probleme (falsch verpackte Produkte)

Auf Basis des Prozesses sowie der übergeordneten Zielsetzung wurden bezogen auf den Demonstrator die nachfolgenden Zielsetzungen definiert.

Ziel des Demonstrators:

- Sichere Handhabung der Varianten der Ferngläser
- Variantenspezifische Arbeitsanweisungen
- Überblick über Standort und Status der Produkte
- Visualisierung der Auftragsinformationen für Mitarbeiter (Kommissionierer und Mitarbeiter Verpackung)
- Generierung von Kennzahlen für die Planung
- Reduzierung der nicht wertschöpfenden Zeiten bei der Materialbereitstellung
- Reduzierung der Stückkosten durch die Erhöhung des Wirkungsgrades
- Organisation der Arbeitsreihenfolge visualisieren (bspw. Tagesarbeitsplan der Fertigungsaufträge in der Verpackung)

In diesem Kontext wurden bestehende CPPS-Lösungen recherchiert und mit den definierten Anforderungen und Zielsetzungen abgeglichen. Als geeignete Lösung wurde nach einer ausführlichen Recherche die Kombination eines permutiven Arbeitssystems ergänzt um eine informationstechnische Lösung zur fortschrittsbasierten Arbeitsanweisung und optischen Überwachung des Verpackungsprozess identifiziert. Im Folgenden wird die erarbeitete Lösung detaillierter beschrieben.

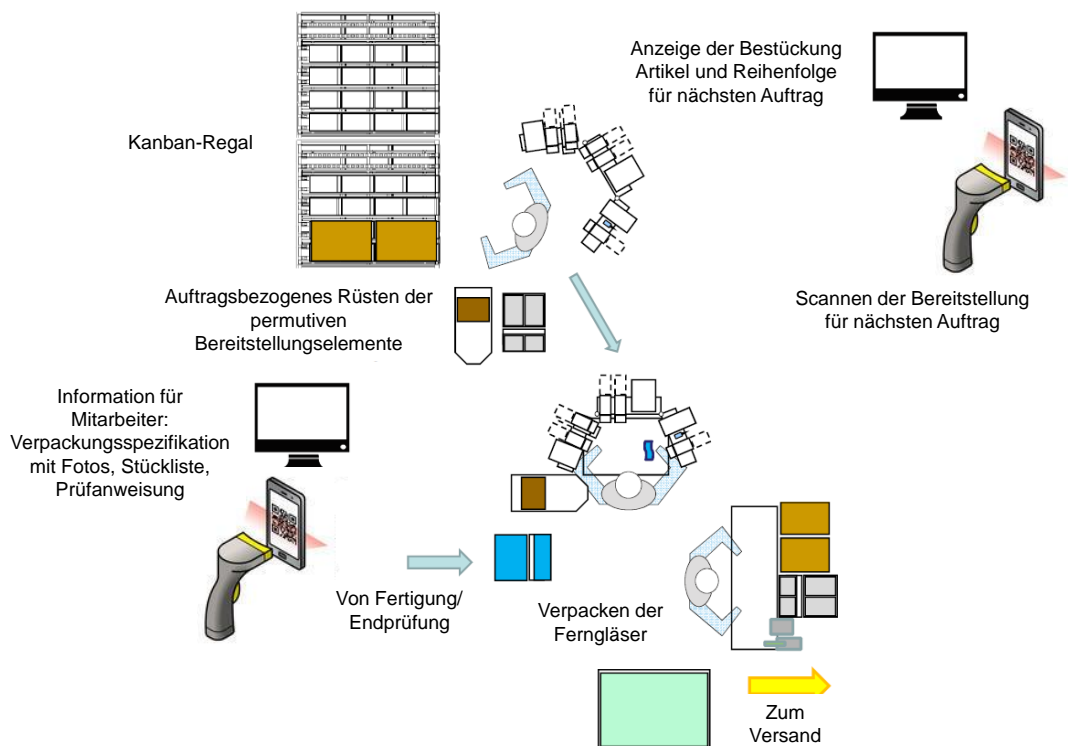


Abbildung 45: Schematische Darstellung des Arbeitssystems in der Verpackung

Ziel war es, mit dem Einsatz von „permutiven Systemen“, auf denen das benötigte Material auftragsgerecht zur Verfügung gestellt wird, sowie unter Zuhilfenahme visueller Werkerinformatio-

nen mit variantenspezifischer Arbeitsanweisung, die nicht wertschöpfenden Tätigkeiten zu reduzieren. Über die Verfolgung der Produkte mittels Einsatz von RFID-Tags oder Barcodes werden der Arbeitsfortschritt der Produkte und deren Durchlaufzeiten entlang der einzelnen Arbeitsstationen erfasst, die automatisch in das PPS-System übertragen werden können. Basierend auf den Informationen können klassischen Funktionen des vorhandenen PPS-Systems unterstützt und genutzt werden, bspw. die Kapazitäts- und Terminplanung.

In Zusammenarbeit mit den Entwicklungspartnern LP-Montagetechnik und InSystems wurde ein konkreter Lösungsansatz erarbeitet, bestehend aus einem permutiven Arbeitssystem, dem optischen Assistenzsystem „Schlauer Klaus“ und einem Barcode-System inklusive der IT-Unterstützung. Eine Übersicht der erarbeiteten Lösung ist in Abbildung 45 dargestellt.

Für die Umsetzung des Demonstrators wurden permutive Montagearbeitsplätze im Rahmen der definierten Anforderungen für das Verpacken der Ferngläser konzipiert. Das detaillierte Arbeitssystem für die Verpackung ist in Abbildung 46 dargestellt. Die modulare Bauweise der einzelnen Komponenten ist in Abbildung 47 abgebildet. Der Montagetable ist ein stationäres Arbeitssystem, das prinzipiell statisch an einem Ort der Produktion aufgebaut ist (allerdings mit geringem Aufwand auch beliebig versetzt werden kann). Die Materialbereitstellung ist mobil und kann zum Bestücken in den Kommissionierbereich verfahren und anschließend mit einem beliebigen Montagetable kombiniert werden. Dadurch kann einerseits die hohe Variantenvielfalt abgedeckt, andererseits in Form von Fertigungslosen die wirtschaftliche Durchführung des Prozesses ermöglicht werden.

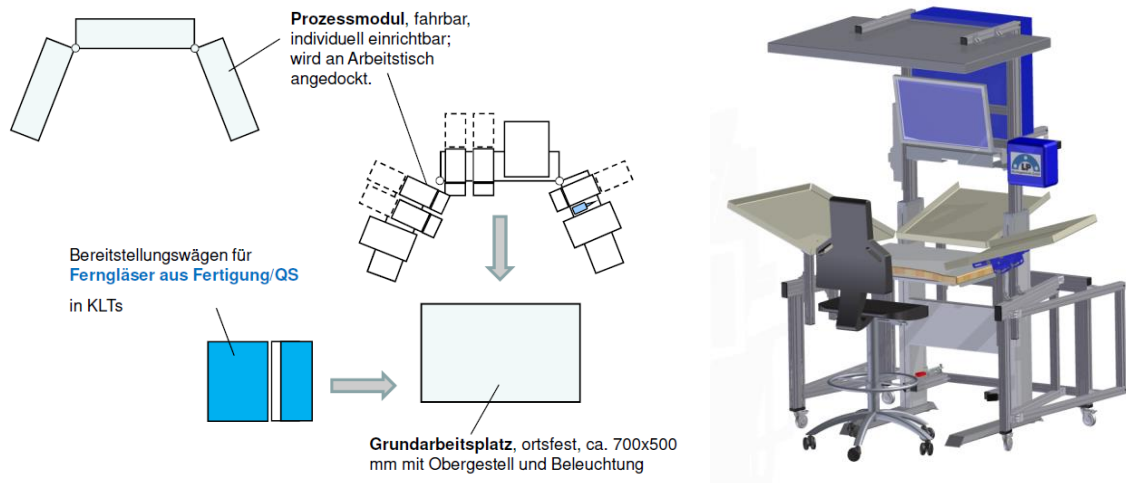


Abbildung 46: Schematische Darstellung des permutiven Arbeitsplatzsystems

Für das Assistenzsystem zur optischen Erkennung von einzelnen Bauteilen zur Absicherung des korrekten Montagefortschritts sowie einer unterstützenden Arbeitsanweisung wurde eine Recherche nach geeigneten CPPS-Lösungen durchgeführt. Ausgewählt wurde letztendlich das Assistenz-System „Schlauer Klaus“. Dabei handelt es sich um eine Datenbank-gestützte Bildverarbeitungssoftware mit intelligenter Merkmalerkennung über eine industrielle Bildverarbeitung der Firma OPTIMUM datamanagement solutions GmbH. Zur Erfassung und Abgleich der einzelnen Verpackungsschritte wurde das Assistenz-System „Schlauer Klaus“ erfolgreich getestet und konstruktiv in den Grundarbeitsplatz des permutiven Systems integriert.

Arbeitssystem besitzt. In allen drei Schnittstellenbereichen gibt es Abweichungen, aber insbesondere der Bereich Technik-Organisation weist enorme Änderungen auf. Daraus lässt sich ableiten, dass maßgebliche, gestalterische Maßnahmen erforderlich sind.

Im nächsten Schritt wurde die Implementierung der konzipierten Lösung bei Steiner weiter geplant und ausgestaltet. Hierzu wurden alle relevanten Abteilungen und Mitarbeiter einbezogen, insbesondere die IT und die Produktion. Im Zuge der Ausgestaltung und der Feinplanung der konzipierten Lösung stellte sich jedoch heraus, dass maßgebliche Hemmnisse vorliegen, insbesondere mit Fokus auf der bestehenden Organisation und der IT-Umsetzung.

Die benötigten Abläufe (Priorisierung der Aufträge, Visualisierung von Arbeitsabläufen) können nicht in dem bei Steiner vorhandenen PPS-System dargestellt werden, ohne umfassendere Eingriffe im bestehenden IT-System vorzunehmen. Deshalb wäre für die benötigte IT-Unterstützung des Demonstrators eine Stand-Alone-Lösung zu erarbeiten. Aufgrund begrenzter interner IT-Kapazitäten war es nicht möglich die IT-technischen Anforderungen des Systems umzusetzen. Bestehende Standardlösungen, die per Plug&Play die Anforderungen der bestehenden Systeme erfüllen, existieren in diesem Kontext nicht. Die individuelle Programmierung eines IT-Systems zur Umsetzung des Demonstrators wurde als nicht wirtschaftlich eingestuft, sodass eine nennenswerte Investition erforderlich gewesen wäre, ohne produktiven Mehrwert. Dabei wurde deutlich, dass das Unternehmen keinen Return on Investment (ROI) für eine solche Investition erkennen konnte.

Des Weiteren haben sich für das Unternehmen dramatische Veränderungen am Markt ergeben, auf die mit korrigierenden Maßnahmen reagiert werden musste, was zur Folge hatte, dass die für die Fortführung des Projekts geplanten Kapazitäten nicht mehr zur Verfügung standen.

Abschließend ist festzustellen, dass Steiner in der Unternehmenstypologie dem „zufriedenen Typ“ entspricht (siehe Kapitel 3.1.4), der in der gefundenen Nische bisher ohne umfassende Digitalisierungsaktivität erfolgreich am Markt agieren kann. Dies ist insofern eine wichtige Erkenntnis, als dass aufgezeigt wird, dass die Digitalisierung nicht um jeden Preis vorangetrieben werden muss. Die unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen machen deutlich, dass eine Digitalisierung zum jetzigen Zeitpunkt nicht erforderlich ist. In diesem Fall ist die Digitalisierung nicht zu erzwingen sondern einerseits die Entwicklung der Digitalisierung am Markt weiter zu beobachten und die eigene Entwicklung der Unternehmensstruktur hinsichtlich der Organisation, technischer Voraussetzungen und des Personals zu berücksichtigen. Beide Schritte sind unter Einbezug der Typologie fortlaufend überprüfbar, was dem Unternehmen die Möglichkeit eröffnet, den „richtigen“ Zeitpunkt für einen Digitalisierungsschritt zu bestimmen.

Für die sozio-technische Fähigkeitsbewertung lässt sich ableiten, dass die identifizierten Änderungen, unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen, zu umfassend gewesen wären. Alleine basierend auf der Grafik ist diese Interpretation jedoch nicht möglich. Die unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen wie bspw. Wettbewerbssituation, Unternehmensstruktur oder Erfahrung mit Innovationen sind hier zusätzlich zu berücksichtigen.

4.4.3 Fazit

Bei den Arbeiten zur Umsetzung des geplanten Demonstrators (Verpacken von Ferngläsern) musste Steiner Optik feststellen, dass Investitionen nötig wären, die wesentlich höher als ursprünglich geplant waren und somit die gesteckten wirtschaftlichen und ablauftechnischen Ziele nicht erreicht werden konnten.

Die geplante Verbesserung der Wirtschaftlichkeit konnte durch den Einsatz der permutiven Systeme und CPPS-Lösungen in Zusammenhang mit den unternehmens- und arbeitssystemspezifischen Rahmenbedingungen, wie geringen Fertigungsmengen und sehr hohem wiederkehrenden Installationsaufwand nicht erreicht werden. Daraus resultiert die Erkenntnis, dass die Flexibilität und Universalität der menschlichen Arbeitskraft bei den geringen Fertigungsmengen eine höhere Wirtschaftlichkeit besitzt als der Einsatz einer Industrie 4.0-Lösung. Zur wirtschaftlich sinnvollen Digitalisierung müssen grundlegendere organisatorische Änderungen und Maßnahmen mit entsprechendem Personalaufwand eingeleitet werden. Dieses Beispiel zeigt auf, dass es für KMU vor allem auf die Auswahl der geeigneten CPPS-Lösung ankommt. Gleichzeitig werden die vielfach unterschätzten zusätzlichen Aufwendungen (Programmierung, Systemumstellung, Software) deutlich, da eine neue CPPS-Lösung entweder in eine bestehende Architektur eingepflegt, oder eine neue Struktur geschaffen werden muss. Hier stoßen KMU an vielfache Ressourcengrenzen. Gleichwohl muss betont werden, dass für einen späteren Digitalisierungsschritt die Aufwendungen erheblich größer ausfallen werden, da dann bisher nicht erfolgte Veränderungen nachgeholt werden müssen.

Steiner Optik wird das Ergebnis des Vorhabens im Auge behalten und prüfen, ob und wann das Projekt ohne großen Aufwand (z. B. bei einer Umstellung eines neuen PPS-Systems) im Verpackungsbereich oder auch an anderen Arbeitsplätzen umgesetzt werden kann.

4.5 Use-Case 5: Kunden- und Marktanalyse mit Hilfe von Web Mining

Im Rahmen eines projektinternen Transfers in der kostenneutralen Verlängerung erarbeiteten Topstar und RapidMiner drei ergänzende Use-Cases rund um die Frage: „Wo kauft der Kunde Morgen ein?“. Dabei wurde ein Transfer der Ergebnisse aus dem intrObest-Use-Case in Bezug auf das Web-Mining berücksichtigt. Die folgenden Anwendungsfälle wurden dabei identifiziert:

1. Onlineshop Monitoring
2. Social Media Monitoring
3. Allgemeine Suchtrendbewertung

Die Anwendungsfälle haben gemein, dass Produkte der Marken Topstar und der Premiummarke Wagner über Zwischenhändler vertrieben werden und somit direktes Kundenfeedback selten ist. Weiterhin haben Zwischenhändler Freiheiten bezüglich der Produktdarstellung und Preisgestaltung. Zudem ist gerade der Vertriebsweg des Onlinehandels, der für Produkte der Marke Topstar genutzt wird, einem stetigen Wandel unterworfen. Eine eigene Überwachung des Marktes zur Früherkennung von neu auftretenden Konkurrenten und Einflussfaktoren wie der Verwendung

von Gütesiegeln, Schlagworten bei der Produktbeschreibung oder Rabatten ist daher unumgänglich, um am Markt bestehen zu können.

Da im Rahmen der kostenneutralen Verlängerung ein kürzeres Zeitfenster zur Verfügung stand, wurden alle drei Anwendungsfälle mittels Proof-of-Concept Prozessentwicklungen evaluiert und der Vielversprechendste weiterverfolgt.

Beim Social Media Monitoring wurde überprüft, ob sich die Sentimentanalyse auf Kundenbewertungen von Topstar oder Wagner Produkten durchführen lässt. Dazu wurde Twitter im Hinblick auf Nennungen der Markennamen Topstar und Wagner, sowie Produktbezeichnungen der genannten Marken durchsucht. Leider war die Menge an gefundenen Kurznachrichten nicht statistisch relevant. Somit wurden keine weiteren Analysen durchgeführt.

Bei dem Versuch der Erhebung von Rankinginformationen von Suchseiten bezüglich Suchbegriffe, die Kunden oft verwenden, um Topstar-Produkte zu finden, zeigte sich, dass eine Erhebung mittels der XPath Syntax zeitnah umsetzbar ist. Erste Extraktionen wurden durchgeführt. Die so erhobenen Daten können mit den gleichen Methoden analysiert werden, die im Rahmen der Bearbeitung des Anwendungsfalls bei der Firma intrObest entwickelt wurden. Da der Anwendungsfall des Onlineshop Monitorings eine bessere Einordnung des Zielpublikums erlaubt, und wie erwähnt ein Übertrag möglich ist, wurde dieser verfolgt.

Ein Onlineshop Monitoring ist insbesondere im Hinblick auf die Beobachtung des Marktes relevant. So lassen sich bei Betrachtungen über verschiedene Onlineanbieter hinweg Einschätzungen der eigenen Markenpositionierung aufgelöst nach Produkten erheben. Hierzu wurden erste Analysen durchgeführt, um die Marke Topstar gegen andere Konkurrenten einzuordnen. Weiterhin wurden Analysen durchgeführt, um separierende Suchbegriffe herauszuarbeiten. Da sich die Analyse der Onlinekatalogeinträge als hilfreich herausstellte, wurde ein Operator entwickelt, der Produktdaten von Internetseiten extrahiert, die dem Schema folgen, das über <http://schema.org> für Produkte definiert wurde. Eine Marktbeobachtung der Onlineanbieter, die sowohl für Topstar als auch für intrObest relevant sind, ergab, dass für beide Anbietergruppen gleichermaßen eine relevante Anzahl an Anbietern die Schema.org-Notation nutzt. Dieser Operator ermöglicht es, auch weniger versierten Anwendern nur durch Angabe der Adresse einer Internetseite Produktdaten zu extrahieren. Die exemplarische Extraktion von Eigenschaften aus Onlinekatalogen mittels RapidMiner ist in Abbildung 49 dargestellt. Im linken Teil der Abbildung ist das Suchergebnis in einem Onlinekatalog in Hinblick auf den Suchbegriff „Bürostuhl“ dargestellt. Im rechten Teil der Abbildung ist ein exemplarischer Auszug extrahierter Eigenschaften in RapidMiner dargestellt.

Zur Extraktion wurde der in Abbildung 50 gezeigte Operator genutzt. In der Abbildung dargestellt ist ein RapidMiner Prozess mit den Parametereinstellungen des Operators „Extract Schema.Org MicroData“. Dieser Operator wurde im Rahmen des Projektes zur Extraktion von Produktdaten von Internetseiten entwickelt. Zur Extraktion der Daten der Seite muss lediglich die Webadresse im Operator unter dem Parameter „url“ eingestellt werden, um Eigenschaften zu extrahieren, siehe Abbildung 50 rechte Seite.

Row No.	image	productName	price	price...	ratingCount	ratingValue
1	https://www.p...	Topstar Sitness® 15 Bürostuhl ...	185	EUR	30	4.730
2	https://www.p...	Topstar Body Balance S30 Büro...	299	EUR	3	5
3	https://www.p...	NOWY STYL Net-Motion Bürost...	269	EUR	19	4.530
4	https://www.p...	Topstar Sitness 55 Bürostuhl sc...	279	EUR	1	5
5	https://www.p...	NOWY STYL Lynx Chfesssel sc...	299	EUR	5	4.800
6	https://www.p...	Topstar Sitness Director 10 Ch...	399	EUR	1	5
7	https://www.p...	NOWY STYL Nova Steel Chfess...	355	EUR	2	5
8	https://www.p...	Topstar Chairman® 10 Chfese...	299	EUR	30	4.730
9	https://www.p...	Topstar Body Balance 50 Büros...	259	EUR	2	5
10	https://www.p...	Topstar Body Balance 50 Büros...	259	EUR	2	5
11	https://www.p...	Mayer My optimax Bürostuhl sc...	239	EUR	4	4.750
12	https://www.p...	NOWY STYL Lynx Chfesssel br...	299	EUR	5	4.800
13	https://www.p...	AKTION: Topstar Open XT (N) ...	139	EUR	30	4.730
14	https://www.p...	NOWY STYL Nova Steel Chfess...	355	EUR	2	5
15	https://www.p...	NOWY STYL Lynx Chfesssel be...	299	EUR	5	4.800
16	https://www.p...	Topstar Lady Sitness® Deluxe ...	259	EUR	30	4.730

ExampleSet (21 examples, 0 special attributes, 18 regular attributes)

Abbildung 49: Extraktion von Eigenschaften aus Onlinekatalogen mittels RapidMiner

Process

Process ▶ 100%

Process

Extract Schema.Org MicroData

Parameters

Extract Schema.Org MicroData

resource type: url

url: https://www.printus.de/suche/B%C3%BC

schema item: products

user agent: Mozilla

connection timeout (ms): 300000

extract custom attribute

Abbildung 50: Operator zur Extraktion von Eigenschaften aus Onlinekatalogen mittels RapidMiner

Bedingt durch die Erkenntnisse aus der Eigenschaftsextraktion von Artikel mittels der XPath Syntax, wurde diese Methodik als weitere Funktionalität in den Operator eingebaut, um auch von anderen Anbietern, wie bspw. Amazon (<http://amazon.com>), die keine Schema.org-Notation nutzen, Produktdaten einfach extrahieren zu können. Dafür müssen Anwender lediglich einmalig Schlagworte aus dem HTML-Code einer Suchergebnisseite extrahieren.

Für den dritten Anwendungsfall der allgemeinen Suchtrendbewertung wurde ein möglichst leicht nachzuvollziehender Ansatz gewählt. So wurden mittels in RapidMiner vorhandener Webextraktionsmechanismen Titel, Webadresse, sowie Beschreibungen von Suchergebnissen herkömmlicher Suchmaschinen verwandt, um eine automatisierte Erhebung der eigenen Markenpositionierung über verschiedene Suchbegriffe hinweg regelmäßig durchführen zu können.

Im Rahmen des Use-Cases 5 wurde aufgezeigt, dass erarbeitete Ergebnisse zum Web-Mining aus Use-Case 1 übertragbar sind. Teile des Web-Mining Prozesses zur Unterstützung der Angebotserstellung konnten in Form eines Software-Demonstrators in RapidMiner auf das Web-Mining im Sinne eines Onlineshop-Monitorings übertragen werden. Somit wurde die Übertragbarkeit der Projektergebnisse exemplarisch nachgewiesen.

5 Kritische Würdigung und Ausblick

Das STEPS-Projekt hat einen Beitrag dazu geleistet, nicht F&E-intensiven Unternehmen den Zugang zu CPPS-Lösungen zu ermöglichen und sie zu einem zielgerichteten Einsatz neuer Technologien zu befähigen. Ein besonderer Fokus lag auf den sozio-technischen Herausforderungen bei der Einführung von Industrie 4.0, um eine Gestaltung nicht nur nach technischen Kriterien, sondern ebenfalls nach Anforderungen hinsichtlich Mensch und Organisation zu unterstützen.

5.1 Zusammenfassung der Projektergebnisse

Im Rahmen des STEPS-Projekts wurden eine sozio-technische Gestaltungs- und Einführungssystematik für Industrie 4.0-Lösungen entwickelt sowie Anwendungsszenarien bei drei mittelständischen Unternehmen erfolgreich umgesetzt.

Aus den Projekterfahrungen sowie einer Interviewstudie zu Beginn des Projekts heraus wurde eine Unternehmenstypologie abstrahiert, die Unternehmen die eigene Einordnung in definierte Unternehmenstypen ermöglicht. Den Unternehmenstypen sind wiederum detaillierte Fallbeschreibungen hinterlegt, die spezifische Erfolgsfaktoren und Hemmnisse basierend auf den Projekterkenntnissen aus den betrachteten Industrie 4.0-Anwendungsszenarien beschreiben. Somit können Unternehmen, basierend auf ihren Eigenschaften, von praxisnahen Ergebnissen des Projekts profitieren. Darauf aufbauend wurden drei Module zur zielgerichteten Auswahl und Umsetzung von Industrie 4.0-Lösungen erarbeitet.

Das erste Modul der Systematik beinhaltet die zielgerichtete Auswahl von Industrie 4.0-Lösungen. Hierzu ist es erforderlich, zunächst die Ziele sowie die Ist-Situation des Unternehmens detailliert zu analysieren. Als Herausforderung hat sich gezeigt, dass insbesondere bei KMU mitunter ein hoher Initialaufwand erforderlich ist, Ziel-Zustände abzuleiten und systematische Problemlösungsprozesse zu initiieren. In diesem Kontext haben sich als Erfolgsfaktoren herausgestellt, dass ein hoher Organisationsgrad sowie bereits umgesetzte Lean-Initiativen hilfreich sind, um Ziele zu quantifizieren, Probleme auf dem Shopfloor zu identifizieren und Nutzen von Industrie 4.0-Lösungen hervorzuheben. Als Empfehlung zur methodischen Unterstützung zur Zielentfaltung und Erarbeitung eines Kennzahlensystems kann die Balanced Scorecard verwendet werden, jedoch können auch weitere Methoden zur Definition von Zielzuständen die Basis für die Auswahl geeigneter Industrie 4.0-Lösungen bieten. Im Rahmen des STEPS-Projekts wurde eine Auswahlhilfe für Industrie 4.0-Lösungen entwickelt, die unter der Adresse www.i4.0-katalog.de online aufrufbar ist. Zur weiteren Lösungsfindung können interne Workshops unter Einbindung der Mitarbeiter gehalten sowie Kontakte zu Systementwicklern, -integratoren oder Forschungsinstituten gesucht werden.

Wurden potenzielle Industrie 4.0-Lösungen gefunden, die ein Problem auf dem Hallenboden adressieren, folgt im zweiten Modul die sozio-technische Fähigkeitsbewertung. In einem interdisziplinären Workshop unter Einbindung aller relevanten Bereiche werden insbesondere die Schnittstellen im sozio-technischen System (Mensch-Organisation, Technik-Organisation, Mensch-Technik) anhand definierter Kriterien analysiert. Anhand der Fähigkeitsbewertung können erforderliche sowie vorhandene Fähigkeiten zur erfolgreichen Einführung der Lösungen analysiert und

gegenübergestellt werden. Sie bietet somit eine einheitliche Grundlage zur Analyse von Abweichungen und Ableitung von Maßnahmen. In einem Transferprojekt wurde die Fähigkeitsbewertung durch die IG Metall, RIF und FIA in den „Kompass Digitalisierung“ überführt und um eine arbeitsorientierte Folgenabschätzung erweitert. Im Anschluss an die Analyse von Abweichungen und erforderlichen Maßnahmen zur Erreichung der Soll-Zustände in den Bewertungskriterien erfolgt eine Aufwand-Nutzen-Abschätzung zur Entscheidungsfindung, welche Industrie 4.0-Lösung eingeführt wird. Zum Einsatz kommen können zudem Methoden der klassischen Investitionsrechnung. Der Vergleich von Nutzenpotenzial und Umsetzungsaufwand kann zum Abbruch des Einführungsprozesses oder Auswahl einer anderen Lösung führen. So wurde bspw. im Rahmen des Projektes ein Anwendungsszenario nicht weiter verfolgt. Die Fähigkeitsbewertung hat sich darüber hinaus als methodische Unterstützung bei der Identifikation weiterer Handlungsmaßnahmen im Kontext des sozio-technischen Systems bewährt.

Im dritten Modul erfolgt die Befähigung und Umsetzung. Hierzu sind neben dem technischen Umsetzungsprozess insbesondere die Mitarbeitereinbindung Kompetenzentwicklung sowie Verstetigung und Nachhaltigkeit im Fokus. Aus dem STEPS-Projekt war für die Anwendungsfälle ähnlich zum öffentlichen Industrie 4.0-Diskurs eine Polarisierung erkennbar: Häufig sinken die Kompetenzerfordernisse auf dem Hallenboden, gleichermaßen steigen sie in anderen Bereichen, bspw. in der Planung und Entwicklung. Als Erfolgsfaktor für die Einführungsprozesse haben sich frühzeitige Informationsveranstaltungen zum Gesamtverfahren herausgestellt. Zudem schuf der Einbezug in die Gestaltung der einzelnen Lösungen Akzeptanz bei den Mitarbeitern. Zur Verstetigung der Ergebnisse ist „Industrie 4.0“ organisatorisch durch eine formulierte Strategie und Zuordnung von Verantwortlichkeiten in den Unternehmen zu festigen. Eine detailliertere Untersuchung von Erfolgsfaktoren der Verstetigung und Nachhaltigkeit empirischer Einführungsprozesse erfolgte im Rahmen der Arbeitsgruppe „Industrie 4.0 – Mitarbeiter einbinden“. Das gemeinsame Ergebnis der Arbeitsgruppe ist in Form einer Broschüre auf der Projekthomepage zugänglich.

Parallel zu Entwicklung der Gestaltungs- und Einführungssystematik wurden Demonstratoren zur intelligenten Produktion mit smarten FTS, Big Data Analytics in der Auftragsabwicklung sowie smarte Logistik durch Staplerleit- und Werkerassistenzsystem entwickelt und validiert (vgl. Kapitel 4).

Zusammenfassend konnten folgende Erkenntnisse erlangt werden: Es besteht kein „One Best Way“ zur Digitalisierung. Jedes Unternehmen verfolgt unterschiedliche Ziele und startet von unterschiedlichen Ausgangssituationen. Die Unternehmenstypologie sowie das Modul zur Ableitung von Zielzuständen helfen, den Prozess der Digitalisierung „mit Augenmaß“ zu moderieren. Darüber hinaus ist die Gestaltung und Einführung von Industrie 4.0-Lösungen nicht aus technologiegetriebener Perspektive zu betrachten, sondern als sozio-technisches System. Die frühzeitige Einbindung von Mitarbeitern hilft, die Akzeptanz zu steigern, Hemmnisse präventiv abzubauen und gute Ideen der Prozessexperten bestmöglich zu integrieren. Die Erfahrungen aus den Einführungsprozessen wurden in der Broschüre „Industrie 4.0 – Mitarbeiter einbinden“ sowie noch ausführlicher in dem aus dem STEPS-Projekt entstandenen Buch „Industrie 4.0 für die Praxis“ (Prof. Wagner) zusammengefasst. Nach der Umsetzung der Demonstratoren hat die Erfolgskon-

trolle durch die Messung der Zielerreichung anhand operativer Kennzahlen zusätzlich einen besonderen Stellenwert eingenommen. So konnte im Rahmen geleiteter Workshops der kurzfristige Effekt der Industrie 4.0-Demonstratoren transparent dargestellt und der Erfolg gemessen werden.

5.2 Zukünftige Herausforderungen und Weiterentwicklungspotenziale

Die Einführungsprojekte der Industrie 4.0-Lösungen wurden im Rahmen des STEPS-Projekts von der Konzeption bis zur Umsetzung begleitet. Für die Pilotbereich gilt es im nächsten Schritt, den Einsatz der Lösungen zu verstetigen. In diesem Kontext spielen geeignete Methoden der zukünftigen Erfolgskontrolle eine wichtige Rolle, um den Nutzen kontinuierlich darstellen und kontrollieren zu können. Sind die ersten Pilotanwendungen etabliert, so ist auf Organisationsebene ein Transfer auf weitere Unternehmensbereiche zu überprüfen. Dies betrifft sowohl die eingeführten Lösungen, bspw. hinsichtlich der technologischen Eignung in weiteren Produktionsbereichen, jedoch auch die systematische Vorgehensweise an sich, die mit einer neuen Iterationsschleife und neuen Ziel-Zuständen neue Verbesserungsprojekte initiieren kann. Auf der Organisationsebene ist es ebenfalls eine zukünftige Herausforderung, eine Industrie 4.0-Strategie zu formulieren und zu etablieren sowie zu überprüfen, ob neue, ggfs. schnelllebige, technologische Anforderungen ebenfalls Anpassungen in der Organisationsform, bspw. hinsichtlich Agilität in der Entwicklung, Prozessplanung und -verbesserung erfordern. Die Unternehmenstypologie sowie der Kompass Digitalisierung bieten hierzu gute Grundlagen für einen unternehmensspezifisch zu initiierenden Prozess.

In der aktuellen Debatte um Industrie 4.0, Digitalisierung oder Arbeit 4.0 wird vielfach die Meinung vertreten, dass sich mit der zunehmenden Einführung digitaler Technologien und einer umfassenden Vernetzung ein disruptiver Wandel von Arbeit vollziehen wird (Hirsch-Kreinsen 2017a). Offen ist bisher jedoch, ob man hier von einer derart umfassenden Veränderung von Arbeit sprechen kann, oder nicht (Hirsch-Kreinsen 2017a). In der Debatte um Industrie-4.0 wird jedoch deutlich, dass sich Arbeit im Zuge einer solchen (umfassenden) Digitalisierung zukünftig verändern wird. Die bisherige deutsche Debatte zu diesem Thema (Hirsch-Kreinsen 2017a) zeichnet im Gegensatz zu den Annahmen von Frey und Osborne (2013) ein eher positives Bild und betont bspw. „Möglichkeiten für eine humanorientierte Gestaltung der Arbeitsorganisation“ (Plattform Industrie 4.0 und acatech 2014). Vor diesem Hintergrund zeichnet sich ein zweiseitiges Bild von Industrie 4.0 ab. Einerseits hat Industrie 4.0 einen visionären Charakter (Ullrich et al. 2015) und eröffnet damit neue Möglichkeiten industrieller Produktion. Andererseits werden mit Industrie-4.0 weitreichende Jobverluste verbunden (Frey und Osborne 2013, Pratt 2015), deren Ausmaß bisher noch völlig offen ist (Hirsch-Kreinsen 2015).

Wichtiges Moment in der Debatte um sich verändernde Arbeitsbedingungen und die Nutzung digitaler Technologien ist jedoch vor allem die Akzeptanz der Betroffenen hinsichtlich derartiger digitaler Lösungen. Wenngleich angenommen wird, dass „bestehende Hürden wie etwa die Technologieakzeptanz genommen werden können“ (acatech 2013), kann damit noch keine Aussage über die Akzeptanz von Industrie 4.0-Lösungen getroffen werden. Zu fragen ist vielmehr danach, wie eine solche Akzeptanz hergestellt werden kann. So ist zu vermuten, dass sich eine solche

Akzeptanz nicht automatisch einstellt, sondern es „kristallisiert sich auch bei Industrie 4.0 die Akzeptanz gegenüber den Neuerungen als zentrale Herausforderung heraus“ (Kagermann 2014). Für die erfolgreiche Umsetzung einer Digitalisierungslösung ist daher eine breite Akzeptanz einer solchen Lösung im Unternehmen unerlässlich. Dabei sind vor allem die „Bedürfnisse der Anwender bei der Technikgestaltung“ (BMAS 2017) und eine fortlaufende Diskussion und Beteiligung in den Unternehmen (ebd.) in den Blick zu nehmen. Nur so können eine erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0-Lösungen und deren breite Akzeptanz in den Unternehmen erreicht werden.

Wie erste empirische Untersuchungen dazu zeigen (Abel et al. 2019) ist diese Frage von erheblicher Bedeutung mit Blick auf eine erfolgreiche Einführung und Etablierung von Industrie 4.0-Technologien. Dabei ist vor allem darauf zu achten, dass Akzeptanz keine einmalig hergestellte Situation ist, die dann unveränderlich ist (ebd.). Akzeptanz muss vielmehr aktiv hergestellt und fortlaufend geschaffen werden. Sie kann daher als instabiles Konstrukt verstanden werden, welches ständig gepflegt werden muss (Schäfer und Keppler 2013) da es einem ständigen Veränderungsprozess unterliegt (Abel et al. 2019). Gleichwohl kann Akzeptanz über unterschiedliche Stellhebel beeinflusst und so hergestellt werden. Hierbei ist vor allem eine offene Kommunikation, eine laufende Optimierung durch Partizipation und Qualifizierung der Beschäftigten zu nennen (ebd.).² Wenngleich die Frage nach der Akzeptanz von Beschäftigten im Kontext von Industrie 4.0 noch nicht abschließend geklärt ist, deuten die bisher vorliegenden Befunde jedoch darauf hin, dass mit der breiten Nutzung von Industrie 4.0-Technologien in den Unternehmen eine umfassende Veränderung angestoßen wird, die erheblichen Einfluss auf die zukünftige Gestaltung von Arbeit haben wird. Hierbei ist es im Veränderungsprozess von erheblicher Bedeutung, wie diese neuen Technologien akzeptiert und schlussendlich auch genutzt werden.

² Der Bedeutung von Akzeptanz im Kontext von Industrie 4.0 und der Einführung von CCPS-Lösungen wird in einem gesonderten Forschungsprojekt nachgegangen. Wenngleich erste Ergebnisse vorliegen ist das Projekt noch nicht abgeschlossen. Einen ersten Überblick liefert die Broschüre „Akzeptanz von Industrie 4.0“, die als Zwischenergebnis erschienen ist.

6 Literaturverzeichnis

Abel, J.; Hirsch-Kreinsen, H.; Steglich, S.; Wienzek, T.: Akzeptanz von Industrie 4.0. Hg. v. acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. München, 2019.

Acatech (Hg.): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt am Main, 2013.

Plattform Industrie 4.0; acatech (Hg.): Neue Chancen für unsere Produktion – 17 Thesen des Wissenschaftlichen Beirats der Plattform Industrie 4.0. Berlin, 2014.

Arntz, M.; T. Gregory; Zierahn, U.: The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis. OECD Social, Employment and Migration Working Papers. No, 189. Paris: OECD Publishing, 2016.

Bashir, A.; Burkhard, D.; Filipiak, K.; Haase, T.; Kayser, M.; Keller, A. et al.: Industrie 4.0 - Mitarbeiter einbinden. Fallbeispiele aus der betrieblichen Praxis. Hg. v. Arbeitsgruppe „Industrie 4.0 - Mitarbeiter einbinden“. Göttingen, 2018.

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

Bauernhansl, T. (Hg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien und Migration. Wiesbaden: Springer, 2014.

BMAS (Hg.): Weißbuch Arbeiten 4.0 – Arbeit Weiter Denken. Berlin, 2017.

Brockhoff, K.: Management organisatorischer Schnittstellen. Hamburg: Vandenhoeck & Ruprecht, 1994.

Deuse, J.; Hirsch-Kreinsen, H.; Nöhring, F.; Wienzek, T.; Gerst, D.: Kompass Digitalisierung – Eine Gestaltungshilfe für gute digitale Arbeit. Frankfurt: IG Metall, 2019.

Deuse, J.; Klapic, E.; Klinkenberg, R.; Nöhring, F. Anwendungsfall- und kennzahlenorientierte Online-Auswahlhilfe für Industrie 4.0-Lösungen. In: Betriebspraxis & Arbeitsforschung, 2018, Ausgabe 234, S. 42–43.

Deuse, J.; Nöhring, F.; Wöstmann, R.: Katalog zur zielgerichteten Auswahl von Industrie 4.0-Lösungen. In: Betriebspraxis & Arbeitsforschung, 2016, Ausgabe 228, S. 38-40.

DIN SPEC 91345:04-2016: Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0). Berlin: Beuth, 2016.

Frey, D.; Gerkhardt, M.; Fischer, P.: Erfolgsfaktoren und Stolpersteine bei Veränderungen. In: Rudolf Fisch, Andrea Müller und Dieter Beck (Hg.): Veränderungen in Organisationen. Heidelberg: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2008, S. 281–299.

Frey, C.; Osborne, M.: The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation? Oxford Martin School (OMS) working paper. Oxford, 2013.

Gemünden, H. G., Walter, A.: Der Beziehungspromotor. Schlüsselperson für interorganisationale Innovationsprozesse. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Jg. 65 (1995), Heft 9, S. 971-986.

- Gemünden, H. G., Walter, A.: Förderung des Technologietransfers durch Beziehungspromotoren. In: Zeitschrift Führung und Organisation, Jg. 64 (1996), Heft 4, S. 237-245.
- Geisberger, E.; Broy, M. (Hg.): Agenda CPS: Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. Vol. 1. München: Springer, 2012.
- Grimm, D.; Loeser, F.; Erek, K.; Zarnekow, R.: Evaluation von Performance Measurement Systemen zur Konzeption eines geschäftsprozessorientierten Management-Cockpits für IKT-Energieeffizienz. In: Informatik 2012 – Workshop Informatik und Nachhaltigkeitsmanagement, Braunschweig, 2012.
- Hempfen, S.; Kleint, S.; Deuse, J., Wegge, J.: Ziel-Zustand – zwischen Herausforderung und Motivation. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hg.): Bericht zum 56. Arbeitswissenschaftlichen Kongress, S. 283–287, Darmstadt, 2010.
- Hengstebeck, A.; Weisner, K.; Deuse, J.; Rossmann, J.; Kühlenkötter, B.: Betriebliche Auswirkungen industrieller Servicerobotik am Beispiel der Kleinteilemontage. In: Institut für Innovation und Technik (Hg.): Zukunft der Arbeit - Eine praxisnahe Betrachtung. Berlin: Springer, 2016.
- Hirsch-Kreinsen, H.: „Low-Tech-Industrien“: Innovationsfähigkeit und Entwicklungschancen. In: WSI Mitteilungen, Jg. 58 (2005), Heft 3, S. 144-150.
- Hirsch-Kreinsen, H.: Zum Verhältnis von Arbeit und Technik bei Industrie 4.0. In: Aus Politik und Zeitgeschichte. Jg. 66 (2016), Heft 18-19, S. 10-16.
- Hirsch-Kreinsen, H.: Arbeiten 4.0 – Qualifikationsentwicklung und Gestaltungsoptionen. In: Wirtschaftsdienst. Zeitschrift für Wirtschaftspolitik. Jg. 97 (2017a), Heft 7, S. 473-476.
- Hirsch-Kreinsen, H.: Industrie und Arbeit 4.0. Entwicklungstrends und Gestaltungsperspektiven. In Vassiliadis, M. (Hg.): Digitalisierung und Industrie 4.0. Technik allein reicht nicht. Hannover: IGBCE, 2017b.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Hompel, Michael ten (2016): „Social Manufacturing and Logistics“ – Arbeit in der digitalisierten Produktion. In: BMWi/BMAS (Hg.): Arbeiten in der digitalen Welt. Mensch, Organisation, Technik. Berlin, S. 6–9.
- Hölczli, A.; Roth, M.; Birkhold, M.; Scheifele, C.: Anwendungen, Funktionen und Technologien für Industrie 4.0 – Forschungspotenziale und Handlungsempfehlungen; Basistechnologien für Industrie 4.0 – DFAM-Studie zum Stand der Technik und aktuellen Forschungs- und Entwicklungspotentialen für KMU. Deutsche Forschungsgesellschaft für Automatisierung und Mikroelektronik e. V. (DFAM). Frankfurt a. M., 2016.
- IG Metall: Auswirkungen der Digitalisierung/ Industrie 4.0 auf die Beschäftigung. Frankfurt am Main, 2016.
- Ittermann, P.; Niehaus, J.; Hirsch-Kreinsen, H.: Arbeiten in der Industrie 4.0: Trendbestimmungen und arbeitspolitische Handlungsfelder. Dortmund, 2015.
- Ittermann, P.; Niehaus, J.; Hirsch-Kreinsen, H.; Dregger, J.; ten Hompel, M.: Social Manufacturing and Logistics. Gestaltung von Arbeit in der digitalen Produktion und Logistik. Soziologisches Arbeitspapier 47/2016, Dortmund, 2016.

- Kagermann H.: Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In: Bauernhansl T.; ten Hompel M.; Vogel-Heuser B. (Hg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 603–614, 2014.
- Kagermann, H.; Lukas, W.-D.; Wahlster, W. (2011): Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution. VDI Nachrichten, 2011, Heft 1.
- Kaplan, R.; Norton, D: Using the balanced scorecard as a strategic management system. Harvard Bus Rev 74 (1996), S. 75–85.
- Kelle, U.; Kluge, S.: Vom Einzelfall zum Typus. Fallvergleich und Fallkontrastierung in der qualitativen Sozialforschung. Opladen: VS Verlag, 1999.
- Keuper, F.; Schunk, H.A.: Internationalisierung deutscher Unternehmen. Strategien, Instrumente und Konzepte für den Mittelstand. Gabler, Wiesbaden, 2009.
- Klein, A.; Schnell, H. (Hg): Controlling in der Produktion: Grundlagen, Instrumente und Kennzahlen. München: Haufe-Lexware, 2012.
- Kletti, J.; Schumacher, J. (Hg): Die perfekte Produktion. Berlin: Springer 2014.
- Kluge, S.: Empirisch begründete Typenbildung. Zur Konstruktion von Typen und Typologien in der qualitativen Sozialforschung. Opladen, 1999.
- Kreimeier, D.; Hermann, K. (Hg.): Wandlungsfähigkeit durch modulare Produktionssysteme. Frankfurt am Main: VDMA-Verlag, 2013.
- Krey, A.; Lorson, P.: Buchhaltung als Basis für das KMU-Controlling – Ansatzpunkte zur Ausgestaltung vor dem Hintergrund des BilMoG. In: Müller D (Hg.) Controlling für kleinere und mittlere Unternehmen. München: Oldenburg, 2009.
- Lauer, T.: Change Management. Grundlagen und Erfolgsfaktoren. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler, 2014.
- Lucke, D.; Görzig, D.; Kacir, M.; Volkmann, J.; Haist, C.; Sachsenmaier, M.; Rentschler, H.: Strukturstudie „Industrie 4.0 für Baden-Württemberg“; Baden-Württemberg auf dem Weg zu Industrie 4.0. Hg. Vom Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 2014.
- Lunau, S. (Hg.): Six Sigma +Lean Toolset. Verbesserungsprojekte erfolgreich durchführen. 2. überarbeitete Aufl. Berlin: Springer, 2007.
- Mostert, C.H.: Fabrik-Umfeld Simulationsmodell zur kennzahlenbasierten Bewertung von Produktionsstrategien. Kassel: Univ. Press, 2007.
- Norton, D.P.; Kaplan, R.S.: Balanced scorecard. Strategien erfolgreich umsetzen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1997.
- Nöhring, Fabian; Wienzek, Tobias; Wöstmann, René; Deuse, Jochen: Industrie 4.0 in nicht F&E-intensiven Unternehmen. Entwicklung einer sozio-technischen Gestaltungs- und Einführungssystematik. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF), 2016 (111), Heft 6, S. 376–379.
- Nöhring, F.; Wöstmann, R.; Deus, J.: Auswahlhilfe für Industrie 4.0-Lösungen. In: R. M. Wagner (Hg.): Industrie 4.0 für die Praxis. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2018.

- Nöhring, F.; Wöstmann, R.; Wienzek, T.; Deuse, J.: Socio-Technical Capability Assessment to Support Implementation of Cyber-Physical Production Systems in Line with People and Organization. In: Isabel L. Nunes (Hg.): Advances in Human Factors and Systems Interaction. Proceedings of the AHFE 2018 International Conference on Human Factors and Systems Interaction. Cham, Switzerland: Springer (Advances in Intelligent Systems and Computing, 781), 2019, S. 299–311.
- North, K.: Wissensorientierte Unternehmensführung. Wertschöpfung durch Wissen. Wiesbaden: Gabler, 2011.
- Preißler, P.R.: Betriebswirtschaftliche Kennzahlen. Formeln, Aussagekraft, Sollwerte, Ermittlungsintervalle. München: Oldenbourg, 2008.
- Rammer, C.; Köhler, C.; Murmann, M.; Pesau, A.; Schwiebacher, F.; Kinkel, S.; Kirner, E.; Schubert, T.; Som, O.: Innovation ohne Forschung und Entwicklung. Eine Untersuchung zu Unternehmen, die ohne eigene F&E-Tätigkeit neue Produkte und Prozesse einführen. Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 15-2011. Mannheim/Karlsruhe, 2011.
- Rother, M.: Die Kata des Weltmarktführers. Toyotas Erfolgsmethoden. Frankfurt a. M.: Campus, 2009.
- Schallow, J.; Hartung, J.; Deuse, J.; Krappe, H.; Staub, G.: Der Referenzprozess zur durchgängigen Produktionsplanung. Standardisierung von Informationsflüssen und Planungskennzahlen. ProductDatenJournal, (2014), Heft 2, S. 55–59.
- Schallow, Julian; Hengstebeck, André; Deuse, Jochen: Industrie 4.0 – eine Bestandsaufnahme. In: Rainer Maria Wagner (Hg.): Industrie 4.0 für die Praxis. Mit realen Fallbeispielen aus mittelständischen Unternehmen und vielen umsetzbaren Tipps. Berlin: Springer, S. 15–28, 2018.
- Schäfer, M.; Keppler, D.: Modelle der technikorientierten Akzeptanzforschung (Discussion Paper 34/2013). Zentrum Technik und Gesellschaft/Technische Universität Berlin, 2013.
- Scheibeler, A.: Balanced Scorecard für KMU. Kennzahlenermittlung mit ISO 9001:2000 leicht gemacht. Berlin: Springer, 2001.
- Schulz, A.: Wege aus der Strategielücke. Zur Sicherung der Zukunftsfähigkeit von KMU in traditionellen Branchen. In: Abel, J.; Hirsch-Kreinsen, H. (Hg.): Lowtech-Unternehmen am Hightech-Standort. Berlin: edition sigma. S. 87-105, 2007.
- Som, O. Innovation without R&D – Heterogeneous Innovation Patterns of Non-R&D-Performing Firms in the German Manufacturing Industry. Wiesbaden: SpringerGabler, 2012.
- Som, O.; Zanker, C.: Gestaltung und Management von Innovationskooperationen. Lösungsansätze und Instrumente zur Steigerung der Innovationsfähigkeit nicht-forschungsintensiver Unternehmen. Heidelberg: Haefner, 2011.
- Spath, D.; Ganschar, O.; Gerlach, S.; Hämmerle, M.; Krause, T.; Schlund, S.: Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Stuttgart, 2013.

Stolzenberg, K.; Heberle, K.: Change Management. Veränderungsprozesse erfolgreich gestalten – Mitarbeiter mobilisieren. Vision, Kommunikation, Beteiligung, Qualifizierung. Berlin, Heidelberg: Springer, 2013.

Wienzek, T.: Boundary Spanner und Promotoren in Innovationskooperationen nicht- forschungsintensiver KMU. München: Hampp , 2014.

Wischmann, S.; Wangler, L.; Botthof, A.: Industrie 4.0 – Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland. Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin, 2015.

Wöstmann, R.; Nöhring, F.; Deuse, J.; Klinkenberg, R.; Lacker, T.: Big Data Analytics in der Auftragsabwicklung. Erschließung ungenutzter Potenziale in der variantenreichen Kleinserienfertigung. In: Industrie 4.0 Management, 2017, Heft 4, S. 7–11.