Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

SMeART
Making Europe's SMEs Smart

SMeART Hochschul- & Wirtschaftskooperationsmodell und Handbuch

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 1
Abkürzungsverzeichnis 5
Abbildungsverzeichnis 7
1 Einführung 9
1.1 Präambel 9
1.2 Aktuelle Situation 9
1.2.1 Wissenschaftlicher Ausgangspunkt 9
1.2.2 Wichtige Fachthemen und Begriffe 11
1.2.2.1 Smart Engineering 11
1.2.2.2 Cyberphysikalische Systeme 12
1.2.2.3 Industrie 4.0 12
1.2.2.4 Internet of Things 13
1.2.2.5 Industrielles Internet of Things 15
1.2.2.6 Weitere wichtige Begriffe 15
1.2.3 Aktuelle Situation für noch nicht intelligente KMU 17
1.2.3.1 Ein Weckruf für KMU 17
1.2.3.2 Besondere Herausforderungen für KMU 19
1.3 Ziel dieses Handbuchs 20
1.4 Konzepte zur Erreichung der Ziele 21
1.4.1 SMeART-Produktlebenszyklus 21
1.4.2 SMeART Coaching- und Kooperationsmodell 22
2 Produktion 25
2.1 Einführung 25
2.2 Aktuelle Herausforderungen entlang des Produktlebenszyklus 25
2.3 Definition der Branche 4.0 26
2.4 Theorie und Praxis der Produktion in der Industrie 4.0 28

2.5 Wie Industrie 4.0 und Smart Engineering den Produktlebenszyklus verändern 37
2.6 Anwendungen der Industrie 4.0 entlang des Produktlebenszyklus 38
2.6.1 Beispiele für Smart Products 43
2.6.2 Der strategische Rahmen 45
2.6.3 Die SMeART-Toolbox 47
2.6.3.1 Einleitung 47
2.6.3.2 Fälligkeit 48
2.6.3.3 Kombination der Stufen 1, 2 und 3: Potenziale 50
2.6.3.4 Ressourcen 50
2.6.3.5 Changemanagement 51
2.6.3.6 Implementierung 51
3 Geschäftliche Möglichkeiten 53
3.1 Einführung und Ziele dieses Abschnitts 53
3.2 Marktbedürfnisse 53
3.2.1 Kundenbedürfnisse 54
3.2.2 Kundenerkenntnisse 54
3.2.3 Sammeln von Kundeninformationen 55
3.3 SMeART Geschäftsmöglichkeiten 56
3.3.1 Smart Products 57
3.3.2 Wertschöpfung auf Basis von Big Data 58
3.3.3 Intelligente Dienste (Servitisierung) 59
3.3.4 Mit intelligenten technischen Lösungen zu sozialen und ökologischen Themen beitragen. 61
3.3.5 Intelligente Ertragsmodelle 62
3.4 SMeART Innovation von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen 63
3.4.1 Entwicklung eines intelligenten Innovationsportfolios 63
3.4.2 Innovationsmanagement 65
3.4.3 Entwicklung eines innovativen Produkts oder einer innovativen Dienstleistung 68
3.4.3.1 Problem- und Chancenidentifikationskonzepte 68
3.4.3.1.1 Den Kunden verstehen 70
3.4.3.1.2 Empathie-basierte Methoden 70
3.4.3.2 Problemneufassung 70
3.4.3.3 Idee 70
3.4.3.4 Preprototyping / Prototyping 71
3.5 SMeART Marketing 73
3.5.1 Die Entwicklung von Marketing 4.0 74
3.5.2 Definition von Marketing 4.0 74
3.5.3 Konsequenzen des Marketings 4.0 75
3.5.4 Die Herausforderungen des modernen Marketings 76

3.5.5 Verbraucherdialog in einer digitalisierten Welt der Marken 77
3.6 Intelligente Lieferketten und Wertschöpfungsnetzwerke 79
3.6.1 Von der Lieferkette zur Wertschöpfungskette 80
3.6.2 Kundenorientierte Wertschöpfungsnetzwerke 80
3.7 Wichtigste Ergebnisse und Empfehlungen 81
4 Zukünftige Managementherausforderungen 83
4.1 Einführung und Ziele dieses Abschnitts 83
4.2 Das Geschäftsmodell-Management 83
4.3 Beschäftigungspolitische Herausforderungen 87
4.3.1 Auswirkungen des technologischen Wandels bei den Arbeitsplätzen 87
4.3.2 Auswirkungen des technologischen Wandels im Personalwesen 89
4.4 Herausforderungen bei der Zusammenarbeit 90
4.5 Rechtliche und regulatorische Herausforderungen 94
4.6 Herausforderungen überwachen und kontrollieren 96
4.7 Wichtigste Ergebnisse und Empfehlungen 98
5 Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Unternehmen 101
5.1 Einführung 101
5.2 Definition des Hochschul-Geschäftskooperationsmodells 101
5.3 Wie die Europäische Kommission die Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Unternehmen unterstützt 103
5.4 Innovation, Unternehmertum und Kreativität fördern 104
5.5 Warum sollten Universität und Wirtschaft zusammenarbeiten? 105
5.6 Das SMeART HEI Business Kooperationsmodell 107
5.6.1 Beratungs- und Ingenieurdienstleistungen 107
5.6.2 Austausch zwischen Universität und KMU 108
5.6.3 Training "On the Job" (Ausbildung am Arbeitsplatz) 108
5.7 Best Practices von Hochschul-Geschäftskooperationsmodellen auf europäischer Ebene 109
6 Beratung & Coaching 114
6.1 Einführung 114
6.2 Die Hauptvorteile von SMeART Coaching und Beratung 115
6.2.1 Die Hauptvorteile von Coaching und Beratung für ein KMU 115
6.2.2 Die potenziellen Vorteile für Hochschulen 116
6.3 Welche Wahl - ein Coach oder ein Berater? Gibt es einen Unterschied? 116
6.4 Der SMeART Coaching und Beratungsprozess 118
6.4.1 Erstellung von Coaching und Beratungsplänen (Vorlagen) 118
6.4.2 Überwachungs- / Bewertungsprozess für die Coaching-/ Beratungstätigkeit 120
6.5 Do's und Don'ts für effizientes Coaching und Beratung 121
7 Training 123
7.1 Was ist Smart Industry (kurz gesagt)? 123

7.2 Wen und für wen und wann trainieren? 123
7.3 Worauf wir trainieren müssen 125
7.3.1 Dimensionen der Smart Industry, die für die Berufsbildung relevant sind 125
7.3.1.1 Qualifikationen für die Smart Industry mit Relevanz für die Berufsbildung 125
7.3.1.2 Auswirkungen auf den Qualifikationsbedarf 128
7.3.2 Höhere STEM-Herausforderungen für Automatisierung und Produktion in der Smart Industry 130
7.3.2.1 Einführung 130
7.3.3 Smart Industry Technologietrends zur Aus- und Weiterbildung für die Bereiche 130
7.3.4 Auswirkungen der industriellen Innovation auf die Rolle der Arbeitswelt 132
7.4 Wie trainiert man für… Lernmethoden für die Transformation? 135
7.4.1 Hauptkonzepte 135
7.4.1.1 Traditionelles Lernen versus E-Learning 135
7.4.1.2 E-Learning 136
7.4.1.2.1 Einführung 136
7.4.1.2.2 Lieferformen: synchrones und asynchrones Lernen 136
7.4.1.2.3 Lernmanagementsysteme 137
7.4.1.3 Massive offene Online-Kurse (MOOCs) 137
7.4.1.3.1 Einführung 137
7.4.1.3.2 Grundlegende Funktionen von MOOCS 138
7.4.1.3.3 Wo Sie Ihr MOOC finden können 140
7.4.2 Formate für die praktische Aus- und Weiterbildung 142
7.4.3 Schlüssel zum Erfolg / Fallstricke 143
Quellenverzeichnis 145

Abkürzungsverzeichnis

A2DP	Advanced Audio Distribution Profile
ACL	Asynchronous Connection-Less
AES	Advanced Encryption Standard
AFH	Adaptive Frequency Hopping
AI	Artificial Intelligence
ASB	Active Slave Broadcast
ATT	ATTribute protocol
AVCTP	Audio/Video Control Transport Protocol
AVDTP	Audio/Video Distribution Transport Protocol
AVRCP	Audio/Video Remote Control Profile
AWS	Amazon Web Services
BLE/LE	Bluetooth Low Energy / Low Energy (Both terms are used to alternately)
BNEP	Bluetooth Network Encapsulation Protocol
BPME	Business Process Management Everywhere
BR/EDR	Basic Rate / Enhanced Data Rate
CDMA	Code Division Multiple Access
CPS	Cyber-Physical System
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DQPSK	Differential Quadrature Phase Shift Keying
DUN	Dial-Up Networking
ECDH	Elliptic curve DiffienHellman
EIoT	Enterprise Internet of Things
FCC	Federal Communications Commision
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GATT	Generic ATTribute profile
GFSK	Gussian Frequency-Shift Keying
HCI	Host Controller Interface
HCRP	Hard Copy Replacement Profile
HEI	Higher Education Institution
HFP	Hands-Free Profile
HID	Human Interface Device
HOGP	HID over GATT Profile
HVAC	Heating Ventilation and Air Conditioning
IoE	Internet of Everything
IoT	IoT Internet of Things
IPSP	Internet Protocol Support Profile
IPv6	Internet Protocol version 6
ISM Band	Industrial Scientific, and Medical
L2CAP	Logical Link Control and Adaptation Protocol

LC	Link Control (protocol)
LELL	Low Energy Link Layer
LL	Link Layer
LMP	Link Management Protocol
LMP	Link Manager Protocol
M2M	Machine to Machine
MAC	Media Access Control
MEMS	Micro Electro Mechanical Systems
MitM	Man in the Middle (attack)
MWSN	Mobile Wireless Sensor Network
OBEX	Object exchange
OPP	Object Push Profile
PANU	Personal Area Network User
PHY	PHsical laYer
PPP	Point-to-Point Protocol
PSB	Parked Slave Broadcast
QoS	Quality of Service
QR-Code	Quick Response Code
RFCOMM	Radio frequency communication
RFID	Radio Frequency Identification
RTLS	Real Time Location System
SCO	Synchronous Connection-Oriented
SDP	Service Discovery Protocol
SINR	Signal to Interference plus Noise Ratio (oft synonym verwendet mit SNIR))
SME	Small and medium-sized enterprise (engl. für KMU)
SMIR	Signal to Noise plus Interference Ratio (oft synonym verwendet mit SINR)
SNR	Signal to Noise Ratio
SPP	Serial Port Profile
SSID	Service Set IDentifier
TCS	Telephony Control Protocol Specification
UUID	Universally Unique Identifier
WAE	Wireless Application Environment
WAP	Wireless Application Protocol
WLAN	Wireless Local Area Networks
WPAN	Wireless Personal Area Networks
WSN	Wireless Sensor Network

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die meisten Quellen prognostizieren, dass Industrie 4.0 in den Jahren 2025 - 2030 "ankommen" wird. (Berger, 2018) 10

Abbildung 2: Geräte ("Dinge"), Netzwerke, die "Cloud" und die Anwendungen, die in einer vierschichtigen vernetzten Struktur dargestellt werden (Xiaomin et al., 2017) 13

Abbildung 3: Künstliche Intelligenz und wissensbasierte Systeme auf Basis semantischer Technologien und Argumentation, dargestellt auf der Hannover Messe 2018 16

Abbildung 4: Abschnitte der SMeART-Richtlinien 20

Abbildung 5: Der SMeART-Produktlebenszyklus: Zusammenhang zwischen einem allgemeinen Produktlebenszyklus, typischen Prozessen und verwandten Abschnitten dieser Richtlinien 21

Abbildung 6: Das SMeART Coaching- und Kooperationsmodell 24

Abbildung 7: Lebenszyklus der Produkte 25

Abbildung 8: Eigene Repräsentation des cyberphysikalischen Rahmens, basierend auf (vgl. Bauernhansl, Hompel & Vogel-Heuser.2014, S. 525; Zamfirescu, Pârvu, Schlick & Zühlke2013) 30

Abbildung 9: Generisches Schema des Multiagentensystems von (Monostori et al. 2006a; Russell, Russell, & Norvig 2010) 31

Abbildung 10: Fähigkeiten von Smart Products (vgl. Eibl und Gaedke 2017, S.2081) 32

Abbildung 11: Produktlebenszyklus mit Strömungen 39

Abbildung 12: Digitale Wertvorstellungen ("[Kein Titel]," n.d.-a) 44

Abbildung 13: die strategischen drei Cs (vgl. Ohmae, 1982) 45

Abbildung 14: Phasen des strategischen Rahmens 46

Abbildung 15: Der SMeART MOSE 49

Abbildung 16 50

Abbildung 17: Implementierungsprozess (vgl. Huber, 1985 S. 106); (vgl. Raps, 2017 S. 62)]] 52

Abbildung 18: Eine Typologie von Service-Strategien. Angepasst von "Service Addition als Geschäftsmarktstrategie: Identifizierung von Übergangsphasen", International Journal of Service Industry Management, 21, S. 698. (Matthyssens & Vandenbempt 2010) 60

Abbildung 19: Typologie der Innovation. Unternehmen, die innovativ sind und auch verschiedene Arten von Innovationen ansprechen, sind stoßfester 64

Abbildung 20: Casy Stoner mit der Auspuffanlage von Akrapovič, die ständig erneuert wird. Einige Elemente sind patentiert, die anderen sind nach dem schnellen "time to market"-Konzept geschützt. (Google kostenlose Bilder) 67

Abbildung 21: Offenes Innovationskonzept (Lubiewa-Wielezynsk, n.d.) 67

Abbildung 22: Ishikawa-Diagramm in der Praxis (Quelle: Košmrlj, K., Širok, K., & Likar, B. 2015) 69

Abbildung 23: Design Thinking Concept. (Entwurf, 2018) 72

Abbildung 24: Markenidentität, Markenpositionierung und Markenimage. In Bezug auf: Esch 2012, 9 75

Abbildung 25: Instrumente für intelligentes Online-Marketing (Kreutzer, 2013, S. 2) 77

Abbildung 26: Treibende Kräfte des Wandels. Quelle: (KPMG, 2016) 84

Abbildung 27: Aspekte der Integration von Industrie 4.0. Quelle:(Foidl & Felderer 2016) 84

Abbildung 28: Elemente, die das Geschäftsmodell bilden. Quelle: (Christian Arnold, n.d.) 85

Abbildung 29: Verknüpfung von Nachhaltigkeit und Industrie 4.0 mit dem Geschäftsmodell. Quelle: (Man, de Man & Strandhagen 2017) 86
Abbildung 30: Kompetenzprofil Industrie 4.0. Quelle: (KPMG, 2016) 87
Abbildung 31: Anteil der Mitarbeiter mit hohem Risiko in den OECD-Ländern. Quelle: (Arntz, 2016) 88
Abbildung 32: Managementkapazitäten von industriellen Prozessen. Quelle: (Moeuf, Pellerin, Lamouri, Tamayo-Giraldo & Barbaray: 2018) 97
Abbildung 33: VETtoday: Nicht alle Unternehmen sind der Meinung, dass Smart Industry Training heute in der Weiterbildung relevant ist. 124
Abbildung 34: Meistens nehmen große Unternehmen eine proaktive/innovative Position in Bezug auf die Organisation der beruflichen Bildung am Arbeitsplatz ein. 124
Abbildung 35: Zusammenarbeit: Zusammenarbeit zwischen Training und R&D-Abteilungen. 130
Abbildung 36: Einige wichtige Technologietrends für die Smart Industry 132
Abbildung 37: MOOChistory: Überblick über die Entwicklung von MOOCs, ausgehend vom OCW am MIT. 138
Abbildung 38: MOOC 139
Abbildung 39: VRAR: Virtual Reality für CNC-Ausbildung und Augmented Reality für Robotik-Ausbildung. 143
Abbildung 40: Praktische Schulung in der Instandhaltung von Fertigungszellen. 143

1 Einführung

Autor: Manfred Leisenberg, Fachhochschule des Mittelstands (Deutschland)

1.1 Präambel

Die heutigen digitalen Märkte sind durch eine hohe Komplexität gekennzeichnet, was es für Unternehmen immer schwieriger macht, ihre Wettbewerbsposition täglich über einen längeren Zeitraum zu halten. Potenzielle Kunden können aus einer breiten Palette von Produkten und Dienstleistungen global agierender Anbieter aus aller Welt wählen, wobei die Anforderungen an Qualität, Preis und Verfügbarkeit steigen (vgl. Becker, Himpel, & Kuß, 2004 S.393; Grundig, 2018, S. 13). Unternehmen jeder Größe stehen vor der Herausforderung, die wachsenden Marktanforderungen entlang des Lebenszyklus ihrer Produkte und Dienstleistungen zu erfüllen. Industrie 4.0, Smart Engineering oder Produktion 4.0 beinhalten Fähigkeiten, die meisten bekannten und bestehenden Schwierigkeiten in relevanten Produktionsbereichen zu lösen und könnten einen nachhaltigen Mehrwert für bestehende Unternehmen schaffen. Aufgrund der Vielfalt der neu entstehenden Terminologien könnte es schwierig sein, sich dem Thema Industrie 4.0 zu nähern. Visionen, Ideen und Technologien werden oft gemeinsam erwähnt und können zu Verwirrung führen. Da es so schwierig ist, eine klare, endgültige Definition von I4.0 zu liefern, können sich viele Unternehmen nicht wirklich vorstellen, wie I4.0 zu ihrem Wertschöpfungsprozess beitragen könnte. Einige Visionen erscheinen zu futuristisch und haben daher das Potenzial, Unternehmen zu entmutigen, anstatt sie zu inspirieren. Diese Publikation - ein Leitfaden für kleine und mittlere Unternehmen - soll Unternehmen dabei unterstützen, die Einführung von Prozessen erfolgreich zu gestalten und umzusetzen. Diese Publikation stützt sich auf die vielfältigen Erfahrungen der internationalen Mitwirkenden der

ERASMUS+ Knowledge Alliance for Upskilling
Europe'S SMEs to Meett Challenges of Smart Engineering

Diese Allianz ist in einem Projekt mit dem Akronym SMeART verankert. Mit diesen Leitlinien soll insbesondere die Zusammenarbeit zwischen Hochschulen (HEI) und Unternehmen bei der erfolgreichen Anwendung der Prinzipien des Smart Engineering unterstützt werden.

1.2 Aktuelle Situation

1.2.1 Wissenschaftlicher Ausgangspunkt

Industrie 4.0, Smart Engineering oder Produktion 4.0 sind aktuelle Trends der Automatisierung und des Datenaustauschs in der Fertigungstechnik. Diese drei Begriffe implizieren ein Konzept der industriellen Evolution mit vier Stufen (Mechanisierung, Fließbandproduktion, Automatisierung, Cyber-Physical Systems). Insbesondere wird der Begriff Industrie 4.0 hauptsächlich in Europa verwendet, dessen Wurzeln in Deutschland liegen.

Es gibt unterschiedliche Meinungen über das tatsächliche Aufkommen von Industrie 4.0 in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Im Hinblick auf ausgewählte Pilotanlagen werden für den Zeitraum zwischen 2020 und 2025 Implementierungen der teilweise disruptiven Industrie 4.0-Technologien für KMU erwartet, um eine breite Anpassung der Standardlösungen zu ermöglichen. Die Realisierung einer "wahreren, vollständigeren" Industrie 4.0 wird jedoch um 2030 erwartet (sieheAbbildung 1). In Erwartung dessen vollzieht sich der erste Wandel jetzt und in den nächsten Jahren: Die meisten Forschungseinsätze werden von aktuellen Forschern, Entwicklern und anderen Mitarbeitern durchgeführt. Dennoch gibt es bereits hoch entwickelte Beispielprojekte wie den "It's OWL"- Industrie 4.0- Cluster in Bielefeld (Siebe, 2018).

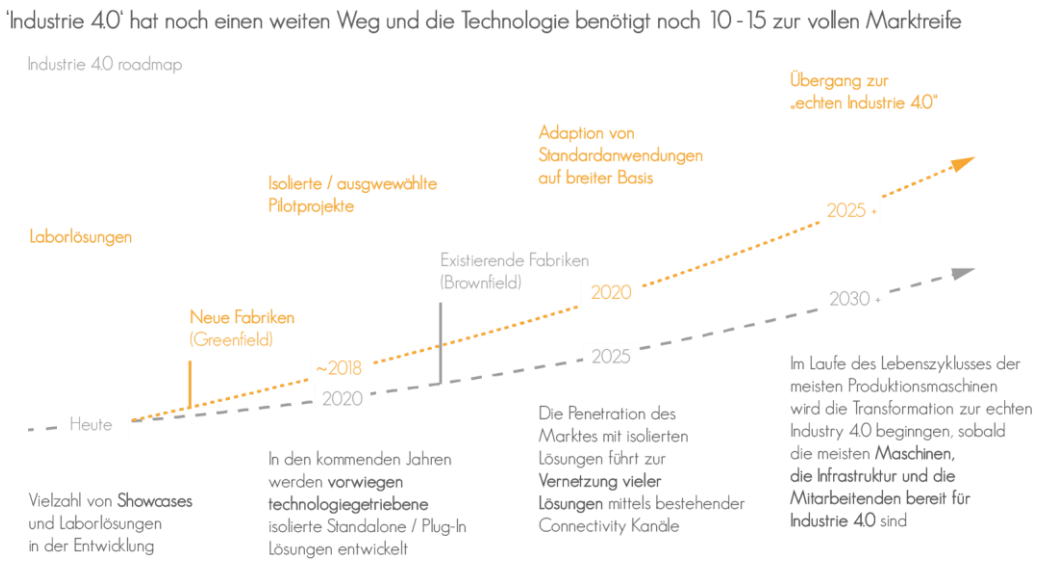

Abbildung 1: Die meisten Quellen prognostizieren, dass Industrie 4.0 in den Jahren 2025 - 2030 "ankommen" wird. (Berger, 2018)

Die großen Unternehmen haben sich bereits personell und finanziell positioniert, um das Potenzial von Smart Engineering und digitaler Transformation zu nutzen. Jetzt folgen die KMU ihrem Beispiel. Bislang haben jedoch nicht mehr als 20 Prozent der europäischen KMU ihre Prozesse digitalisiert, in fünf Jahren soll diese Zahl jedoch auf 80 Prozent steigen. Das IoT ist seit langem nicht mehr "die Musik der Zukunft" und die Digitalisierung aller Produktions- und Geschäftsprozesse ist für jedes Unternehmen ein existentielles Muss.

Experten sind der Ansicht, dass insbesondere KMU durch den digitalen Wandel gute Chancen haben werden, ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen bzw. ihre Position gegenüber ihren Wettbewerbern zu verteidigen. Daher gibt es keine Alternative zur digitalen Transformation der Produktionsprozesse. Nur so kann man die gesamte Prozess- und Lieferkette in Echtzeit betrachten und die Kundenstruktur transparenter gestalten. So wird die digitale Transformation zu einer Win-Win-Situation. Kunden erhalten einen deutlich optimierten Service und Unternehmen erhalten attraktive Geschäftsmodelle ("Digital Genius", 2017).

Industrie 4.0 und Smart Engineering haben ihren grundlegenden Fokus auf den Produktionsprozess innerhalb einer Smart Factory, während ein weiterer wichtiger Begriff - das Internet of Things (IoT) - sich auf die Nutzungsphase von digitalisierten und vernetzten Geräten und Produkten konzentriert. Industrie 4.0 beinhaltet cyberphysikalische Systeme: Das Internet of Things (IoT) und Cloud Computing (Hermann, Pentek, & Otto, 2016a). Darüber hinaus konzentriert sich der Begriff "Industrie 4.0" stark auf intelligente Fabriken. Um allgemeine digitale Transformationsprozesse, daraus resultierende Veränderungen der Wertschöpfungskette und des Produktlebenszyklus (siehe 1.4.1) sowie Auswirkungen auf nicht-industrielle kleine und mittlere Unternehmen (KMU) zu beschreiben, halten wir den Begriff Industrie 4.0 für zu eng gefasst. Der Ausdruck "Cyber-Physikalisches System" spiegelt jedoch die Bedeutung dieser neuen Entwicklungen in Bezug auf die Phasen der industriellen Evolution besser wider.

Industrie 4.0 bezieht sich auf das Konzept der intelligenten Fabrik, das aus drei Teilen besteht:

- Smart Production: neue Produktionstechnologien, die eine Zusammenarbeit zwischen allen Elementen der Produktion oder eine Zusammenarbeit zwischen Bediener, Maschine und Werkzeug ermöglichen.
- Smart Services: Informationen und technische Einrichtungen, die es ermöglichen, Systeme zu integrieren; zusätzlich, die es ermöglichen, ein Unternehmen als Lieferant - Kunde - zu integrieren und sich gegenseitig mit externen Strukturen wie Straßen, Hub, Abfallwirtschaft usw. zu versorgen.
- Smart Energy: Fokussierung auf den Energieverbrauch, Schaffung leistungsfähigerer Systeme und Reduzierung des Energieverbrauchs.

Derzeit gilt Smart Engineering als der Wegbereiter des oben genannten Konzepts. Beispiele für verwandte Smart Engineering Enabling-Technologien sind:

- Fortschrittliche Produktionssysteme: vernetzte und modulare Systeme, die Flexibilität und Leistung ermöglichen. Diese Technologien umfassen automatische Materialflusssysteme und fortschrittliche Robotik.

- Additivproduktion: Additive Fertigungssysteme, die die Effizienz von Materialien erhöhen.
- Augmented Reality: Visionssysteme mit Augmented Reality, um die Bediener bei der täglichen Arbeit besser zu beurteilen.
- Simulation von miteinander verbundenen Maschinen zur Prozessoptimierung.
- Horizontale und vertikale Integration: Integration und Informationsaustausch sowohl horizontal als auch vertikal zwischen allen Akteuren des Produktionsprozesses.
- Industrielles Internet: Kommunikation zwischen den Produktionseinheiten, nicht nur innerhalb des Unternehmens, sondern auch nach außen.
- Cloud: Implementierung aller Cloud-Technologien wie Online-Speicher, Nutzung von Cloud Computing und externen Diensten zur Datenanalyse.
- Cybersicherheit: die gesamte Frage der Informationssicherheit und der Systeme.
- Analyse von Big Data: Managementtechniken für große Datenmengen auf der Grundlage offener Systeme, die Prognosen oder Vorhersagen ermöglichen.

Industrie 4.0 schafft oder ähnelt einer sogenannten "intelligenten Fabrik". Eine Smart Factory ist ein intelligentes System, das auf Smart Engineering basiert. Intelligente Systeme beinhalten Funktionen zum Erfassen, Betätigen und Steuern, um eine Situation zu beschreiben und zu analysieren, Entscheidungen auf der Grundlage der verfügbaren Daten in prädiktiver oder adaptiver Weise zu treffen und so intelligente Aktionen durchzuführen. In den meisten Fällen ist die Intelligenz des Systems auf den autonomen Betrieb zurückzuführen, der auf Regel-, Energieeffizienz- und Netzwerkfähigkeiten basiert. Smart Systems bestehen typischerweise aus verschiedenen Komponenten ("Smart Systems", n.d.):

- Sensoren zur Signal- und Datenerfassung;
- Elemente, die die Informationen an die Verarbeitungseinheit übertragen;
- Verarbeitungseinheiten, die auf der Grundlage der verfügbaren Informationen Entscheidungen treffen und Anweisungen erteilen;
- Komponenten, die Entscheidungen und Anweisungen übermitteln;
- Stellglieder, die die erforderliche Aktion ausführen oder auslösen.

Intelligente Systeme sind mit der Entwicklung von Industrie 4.0 und dem IoT verbunden, indem sie Objekte, z.B. Industriegüter in der Lieferkette oder Lebensmittel in der Lebensmittelversorgungskette, mit intelligenter Funktionalität ausstatten. Mit Hilfe von aktiver oder passiver Objektidentifikationstechnologie, drahtlosen Sensoren, Echtzeit-Sensorik und -Reaktionsfähigkeit, Energieeffizienz sowie Netzwerkfunktionalität werden aus Objekten intelligente Objekte. Diese Smart Objects werden oft als spezielle Industrie 4.0- und IoT-Anwendungen angesehen. Intelligente Industriegüter könnten Informationen über Herkunft, Bestimmung, Komponenten und Verwendung speichern. Darüber hinaus könnte die Abfallentsorgung zu einem wirklich effizienten individuellen Recyclingprozess werden ("Smart Systems", n.d.).

1.2.2 Wichtige Fachthemen und Begriffe

1.2.2.1 *Smart Engineering*

Was ist Smart Engineering? Dieser Begriff umfasst die Methoden, Prozesse und IT-Werkzeuge für die fachübergreifende, systemorientierte Entwicklung innovativer, intelligenter und vernetzter Produkte, Produktionsanlagen und Infrastrukturen. Diese Bereiche sind derzeit auch unter dem Begriff Industrie 4.0 zusammengefasst. Gemeint ist die Vernetzung und der umfassende Informationsaustausch zwischen allen am Herstellungsprozess beteiligten Komponenten sowie zwischen allen einzelnen Teilprozessen der Produktentwicklung und -fertigung mit dem Ziel, Leistung, Kosten, Qualität und Kundenakzeptanz der Produkte deutlich zu verbessern. Ein wichtiger Bestandteil von Smart Engineering ist die Sicherung und Erprobung eines interdisziplinären Product Lifecycle Management Prozesses (siehe Abschnitt 1.2.3.), da die verschiedenen Wissensdomänen und Zusammenhänge derzeit nicht ausreichend miteinander verbunden sind, sodass Informationen verloren gehen können und vernetzte Beziehungen wieder erfasst und neu implementiert werden müssen. Für die Produktentwicklung kommen Smart Engineering-Anwendungen bereits in der Planungsphase zum Einsatz, da der Entwickler innerhalb einer Vielzahl von Definitionskriterien zunächst mit der Erstellung der Produktstruktur und der zugehörigen Informationsmodelle beginnt. Dieser digitale Entwicklungsprozess profitiert letztlich von der Qualifizierung und

Vernetzung der Produktion und der Modellierung von Prozessen und Automatisierungstechnik. Dazu gehört eine sichere und zuverlässige Kommunikation nicht nur zwischen den einzelnen Teilprozessen, sondern auch zwischen den verschiedenen Komponenten der Produktionsanlagen. Eine besondere Herausforderung ist dabei die Kommunikation mit mobilen Elementen. Letztendlich geht es bei Smart Engineering um die Integration von Produktentwicklung, Produktionsplanung und Produktionsmanagement, um die schnelle marktreife Umsetzung innovativer Produktideen und die Wertschöpfung über einen digitalen Entwicklungsprozess sicherzustellen (Universität Duisburg, 2018).

Für diese Leitlinien werden intelligente Systeme, die sich auf typische Wertschöpfungsketten von KMU konzentrieren, als SME[1] 4.0 bezeichnet. Laut Herrmann, Pentek und Otto (Herrmann, Pentek, & Otto, 2016) besteht Engineering aus:

- cyberphysikalische Systeme,
- Internet of Things,
- Cloud Computing.

1.2.2.2 *Cyberphysikalische Systeme*

In cyberphysikalischen Systemen (CPS) sind physische und Softwarekomponenten eng miteinander verflochten. Jede der Komponenten arbeitet auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen, weist mehrere und unterschiedliche Verhaltensmodalitäten auf und interagiert auf vielfältige Weise, die sich mit dem Kontext ändern ("Cyber-Physical Systems (CPS) (nsf10515)," 2010). Beispiele für CPS sind Industrie 4.0 oder SME 4.0 im Allgemeinen oder intelligente Produktionssysteme, autonome Automobilsysteme, medizinische Überwachung, Prozessleitsysteme, Robotersysteme und insbesondere automatische Pilot-Avionik. Häufig werden CPS als Vorstufe zum IoT betrachtet. Sie teilen die gleiche Grundarchitektur, dennoch stellt CPS eine höhere Kombination und Koordination zwischen physikalischen und rechnerischen Elementen dar (Rad, Hancu, Takacs, & Olteanu, 2015).

Häufige Anwendungen von CPS fallen typischerweise unter sensorgestützte, kommunikationsfähige autonome Systeme. Beispielsweise überwachen viele drahtlose Sensornetzwerke einige Aspekte der Umgebung und leiten die verarbeiteten Informationen an einen zentralen Knoten weiter (Karnouskos, 2011). Eine Herausforderung bei der Entwicklung cyberphysikalischer Systeme sind die großen Unterschiede in der Entwurfspraxis zwischen den verschiedenen beteiligten Ingenieurdisziplinen wie Software und Maschinenbau (Fitzgerald, Larsen, & Verhoef, 2014).

1.2.2.3 *Industrie 4.0*

Der Begriff "Industrie 4.0" ist eine deutsche Wortschöpfung, die ein Bündel von Maßnahmen zur Förderung einer intelligenteren Industrie beschreibt. Analog dazu gibt es z.B. das Wort "industry 4.0" als englisches Äquivalent. In vielen Ländern gibt es verschiedene Initiativen, die dieses Konzept fördern. In den USA gibt es das "Industrial Internet Consortium" (IIC), das im März 2014 von den Unternehmen AT & T, Cisco, General Electric, IBM und Intel gegründet wurde. Neue Internet-Technologien sollen gemeinsam gefördert werden, wobei sich der Ansatz jedoch nicht auf den Industriesektor beschränkt. Weitere Initiativen in Japan firmieren unter dem Namen "Industrial Value-Chain Initiative" (IVI). Initiatoren sind große japanische Unternehmen. Auch China ergriff im Fünfjahresplan 2015 ähnliche Initiativen wie das deutsche politische Konzept "Industrie 4.0". Sie sollen eine entscheidende Rolle beim Übergang von Billiglohnländern zur globalen Industriemacht spielen. Südkorea investiert auch in sogenannte Smart Factory. In mehreren europäischen Ländern gibt es andere Aktivitäten, die mit der deutschen politischen Initiative "Industrie 4.0" vergleichbar sind, wie beispielsweise die französische "Industrie du futur". Die wichtigsten europäischen Smart Engineering Initiativen wurden im EU-Kompass für Smart Engineering Initiativen und Richtlinien zusammengefasst. Der Kompass ist ein Ergebnis dieses Projekts (Partner, 1. Februar 2018).

Andere Quellen sagen: "Industrie 4.0 ist ein Name für den aktuellen Trend der Automatisierung und des Datenaustauschs in der Fertigungstechnik. Dazu gehören cyberphysikalische Systeme, das Internet of Things, Cloud Computing und Cognitive Computing. Die Industrie 4.0 wird allgemein als vierte industrielle Revolution bezeichnet. Industrie 4.0 schafft eine sogenannte "Smart Factory". Innerhalb der modular aufgebauten Smart Factory überwachen cyberphysikalische Systeme physikalische Prozesse, erstellen eine virtuelle Kopie der physikalischen Welt und treffen dezentrale Entscheidungen. Über das Internet of Things kommunizieren und kooperieren cyberphysikalische Systeme miteinander und mit Menschen in

Echtzeit und über Cloud Computing, sowohl interne als auch unternehmensübergreifende Dienste werden von den Beteiligten der Wertschöpfungskette angeboten und genutzt". (Wikipedia, 2016).

Die "Plattform Industrie 4.0" hat viele Potenziale und Herausforderungen identifiziert, die alle Teil der fünf Handlungsfelder sind:

- horizontale Integration
- digitales End-to-End-Engineering
- vertikale Integration
- neue soziale Infrastrukturen
- cyberphysikalische Produktionssysteme

Allgemeine Beschreibungen - technologischer oder allgemeiner - finden sich in der Literatur: Neben den Dokumenten der deutschen "Plattform Industrie 4.0" ("Plattform Industrie 4.0", 2018) ist der Bericht für die Abteilung "Industrie, Forschung und Energie" des Europäischen Parlaments eine ausgezeichnete allgemeine Leitlinie (Smit, Kreutzer, Moeller, & Carlberg, 2016). Rojko2017 gibt einen allgemeinen Überblick über Konzepte und Technologien von Industrie 4.0 und (Xiaomin, Di, Wan, Athanasios, & Chin-Feng, 2017) diskutiert den "Klebstoff", der alle "Teile" der vernetzten Industrie zusammenhält: die Datenkommunikationsnetze (siehe Abbildung 2: Geräte ("Dinge"), Netzwerke, die "Cloud" und die Anwendungen, die in einer vierschichtigen vernetzten Struktur dargestellt werden (Xiaomin et al., 2017).Abbildung 2Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.).

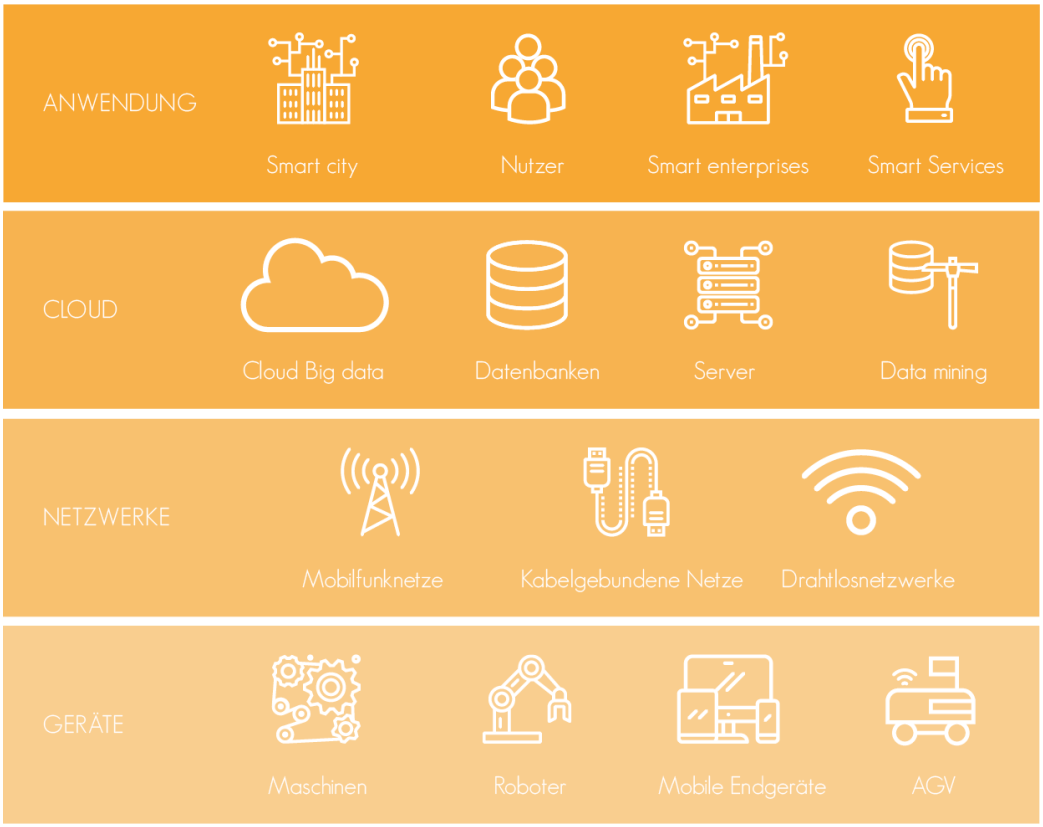

Abbildung 2: Geräte ("Dinge"), Netzwerke, die "Cloud" und die Anwendungen, die in einer vierschichtigen vernetzten Struktur dargestellt werden (Xiaomin et al., 2017).

1.2.2.4 *Internet of Things*

Das Internet of Things (IoT) ist das Netzwerk von miteinander verbundenen intelligenten Objekten, die mit Sensoren, Software, Netzwerkverbindungen und der notwendigen Elektronik eingebettet sind, die es ihnen ermöglichen, Daten zu sammeln und auszutauschen, um auf sie zu reagieren. Die Global Standards Initiative on Internet of Things (IoT-GSI) definierte das IoT als "die Infrastruktur der Informationsgesellschaft" (ITU, 2017). Es handelt sich um einen architektonischen Rahmen, der die Integration und den Datenaustausch zwischen der physischen Welt und Computersystemen über die bestehende Netzwerkinfrastruktur ermöglicht. Das IoT konzentriert sich nicht auf die Produktion, sondern auf die

Nutzungsphase von digitalisierten und vernetzten Geräten und Produkten, die es den Anbietern ermöglicht, mit ihren eigenen Produkten zu kommunizieren, während sie von den Kunden genutzt werden, und neue "digitale" Kundendienstleistungen wie z.B. prädiktive Instandhaltung anzubieten (Vogt, Dransfeld, & Landrock, 2016).

Um eine architektonische Klassifizierung zu ermöglichen, kann man sagen, dass die Geräte, die das Internet of Things bilden, im Allgemeinen in einer Architektur eines dreistufigen Netzwerks aufgebaut sind:

1. Schnittstelle zur physikalischen Welt: Eine große Anzahl von Knoten auf dieser ersten Ebene (Tags oder sensorische Einheiten) interagiert mit der Umgebung, indem sie einen Identifikationscode bereitstellen, Informationen erfassen oder ein Stellglied befehlen. Diese Knoten sind stromlos (passive Tags) oder batteriebetrieben (Sensoreinheiten und Aktoren) und zeichnen sich im Allgemeinen durch eine reduzierte Verarbeitungskapazität und Speicher aus. Sie sind auch mit Mechanismen zur Kommunikation (drahtgebunden oder drahtlos) ausgestattet, um mit den Einheiten der zweiten Ebene zu kommunizieren. Die Kosten hängen von den angebotenen Merkmalen ab und können von wenigen Cent pro passivem RFID-Tag bis zu 30-150 Euro für Knoten mit sensorischen Fähigkeiten und/oder Implementierung reichen; die Lebensdauer reicht von einigen Jahren bei den batteriebetriebenen Geräten (stark abhängig von der Art der Anwendung) bis zu mehr als zehn Jahren bei passiven RFID-Tags.
2. Mediation: Die Einheiten der zweiten Ebene, zu denen auch die RFID-Tag-Leser und Gateways gehören, haben die Aufgabe, die Informationen von den Knoten der ersten Ebene zu sammeln und an die Kontrollzentren zu übermitteln. Sie zeichnen sich durch eine größere Kapazität bei der Verarbeitung und dem Speicher aus, werden in der Regel netzunabhängig betrieben und haben Kosten, die von 50 Euro für einen Gateway-Knoten bis 2.000 Euro für ein RFID-Lesegerät stark variieren können.
3. Verarbeitungs- und Kontrollzentrum: Die Einheiten der dritten Ebene, zu denen die Erfassungssysteme, Zentral- und Operationssäle gehören, haben die Aufgabe, die Informationen von den Einheiten der zweiten Ebene für die nachfolgenden Phasen der Speicherung, Verarbeitung und Inbetriebnahme der Verwendbarkeit der Daten zu erhalten.

Die wichtigsten IoT-Komponenten sind:

- Hardware: Physische Objekte reagieren lassen und ihnen die Möglichkeit geben, Daten abzurufen und auf Anweisungen zu reagieren;
- Software: ermöglicht die Datenerfassung, -speicherung, -verarbeitung, -manipulation und -instruktion;
- Kommunikationsinfrastruktur: besteht aus Protokollen und Technologien, die den Datenaustausch zwischen physischen Objekten ermöglichen.

Intelligente physische Objekte werden bestimmt durch:

- Objektidentifikation,
- Sensoren,
- Stellglieder,
- Kommunikationsprotokoll,
- Identifizierung des Standorts,
- Erinnerung.

Die Objektidentifikation basiert in der Regel auf Auto-ID-Technologien wie:

- RFID, Bluetooth-Leuchten usw.,
- Bar-, QR-Code,
- Bilderkennung,
- Biometrische Identifikation,
- Fingerabdruck,
- Iris-Erkennung,
- Gesichtserkennung,
- Analyse von Oberflächenstrukturen,
- GPS in Kombination.

Basierend auf verschiedenen Technologien sind gängige IoT-Sensoren in der Lage, die folgenden Parameter zu messen:

- Temperatur,
- Verschiedene Lichtparameter,
- Druck,
- Vibration,
- Verformungen,
- Beschleunigung,
- Kardinale Richtung,
- Feuchtigkeit,
- Akustische Ereignisse, Sprache,
- Visuelle Ereignisse, Video,
- Persönliche Profile, z.B. Verhaltensprofile.

Die technologische Ergänzung zu einem Sensor ist ein Stellglied oder auch Aktuator, eine Vorrichtung, die ein elektrisches Signal in Aktion umwandelt, oft durch Umwandlung des Signals in nicht-elektrische Energie, wie beispielsweise Bewegung. Ein einfaches Beispiel für ein Stellglied ist ein Elektromotor, der elektrische Energie in mechanische Energie umwandelt. Aktoren können eigenständig sein (d.h. nur ein Ausgabegerät) oder mit einem IoT-Eingangssensor kombiniert werden. Ein Beispiel könnte eine intelligente Glühbirne sein, die für die Nachtbeleuchtung im Freien installiert ist - wobei der Sensor erkennt, dass das Umgebungslicht auf ein vorgegebenes Niveau gefallen ist (das extern programmierbar sein kann), und zusätzlich zur Meldung dieser Daten stromaufwärts auch direkt das Stellglied (die Glühbirne selbst) zum Einschalten veranlasst.

In vielen Fällen handelt ein Aktuator nicht nur mit den über ein IoT-Netzwerk an ihn gesendeten Daten, sondern liefert auch Daten zurück, da er selbst über Sensorik verfügt. Ein weiteres Beispiel basierend auf einer Glühbirne: Die Glühbirne schaltet sich nur dann ein, wenn sie durch externe Daten ausdrücklich angewiesen wird, aber wenn das Leuchtelement ausfällt, informiert die Glühbirne das Netzwerk, dass diese Vorrichtung nicht mehr in der Lage ist, Licht zu erzeugen - obwohl sie Daten empfängt. Ein robustes Netzwerk würde auch den Einsatz von Glühbirnenaktuatoren erfordern, die gelegentlich einen "Herzschlag" auslösen. Wenn also die Glühbirneneinheit vollständig ausfällt, wird das Netzwerk sie erkennen und den Fehler melden (Parasam 2016).

1.2.2.5 *Industrielles Internet of Things*

Erweiterung des allgemeinen IoT-Ausdrucks: Heute sind nur noch ein Teil der Sensoren und Maschinen eines Herstellers vernetzt und nutzen Embedded Computing. Sie sind typischerweise in einer vertikalen Automatisierungspyramide organisiert, in der Sensoren und Feldgeräte mit begrenzter Intelligenz und Automatisierungssteuerungen in ein übergreifendes Fertigungsprozessleitsystem eingespeist werden. Aber mit dem Industrial Internet of Things werden mehr Geräte - manchmal auch unfertige Produkte - mit Embedded Computing angereichert und mit Standardtechnologien verbunden. Dadurch können Feldgeräte, sowohl untereinander als auch mit weiteren zentralen Steuerungen, bei Bedarf kommunizieren und interagieren. Darüber hinaus werden Analysen und Entscheidungsfindung dezentralisiert, was Echtzeitreaktionen ermöglicht.

1.2.2.6 *Weitere wichtige Begriffe*

- Big Data und Analytics
  Analysen, die auf großen Datensätzen basieren, sind erst seit kurzem in der Fertigungswelt etabliert, wo sie die Produktionsqualität optimieren, Energie sparen und den Geräteservice verbessern. Im Rahmen von Industrie 4.0 wird die Erfassung und umfassende Auswertung von Daten aus vielen verschiedenen Quellen (Produktionsanlagen und -systeme sowie Enterprise- und Kundenmanagementsysteme) zum Standard werden, um die Entscheidungsfindung in Echtzeit zu unterstützen.
- Autonome Roboter-Hersteller
  Viele Branchen setzen seit langem Roboter ein, um komplexe Aufgaben zu lösen, aber Roboter entwickeln sich zu noch mehr Nutzen. Sie werden autonomer, flexibler und kooperativer. Schließlich werden sie miteinander interagieren und sicher Seite an Seite mit den Menschen arbeiten und von ihnen lernen. Diese Roboter (siehe Abbildung 3) kosten weniger und verfügen über ein größeres Leistungsspektrum als die heute in der Fertigung eingesetzten Roboter.

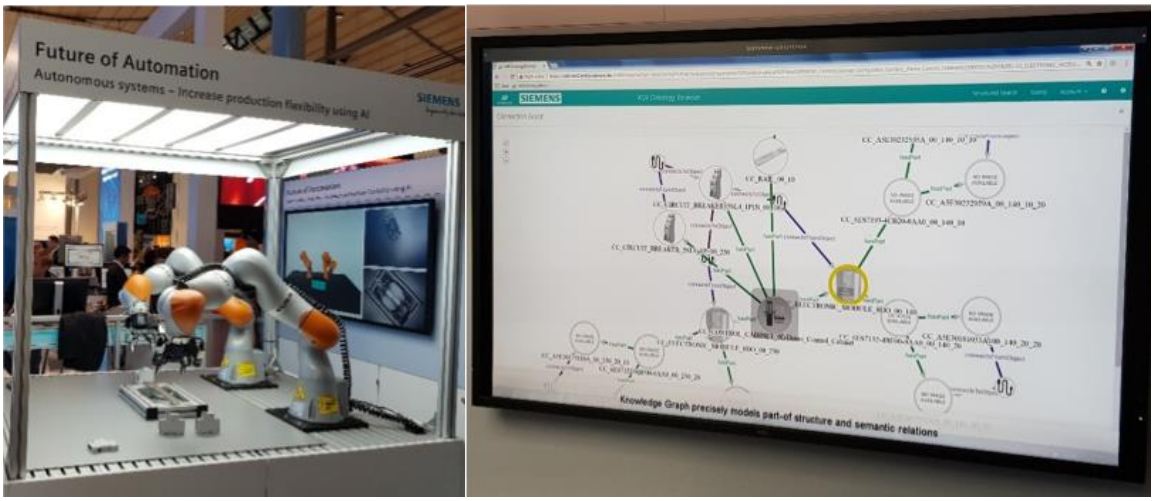

Abbildung 3: Künstliche Intelligenz und wissensbasierte Systeme auf Basis semantischer Technologien und Argumentation, dargestellt auf der Hannover Messe 2018.

- Simulation, "Co-Simulation" und "integriertes Design"
  In der Engineering-Phase werden bereits 3D-Simulationen von Produkten, Materialien und Produktionsprozessen eingesetzt, aber in Zukunft werden Simulationen auch verstärkt im Anlagenbetrieb eingesetzt. Diese Simulationen nutzen Echtzeitdaten, um die physische Welt in einem virtuellen Modell abzubilden, das Maschinen, Produkte und Menschen umfassen kann.
  So haben Siemens und ein deutscher Werkzeugmaschinenhersteller beispielsweise eine virtuelle Maschine entwickelt, welche die Bearbeitung von Teilen anhand von Daten aus der physikalischen Maschine simulieren kann. Dadurch wird die Rüstzeit für den eigentlichen Bearbeitungsprozess um bis zu 80 Prozent reduziert.
- Horizontale und vertikale Systemintegration
  Die meisten der heutigen IT-Systeme sind nicht vollständig integriert. Unternehmen, Lieferanten und Kunden sind selten eng miteinander verbunden. Auch Abteilungen wie Engineering, Produktion und Service gibt es nicht. Die Funktionen vom Unternehmen bis zur Fertigungsebene sind nicht vollständig integriert. Auch das Engineering selbst - von Produkten über Anlagen bis hin zur Automatisierung - ist nicht vollständig integriert. Mit Industrie 4.0 werden Unternehmen, Abteilungen, Funktionen und Fähigkeiten jedoch wesentlich zusammenhängender, da sich unternehmensübergreifende, universelle Datenintegrationsnetzwerke entwickeln und wirklich automatisierte Wertschöpfungsketten ermöglichen. Als Beispiel: NxTPort (Antwerpener Hafen) bietet (verifizierte) Daten für hafenbasierte Unternehmen, Logistikdienstleister usw. an.
- Cybersecurity
  Viele Unternehmen verlassen sich immer noch auf Management- und Produktionssysteme, die nicht miteinander verbunden oder geschlossen sind. Mit der zunehmenden Konnektivität und der Verwendung von Standardkommunikationsprotokollen, die mit Industrie 4.0 ausgeliefert werden, steigt die Notwendigkeit, kritische industrielle Systeme und Fertigungslinien vor Cybersicherheitsbedrohungen zu schützen. Aus diesem Grund sind eine sichere und zuverlässige Kommunikation sowie ein ausgeklügeltes Identitäts- und Zugriffsmanagement von Maschinen und Benutzern unerlässlich. Neuimplementierungen von Software für den Datenaustausch, z.B. OPC UA, haben eine integrierte Sicherheit.
- Die Cloud
  Unternehmen verwenden bereits Cloud-basierte Software für einige Unternehmen und analytische Anwendungen, aber mit Industrie 4.0 werden mehr produktionsnahe Unternehmen einen verstärkten Datenaustausch über Standorte und Unternehmensgrenzen hinweg benötigen. Gleichzeitig wird sich die Leistung der Cloud-Technologien verbessern und Reaktionszeiten von nur wenigen Millisekunden erreichen. Infolgedessen werden Maschinendaten und -funktionen zunehmend in der Cloud bereitgestellt, was mehr datengesteuerte Dienste für Produktionssysteme ermöglicht. Selbst Systeme, die Prozesse überwachen und steuern, können Cloud-basiert werden.
- Additive Manufacturing
  Unternehmen haben gerade erst begonnen, die additive Fertigung einzuführen, wie z.B. den 3D-Druck,

den sie hauptsächlich für Prototypen und die Herstellung einzelner Komponenten verwenden. Mit Industrie 4.0 werden diese Verfahren der Additivherstellung weit verbreitet sein, um kleine Chargen von kundenspezifischen Produkten herzustellen, die konstruktive Vorteile bieten, wie beispielsweise komplexe, leichte Konstruktionen. Leistungsstarke, dezentrale additive Fertigungssysteme reduzieren Transportwege und Lagerbestände. So nutzen beispielsweise Luft- und Raumfahrtunternehmen bereits die additive Fertigung, um neue Konstruktionen anzuwenden, die das Flugzeuggewicht reduzieren und ihre Kosten für Rohstoffe wie Titan senken.

- Augmented Reality
  Augmented-Reality-basierte Systeme unterstützen eine Vielzahl von Dienstleistungen, wie z.B. die Auswahl von Teilen in einem Lager und den Versand von Reparaturanweisungen über mobile Geräte. Diese Systeme stecken noch in den Kinderschuhen, aber in Zukunft werden Unternehmen die Augmented Reality viel breiter nutzen, um den Mitarbeitern Echtzeitinformationen zur Verfügung zu stellen, um die Entscheidungsfindung und die Arbeitsabläufe zu verbessern.
  Beispielsweise können die Arbeiter Reparaturanweisungen erhalten, wie sie ein bestimmtes Teil ersetzen können, wenn sie sich das eigentliche zu reparierende System ansehen. Diese Informationen können direkt im Sichtfeld des Arbeiters mit Hilfe von Geräten wie einer Augmented-Reality-Brille angezeigt werden. Eine weitere Anwendung ist das virtuelle Training. Siemens hat für seine Software Comos ein virtuelles Anlagenbetreiber-Trainingsmodul entwickelt, das mit einer realitätsnahen, datenbasierten 3D-Umgebung mit Augmented Reality-Brillen das Anlagenpersonal für den Notfall schult. In dieser virtuellen Welt können Bediener lernen, mit Maschinen zu interagieren, indem sie auf eine Cyber-Darstellung klicken. Außerdem können sie Parameter ändern und Betriebsdaten und Wartungsanweisungen abrufen.

1.2.3 Aktuelle Situation für noch nicht intelligente KMU

1.2.3.1 *Ein Weckruf für KMU*

Neben der Untersuchung der wissenschaftlichen und technischen Grundlagen von Smart Engineering, Industrie 4.0 und dem Internet of Things ist es wichtig die produzierten Daten zu analysieren (vgl. Stepponat2018). Eine Publikation des Deutschen Bundestages unterstreicht das Potenzial des Internets der Dinge zur Lösung von Problemen der Industriegesellschaften. Daher gibt es in Europa viele Ansätze, um Maßnahmen in den Bereichen Smart Engineering, Industrie 4.0 und Internet of Things zu fördern. Seit 2009 verfügt die Europäische Union über einen Aktionsplan zur Förderung der Entwicklung von Smart Engineering, Industrie 4.0 und dem Internet of Things in Europa. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung und das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie arbeiten mit Vertretern der Wirtschaft in Deutschland an Projekten zu Smart Engineering, Industrie 4.0 und dem Internet of Things (Horvath, 2012).

Smart Engineering, Industrie 4.0 und das Internet of Things haben laut einer Studie von "icom" im Jahr 2016 ein großes Potenzial für KMU und europäische Privatunternehmer in der digitalen Wirtschaft. Die Art und Weise, wie europäische Unternehmen neue digitale Technologien einsetzen, wird einen großen Einfluss auf ihr zukünftiges Wachstum haben. Zu den neuen digitalen Trends gehören nicht nur Smart Engineering, Industrie 4.0 und das Internet of Things, sondern auch Cloud Computing, mobile Webservices und Smart Grids. Damit verändern sich die Unternehmenslandschaft in Europa und die Art der Arbeit nachhaltig. Dies ist auf die Innovationskraft neuer Technologien zurückzuführen, da sie nicht nur Veränderungen auf technologischer Ebene bewirken, sondern auch Auswirkungen auf Geschäftsmodelle und internationalen Wissenstransfer haben (Compagnucci, Della Porta, Marcotullio & Massaro2016).

Der Marktanteil der IoT-Produkte ist ein gutes Maß für den Erfolg von Smart Engineering-Technologien, deshalb lassen Sie uns einen kurzen Blick auf die prognostizierten Marktanteile des Internet of Things in Europa nach Ländern werfen: Der Marktanteil ab 2014 wird beispielsweise mit den Prognosezahlen für 2020 verglichen. Die wichtigsten europäischen Länder sind das Vereinigte Königreich mit einem Anteil von 21% im Jahr 2014 und 23% im Jahr 2020 und Deutschland mit einem Marktanteil von 19% im Jahr 2014 und 21% im Jahr 2020, Frankreich mit 15% im Jahr 2014 und 16% im Jahr 2020, gefolgt von Italien, Spanien, den Niederlanden, Schweden, Polen und Belgien. Der hohe Marktanteil des Internets der Dinge in Großbritannien, Deutschland und Frankreich, den drei führenden europäischen Ländern, ist auf ihre hohen Investitionen in die Technologien von dem Internet of Things zurückzuführen. Zusammen werden sie bis 2020 50% aller IoT-Einnahmen ausmachen und zusammen mit Spanien, Italien und den Niederlanden 75% der Einnahmen ausmachen. In Ländern mit geringen Investitionen in das Internet of Things ist davon auszugehen, dass die Technologie länger braucht, um an Bedeutung zu gewinnen. Darüber hinaus wird die höchste Wachstumsrate des IoT in Schweden erwartet. Es wird

erwartet, dass moderne Kommunikationsnetze den Anteil von 4% auf 24,2% erhöhen werden (Compagnucci et al., 2016, S. 36). Im Jahr 2020 werden das verarbeitende Gewerbe (24%), der Finanz- (21%) und der öffentliche Sektor (13%) die größten Anteile am Markt des Internet of Things haben. In diesen Bereichen werden IoT-Kommunikations- und Transaktionsprozesse in den Bereichen B2B (Business to Business), B2C (Business to Consumer), C2C (Consumer to Consumer) und C2G (Consumer to Government) eingesetzt. Europa hat das Potenzial, weltweit führend im Bereich des Internets der Dinge zu werden, da die europäische Informations- und Kommunikationstechnologie auf ihre wichtigsten Stärken zurückgreifen kann. Dabei handelt es sich um B2B-Software (und Dienstleistungen), eingebettete Systeme und Systemlösungen im industriellen und sozialen Umfeld wie Logistiklösungen (Compagnucci et al., 2016, S. 38).

Um das Potenzial von Smart Engineering, Industrie 4.0 und dem Internet of Things in europäischen kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) voll auszuschöpfen, hat die Europäische Kommission fünf Bedingungen festgelegt. In einer Veröffentlichung im Rahmen des "Connect Advisory Forum" im Dezember 2014 wurden diese als Eckpfeiler für den erfolgreichen Einsatz von Smart Engineering und dem Internet of Things in Europa definiert. Im Zuge skalierbarer Geschäftsmodelle werden die bestehenden globalen Monopole in kleinere Teile aufgeteilt. Das bedeutet, dass der Wettbewerb weiterhin global sein wird, aber nicht nur zwischen Großunternehmen. Um das Gleichgewicht zu wahren, neue Arbeitsplätze zu schaffen und das Wirtschaftswachstum in Europa zu fördern, müssen insbesondere alle KMU fair am Erfolg von Smart Engineering, Industrie 4.0 und dem Internet of Things beteiligt werden. Die Schaffung eines solchen Umfelds wird eine Kernaufgabe der europäischen KMU sein. Darüber hinaus müssen sogenannte Smart Core Industries in Europa entwickelt und auf das Thema Smart Engineering, Industrie 4.0 und das Internet of Things vorbereitet werden, sodass in naher Zukunft nur noch wenige Innovationen importiert werden müssen. Die digitale Wirtschaft muss durch Innovationen aus dem europäischen Hightech-Sektor gestärkt werden, um die Technologien von Smart Engineering, Industrie 4.0 und dem Internet of Things zu fördern. Dieses Ziel kann nur erreicht werden, wenn neue Organisationsformen, Geschäftsmodelle, Dienstleistungen, Entwicklungsmethoden und Optimierungen im Bereich des Digital Engineering in den Alltag der KMU aufgenommen werden (vgl. Angoso-Gonzalez et al. 2014, S. 9).

Die Implementierung von Smart Engineering, Industrie 4.0 und Internet of Things-Anwendungen soll in Zukunft auf zuverlässigen Standards basieren. So ist es beispielsweise notwendig, ein Referenzmodell für die Architektur von Internet of Things-Anwendungen zu definieren, um die Kompatibilität von Anwendungen im industriellen Bereich zu fördern. Normen im Bereich Smart Engineering, Industrie 4.0 und Internet of Things sollten sich nicht nur auf einen Bereich (z.B. Telekommunikation) konzentrieren, sondern in verschiedenen Bereichen eingesetzt werden können. Dieser Ansatz basiert auf der Auffassung, dass Smart Engineering, Industrie 4.0 und Internet of Things-Anwendungen immer interdisziplinär genutzt werden sollten, um ihre Verwendung in der Industrie zu fördern (vgl. Angoso-Gonzalez et al. 2014, S. 10). Diese Leitlinien sollen zur Ausarbeitung geeigneter Normen für KMU beitragen.

Um einen einheitlichen digitalen Markt in Europa zu schaffen und die oben genannten Bedingungen zu erfüllen, müssen rechtliche und regulatorische Fragen geklärt werden. Smart Engineering, Industrie 4.0 und Internet of Things-Anwendungen haben das Potenzial, die Gesellschaft positiv zu beeinflussen, z.B. um soziale Prozesse effizienter, umweltbewusster, gesünder oder sicherer zu machen. Darüber hinaus muss die Sicherheit der Anträge und der zu verarbeitenden Daten gewährleistet und die Privatsphäre der am Prozess beteiligten Personen gewahrt werden. Dazu bedarf es klarer Gesetze und Vorschriften, die die Akzeptanz von Smart Engineering, Industrie 4.0 und Internet of Things-Anwendungen fördern und die Verbraucher schützen. Künftig sollten sich solche Rahmenbedingungen auf die Anforderungen, an die Anwendungen und deren Zuverlässigkeit sowie die Verantwortungsbereiche konzentrieren, ohne im Einzelfall spezifische Lösungen zu bevorzugen. Darüber hinaus sollten stets humanistische, ethische und soziale Aspekte berücksichtigt werden. Gerade im Bereich der Big Data und Data Analytics können Datensätze durch Cloud Computing leicht zugänglich gemacht werden. Insbesondere die Datenerfassung des Internets der Dinge mit Sensoren erfordert keine menschliche Interaktion und kann vollständig automatisiert durchgeführt werden. Ethische und soziale Verantwortung, die auch Gegenstand dieser Leitlinien sind, müssen daher immer geprüft werden (vgl. Angoso-Gonzalez et al. 2014, S. 10).

Der Blick auf die Empfehlungen des oben genannten "Connect Advisory Forum" zeigt, dass die Anwendung von Smart Engineering, Industrie 4.0 und dem Internet of Things einen nachhaltigen Beitrag für europäische KMU leisten kann. Es ist möglich, das Potenzial wirtschaftlich positiv zu nutzen, um die digitale Wirtschaft in Europa zu stärken und einen starken internationalen Markt zu schaffen. Ethische und soziale Aspekte dürfen jedoch nicht vernachlässigt werden. Nur durch einen ausgewogenen Einsatz von Smart Engineering, Industrie 4.0 und Internet of Things-Anwendungen können europäische KMU nachhaltig von den neuen digitalen Technologien profitieren (vgl. Stepponat 2018).

Dennoch gilt für einige der europäischen KMU im Ingenieurwesen die Umsetzung intelligenter Prinzipien nach wie vor als eine Herausforderung, der man sich in Zukunft stellen muss. Der erforderliche irreversible Sprung in der industriellen

Entwicklung ist vergleichbar mit der Einführung von Dampfkraft, Strom oder Basis-IT in früheren Phasen und wird daher als vierte industrielle Revolution bezeichnet (siehe Abschnitt 1.2).

Kleine und mittlere Maschinenbauunternehmen müssen schnell handeln, weil sie es brauchen:

- Aufbau IT-gesteuerter Kommunikations- und Interaktionsprozesse zwischen verschiedenen Akteuren entlang der gesamten Produktions- und Wertschöpfungskette;
- Entwicklung und Implementierung von Cyber-Physischen Systems;
- die Management- und Mitarbeiterfähigkeiten neu definieren;
- Umstrukturierung der Arbeitsorganisation und des Kommunikationsflusses.

Leider sind einige europäische KMU auf diese Entwicklungen schlecht vorbereitet und hinken ihren Wettbewerbern in anderen europäischen Regionen, wie den USA und Asien, hinterher. Insbesondere eine Reihe von KMU - viele von ihnen gehören zum Rückgrat der europäischen Industrie und sind in vielen Marktsegmenten immer noch weltweit führend - stehen unter enormem Druck, um mittelfristig den Kontakt und ihren Marktanteil nicht ganz zu verlieren. In jüngster Zeit haben viele nationale Initiativen die Smart Industry bereits auf die Tagesordnung gesetzt. Es bleibt jedoch noch viel zu tun (vgl. Stepponat 2018).

Deshalb wurde das Projekt Erasmus+ SMeART gestartet. Nicht nur mit diesen Leitlinien will SMeART den Aufbau einer nachhaltigen Zusammenarbeit zwischen Universitäten und ingenieurwissenschaftlichen KMU unterstützen, um den erfolgreichen Transfer in eine intelligente Industrie sicherzustellen. Zu diesem Zweck stellen wir ein Hochschulkooperationsmodell zur Verfügung, mit dem KMU für die Herausforderungen des Smart Engineering qualifiziert werden können.

1.2.3.2 *Besondere Herausforderungen für KMU*

Die Komplexität und Dynamik moderner Märkte macht es für KMU schwieriger denn je, ihre Wettbewerbsposition zu behaupten. Durch die strengere Begrenzung ihrer personellen und finanziellen Ressourcen sind KMU durch veränderte Marktbedingungen gefordert. Große Effizienzsteigerungen und ein offener Welthandel haben zu einer Sättigung der Märkte geführt, die es den Kunden ermöglicht, aus einer Vielzahl von Produkten und Dienstleistungen zu wählen und höhere Standards, beispielsweise in Bezug auf Qualität, Preis, Nachhaltigkeit und Individualität, zu setzen. Darüber hinaus ermöglicht der einfache Zugriff auf Informationen im Internet potenziellen Kunden, verschiedene Lieferanten aus aller Welt mit wenigen Klicks zu vergleichen.

Um sich im internationalen Wettbewerb zu behaupten, werden die Fähigkeit zur Entwicklung neuer Produkte und die kontinuierliche Verbesserung ihrer Prozesse als entscheidende Erfolgsfaktoren für KMU angesehen. Ein Blick auf die Realität zeigt, dass die heutigen Technologien und Verfahren oft nicht in der Lage sind, die verschiedenen neuen Herausforderungen, denen sich Unternehmen gegenübersehen, zu bewältigen.

Der gesamte Entwicklungsprozess von der Formulierung einer ersten Produktidee über die Herstellung und Erprobung verschiedener Prototypen bis hin zur Serienfertigung ist oft viel zeitaufwendiger und teurer als ursprünglich geplant. Darüber hinaus zwingt der Wunsch nach individuelleren Produkten viele Unternehmen, noch mehr Produktvarianten zu entwickeln (vgl. Mollemeier 1997, S. 23), was zu einer weiteren Belastung ihrer begrenzten Ressourcen führt. In der Folge werden Geschäftschancen zu spät - wenn sie jemals genutzt werden - verfolgt. Bei den Produktionsprozessen stellen schwankende Anforderungen und eine steigende Anzahl von Produktvarianten große Herausforderungen an die Unternehmen. Insbesondere KMU, die an größeren Lieferketten beteiligt sind, müssen in der Lage sein, kurzfristige Änderungen in ihrem Produktionsprogramm umzusetzen, wenn sie dauerhaft Teil der Lieferkette bleiben wollen, da Lieferfähigkeit und Terminierung für viele Kunden wichtige Auswahlkriterien sind. Doch unflexible Produktionsprozesse und langsamer Informationsaustausch führen oft zu Produktionsverzögerungen und zusätzlichen Kosten (Roth, 2016a, S. 13). Für immer mehr Unternehmen stellt sich die Frage, wie sie den unterschiedlichen Herausforderungen der modernen Märkte begegnen können. Viele KMU in Ländern mit höheren Lohnkosten verlagern Teile ihrer Produktion in Billiglohnländer, um einen Teil ihrer Kosten zu senken und ihre Waren so günstig wie andere Wettbewerber anbieten zu können (Gleich, 2015, S. 22). Langfristig kann eine einfache Verlagerung jedoch nicht die meisten Probleme lösen: Technologien und Prozesse bleiben zu unflexibel und langsam, um im internationalen Wettbewerb zu bestehen. Zahlreiche Ökonomen glauben, dass eine vierte industrielle Revolution, die oft als Industrie 4.0 bezeichnet wird, die Antwort auf die Herausforderungen der modernen Märkte ist. I4.0 beschreibt die digitale Transformation der Fertigungsindustrie mit dem Ziel, Unternehmen flexibler

und effizienter zu machen, sodass auch kleinste Losgrößen wirtschaftlich produziert werden können und Unternehmen ihr Produktionsprogramm in kürzester Zeit anpassen können (Roth, 2016a, S. 5). Laut zahlreichen Autoren hat I4.0 nicht nur das Potenzial, Prozesse entlang des gesamten Produktlebenszyklus zu verbessern, sondern eröffnet auch völlig neue Geschäftspotenziale. KMU eignen sich besonders für die Entwicklung und Umsetzung von Ideen im Sinne von I4.0, da sie oft durch kürzere Entscheidungswege, eine höhere Beteiligung der Mitarbeiter und eine höhere Innovationsfähigkeit im Vergleich zu größeren Unternehmen gekennzeichnet sind (Schneider, 2016, S. 254). Obwohl die Einführung von I4.0 als Notwendigkeit für produzierende Unternehmen angesehen wird, um in komplexen und turbulenten Zukunftsmärkten zu bestehen, zeigt eine Umfrage bei mehr als 500 Entscheidungsträgern in der Fertigungsindustrie, dass rund 71% der Unternehmen noch keine I4.0-Strategie haben (Bauer & Horváth, 2015, S. 69).

1.3 Ziel dieses Handbuchs

Dieses Handbuch: " SMeART Hochschul- & Wirtschaftskooperationsmodell und Handbuch " (kurz: Handbuch) zielt darauf ab, die folgenden Ziele zu erreichen:

- Unterstützung europäischer KMU im Prozess der Beschäftigung von Smart Engineering and Industrie 4.0;
- Vorstellung der allgemeinen Idee und der technischen Details zum Thema Smart Engineering im Zusammenhang mit Industrie 4.0 an Universitäten und KMU;
- Erläuterung und Beschreibung von quantitativen und qualitativen Standards im Bereich Smart Engineering;
- Pädagogische, organisatorische und operative Anforderungen einbeziehen, um eine erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Unternehmen zu realisieren;
- Unterstützung der Hochschulen bei der Vorbereitung und Durchführung besserer Kooperations-, Beratungs- und Lernaktivitäten mit KMU zur Verbesserung ihrer Smart Engineering-Standards.

Die Zielgruppen dieses Handbuchs sind

- Europäische KMU im Allgemeinen, assoziierte Projektpartner im Besonderen
- Projektpartner des SMeART-Projekts, um von den Projektergebnissen zu profitieren

Diese Leitlinien wurden im Rahmen des ERASMUS+-Projekts "SMeART - Knowledge Alliance for Upskilling Europe's SMEs to meet the challenges of Smart Engineering" erstellt. Das Projekt wird von der Europäischen Union finanziert. Das Dokument basiert auf Beiträgen von Projektpartnern aus Österreich, Belgien, Deutschland, Italien, den Niederlanden, Spanien und Slowenien und wurde von der Fachhochschule (FHM), Bielefeld, Deutschland, erstellt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das allgemeine Ziel dieser Leitlinien darin besteht, verschiedene unterstützende Hinweise und Empfehlungen zu geben, um die Einführung von Industrie 4.0 / Smart Engineering für KMU zu fördern.

	Acronym	Abschnittsname	Abschnittsnummer	Gegenstand
HANDBUCH	EINF:	Einführung	1	WARUM
	PROD: CHAN: HER;	Produktionsprozess Chancen für das Geschäft Führungsherausforderungen	2 3 4	WAS
	KOOP: TRAIN: COCO:	Hochschul-Unternehmens-Kooperation I4.0-Training I4.0-Coaching & -Consultin	5 6 7	WIE

Abbildung 4: Abschnitte der SMeART-Richtlinien

Oben stehende Abbildung 4 zeigt Namen, Abkürzungen und Nummern der vorliegenden Leitfadenabschnitte in Bezug auf ihren allgemeinen Zweck. Die Abschnitte folgen einer vorgegebenen regelmäßigen Struktur des bekannten Produktlebenszyklus (siehe Abbildung 5). PROD, BUSI, MAN, COOP, TRAIN & COCO sind Abkürzungen für die Abschnitte. Die Leitfadenabschnitte beziehen sich auf mindestens eine Phase des Lebenszyklus. Natürlich beziehen sich einige Abschnitte auf mehr als eine Phase des Lebenszyklus. Um diesen Ansatz deutlicher zu machen, wurden in Abschnitt 2.6 einige detaillierte Anwendungsbeispiele entlang des Lebenszyklus erläutert.

Wir unterteilen die Abschnitte in drei Superkonzepte: "Das Warum", "Das Was" und "Das Wie". "Das Warum" betrifft die Einführung, Erläuterung wichtiger Begriffe und eine Erläuterung des Standes der Technik und der daraus resultierenden Motivationssituation für den Mittelstand. Um die Interessengruppen zu motivieren, senden wir einen "Wakeup Call". "Das Was" betrifft die eigentlichen Leitlinien für die Unterstützung von KMU. Hier findet der Leser die drei Inhaltskapitel, die Aufschluss über die Produktions-, Management- und Geschäftsmöglichkeiten der Unternehmen geben. "Das Wie" betrifft die Kapitel unserer Richtlinien, die sich mit Beratung und Training befassen. Insbesondere finden wir hier Kapitel, die die Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Unternehmen analysieren und in dieser Hinsicht beraten. In diesen Kapiteln geht es um die wichtigen Fragen der Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter für eine erfolgreiche Einführung von Smart Engineering. Und schließlich finden wir eine detaillierte Beschreibung der Anforderungen an die spezielle Industrie 4.0 - Beratung mit Hinweisen für deren erfolgreiche Umsetzung im Unternehmen.

1.4 Konzepte zur Erreichung der Ziele

1.4.1 SMeART-Produktlebenszyklus

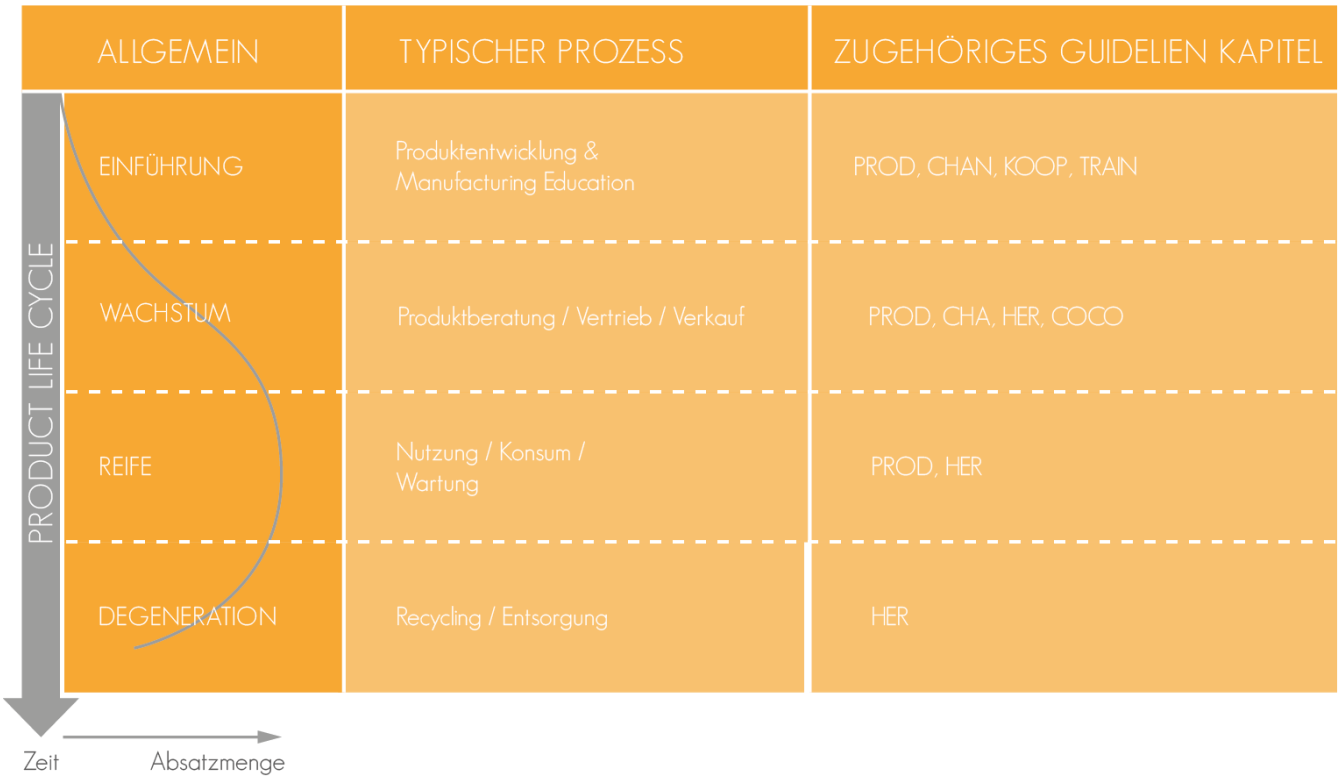

Abbildung 5: Der SMeART-Produktlebenszyklus: Zusammenhang zwischen einem allgemeinen Produktlebenszyklus, typischen Prozessen und verwandten Abschnitten dieser Richtlinien.

Die vorliegenden Leitfadenabschnitte sollen ein besseres Verständnis von Smart Engineering Konzepten und Anwendungsbeispielen entlang des Produktlebenszyklus vermitteln. Smart Engineering und I4.0 haben die Fähigkeit, Produkteigenschaften zu verbessern sowie Produktionsprozesse zu optimieren und damit Optionen zur Steigerung der Rentabilität und Wettbewerbsfähigkeit von produzierenden KMU zu beinhalten. Die mit diesen Richtlinien versehenen Beispiele stellen nur einen kleinen Teil der Anwendungsmöglichkeiten dar - eine Vielzahl von Technologien ermöglicht völlig neue, individuelle Lösungen für die Zukunft. Daher stehen die KMU vor der Aufgabe, entscheidende Faktoren ihrer

Wettbewerbsfähigkeit zu identifizieren. KMU müssen auch Faktoren optimieren, indem sie I4.0-bezogene Konzepte und Technologien implementieren.

Mit diesen SMeART-Richtlinien werden die Smart Engineering bezogenen Konzepte, Prozesse und Technologien, die für eine erfolgreiche Implementierung von Industrie 4.0 in KMU erforderlich sind, auf zwei miteinander verbundenen Ebenen dargestellt: einerseits auf der oben genannten Lebenszyklusebene (siehe Abbildung 5). Andererseits werden die notwendigen Konzepte, Prozesse und Technologien durch das später eingeführte SMeART Coaching and Collaboration Model bereitgestellt.

1.4.2 SMeART Coaching- und Kooperationsmodell

Das SMeART Coaching and Kooperationsmodell unterstützt den allgemeinen Prozess der Unterstützung von KMU auf dem Weg zur Digitalisierung. Gleichzeitig bietet das Modell eine klare Struktur der Werkzeuge und Maßnahmen, die das SMeART-Projekt bereitstellt. Darüber hinaus stellt das Modell Verbindungen und Beziehungen zwischen Instrumenten, Coaching-Phasen und Teilen dieser Leitlinien her. Das SMeART Coaching and Kooperationsmodell basiert auf dem strategischen Rahmen von SMeART. Darüber hinaus beziehen sich die mit dem Modell bereitgestellten Instrumente der SMeART-Toolbox auf verschiedene Phasen verschiedener Coaching- und Beratungsprozesse. Diese Instrumente und ihr Zusammenhang mit dem Framework werden in Abschnitt 2.6.4. der vorliegenden Leitlinien erläutert.

Der allgemeine Aufbau des oben genannten Modells ist in Abbildung 6 dargestellt. Die obere Hälfte der Abbildung zeigt den strategischen Rahmen von SMeART. Um verschiedene Prozesse und Methoden von Industrie 4.0 verständlicher zu gestalten, wurde dieser spezifische Rahmen entwickelt und konsequent für Beratungs- und Coachingzwecke übernommen.

Im Detail wird der strategische Rahmen von SMeART vorgestellt und in Abschnitt 2.6.3 dieser Richtlinien beschrieben. Zur einleitenden Erläuterung des SMeART Coaching and Kooperationsmodell sind in Abbildung 6 die wichtigsten Elemente des strategischen Rahmens von SMeART dargestellt. Dieses Modell wird kurz erläutert: Das Framework nutzt das Geschäftsmodell eines Unternehmens als Ausgangspunkt, um Smart Engineering/Industrie 4.0-Strategien zu entwickeln und nachfolgende Schritte und Maßnahmen abzuleiten. In Abbildung 6 ist unterhalb des Rahmens eine Reihe von Stufen zu sehen. Diese Phasen sind gleichzeitig Rahmenstufen und SMeART-Coachingphasen:

- Stufe A = Einleitung (für Werkzeuge siehe Abschnitt 2.6.4.1)
- Stufe B = Reife (für Werkzeuge siehe Abschnitt 2.6.4.2)
- Stufe C = Ressourcen (für Werkzeuge siehe Abschnitt 2.6.4.4.4)
- Stufe D = Potenziale
- Stufe E = Change-Management (für Werkzeuge siehe Abschnitt 2.6.4.5)
- Stufe F = Implementierung (für Werkzeuge siehe Abschnitt 2.6.4.6.6)

Diese Richtlinien stellen eine SMeART Toolbox zur Verfügung. Diese Werkzeuge sind den oben genannten Stufen zugeordnet. Weitere Informationen zu ihrer Anpassung finden Sie in Abschnitt 2.6.4. dieser Richtlinien.

Stufe A, die Initiationsphase, besteht darin, ein Geschäftsmodell zu spezifizieren und zu verstehen, wie genau Gewinne generiert werden. Um zu verstehen, wie man sich der Idee von I4.0 nähert, empfehlen wir die Einführung von Reifegradmodellen. Reifegradmodelle sind Instrumente zur Beurteilung des aktuellen Entwicklungsstandes hinsichtlich eines bestimmten Ziels (Mettler & Rohner, 2009). Im Sinne von Smart Engineering können Reifegradmodelle helfen, die Komplexität zu reduzieren, indem sie die Ausgangssituation eines Unternehmens untersuchen (vgl. Schumacher, Erol & Sihn 2016). Darüber hinaus kann eine Reifegradanalyse genaue Aufwandschätzungen unterstützen. Die Bewertung des Reifegrads des Unternehmens in Bezug auf I4.0 ist daher der nachfolgende Schritt (Stufe B) im vorgeschlagenen Rahmen (siehe Abbildung 7). Im Rahmen des SMeART-Projekts wurde ein spezifisches Werkzeug - das SMeART Stress Test Tool - entwickelt. Dieses Tool basiert auf der spezifischen Reifegradmatrix MOSE. Das Tool steht zur Verfügung, um die Reife von KMU über ihre Fortschritte bei der Einführung von Smart Engineering abzuschätzen.

Szenarien und Annahmen über potenzielle Geschäftsmodelle im Bereich von Industrie 4.0 werden dem strategischen Rahmenwerk SMeART Stufe C (Ressourcen) und D (Potenziale) zugeordnet. Das anfängliche Geschäftsmodell (ab Stufe A) dient als Orientierung, um aktuell bestehende Geschäftsschwächen zu erkennen. Solche Schwachstellen können sein: unzureichender Kundenservice oder langsame Produktionsprozesse. Stufe A hilft auch, Erfolgsfaktoren zu bestimmen, die sich auf die zukünftige Stärkung der Wettbewerbsposition auswirken. Der Geschäftsmodellansatz unterstützt eine ganzheitliche Sichtweise. Sie konzentriert sich nicht auf einzelne Technologien oder Produkte. Die wichtigsten zu beantwortenden Fragen wären: Wie wird sich das mittelständische Unternehmen in naher Zukunft im Wettbewerb mit

anderen Unternehmen behaupten können? Kann eine größere Produktvielfalt einen Mehrwert für bestehende Kunden schaffen und gleichzeitig neue Kunden gewinnen? Ist Liefertreue ein Erfolgsfaktor für ein Unternehmen, das sich in Zukunft verbessern will?

Ziel der Leitlinie Abschnitt 2, Abschnitt 3 und Abschnitt 4 ist es, Input, Inspiration und Anleitung für KMU zu liefern, um ihre Ziele und Potenziale in dieser Hinsicht zu formulieren und zu spezifizieren.

Gleichzeitig müssen Unternehmen damit beginnen, konkrete Ressourcen (siehe Abbildung 6) abzuleiten, die für die Verfolgung ihrer Ideen benötigt werden. Sie müssen frühzeitig den Aufwand für die Umsetzung innovativer Ideen abschätzen. Aber Ideen, die sich als zu riskant oder kostspielig erweisen, müssen angepasst oder verworfen werden. Hier geht es darum, eine Reihe neuer Aktivitäten, Prozesse oder Technologien zu finden, die in der Lage sind, nachhaltige Werte zu schaffen. Der Wert kann mit gegebenen Mitteln, d.h. durch die Formulierung einer praktikablen Strategie, erreicht werden. Die Phasen der Strategiedefinition, Planung und Umsetzung gehen ineinander über. Auch wenn nicht alle Details der Unternehmensstrategie geplant sind, können erste Vorbereitungen zur Umsetzung, wie z.B. Schulungen für Mitarbeiter, bereits beginnen. Der strategische Rahmen von SMeART schlägt vor, das Change-Management (siehe Abschnitt 2.6.4.5) in den Prozess der Strategieentwicklung und -umsetzung zu integrieren. Unternehmensveränderungen scheitern regelmäßig aus verschiedenen Gründen: Intransparente Entscheidungsprozesse machen es den Mitarbeitern schwer, die Dringlichkeit von Veränderungen oder den Nutzen einzelner Maßnahmen zu verstehen. Überlegungen und Pläne werden nur teilweise zwischen verschiedenen Hierarchieebenen der Organisation weitergegeben, sodass Unsicherheit, Frustration oder gar Angst entstehen. Die Mitarbeiter werden sich daher nur halbherzig in den Veränderungsprozess einbringen und den Erfolg mindern (vgl. Nicolai, 2017 S.288). Generell versucht das Change Management, Veränderungen zu steuern und umzusetzen, insbesondere mit Fokus auf den Menschen, die in irgendeiner Weise von Veränderungsprozessen betroffen sind (vgl. Lauer, 2014 S. 7 f.). Zahlreiche Autoren und Publikationen betonen, dass ein erfolgreicher Wandel nur möglich ist, wenn die Mitarbeiter bereit sind, Veränderungen umzusetzen. Ohne innere Überzeugung werden die Mitarbeiter nur nach Vorschrift arbeiten.

Basierend auf diesem strukturierten Ansatz sind die Autoren überzeugt, dass die auf Smart Engineering basierenden Entscheidungsprozesse für Unternehmen transparenter und verständlicher gestaltet werden können. Die Nutzung von Geschäftsmodellen ermöglicht eine ganzheitliche Sicht auf Schwächen und Stärken und kann helfen, Zukunftspotenziale in allen Geschäftsbereichen zu erkennen. Der folgende Abschnitt stellt eine Reihe von Methoden vor, die in jeder Phase angewendet werden können.

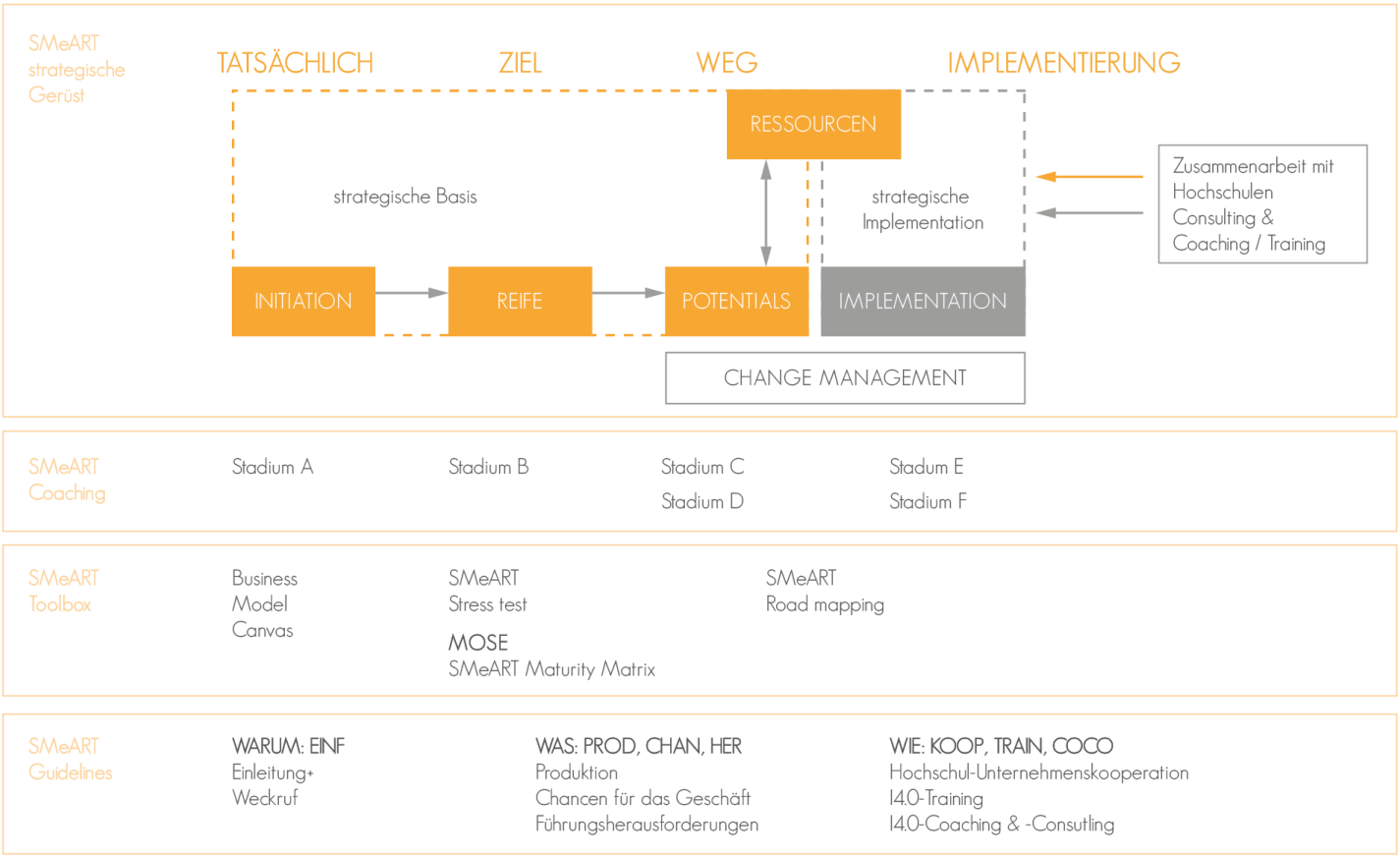

Abbildung 6: Das SMeART Coaching- und Kooperationsmodell

2 Produktion

Autor: Martin Westbomke, IPH (Germany)

2.1 Einführung

Moderne digitale Märkte zeichnen sich durch eine hohe Komplexität aus, die es Unternehmen erschwert, ihre Wettbewerbsposition über einen längeren Zeitraum zu halten. Potenzielle Kunden können aus einer breiten Palette von Produkten und Dienstleistungen global agierender Anbieter wählen, wobei die Anforderungen an Qualität, Preis und Verfügbarkeit steigen (vgl. Becker et al., 2004 S. 393)(vgl. Grundig, 2018 S. 13). Unternehmen jeder Größe stehen vor der Herausforderung, die wachsenden Marktanforderungen entlang des Lebenszyklus ihrer Produkte und Dienstleistungen zu erfüllen. Verschiedene wissenschaftliche Veröffentlichungen zeigen, dass Industrie 4.0 die Fähigkeit beinhaltet, die meisten bekannten und bestehenden Schwierigkeiten in relevanten Bereichen zu lösen und einen nachhaltigen Mehrwert für bestehende Unternehmen zu schaffen. Aufgrund der Vielfalt der neu entstehenden, neuen Terminologien dürfte es schwierig sein, sich dem Thema I4.0 zu nähern. Visionen, Ideen und Technologien werden oft gemeinsam erwähnt und können zu Verwirrung führen. Da es so schwierig ist, eine klare, endgültige Definition von I4.0 zu liefern, können sich viele Unternehmen nicht wirklich vorstellen, wie I4.0 zu ihrem Wertschöpfungsprozess beitragen könnte. Einige Visionen erscheinen zu futuristisch und haben daher das Potenzial, Unternehmen zu entmutigen, anstatt sie zu inspirieren.

Das Ziel dieses Abschnitts ist es, kleine und mittlere Unternehmen bei der Implementierung von I4.0 zu unterstützen. Obwohl sich dieser Abschnitt auf produzierende Unternehmen einschließlich ihrer Produktionsprozesse konzentriert, unterstützt der nachfolgend vorgeschlagene Rahmen die Erkennung und Umsetzung allgemeiner Potenziale entlang aller Prozesse des Produktlebenszyklus.

2.2 Aktuelle Herausforderungen entlang des Produktlebenszyklus

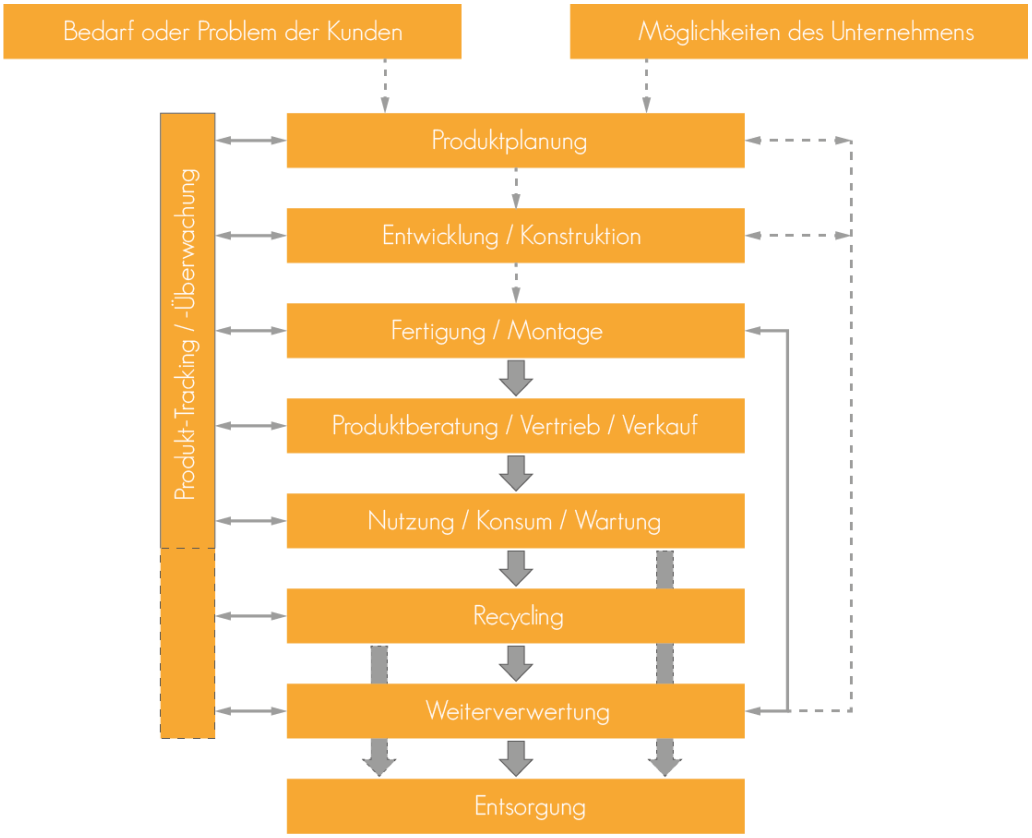

Abbildung 7: Lebenszyklus der Produkte

Ausgangspunkt jeder Produktneuheit ist eine Idee, die aus den Bedürfnissen, Problemen oder Trends und Entwicklungen in einem bestimmten Markt oder Kundensegment entsteht (vgl. Grote et al., 2014 S. 1). Aufgrund der Vielfalt der Unternehmen, die ähnliche Produkte anbieten, gilt das Verständnis und die Erfüllung von Kundenwünschen durch eine flexible Anpassung von Anforderungen, Produkten und Prozessen heute als eines der Schlüsselelemente für den wirtschaftlichen Erfolg (vgl. Becker et al., 2004 S. 393). Die erste große Herausforderung für produzierende Unternehmen besteht daher darin, die Wünsche ihrer Kunden zu erkennen oder besser zu antizipieren und in kurzer Zeit auf diese Anforderungen zu reagieren (siehe Kapitel 3).

Auf dem Weg von der ersten Idee bis zum konkreten Produkt müssen Unternehmen verschiedene Aktivitäten wie Machbarkeitsprüfungen, Designstudien sowie die Herstellung und Erprobung verschiedener Prototypen durchführen (vgl. Cooper, 1980 S. 27 ff.) Obwohl in der Vergangenheit eine Vielzahl von Projektierungs- und Schätzverfahren eingeführt wurden, sind viele Produktentwicklungsprozesse immer noch zeitaufwändiger und teurer als erwartet und ursprünglich geplant (vgl. Meier, 2011 S. 11). Viele Unternehmen sind daher nicht in der Lage, auf Kundenwünsche so schnell wie erwartet und erforderlich zu reagieren.

Nachdem das Produkt entwickelt und die Fertigungsvorbereitungen abgeschlossen sind, wie z.B. die Umprogrammierung von Maschinen oder die Umschulung von Produktionsmitarbeitern (siehe Abschnitt 4), beginnt der Fertigungsprozess. In dieser Phase muss eine Reihe von Inputfaktoren wie Rohstoffe oder Informationen verarbeitet und umgewandelt werden. Die Schwierigkeit dieser Phase besteht darin, den reibungslosen Ablauf von Fertigungs- und Montageprozessen sicherzustellen. Jeder unerwartete Vorfall, wie z.B. ein Produktionsausfall oder Maschinenausfall, verursacht zusätzliche Kosten. Die Möglichkeiten einer Echtzeitüberwachung sind in den heutigen Standardtechnologien begrenzt, sodass suboptimale Prozesse oder Produkte mit Verzögerung entdeckt werden. Trotz der Schwierigkeit, die Qualität von Prozessen und Produkten in Echtzeit zu kontrollieren und zu verbessern, führen zunehmende Variantenvielfalt und schwankende Anforderungen zu einer höheren Komplexität und erfordern flexible Produktionsprozesse, die mit geringem Aufwand angepasst werden können (vgl. Vogel-Heuser, Bauernhansl, & Hompel 2016a, S.14f.).

Insgesamt sind die heutigen Produktionssysteme oft nicht in der Lage, die Anforderungen moderner Märkte zu erfüllen (siehe Kapitel 2). Obwohl dieser Trend in fast allen Geschäftsfeldern zu beobachten ist, sind insbesondere die folgenden Phasen durch höhere Anforderungen an die Servicequalität gekennzeichnet. Heutzutage gilt ein qualitativ hochwertiger Kundenservice (siehe Kapitel 3) als einer der wichtigsten Faktoren für die Kundenzufriedenheit und ist damit unerlässlich für nachhaltige, wettbewerbsfähige Vorteile (Shemwell, Yavas & Bilgin 1998). Marketing, Vertrieb und Distribution kennzeichnen die Übertragung eines Produkts oder einer Dienstleistung an den Kunden (Kapitel 3). Insbesondere eine hohe logistische Qualität kann als eines der wichtigsten Serviceelemente für die Kundenzufriedenheit angesehen werden. Die Herausforderung für jedes Unternehmen in dieser Phase besteht darin, flexible Logistikprozesse zu schaffen, die eine schnelle und pünktliche Lieferung zu moderaten Kosten gewährleisten. Während der Nutzung oder des Verbrauchs kann die Erbringung von Wartungs- und Reparaturleistungen in dieser Phase zu einer höheren Haltbarkeit der Produkte führen und somit auch die Kundenzufriedenheit positiv beeinflussen (vgl. Grote et al., 2014 S. 1).

Aufgrund gestiegener gesetzlicher Anforderungen und eines höheren Umweltbewusstseins hat das Recycling von Produkten für Unternehmen und deren Kunden an Bedeutung gewonnen. Die Recyclingfähigkeit von Produkten bietet nicht nur Chancen für weitere Generationen (Kapitel 3), sie kann gleichzeitig ein Einflussfaktor im Kaufprozess sein und das Unternehmensimage verbessern (vgl. Nnorom & Osibanjo 2008 S. 844). Recycelbare Produkte durchlaufen zum zweiten Mal den Lebenszyklus, während nicht wiederverwendbare Produkte entsorgt werden (vgl. Grote et al., 2014 S. 1).

Insgesamt stehen intelligente Unternehmen über den gesamten Lebenszyklus (siehe Abbildung 7) eines Produkts oder einer Dienstleistung vor zahlreichen Herausforderungen: Die Anforderungen an Zeit, Preis, Qualität, Nachhaltigkeit und Service sind in den letzten Jahren gestiegen. Darüber hinaus erfordern Nachfrageschwankungen und die Präferenz für individualisierte Produkte eine hohe Flexibilität und Reaktionsfähigkeit der Prozesse entlang der gesamten Lieferkette, die mit aktuellen Produktionssystemen nicht realisierbar ist. Diese Mängel und Schwierigkeiten der Produktionssysteme sind der Punkt, an dem Industrie 4.0 ins Spiel kommt. In der wissenschaftlichen Literatur wird die Einführung von I4.0 nicht als Möglichkeit zur Bewältigung all dieser Herausforderungen diskutiert, sondern als zwingende Voraussetzung für produzierende Unternehmen zur Sicherung ihres wirtschaftlichen Überlebens (vgl. Roth, 2016a S.13 f.).

2.3 Definition der Branche 4.0

Der Begriff "Industrie 4.0" wurde auf der Hannover Messe 2011 erstmals erwähnt, um die Entwicklung der Fertigungsindustrie hin zu einer vierten industriellen Revolution zu beschreiben (vgl. Bousonville 2016, S. 3 f.). Trotz der weit

verbreiteten Verwendung des Begriffs im deutschsprachigen Raum gibt es bis heute keine einheitliche Definition des Begriffs (vgl. Hermann, Pentek, & Otto, 2016b, S. 3928). Häufig wird I4.0 als digitale Transformation des verarbeitenden Gewerbes beschrieben (vgl. Roth, 2016b, S. 5), obwohl der Begriff "digitale Transformation" selbst bis heute keine einheitliche Definition hat (vgl. Schallmo 2016, S. 3) und daher nicht geeignet ist, die Bedeutung von I4.0 zu klären. Eine Auswahl umfangreicherer Definitionen ist in Tabelle 2 dargestellt.

Quelle	Definition
Roth, 2016b, S. 5 f.	Industrie 4.0 umfasst die Vernetzung aller menschlichen und maschinellen Akteure entlang der gesamten Wertschöpfungskette sowie die Digitalisierung und Echtzeitanalyse aller für diesen Zweck relevanten Informationen mit dem Ziel, die Wertschöpfungsprozesse transparenter und effizienter zu gestalten, um den Kundennutzen zu optimieren.
Bauer & Horváth, 2015, S. 515	Industrie 4.0 bezieht sich auf die echtzeitfähige, intelligente, vertikale und horizontale Vernetzung von Menschen, Maschinen und Anlagen und Objekte für das dynamische Management komplexer Systeme.
Hermann et al., 2016b, S. 3929	"Die vierte industrielle Revolution, die durch die Kommunikation zwischen Menschen, Maschinen und Ressourcen ermöglicht wird, ist durch einen Paradigmenwechsel von zentral gesteuerten zu dezentralen Produktionsprozessen gekennzeichnet. Smart Products kennen ihre Produktionsgeschichte, ihren Ist- und Soll-Zustand und steuern sich aktiv durch den Produktionsprozess, indem sie Maschinen anweisen, die erforderlichen Fertigungsaufgaben auszuführen, und Förderbänder für den Transport zur nächsten Produktionsstufe bestellen."

Tabelle 1: Ausgewählte Definitionen des Begriffs "Industrie 4.0".

Der Begriff "Industrie 4.0" steht laut Roth für die Vernetzung aller Menschen und Maschinen entlang der gesamten Wertschöpfungskette (vgl. Roth, 2016b, S. 5 f.). Eine Wertschöpfungskette kann definiert werden als die Summe aller Prozesse, die Wert für den Kunden schaffen. Von der Gewinnung der Rohstoffe und deren Verarbeitung bis hin zur Lieferung und Verwendung des Endprodukts (vgl. Porter, 1985, S. 50 f.). In solchen Netzwerken werden relevante Informationen gesammelt, digitalisiert, an verschiedene Akteure weitergegeben und in Echtzeit verarbeitet. Durch die Globalisierung können Lieferanten und Kunden von produzierenden Unternehmen über den ganzen Globus verteilt sein, was den Austausch relevanter Informationen, wie z.B. kurzfristige Nachfrageänderungen, erschwert (vgl. Li & Lin, 2006, S. 1641 f.). Durch den Aufbau solcher organisationsübergreifender Netzwerke können Unternehmen die Effizienz und Transparenz ihrer Prozesse steigern und einen höheren Kundennutzen schaffen (vgl. Roth, 2016b, S. 5 f.).

Bauer ergänzt diese Definition um den Zusatz, dass I4.0 nicht nur die Vernetzung von Menschen und Maschinen entlang der Wertschöpfungskette vertikal und horizontal umfasst, sondern auch von Objekten wie Materialien oder Werkstücken, die auch die Fähigkeit haben, Informationen zu sammeln, zu digitalisieren, zu teilen und zu verarbeiten. Darüber hinaus bezeichnet er es als eine intelligente Vernetzung der verschiedenen Akteure. Der Begriff intelligent suggeriert in diesem Zusammenhang, dass Maschinen und Objekte ein gewisses Maß an Intelligenz erhalten, das es ihnen ermöglicht, Informationen auszuwerten und Entscheidungen autonom auf der Grundlage der eingehenden Daten zu treffen. Nach dieser Definition ist der Mensch nicht mehr die einzige, zentrale Instanz, die dynamische, komplexe Prozesse steuern muss. Stattdessen unterstützen intelligente Objekte und Maschinen den Menschen, indem sie entweder relevante Informationen in Echtzeit als Entscheidungsgrundlage aufbereiten und Optimierungspotenziale aufzeigen oder Prozesse autonom steuern und optimieren. Dieser Paradigmenwechsel von der zentralen zur dezentralen Steuerung und Koordination von Prozessen

wird auch in der von Hermann et al. vorgeschlagenen Definition angesprochen. Diese Definition veranschaulicht die vierte industrielle Revolution am Beispiel eines intelligenten Produkts, das seinen eigenen Weg durch die Produktion sucht. Gerade angesichts der begrenzten Ressourcen von KMU und der aktuellen technischen Möglichkeiten führen alle Definitionen zwangsläufig zu der Frage, ob die Vernetzung aller Akteure, Maschinen und Objekte entlang der gesamten Lieferkette praktikabel oder sogar sinnvoll ist. Aus wirtschaftlicher Sicht müssen Unternehmen vielmehr wichtige Wettbewerbsfaktoren identifizieren und durch den Einsatz von I4.0 verbessern.

Daher wird folgende Definition des Begriffs "Industrie 4.0" vorgeschlagen:
Industrie 4.0 beschreibt die zielgerichtete, intelligente Vernetzung von Menschen, Maschinen und Objekten durch die Echtzeit-Sammlung, -Digitalisierung, -Tausch und -Auswertung relevanter Informationen entlang der Wertschöpfungskette, um eine dezentrale Koordination und Steuerung von Prozessen zu ermöglichen.

Die Vernetzung von geografisch verteilten Akteuren entlang der Wertschöpfungskette und der Echtzeitzugriff auf relevante Informationen ermöglichen eine effiziente, flexible Zusammenarbeit, die besser in der Lage ist, die Anforderungen dynamischer und komplexer Märkte zu erfüllen und die die Fähigkeit besitzt, den gesamten Prozess von der Produktentwicklung über die Herstellung, die Nutzung des Produkts durch den Kunden bis hin zur Entsorgung zu verändern:

- Smart Engineering beschreibt innovative, interdisziplinäre Produktentwicklungsprozesse. Virtuelle Prototypen von Produkten und der Austausch relevanter Informationen in Echtzeit ermöglichen es verschiedenen Experten aus dem Unternehmen, wie Produktdesignern, Maschinenbauern und Handelsvertretern sowie Lieferanten oder Kunden, Produkte gemeinsam zu entwickeln (vgl. Anderl, EignerSendler & Stark. 2012).
- In der Produktion werden unflexible Technologien durch dezentrale, autonome, sogenannte Smart Production Systeme ersetzt, die in der Lage sind, Prozesse entlang der Wertschöpfungskette zu organisieren und zu optimieren (siehe Abbildung 7) (vgl. Vogel-Heuser, Bauernhansl, & Hompel 2016b: S. 15 f.).
- Kunden profitieren von Smart Products, die über völlig neue Möglichkeiten verfügen und damit einen höheren Kundennutzen bieten (Fähigkeiten von Smart Products (vgl. Eibl & Gaedke 2017, S.2081).

Schließlich strebt Industrie 4.0 nach der Vision, ein Maß an Flexibilität zu erreichen, das die Herstellung einzelner Produkte auf Kosten der Massenproduktion ermöglicht und eine Echtzeitanpassung und Optimierung von Prozessen und Produkten zulässt (vgl. Lasi, Fettke, Kemper, Feld, & Hoffmann. 2014a, S.239 f.).

In der Fachliteratur wird Industrie 4.0 oft als die vierte industrielle Revolution beschrieben, die zu einer digitalen Transformation der Produktionsindustrien führen wird. Genauer gesagt, kann es definiert werden als die Vernetzung aller menschlichen und maschinellen Akteure über die gesamte Wertschöpfungskette in Kombination mit der Digitalisierung und Echtzeit-Auswertung relevanter Informationen.

Das allgemeine Ziel von Industrie 4.0 ist es, eine höhere Transparenz und Effizienz aller Prozesse zu erreichen (vgl. Roth, 2016a S.5 f.). In der Produktion werden weniger flexible Technologien durch dezentrale, autonome, sogenannte Smart Production Systems ersetzt, die in der Lage sind, Prozesse entlang der Wertschöpfungskette zu organisieren und zu optimieren (siehe Abbildung 7) (vgl. Vogel-Heuser et al., 2016a S. 15 f.). Letztendlich strebt Industrie 4.0 nach der Vision, ein Maß an Flexibilität zu erreichen, das die Herstellung einzelner Produkte auf Kosten der Massenproduktion ermöglicht und eine Echtzeitanpassung und -optimierung von Prozessen und Produkten ermöglicht (vgl. Lasi, Fettke, Kemper, Feld, & Hoffmann, 2014b S.239 f.).

Im Hinblick auf KMU muss das Ziel von Industrie 4.0 eine gezielte Auswahl von Technologien und Prinzipien sein. I 4.0 kann mit verfügbaren Ressourcen umgesetzt werden und hat die Fähigkeit, die Wettbewerbsposition zu erhalten und zu stärken. Um das Konzept von I4.0 klarer zu machen, werden im folgenden Abschnitt die wichtigsten Visionen und Schlüsseltechnologien vorgestellt.

2.4 Theorie und Praxis der Produktion in der Industrie 4.0

Aufgrund der Vielzahl neu entstehender Terminologien können sich Unternehmen beim Umgang mit dem Thema I4.0 überfordert fühlen. Dieser Abschnitt gibt einen Überblick über die Schlüsselkonzepte von I4.0, die zugrunde liegenden Technologien und Anwendungsmöglichkeiten.

Eine der zentralen Visionen von Industrie 4.0 ist die Verschmelzung der physischen und virtuellen Welt, die durch sogenannte Cyberphysische Systeme (CPS) realisiert werden kann. CPS beschreiben die Idee, Cyber- und physische Objekte zu einer kollaborierenden und interagierenden Einheit zusammenzuführen. Physische Objekte beziehen sich auf alle natürlichen oder vom Menschen geschaffenen Elemente wie Rohstoffe, technische Geräte, Gebäude, Management- oder Logistikprozesse. Cyber-Objekte beschreiben alle Soft- und Hardwarekomponenten (Geisberger & Broy, 2012a). Hermann et al. unterscheiden drei Generationen von CPS, abhängig von ihren technischen Eigenschaften und Fähigkeiten, wie in Tabelle 2 dargestellt. Die einfachste Form von CPS ist mit Identifikationstechnologien ausgestattet, die eine autonome Identifikation (Auto-ID) und die Verfolgung physikalischer Objekte ermöglichen (vgl. Hermann et al., 2016b, S. 9). Aufgrund ihrer relativ geringen Kosten und der einfachen Anwendbarkeit sind Barcodes das gängigste Auto-ID-System. Der größte Nachteil dieses Systems besteht darin, dass Barcode-Etiketten sichtbar, sauber und intakt sein müssen, damit der Laserscanner das Etikett lesen kann und daher nicht für alle Anwendungen geeignet und oft mit höheren Personalkosten verbunden sind, da die Mitarbeiter Objekte manuell scannen müssen (vgl. Kern, 2006, S. 16 f.). Im Sinne von I4.0 wird insbesondere die Radiofrequenz-Identifikation (RFID) als eine der wichtigsten Auto-ID-Technologien angesehen. Ein RFID-System besteht aus einem Chip, auch RFID-Tag genannt, und einem Lesegerät. Der RFID-Tag wird an dem zu identifizierenden Objekt angebracht. Der Leser ist in der Regel stationär. Wie der Name schon sagt, erfolgt die Kommunikation zwischen RFID-Tags und Lesegeräten über Funk (vgl. Kern, 2006, S. 33). Im Vergleich zu anderen Identifikationstechnologien wie Barcodes benötigen RFID-Systeme keinen Sichtkontakt und können mehrere Objekte gleichzeitig identifizieren (Massenerkennung). Darüber hinaus sind RFID-Tags hitze-, staub- und wasserfest (Strassner, 2005).

Cyberphysikalisches System		
1. Generation	2. Generation	3. Generation
• ausgestattet mit Identifikationstechnologien • Keine direkte Beeinflussung der Umgebung möglich	• Ausgestattet mit Sensoren und Stellgliedern • Kann die Umwelt bis zu einem gewissen Grad direkt stören.	• Ausgestattet mit verschiedenen Sensoren und Stellgliedern • In der Lage, Daten über Netzwerke zu speichern, zu analysieren und auszutauschen.

Tabelle 2: Drei Generationen von CPS (vgl. Hermann et al., 2016b)

Ein Anwendungsbeispiel ist der Einsatz eines RFID-Gates im Wareneingangsbereich zur automatischen Identifikation von Waren. Innerhalb der digitalen Kopie des physischen Lagers kann der Bestand in Echtzeit innerhalb der Grenzkosten von Null aktualisiert werden (vgl. Reinhart, 2017, S. 508). CPS der ersten Generation kann relevante Informationen sammeln und bereitstellen und damit eine höhere Transparenz schaffen, kann aber die physische Umwelt nicht direkt beeinflussen und hat keine Intelligenz zur Prozessoptimierung. Daher sind die CPS der zweiten Generation mit zusätzlichen Sensoren und Aktoren mit begrenztem Funktionsumfang ausgestattet, die es ihnen ermöglichen, ihre Umgebung aktiv zu stören (vgl. Bauernhansl et al. 2014, S.16).
Die Grundstruktur eines CPS der zweiten Generation ist in Abbildung 8 dargestellt.

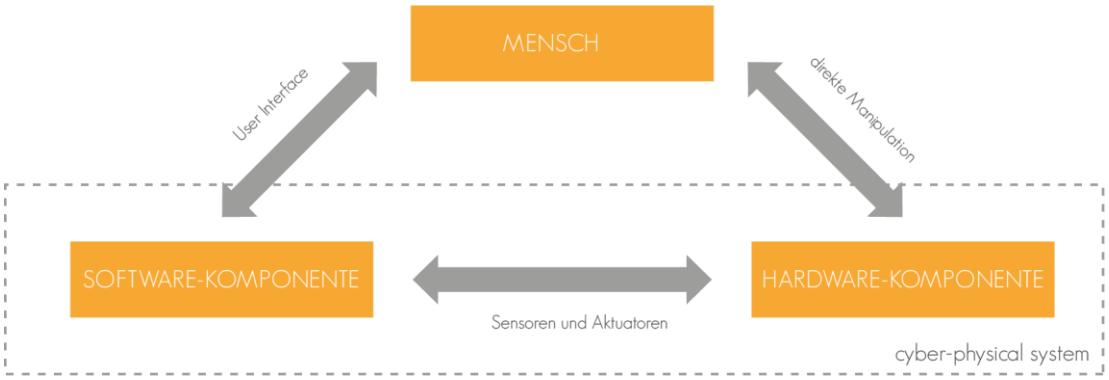

Abbildung 8: Eigene Repräsentation des cyberphysikalischen Rahmens, basierend auf (vgl. Bauernhansl, Hompel & Vogel-Heuser.2014, S. 525; Zamfirescu, Pârvu, Schlick & Zühlke2013).

Sensoren und Aktoren ermöglichen es CPS der zweiten Generation, Informationen über ihre Umgebung zu sammeln und auf die eingehenden Daten zu reagieren, indem sie aktiv in Prozesse eingreifen.
In physikalische Objekte integrierte Sensoren können chemische oder physikalische Zustände wie Temperatur oder Luftfeuchtigkeit erfassen und die Informationen zu einem digitalen Signal verarbeiten. So kann beispielsweise ein Werkstück seine aktuelle Position über GPS-Sensoren erfassen und eine Maschine kann über Temperatursensoren ihre eigene Temperatur ermitteln.
Aktoren wandeln digitale Signale von Sensoren oder Befehlen menschlicher Bediener in mechanische Bewegungen oder physikalische Ausgangswerte um, wie z.B. die Bewegung eines Roboterarms oder die Einstellung der Temperatur eines Industrieofens (vgl. Geisberger & Broy, 2012a, S. 138). Durch die Verbindung der physischen und virtuellen Welt über Sensoren und Aktoren ergeben sich unendliche Anwendungsmöglichkeiten, wie z.B. Lager, die den Bestand in Echtzeit überwachen und Waren umordnen oder Verarbeitungsmaschinen, die fehlerhafte Teile selbstständig erkennen und aussortieren können. Der Mensch kann entweder Prozesse überwachen oder Teil des CPS werden, indem er aktiv in cyber- und physikalische Komponenten eingreift, z.B. in einer Mensch-Roboter-Zusammenarbeit. Um die Interaktion zwischen Mensch und Maschine zu optimieren, braucht der Mensch anstelle von Tastaturen und Monitoren die Möglichkeit, intuitiver mit Maschinen zu interagieren, zum Beispiel über Gesten oder Sprache. In den letzten Jahren wurden zahlreiche Anwendungen wie das Steuermodul Kinect von Microsoft entwickelt, die eine effiziente und intuitive Steuerung ermöglichen (vgl. Geisberger & Broy, 2012a, S. 134). Ein Höchstmaß an Effizienz und Flexibilität wird durch intelligente, netzwerkfähige CPS der dritten Generation erreicht, die aus mehreren Aktoren und Sensoren bestehen. Sie haben die Fähigkeit, mit anderen CPS zu kommunizieren und zusammenzuarbeiten und können so Prozesse autonom und dezentral steuern und verbessern (vgl. Bauernhansl et al., 2014, S. 17). Laut Geisberger und Broy weist CPS der dritten Generation die folgenden Funktionsanforderungen und zugrunde liegenden Technologien auf:

Körperliches Bewusstsein: Während CPS der zweiten Generation nur einen begrenzten Teil ihrer Umgebung erfassen, benötigen CPS der dritten Generation die Fähigkeit, ihre gesamte physische Umgebung wahrzunehmen, einschließlich Informationen über alle menschlichen und technischen Akteure und ihren Zustand, wie z.B. die genaue Position eines Werkstücks oder die Anzahl der Mitarbeiter an einem Fließband. Diese Fähigkeit kann als Körperbewusstsein bezeichnet werden und wird durch verschiedene Sensoren und Auto-ID-Technologien erreicht (vgl. Geisberger & Broy, 2012b, S. 138). Um Prozesse zu koordinieren, müssen auch sensorgestützte Objekte miteinander kommunizieren und interagieren können, was mit drahtlosen Sensornetzwerken (WSN) realisiert werden kann (vgl. Song, Fink, & Jeschke, 2017a, S. 29.250). Die Ausrichtung von Informationen verschiedener Sensoren ist notwendig, um eine ganzheitliche, virtuelle Abbildung der laufenden Prozesse zu erhalten.

Geplantes und vorausschauendes (halb-)autonomes Handeln: CPS benötigt die Fähigkeit, teilweise oder vollständig autonom zu handeln, um die Prozessflexibilität zu erhöhen. Die Fähigkeit zur autonomen Entscheidungsfindung kann durch eine multikriterielle Lagebeurteilung umgesetzt werden, die es CPS ermöglicht, Situationen in Echtzeit auf der Grundlage zuvor definierter Kriterien zu analysieren, zu interpretieren und zu bewerten. Um diese Aufgabe zu lösen, werden Informationen über die physikalische Umgebung eines Objekts auf Domänenmodelle ausgerichtet, die in der Lage sind, Zusammenhänge zu modellieren und mögliche Aktionen abzuleiten. Die reale Situation erfordert die Berücksichtigung mehrerer, interagierender Variablen: Alle Akteure, Objekte sowie Menschen und ihr Verhalten sowie ihre Wechselwirkungen müssen berücksichtigt werden. Ein verwandtes Konzept ist die Künstliche Intelligenz (KI) (vgl. Geisberger & Broy, 2012a, S. 129 ff.))). KI bezieht sich auf die Fähigkeit von Objekten und Maschinen, "Aufgaben auszuführen, die Intelligenz erfordern würden, wenn sie von Menschen ausgeführt würden" (Kumar, 2008, S. 6). KI-veredelte Objekte und

Maschinen sind in der Lage, mit neuen und unbekannten Situationen umzugehen, da sie ständig Wissen sammeln und Rückschlüsse auf richtige Reaktionen ziehen können. Die KI ist bereits in verschiedenen Anwendungen zu finden: Kamerabasierte Überwachungssysteme können Gefahrensituationen an öffentlichen Orten erkennen und melden. Im medizinischen Bereich können hochriskante Operationen mit hochpräzisen Roboterarmen durchgeführt werden (vgl. Dengel, 2011a, S. 391). Ein problematisches Thema einer multikriteriellen Situationsbewertung und KI ist die Bewertung konträrer Ziele. Ein drastisches Beispiel sind autonome Fahrzeuge, die das Leben ihrer Fahrgäste retten, aber gleichzeitig Fußgänger gefährden könnten. Wirtschaft, Politik und Gesetzgebung stehen in Zukunft vor der Herausforderung, Antworten auf solche moralischen Fragen zu finden (vgl. Geisberger & Broy, 2012a, S. 130).

Zusammenarbeit und Verhandlung: Um ihr Potenzial voll auszuschöpfen, benötigt ein CPS die Fähigkeit zur Zusammenarbeit und Verhandlung mit anderen CPS. Technische Voraussetzungen für die Zusammenarbeit verschiedener CPS sind Multi-Agentensysteme, wobei sich der Begriff Agent auf autonome CPS bezieht (vgl. Geisberger & Broy, 2012a). Zunächst verfolgt jeder Agent seine eigenen Ziele, hat individuelle Präferenzen und spezifische Vorkenntnisse, die sich auf die Art und Weise auswirken, wie ein Agent mit seiner Umgebung interagiert (vgl. Monostori, Váncza & Kumara 2006a). Die Integration mehrerer, zunächst unabhängiger CPS in ein kollaboratives, intelligentes System wird als Cyber-Physical Production System (CPPS) bezeichnet. Durch die Kombination ihres Wissens und ihrer Fähigkeiten kann "ein Multiagentensystem gelegentlich Probleme lösen, die über die Grenzen der Kompetenz der einzelnen Agenten hinausgehen und/oder ein aufkommendes Verhalten aufweisen, das sich nicht aus den internen Mechanismen der Komponenten ableiten lässt" (Monostori et al. 2006a).
Herkömmliche, zentralisierte Steuerungssysteme sind zu langsam, um flexibel auf Produktionsänderungen zu reagieren. Multi-Agentensysteme verfolgen einen dezentralen Ansatz, der es CPPS ermöglicht, Prozesse wie Produktionsplanung, Ressourcenzuweisung, Produktionsplanung und -steuerung in Echtzeit zu koordinieren (vgl. Monostori et al. 2006a). Eine exemplarische Anwendung ist der Einsatz von Multi-Agentensystemen zur Gestaltung einer flexiblen Dispositionsstrategie: Im Falle eines unerwarteten Ereignisses, wie z.B. eines Maschinenausfalls, teilen mehrere CPS relevante Informationen und arbeiten zusammen, um den Materialfluss automatisch anzupassen (vgl. Kouiss, Pierreval & Mebarki 1997a). Multi-Agentensysteme erleichtern auch die Zusammenarbeit über Unternehmensgrenzen hinweg. Prozesse entlang der gesamten Lieferkette können unabhängig voneinander in Echtzeit koordiniert und optimiert werden, sodass Lieferanten jederzeit Umsatzschwankungen ausgleichen oder auf kurzfristige Produktänderungen reagieren können.
Die Zusammenarbeit verschiedener Akteure über Unternehmensgrenzen hinweg ist in Abbildung 9 schematisch dargestellt.

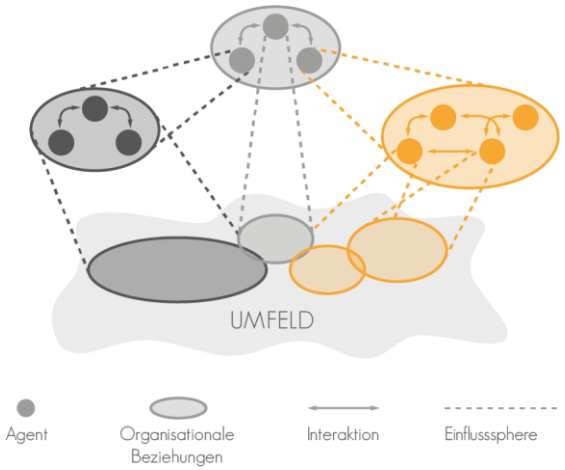

Abbildung 9: Generisches Schema des Multiagentensystems von (Monostori et al. 2006a; Russell, Russell, & Norvig 2010)

Mensch-Maschine-Interaktion: Trotz der Fähigkeit von CPS, ganze Prozessketten selbst zu organisieren und zu verbessern, spielt der Mensch in I4.0 eine Schlüsselrolle. Das Ziel ist nicht die Unterdrückung von menschlichen Bedienern aus den Anlagen, sondern vielmehr die Optimierung von Prozessen und die Unterstützung der Mitarbeiter bei der Erzielung einer höheren Wertschöpfung. CPS können den Menschen während der Produktion auf vielfältige Weise unterstützen: Erstens können sie relevante Informationen über Produktionsprozesse liefern, die es den Mitarbeitern ermöglichen, Prozesse in Echtzeit zu überwachen und bei Bedarf einzugreifen. Schließlich ist der Mensch bei I4.0-Anwendungen immer die letzte Instanz (vgl. Bauernhansl et al. 2014, S. 78 ff.). Cyberphysikalische Anwendungen können auch eingesetzt werden, um Mitarbeiter, die manuelle oder kognitive Aufgaben erfüllen, aktiv zu unterstützen, z.B. in einer Datenbrille, die die Mitarbeiter auf dem kürzesten Weg zum Lagerort führt, wo sie das gesuchte Produkt finden (vgl. Borgmeier, Grohmann, & Gross 2017a, S. 130). Neben innovativen Interaktionsmodalitäten wie der Gestensteuerung erleichtern die Fähigkeiten der

Intentions- und Planerkennung die Zusammenarbeit zwischen CPS und Menschen. Absichtserkennung ist die Fähigkeit, die Absicht eines Menschen zu erkennen, indem man vergangene Handlungen oder die Auswirkungen dieser Handlungen analysiert. Die Planerkennung ermöglicht es CPS, die zukünftigen Absichten und Handlungen auf der Grundlage des bisherigen Verhaltens von Menschen zu antizipieren. Eine Reihe von zuverlässigen wahrscheinlichkeits- und logikbasierten Methoden zur Intentions- und Planerkennung gibt es bereits, aber die breiten Anwendungsmöglichkeiten von CPS erfordern die Weiterentwicklung innovativer Methoden. So muss CPS beispielsweise in der Lage sein, Handlungsalternativen zur Zielerreichung zu erkennen oder sich flexibel an Menschen mit körperlichen Einschränkungen anzupassen. Derzeit sind die bestehenden Methoden für solche Aufgaben noch nicht ausgereift genug (vgl. Geisberger & Broy 2012a, S. 134 f.).

Ein CPS-ähnliches Konzept, das im Zusammenhang mit der vierten industriellen Revolution häufig erwähnt wird, ist das sogenannte Internet of Things (IoT). In der wissenschaftlichen Literatur lassen sich vor allem zwei Interpretationen des Begriffs beobachten. Erstens definieren einige Autoren den Begriff als die Fähigkeit physischer Objekte, miteinander zu arbeiten. Indem sie "Dinge" wie Sensoren, Aktoren oder andere physische Objekte mit geeigneten Informations- und Kommunikationstechnologien ausstatten, können sie durch einzigartige Adressierungsschemata kommunizieren und zusammenarbeiten. Im Hinblick auf CPS bezieht sich diese Interpretation auf ihre Fähigkeit zur Kooperation und Verhandlung zur Erreichung eines gemeinsamen Ziels (vgl. Hermann et al., 2016b, S. 9). Der Fokus dieser Interpretationen liegt daher auf der Fähigkeit der "Dinge", sich mit anderen "Dingen" zu vernetzen.

Die andere gängige Interpretation bezieht sich auf das IoT als die Ausweitung des Internets auf Alltagsgegenstände (vgl. Mattern & Flörkemeier 2010a, S. 107). Der erste Ansatz dieser Vision geht auf das Jahr 1991 zurück, als MARK WEISER seine Vorstellung von Ubiquitous Computing als "nahtlose Integration von Computern in die Welt" bezeichnete (Weiser, 1995). Damals wie heute erfolgt die Interaktion zwischen Mensch und Computer in der Regel über grafische Benutzeroberflächen. Neben den negativen gesundheitlichen Auswirkungen, die anhaltende Bildschirmarbeit auf die Bediener haben kann, besteht der Hauptnachteil solcher Benutzeroberflächen darin, dass sie die volle Aufmerksamkeit des Bedieners erfordern und somit zu einer Isolation von der Umgebung führen. Statt Computer, die sich an die Bedürfnisse des Menschen anpassen, sind Menschen gezwungen, sich an die Einschränkung von Computersystemen anzupassen. Daher kann die Idee des Ubiquitous Computing als Aufgabe des dominierenden Konzepts der grafischen Benutzeroberflächen und der Entwicklung hin zur Integration von Computern in physische Objekte verstanden werden (vgl. Friedewald, Raabe, Georgieff, Koch & Neuhäusler 2010a, S. 29). Das IoT greift die Vision des Ubiquitous Computing auf und verbindet sie mit der Idee, dass in Alltagsgegenstände integrierte Computer jederzeit und überall auf das Internet zugreifen können (vgl. Carretero & García 2014, S.445). Die Integration von Webservices ermöglicht eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten: Alltagsobjekte, deren Funktionalität bisher eingeschränkt war, erhalten plötzlich neue, flexible Möglichkeiten digitaler Objekte (vgl. Mattern & Flörkemeier 2010b, S. 107). Durch das Hinzufügen von Sensoren und Aktoren können webfähige Geräte auch ihre Umgebung direkt wahrnehmen und stören. So ermöglicht das Konzept des IoT, dass Alltagsgegenstände zu sogenannten Smart Products mit völlig neuen Fähigkeiten werden:

Abbildung 10: Fähigkeiten von Smart Products (vgl. Eibl und Gaedke 2017, S.2081)

Ein gemeinsames Beispiel für Smart Products sind Smart Home Devices wie Smart Heating Systems, die aus der Ferne bedient werden können, auf die Wettervorhersagen im Internet zugreifen und die Raumtemperatur messen, um ein angenehmes Raumklima zu gewährleisten.

Innerhalb dieser Interpretation können sich "Dinge" auch mit anderen "Dingen" vernetzen, aber der Fokus verlagert sich auf die Vorteile, die sich ergeben, wenn Embedded Computer und Internetdienste den Menschen in seinem Alltag unterstützen. Laut Gartner-Marktforschung gab es 2017 rund 8,4 Milliarden webfähige Netzwerkgeräte vom Fitness-Tracker bis zur Smart Home Lösung. Bis Ende 2020 prognostizieren Experten mehr als 20,4 Milliarden Smart Products und erwarten ein enormes Wertschöpfungspotenzial für Unternehmen (vgl. Jansen 2017).

Neben den Produkten werden sich auch die Engineering-Prozesse ändern.

CPS und jedes intelligente Produkt sammeln, teilen und verarbeiten ständig riesige Datenmengen.
Gleichzeitig betreten mehr als 3,2 Milliarden Menschen - mit steigender Tendenz - das Internet über Computer, Laptops und Smartphones und erzeugen noch mehr Daten (vgl. E-Marketer. n.d. 2017). Innerhalb von 60 Sekunden werden rund 243.000 Bilder auf Facebook hochgeladen, mehr als 3,8 Millionen Suchanfragen bei Google gestellt und 120 neue Konten bei LinkedIn angelegt. Am Ende jeder Minute werden 400 Stunden neues Videomaterial auf YouTube hochgeladen und mehr als 350.000 Tweets auf Twitter verschickt (vgl. Go-Globe 2016; Statista 2018). Bei der Diskussion großer Datenmengen im Rahmen von I4.0 wird häufig der Begriff Big Data verwendet. Die Frage, was Big Data ist, kann durch diese drei zentralen Eigenschaften beantwortet werden (vgl. Gandomi & Haider 2015, S.138):

Lautstärke: Wie das Wort „big" andeutet, bezieht sich Big Data auf Datensätze von Terra-, Peta- und schließlich sogar Zettabytes, die zu groß sind, um von traditionellen Informationstechnologien verarbeitet zu werden.
Vielfalt: Big Data umfasst strukturell heterogene Daten aus verschiedenen Quellen wie Messergebnisse von Sensoren, Bilderuploads aus sozialen Netzwerken oder Audiodateien von Streaming-Diensten.
Geschwindigkeit: Dieses Merkmal bezieht sich auf die hohe Datenfluss- und Wachstumsrate von Big Data (vgl. Gandomi & Haider 2015, S. 138; Katal, Wazid & Goudar 2013, S. 404).

Gemäß dieser Eigenschaften kann Big Data als eine riesige Menge von permanent fließenden und wachsenden Datensätzen interpretiert werden, die aus allen möglichen Quellen stammen.

Herkömmliche Informationstechnologien sind nicht in der Lage, solche Daten zu verarbeiten, wobei die "Erfassung, Speicherung, Suche, gemeinsame Nutzung, Analyse und Visualisierung von Daten" das Hauptproblem darstellen (Ohlhorst 2012).
Experten aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft gehen davon aus, dass Big Data in Zukunft ein "wichtiger Innovationstreiber und eine bedeutende Quelle für Wertschöpfung und Wettbewerbsvorteile" sein wird (Tan et al. 2015, S.1). Die Fähigkeit, Big Data mit leistungsstarken Technologien und innovativen Datenanalyseverfahren zu verarbeiten und zu analysieren, ermöglicht es Unternehmen, relevante Informationen über ihre Produkte, Kunden, Wettbewerber oder Lieferanten zu gewinnen. Große Datenmengen können in kurzer Zeit verarbeitet werden, was zu enormen Effizienzsteigerungen führt. Darüber hinaus können Muster und Korrelationen in Big Data auf zukünftige Marktentwicklungen und Trends hinweisen und so zur Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen beitragen und sie bei ihren strategischen Entscheidungen leiten (vgl. Sagiroglu, Sinanc & Duygu 2013, S.42; Wamba et al. 2015, S.234).
Aufgrund ihrer Wertschöpfungspotenziale werden Daten und insbesondere Big Data manchmal als das Öl der Zukunft bezeichnet (vgl. Jodlbauer & Schagerl 2016, S.1475; Jodlbauer 2016). Erfolgreiche Anwendungsbeispiele zeigen das enorme Potenzial von Big Data:
Durch den Einsatz von Big Data-Technologien und -Software reduzierte Visa die Verarbeitungszeit von zweijährigen Kreditkartendaten, die rund 73 Milliarden Transaktionen umfassten, von einem Monat auf nur 13 Minuten.
Nachdem sich der Informatikprofessor Etzioni über einen überhöhten Ticketpreis für seinen Flug geärgert hatte, entwickelte er das Programm Farecast, das 200 Milliarden Flugpreisdaten analysierte, um die weitere Preisentwicklung vorherzusagen. Inzwischen ist das Programm in die Bing-Suchmaschine von Google integriert und hilft den Kunden, durch die Vorhersage zukünftiger Preise durchschnittlich 50 Dollar zu sparen (vgl. Mayer-Schönberger & Cukier 2013, S.62).

Die Extraktion relevanter Informationen und Erkenntnisse aus Big Data erfordert die Prozesse von Data Management und Data Analytics, die aus fünf verschiedenen Phasen bestehen, wie in Abbildung 11 dargestellt.

Durch den Einsatz verschiedener Analysetechniken und -ansätze können Unternehmen Erkenntnisse über vergangene Vorfälle, wie z.B. sinkende Verkaufszahlen und Ursachen für die Vorfälle (Descriptive Analytics) gewinnen, aber auch zukünftige Entwicklungen, wie z.B. auftretende Marktentwicklungen, Preisentwicklungen oder Maschinenausfälle (Predictive Analysis) vorhersagen und die Gründe für zukünftige Entwicklungen (Prescriptive Analysis) identifizieren (vgl. Bolt 2015, S.674).
Trotz des Fortschritts in den Analysetechniken bemerken zahlreiche Autoren, dass Big Data Analytics noch weitere Forschungsarbeiten benötigt, um die Qualität von Prozessen und Ergebnissen zu verbessern. So ist beispielsweise das

Erkennen von Ironie und Sarkasmus in unstrukturierten Textdokumenten nach wie vor eine Herausforderung für Textanalyseverfahren: In einem Testlauf auf der Social Media Plattform Twitter wurden nur 71% der Beiträge korrekt als sarkastisch oder nicht sarkastisch eingestuft (vgl. Forslid & Wikén 2015, S.39). Darüber hinaus sind insbesondere im Bereich der Predictive Analysis traditionelle statistische Methoden oft ungeeignet, da sie für kleinere Testgebiete signifikant sind und daher zu einer Verzerrung der Big Data Ergebnisse führen können (vgl. Gandomi & Haider 2015, S.144).
Um die Erkenntnisse der Big Data Analytics zu teilen, zu kommunizieren und zu diskutieren, sind geeignete Visualisierungstechniken und -werkzeuge erforderlich, da der Mensch Informationen besser wahrnehmen kann, wenn sie in Grafiken übertragen werden. Visualisierungsempfehlungssysteme können Unternehmen bei der Visualisierung unterstützen, indem sie geeignete Visualisierungen basierend auf den Eigenschaften der Daten, der Art des Problems oder individuellen Präferenzen vorschlagen und so interessante Einblicke in die Ergebnisse geben können (vgl. Kaur & Owonibi 2017, S.266; Bikakis 2018, S.6).

Natürlich spielen auch Datensicherheit und Datenschutz bei diesem I4.0-bezogenen Konzept eine große Rolle. Die zuvor diskutierten Sicherheits- und Datenschutzparadigmen müssen bei der Entwicklung und Implementierung von Big Data-Anwendungen berücksichtigt werden (siehe Abbildung 9). Datenschutzgesetze und die Erfassung und Analyse von Big Data scheinen auf den ersten Blick oft unvereinbar zu sein. Während die Erfassung und Analyse von technischen Daten wie z.B. Daten von Sensoren oft rechtlich unbedenklich ist, ist die Verarbeitung personenbezogener Daten gesetzlich streng geregelt. Personenbezogene Daten sind alle Daten, die einen Rückschluss auf persönliche oder sachliche Verhältnisse einer bestimmten oder bestimmbaren natürlichen Person ermöglichen.
So verlangt beispielsweise das deutsche Datenschutzgesetz, dass die Erhebung personenbezogener Daten vermieden oder zumindest minimiert werden soll. Darüber hinaus sollten die Daten nur für einen bestimmten Zweck erhoben, verarbeitet und verwendet werden, und jede Änderung des Zwecks erfordert die Zustimmung der Person, deren Daten erhoben werden. In Big Data Applications können diese Prinzipien in Bezug auf personenbezogene Daten nicht praktisch umgesetzt werden, da Big Data aus riesigen Mengen an ständig wachsenden, heterogenen Daten aus allen möglichen Quellen besteht. Eine Lösung ist die Anonymisierung aller personenbezogenen Daten, entweder durch Löschen aller Merkmale, die eine dauerhafte Identifizierung ermöglichen, oder durch Aggregation der Daten, sodass eine Zuordnung zu einer natürlichen Person nicht mehr möglich ist (vgl. Dorschel & Nauerth 2013). Je nachdem, in welchem Land Unternehmen Daten erheben wollen, müssen sie ihre Big Data Applications an die jeweiligen Gesetze anpassen.

Die Konzepte von CPS und Big Data zeigen, dass Daten eines der zentralen Elemente von I4.0 sind. Zur Steuerung, Kontrolle und Optimierung von Prozessen und zur Generierung von Wissen werden ständig Daten gesammelt, verarbeitet, geteilt und analysiert. Daher benötigen I4.0-Anwendungen leistungsstarke Computerressourcen, um alle Daten wie Speicherplatz, sichere Netzwerke oder intuitive Visualisierungstools zu verarbeiten, aber Computerressourcen sind oft mit hohen Investitionen verbunden und relativ unflexibel. Unternehmen müssen den gesamten Preis zahlen, egal ob sie eine Software einmal im Monat oder einmal am Tag nutzen. Der Begriff Cloud Computing beschreibt in diesem Zusammenhang ein neues Betriebsmodell, das darauf abzielt, Kosten zu senken und die Flexibilität für die Nutzer zu erhöhen (vgl. Zhang et al. 2010, S.7 f.). Das NATIONALE INSTITUT FÜR STANDARDS UND TECHNOLOGIE (NIST) definiert Cloud Computing wie folgt:
"Cloud Computing ist ein Modell für den allgegenwärtigen, bequemen On-Demand-Netzwerkzugriff auf einen gemeinsamen Pool von konfigurierbaren Computerressourcen (z.B. Netzwerke, Server, Speicher, Anwendungen und Dienste), die mit minimalem Verwaltungsaufwand oder Interaktion mit Dienstanbietern schnell bereitgestellt und freigegeben werden können" (Mell & Grance 2011, S. 2). Statt starrer Ressourcen wie Anwendungen, die stationär auf Computern installiert sind, greifen Cloud-Benutzer von jedem Ort, jeder Zeit und von jedem internetfähigen Gerät aus auf die benötigten Ressourcen zu.
Im Allgemeinen gibt es drei verschiedene Servicemodelle von Cloud Computing:

Software as a Service (SaaS): Benutzer installieren keine Anwendungen auf ihrem Computer, können aber jederzeit und überall auf Anwendungen in einem Cloud-Netzwerk zugreifen und so mit anderen Benutzern an Projekten in der Cloud zusammenarbeiten. Anwendungen werden von Cloud-Anbietern verwaltet, installiert und aktualisiert, sodass Unternehmen ihre Infrastruktur oder andere Komponenten nicht warten müssen. Häufige Beispiele für SaaS sind E-Mail-Programme oder Enterprise Resource Planning Systeme.

Platform as a Service (PaaS): In diesem Servicemodell haben die Benutzer Zugriff auf eine Cloud-Umgebung, in der ihnen die Infrastruktur zur Verfügung steht, die sie für die Entwicklung, Verwaltung und Bereitstellung ihrer eigenen Anwendungen benötigen. Neben Speicherplatz und anderen IT-Ressourcen haben Anwender Zugriff auf vordefinierte Tools, Programmiersprachen und Services, die die Entwicklung, Anpassung, das Testen und Hosting ihrer eigenen Anwendungen

erleichtern. Räumlich verteilte Entwicklungsteams können gleichzeitig an Projekten arbeiten. Die Anbieter sind für die Verwaltung von Sicherheit, Betriebssystemen, Serversoftware und Backups verantwortlich.

Infrastructure as a Service (IaaS): Den Benutzern werden grundlegende Computerressourcen wie Server, Speicher und Netzwerkkomponenten zur Verfügung gestellt. Sie können Software oder Plattformen in der Cloud hochladen und betreiben, wobei der Anbieter die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der bereitgestellten Infrastruktur sicherstellt (vgl. Mell & Grance 2011, S. 2 f.; IBM 2018).

Je nach Bedarf können Unternehmen zwischen den Servicemodellen wählen und wechseln.
Im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen ermöglicht Cloud Computing Unternehmen eine deutliche Kostensenkung. Erstens müssen keine Investitionen im Voraus getätigt werden, da die Unternehmen nur für die Dienstleistungen und Ressourcen bezahlen, die sie tatsächlich nutzen. Gleichzeitig können die Betriebskosten gesenkt werden, indem Ressourcen flexibel reduziert werden, wenn sie nicht benötigt werden.
Umgekehrt können in Zeiten mit hohem Datenverkehr die Ressourcen leicht erweitert werden und ermöglichen so die Abdeckung von Auslastungsspitzen. Neben Kosteneinsparungen und erhöhter Flexibilität profitieren Unternehmen von der Expertise der Cloud-Computing-Anbieter in den Bereichen Wartung und Cybersicherheit, da die Sicherstellung von Funktionalität und Datensicherheit zu ihrem Kerngeschäft gehört (vgl. Zhang et al. 2010, S.7 f.). Insgesamt kann Cloud Computing als Enabler für I4.0-Anwendungen angesehen werden, da es Unternehmen und insbesondere KMU die Rechenressourcen zur Verfügung stellt, die sie für den Betrieb ihrer I4.0-Anwendungen benötigen.

Aufgrund der Vielzahl neuer Terminologien fühlen sich viele Unternehmen überfordert, wenn sie sich dem Thema I4.0 nähern. Dieser Abschnitt gibt einen kurzen Überblick und eine umfassende Unterscheidung zwischen Visionen und Technologien von I4.0.

Eine der zentralen Visionen von Industrie 4.0 ist die Verschmelzung der physischen und virtuellen Welt, die durch so genannte Cyberphysische Systeme (CPS) realisiert werden kann (vgl. Vogel-Heuser et al., 2016a S.58 f.). CPS beschreiben die Idee, Cyber- und physische Objekte miteinander zu verschmelzen, um kollaborierende und interagierende Einheiten zu bilden. Physische Objekte beziehen sich auf natürliche oder vom Menschen geschaffene Elemente wie Rohstoffe, technische Geräte, Gebäude, Management- oder Logistikprozesse, während Cyberobjekte Soft- oder Hardwarekomponenten beschreiben (Geisberger & Broy, 2012c). Während sich CPS auf einzelne, separat arbeitende Betriebssysteme bezieht, wird die Verbindung verschiedener Systeme produktionstechnisch als Cyber-Physical Production-Systems (CPPS) bezeichnet (vgl. Wolf, Dollinger, Hees & Reinhart 2017).

Der erste Ansatz dieser Vision geht auf das Jahr 1991 zurück, als Mark Weiser seine Vorstellung von Ubiquitous Computing als "nahtlose Integration von Computern in die Welt" beschrieb (Weiser 1991, S. 94). Damals wie heute erfolgt die Interaktion zwischen Mensch und Computer in der Regel über grafische und andere Benutzeroberflächen. Neben den negativen gesundheitlichen Auswirkungen, die anhaltende Bildschirmarbeit auf die Bediener haben kann, besteht der Hauptnachteil solcher Benutzeroberflächen darin, dass sie die volle Aufmerksamkeit des Bedieners erfordern und somit zu einer Isolation von der Umgebung führen. Anstatt Computer an die Bedürfnisse des Menschen anzupassen, sind Menschen gezwungen, sich an die Einschränkung von Computersystemen anzupassen. Die Idee des Ubiquitous Computing kann als Aufgabe des dominierenden Konzepts der grafischen Benutzeroberflächen und der Entwicklung zur Integration von Computern in Alltagsgegenstände verstanden werden (vgl. Friedewald, Raabe, Georgieff, Koch & Neuhäusler 2010b, S.29).
Nach der Erstveröffentlichung im Jahr 1991 wurde der Begriff des Ubiquitous Computing auf das sogenannte Internet of Things (IoT) ausgedehnt (vgl. Mattern & Flörkemeier 2010c, S. 1 f.). Die Vision des IoT ist es, physische Objekte in das Internet einzubinden, indem sie mit IP-basierten Sensoren und Identifikatoren ausgestattet werden (vgl. Weinberger, Bilgeri, & Fleisch, 2016 S.445). Die zusätzliche Integration von Webservices ermöglicht eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten: Alltagsobjekte, deren Funktionalität bisher eingeschränkt war, erhalten plötzlich neue, flexible Möglichkeiten digitaler Objekte (vgl. Mattern & Flörkemeier 2010c, S.107). Ein beliebtes Beispiel für den Einsatz des IoT sind Smart Home Devices, die aus der Ferne z.B. über Apps auf Smartphones bedient werden können oder sogar autonom agieren, wie z.B. eine Heizung, die entweder Temperaturen misst oder den Wetterbericht auswertet, um eine angenehme Raumtemperatur zu erhalten. Generell eröffnet IoT die Möglichkeit, Objekte aus der Ferne zu kontrollieren, Informationen über ihre Umgebung zu sammeln und ermöglicht Objekten und ihre Nutzern von Internetdiensten zu profitieren (vgl. Eibl, Gaedke, & Gesellschaft für Informatik e. V. 2017, S. 2081).

In der Literatur ist die Unterscheidung zwischen Cyber-physischen Systemen (CPS), Ubiquitous Computing und dem IoT oft nicht eindeutig oder die Begriffe werden sogar als Synonyme verwendet. Für diese Leitlinien wird CPS trotz der

unterschiedlichen Schwerpunkte jedes Konzepts, da sie alle ihren Ursprung in der gleichen grundlegenden Vision haben und auf den gleichen Technologien basieren, als Oberbegriff für alle Konzepte verstanden.

Obwohl die bereits erwähnten unterschiedlichen Begriffe oft als Schlagworte für I4.0 verwendet werden, ist es immer noch schwer vorstellbar, wie genau sie zur Wertschöpfung in Unternehmen beitragen können.

Diese Auflistung von Begriffen, die für intelligente KMU wichtig sind, fasst die Fähigkeiten und zugrunde liegenden Technologien von CPS zusammen und zeigt, wie kooperierende CPS in einem Produktionssystem Mehrwert schaffen können (vgl. Geisberger & Broy, 2012c S.127).

Körperliches Bewusstsein: CPS erfordern die Fähigkeit, Informationen über die physische Umgebung zu sammeln, um auf das eingehende Datum angemessen reagieren zu können. Zu diesen Daten gehören Informationen über menschliche und technische Akteure und deren Zustand, wie z.B. die genaue Position eines Werkstücks oder die Anzahl der Mitarbeiter an einem Fließband. Zur Bereitstellung dieser Informationen werden Sensoren verwendet. Sensoren können den chemischen oder physikalischen Zustand wie Temperatur oder Luftfeuchtigkeit bestimmen und diese Informationen in ein digital codiertes Signal umwandeln (vgl. Geisberger & Broy, 2012c S. 127, 138). Im Bereich der Objekterkennung und -verfolgung gilt die Radiofrequenz-Identifikation (RFID) als eine der Schlüsseltechnologien. RFID basiert auf elektromagnetischen Feldern. Jedes Objekt erhält einen RFID-Tag mit spezifischen, gespeicherten Informationen wie z.B. der Artikelnummer. RFID ermöglicht eine exakte Verfolgung von Objekten bei minimalen Kosten (vgl. Song, Fink, & Jeschke, 2017b S.197). Dieses Prinzip bietet ein großes Anwendungspotenzial, insbesondere bei logistischen Prozessen wie der Echtzeitverfolgung (vgl. Song et al., 2017b S.29). Anstelle von zeit- und kostenintensiven Inventuren, die von den Mitarbeitern durchgeführt werden, können Sensoren die verfügbaren Produktmengen jederzeit zu geringen Nullkosten erfassen (Fleisch, Weinberger, & Wortmann, 2014). Um Produktionsprozesse zu koordinieren, müssen sensorgestützte Objekte miteinander kommunizieren und interagieren können, was mit drahtlosen Sensornetzwerken (WSN) realisiert werden kann (vgl. Song et al. 2017b, S.29 & 250). Die Ausrichtung von Informationen verschiedener Sensoren ist notwendig, um eine ganzheitliche, virtuelle Abbildung realer Prozesse zu erhalten. Ein häufiges Beispiel für Objekte mit hohem Körperbewusstsein sind fahrerlose Transportsysteme, die Sensoren zur Orientierung verwenden.

Geplantes und vorausschauendes (halb-)autonomes Handeln: CPS erfordern die Fähigkeit, teilweise oder vollständig autonom zu handeln, um Prozesse flexibler zu gestalten. Basierend auf den Anweisungen menschlicher Bediener oder Informationen, die von Sensoren gesammelt werden, kann CPS sein Verhalten anpassen und in Prozesse durch Stellglieder eingreifen. Aktoren wandeln digitale Signale von Sensoren oder Befehlen von Bedienern in mechanische Bewegungen um, wie z.B. die Bewegung eines Roboterarms, oder physikalische Ausgangsgrößen, wie z.B. eine Druck- oder Temperaturänderung (vgl. Geisberger & Broy, 2012c S.138). Die Fähigkeit zur autonomen Entscheidungsfindung kann durch eine multikriterielle Lagebeurteilung umgesetzt werden, die es CPS ermöglicht, Situationen in Echtzeit auf der Grundlage zuvor definierter Kriterien zu analysieren, zu interpretieren und zu bewerten. Zur Lösung solcher Aufgaben werden Informationen über die physikalische Umgebung eines Objekts auf Domänenmodelle ausgerichtet, die in der Lage sind, Zusammenhänge zu modellieren und mögliche Aktionen abzuleiten. Reale Situationen erfordern die Berücksichtigung mehrerer, interagierender Variablen: Alle Akteure, Objekte sowie Menschen und ihr Verhalten sowie ihre Wechselwirkungen müssen berücksichtigt werden. Ein problematisches Thema ist die Bewertung gegenläufiger Ziele, wie z.B. eines autonomen Fahrzeugs, das das Leben seiner Fahrgäste retten, aber gleichzeitig Fußgänger gefährden könnte. Ein weiterer vielversprechender Ansatz ist der Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) (vgl. Geisberger & Broy 2012c, S. 129 ff.). Künstliche Intelligenz ist eine Wissenschaft von Maschinen, die Aufgaben ausführt, die Intelligenz erfordern, wenn sie von Menschen ausgeführt werden. Was wie eine Zukunftsvision klingt, wird bereits von verschiedenen Anwendungen genutzt: Fortschrittliche Unterhaltungselektronik, wie beispielsweise adaptive Ohrhörer, kann Umgebungsgeräusche analysieren und ausblenden. Kamerabasierte Überwachungssysteme können Gefahrensituationen an öffentlichen Orten erkennen und melden. Im medizinischen Bereich können hochriskante Operationen mit hochpräzisen Roboterarmen durchgeführt werden (vgl. Dengel 2011b, S. 391).

Zusammenarbeit und Verhandlung: Um ihr Potenzial voll auszuschöpfen, benötigen CPS die Fähigkeit zur Zusammenarbeit und Verhandlung. Ziel ist es, verschiedene CPS in Echtzeit zu koordinieren, um reibungslose Prozesse und ein gemeinsames, zielorientiertes Verhalten zu gewährleisten. Technische Grundlage für die Zusammenarbeit verschiedener CPS sind Multiagentensysteme (MAS). Der Begriff Agent bezieht sich auf ein Softwaremodul, das autonom handeln kann. Die Wechselwirkungen mit der Umgebung erfolgen über Sensoren und Aktoren. Durch den Einsatz von KI-Methoden erhalten Agenten aufgabenorientierte Problemlösungskompetenz. In der MAS interagieren zahlreiche Agenten mit anderen Agenten, um eine optimale Lösung zu finden (vgl. Geisberger & Broy, 2012c S.132). Während traditionelle, zentrale Steuerungssysteme zu langsam sind, um flexibel auf Produktionsänderungen zu reagieren, verfolgen MAS und CPS im

Allgemeinen einen dezentralen Ansatz, der es ermöglicht, Prozesse wie Zeitplanung, Ressourcenzuweisung, Produktionsplanung und -steuerung in Echtzeit zu koordinieren (vgl. Monostori, Váncza, & Kumara 2006b). Eine exemplarische Anwendung ist der Einsatz von MAS zur Gestaltung einer flexiblen Terminierungsstrategie: MAS kann auf unerwartete Ereignisse wie einen Maschinenausfall reagieren und passt den Materialfluss automatisch an (Kouiss, Pierreval & Mebarki 1997b).

Mensch-Maschine-Interaktion: Trotz autonomer Roboter und selbstorganisierender Prozesse spielt der Mensch in I4.0 eine Schlüsselrolle. Das Ziel ist nicht die Substitution von menschlichen Operatoren, I4.0 zielt darauf ab, Prozesse zu optimieren und die Mitarbeiter dabei zu unterstützen, eine überlegene Wertschöpfung zu erzielen. CPS kann den Menschen während der Produktion auf vielfältige Weise unterstützen: Erstens können sie relevante Informationen über Produktionsprozesse liefern, die es den Mitarbeitern ermöglichen, Prozesse in Echtzeit zu überwachen und bei Bedarf einzugreifen. Schließlich ist der Mensch immer die letzte Instanz bei I4.0-Anwendungen (vgl. Vogel-Heuser et al. 2016a, S. 78 ff.). Cyberphysikalische Anwendungen können auch eingesetzt werden, um Mitarbeiter, die manuelle oder kognitive Aufgaben ausführen, aktiv zu unterstützen. So können beispielsweise Exoskelette zu einer höheren Effizienz und ergonomischen Bewegungsabläufen ihres Trägers führen (vgl. Cernavin, Schröter & Stowasser 2017, S.38). Eine weitere mögliche Anwendung sind Datengläser in logistischen Prozessen: Sie können die Mitarbeiter auf dem kürzesten Weg zum Lagerort führen, wo sie das gesuchte Produkt finden. Gleichzeitig können Datenbrillen als Barcodescanner fungieren und die Inventarliste sofort aktualisieren. Dadurch werden Suchzeiten und Fehler minimiert und der Mitarbeiter hat zusätzlich beide Hände frei (vgl. Borgmeier, Grohmann, & Gross 2017b, S.130). Um die Interaktion zwischen Mensch und Maschine zu optimieren, braucht der Mensch anstelle von Tastaturen und Monitoren die Möglichkeit, intuitiver mit Maschinen zu interagieren, zum Beispiel über Gesten oder Sprache. In den letzten Jahren wurden zahlreiche Anwendungen wie das Steuermodul Kinect von Microsoft entwickelt (vgl. Geisberger & Broy, 2012c S. 134), mit denen Mitarbeiter bei Produktionsprozessen unterstützt werden können.

Cloud Computing: Um eine Vielzahl von Daten zu verarbeiten, die in CPPS gesammelt, genutzt und gespeichert werden, sind leistungsfähige Informationstechnologien erforderlich. In diesem Zusammenhang werden oft die Begriffe Big Data und Cloud Computing erwähnt (vgl. Vogel-Heuser et al., 2016a S.572 f.). Big Data bezieht sich auf "Datensätze, die für traditionelle Datenverarbeitungssysteme zu groß sind und daher neue Technologien erfordern" (Provost & Fawcett, 2013 S.54). Ein Ziel ist es, die hohe Datenmenge verarbeiten zu können und dann mit Hilfe von Algorithmen relevante Informationen und Kenntnisse zu extrahieren. Dieses Verfahren wird als Data Mining bezeichnet. Extrahierte Informationen können von Unternehmen genutzt werden, um Wettbewerbsvorteile zu erlangen, z.B. durch die Vorhersage von Marketingtrends (vgl. Provost & Fawcett, 2013 S. 51-59). Data Mining kann auch zur Verbesserung von Produktionsprozessen eingesetzt werden: Im Rahmen des Projekts EIDOdata konnten Wissenschaftler beispielsweise eine Software entwickeln, die in der Lage ist, Prozessdaten zu analysieren und Optimierungspotenziale in Bezug auf Energie- und Rohstoffverbrauch abzuleiten (vgl. Eidodata, n.d.-a; Schebek, Kannengießer & Campitelli 2017a, S.45). Auf der anderen Seite bezeichnet Cloud Computing die Bereitstellung von IT-Infrastrukturen wie Software oder Speicherplatz als Webservices über das Internet. Wesentliche Vorteile ergeben sich in Bezug auf Zugänglichkeit und Skalierbarkeit: Benutzer können von jedem mobilen Gerät aus auf Webservices zugreifen. Zusätzliche Ressourcen wie beispielsweise ein größerer Speicherplatz können sofort aktiviert werden (vgl. Baun, Kunze, Nimis, & Tai 2011, S.1f.).

Das übergeordnete Ziel von I4.0 liegt im Konzept der Smart Factory. Der Begriff "Smart Factory" beschreibt eine Fabrik, die die oben genannten Technologien und Ideen einsetzt, um Prozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu optimieren. Obwohl die Technologien noch nicht ausgereift genug sind, gehen Experten davon aus, dass innerhalb einer Smart Factory Objekte, Maschinen und Menschen am effizientesten zusammenarbeiten und hochflexible Produktionsprozesse bis hin zu individualisierten Produkten auf Kosten der Massenproduktion ermöglichen können (vgl. Radziwon, Bilberg, Bogers & Madsen 2014, S.1184-1189; Vogel-Heuser et al. 2016a; S.633).

2.5 Wie Industrie 4.0 und Smart Engineering den Produktlebenszyklus verändern

Industrie 4.0 eröffnet aufgrund seiner vielfältigen Funktionen völlig neue Möglichkeiten für Unternehmen jeder Größe und Branche. Im Rückblick auf den Lebenszyklus von Produkten war die erste Herausforderung für Unternehmen die schnelle und effiziente Entwicklung von Produkten, die die Wünsche und Bedürfnisse der Zielkunden erfüllen können. Erstens ermöglicht I4.0 Produktinnovationen, die den Kunden einen höheren Mehrwert bieten können (siehe Kapitel 5). In diesem Zusammenhang wird das Schlagwort Internet of Things oft verwendet, um webfähige Objekte mit Identifikation und

Sensoren zu beschreiben. Neben Produktinnovationen können Unternehmen im Entwicklungsprozess von Zeit- und Kosteneinsparungen profitieren (Kapitel 5). So können beispielsweise Augmented-Reality-Technologien als eine große Chance angesehen werden, die Effizienz in dieser Phase zu steigern. Es ermöglicht das virtuelle Design von Prototypen sowie die virtuelle Veränderung von Produkteigenschaften wie Farben oder Materialien und die virtuelle Einführung von Funktionalitäten ohne zusätzliche Material- und Fertigungskosten. Darüber hinaus können alle bereitgestellten Änderungen automatisch und transparent dokumentiert werden (vgl. Borgmeier, Grohmann & Gross 2017c, S.127 f.).

In der Logistik ergeben sich über den gesamten Lebenszyklus eines Produktes große Potenziale (vgl. Abbildung 7Abbildung 11). Echtzeit-Überwachung des Lagerbestandes, Produktverfolgung und Überwachung durch Sensortechnologien wie RFID sind nur einige der vielversprechenden Anwendungen, die die Effizienz steigern können.

Fertigungs- und Montageprozesse können in Bezug auf Qualität, Flexibilität und Effizienz optimiert werden und damit auch zur Nachhaltigkeit beitragen (Kapitel 2). CPS können als Assistenzsystem eingesetzt werden, wie z.B. Exoskelette oder kopfmontierte Displays in Datengläsern. Während relevante Informationen in Unternehmen heute oft nicht oder nur unzureichend verfügbar sind, ermöglichen Assistenzsysteme die Darstellung relevanter Informationen in Echtzeit. Darüber hinaus können sie die Mitarbeiter z.B. durch die Anzeige von Arbeitsanweisungen (sieh Kapitel 3.6) unterstützen. CPS wie autonome Roboter können Aufgaben ausführen, die körperlich anspruchsvoll oder ineffizient sind, wenn sie von Mitarbeitern ausgeführt werden. Unterschiedliche CPS, die zusammenarbeiten, haben die Fähigkeit, komplette Produktionsprozesse in Echtzeit anzupassen und zu optimieren. Dezentrale Entscheidungsprozesse stellen ein neues Niveau an Geschwindigkeit und Flexibilität dar (Kapitel 2).

Die nächsten Schritte im Produktlebenszyklus (siehe Abbildung 11) sind Marketing, Vertrieb und Distribution (siehe Kapitel 3.5). Gerade im E-Commerce belastet eine hohe Anzahl von Retouren Unternehmen und Umwelt. Online-Bilder unterscheiden sich von den Kundenerwartungen an das reale Produkt und werden daher zurückgeschickt (vgl. Deges 2017, S.1ff.). Kunden können bei Entscheidungsprozessen beispielsweise durch den Einsatz von Augmented Reality und Virtual Reality Technologien unterstützt werden. Diese Technologien ermöglichen es den Kunden, Produkte und ihre unterschiedlichen Eigenschaften vor der Online-Bestellung zu testen und können so zu niedrigeren Retourenquoten beitragen. Darüber hinaus können Big Data verwendet werden, um die Präferenzen einer bestimmten Kundengruppe zu ermitteln und Produktempfehlungen anzupassen (Deloitte, 2017).

Während der Produktnutzung können Kunden zusätzliche Funktionalitäten von Smart Products und eine höhere Produktvielfalt nutzen (siehe Kapitel). Gleichzeitig können Unternehmen von zusätzlichen Daten wie dem Energieverbrauch ihrer Produkte profitieren, mit denen sie Schwachstellen erkennen und Produkte optimieren können. Im Bereich der Wartung können Technologien wie 3D-Drucker eine kostengünstige Alternative zur Herstellung von Ersatzteilen oder Datenbrillen sein, die den Techniker bei der Reparatur unterstützen können, indem sie die nächsten Schritte oder mögliche Fehlerursachen aufzeigen (Deloitte, 2017).

Auch im Bereich des Recyclings können I4.0-Technologien Prozesse verbessern. So werden beispielsweise bereits Sensoren zur automatischen Materialsortierung eingesetzt und können so zu höheren Recyclingquoten beitragen (Eidodata, n.d.-b; Schebek, Kannengießer & Campitelli 2017b, S. 45).

Zusammenfassung: I4.0 kann Prozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette in Bezug auf Qualität, Zeit, Effizienz, Nachhaltigkeit und Flexibilität verbessern. Die oben vorgestellten Anwendungen zielen darauf ab, die Leistungsfähigkeit von I4.0-Technologien zu demonstrieren und Orientierung zu geben. Aufgrund der Vielzahl neuer Technologien und Visionen würde es über den Rahmen dieser Leitlinien hinausgehen, weitere Anwendungen aufzulisten. Aber genau hier entfaltet sich die Stärke von I4.0: Kombination verschiedener Technologien zur Entwicklung innovativer Lösungen. Die folgenden Abschnitte sollen Unternehmen bei der Erkennung von I4.0-Potenzialen im eigenen Unternehmen unterstützen. Diese Richtlinien könnten sie auch inspirieren, eine konsistente I4.0-Strategie zu formulieren sowie konkrete Maßnahmen zur Erreichung ihrer Geschäftsziele abzuleiten und umzusetzen.

2.6 Anwendungen der Industrie 4.0 entlang des Produktlebenszyklus

Obwohl verschiedene Autoren das Potenzial von I4.0 zur Verbesserung der Prozesse entlang des gesamten Produktlebenszyklus betonen, konzentrieren sich viele Publikationen nur auf bestimmte Teilbereiche wie Logistik (vgl. Bousonville 2017) oder Fertigungsprozesse (vgl. Spath et al. 2013). Daher soll in diesem Abschnitt aus verschiedenen Publikationen die Einsatzmöglichkeiten von I4.0 entlang des gesamten Produktlebenszyklus zusammengestellt werden. Aufgrund der Vielfalt der entstehenden Technologien und ihrer vielfältigen Möglichkeiten versucht die folgende Zusammenstellung nicht, alle möglichen Anwendungen abzudecken. Vielmehr geht es darum, interessierten Lesern einen

prägnanten Überblick zu geben und die weitere Forschung zu fördern. Der typische Produktlebenszyklus ist in Abbildung 11 dargestellt.

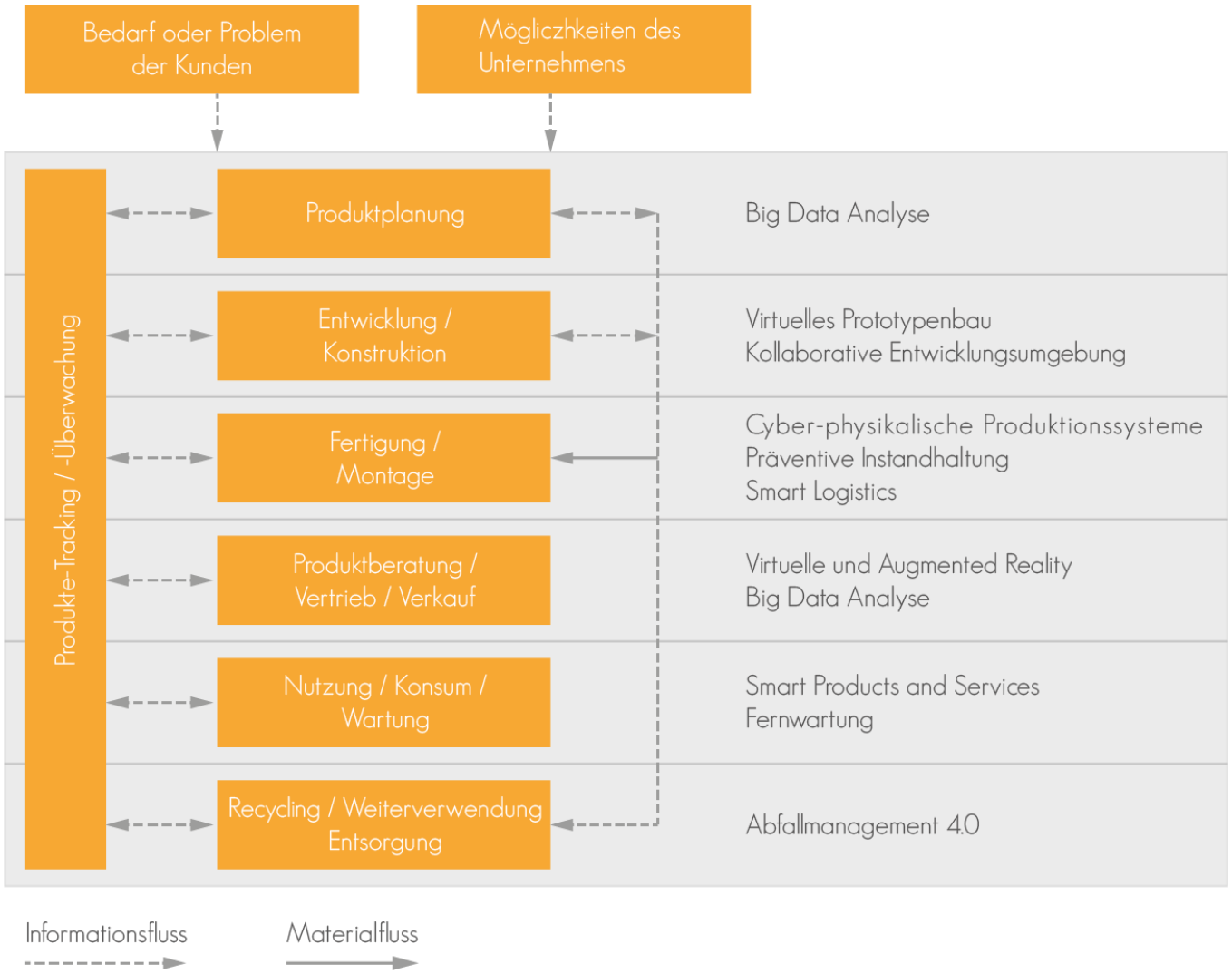

Abbildung 11: Produktlebenszyklus mit Strömungen

Ausgangspunkt jeder erfolgreichen Produktinnovation ist eine Idee. Die Idee könnte aus den Anforderungen oder Problemen eines bestimmten Marktes oder Kundensegments entstehen (vgl. Grote et al. 2014, S.1). Forscher und Manager berichten, dass Big Data derzeit "ein starker Innovationstreiber und eine bedeutende Quelle der Wertschöpfung" ist (Tan et al. 2015, S.223). Big Data kann genutzt werden, um Erkenntnisse über aktuelle und zukünftige Trends zu gewinnen und kann Unternehmen helfen, ein besseres "Verständnis ihrer Produkte, Kunden und Märkte zu erlangen, das für Innovationen entscheidend ist" (Tan et al. 2015, S.224). Auf dem Markt gibt es bereits verschiedene Big Data-Lösungen, die Daten wie Transaktionen und Interaktionen von Kunden, User-Generated-Content oder Social Media-Daten automatisch analysieren und damit Unternehmen bei der Generierung von Innovationsideen unterstützen können (vgl. Markl et al. 2013, S.11). Bisher erfordert die Umsetzung dieser Ideen in ein funktionsfähiges Produkt verschiedene zeit- und kostenintensive Aktivitäten wie Machbarkeitsprüfungen, Designstudien, die Herstellung und Erprobung verschiedener Prototypen (vgl. Cooper & Centre 1980, S.27 ff.). Augmented und Virtual Reality Technologien können eingesetzt werden, um die Effizienz in dieser Phase zu steigern, indem das virtuelle Design von Prototypen ermöglicht wird. Merkmale wie Farbe, Material und Funktionalitäten können ohne zusätzlichen Material- und Fertigungsaufwand schnell geändert werden, auch Funktionstests und Zertifizierungen können mit digitalen Prototypen durchgeführt werden, während die automatische Dokumentation aller durchgeführten Änderungen zu einer höheren Transparenz des gesamten Prozesses führt (vgl. Choi und Cheung 2008, S.477 f.; Borgmeier et al. 2017, S.127 f.; Christoph Runde, S.13). Darüber hinaus können verschiedene Abteilungen eines Unternehmens gemeinsam und gleichzeitig an virtuellen Prototypen in sogenannten Collaborative Development Environments arbeiten. Ein Collaborative Development Environment ist ein "virtueller Raum, in dem alle Beteiligten eines Projekts - auch wenn sie nach Zeit oder Entfernung verteilt sind - verhandeln, brainstormen, diskutieren, Wissen teilen und

im Allgemeinen zusammenarbeiten können" (Booch & and Brown 2003, S. 2). Die Vorteile liegen auf der Hand: Durch die Integration von Experten aus verschiedenen Bereichen wie Fertigung, Logistik oder Marketing und den Zugriff auf relevante Informationen in Echtzeit können potenzielle Schwachstellen eines Produkts frühzeitig erkannt und das Ausfallrisiko minimiert werden. Dadurch steigen die Effizienz und Qualität der Entwicklungsprozesse und die Fähigkeit der Unternehmen, die Anforderungen dynamischer und komplexer Märkte zu erfüllen, stark an. Virtual- und Augmented-Reality-Lösungen werden bereits erfolgreich in KMU eingesetzt, z.B. um komplexe technische Systeme zu prototypisieren oder Produktdesigns mit Kunden zu diskutieren (vgl. Baltes & Freyth 2017, S.36 f.). Einen detaillierten Überblick über Zukunftstechnologien, die Produktentwicklungsprozesse verbessern können, geben Rauch et al.

Neben der Möglichkeit, Entwicklungsprozesse zu verbessern (siehe Abbildung 8), ermöglicht I4.0 Unternehmen auch die Entwicklung von Produkten mit völlig neuen Funktionalitäten. Das klassische Produkt in einer physischen Welt könnte durch maßgeschneiderte, intelligente Dienstleistungen mit hohem Mehrwert ergänzt werden (vgl. Borgmeier et al. 2017, S.113 f.). Ein häufiges Beispiel sind Smart Home Solutions. Der Thermostathersteller Nest bietet internetfähige Thermostate an, die Daten über das Nutzerverhalten sammeln und individuelle Energiesparpotenziale für den Kunden ableiten können (vgl. Kaufmann 2015, S.3). Ein führendes Beispiel für intelligente, vernetzte Produkte im öffentlichen Sektor findet sich in der Stadt Barcelona. Die Stadt "hat Internet of Everything-Lösungen zur Verbesserung der Wasserwirtschaft, der Abfallwirtschaft, des Parkens und des öffentlichen Verkehrs implementiert, die alle dazu beitragen, dass die Stadt Geld spart. So spart die Stadt allein durch die vernetzte Wasserwirtschaft 58 Millionen US-Dollar pro Jahr. Vernetzte Straßenbeleuchtungslösungen haben die Kosten um ein Drittel gesenkt und Barcelona 37 Millionen US-Dollar jährlich eingespart. Und was ihre Führungskräfte als noch wichtigeren Vorteil betrachten, schätzt Barcelona, dass das Internet von allem in den letzten sieben Jahren 47.000 Arbeitsplätze geschaffen hat" (Chambers 2014). Diese beiden Beispiele zeigen, dass I4.0 nicht nur Chancen zur Gewinnsteigerung bietet, sondern auch Unternehmen bei der Wahrnehmung ihrer sozialen Verantwortung unterstützt. Vor der eigentlichen Produktion eines neuen Produkts müssen Materialien, Komponenten und Montageeinheiten beschafft werden. Die Materialkosten machen rund 43% der Gesamtkosten der produzierenden Unternehmen aus, weshalb Kostensenkungen in diesem Bereich einen immensen Einfluss haben (vgl. VDI 2016). Big Data ermöglicht die autonome Erfassung, Verarbeitung und Weiterleitung relevanter Daten wie z.B. Materialpreise verschiedener Lieferanten in Echtzeit und ermöglicht es Unternehmen so, ihre Materialkosten zu minimieren. Gleichzeitig könnte Big Data Unternehmen bei der Lösung wichtiger strategischer Fragen wie Make-or-Buy-Entscheidungen zur kostenoptimalen Lösung unterstützen (vgl. Kleemann und Glas 2017, S.9).

In Bezug auf die Fertigungs- und Montageprozesse bietet I4.0 wesentliche Verbesserungen in Bezug auf Qualität, Flexibilität und Effizienz. Eine relativ einfache und kostengünstige Möglichkeit zur Verbesserung der Produktionsprozesse ist die Einführung von I4.0-Assistenzsystemen für das Produktionspersonal:

Datengläser können relevante Informationen wie aktuelle Prozessdaten, technische Dokumentationen, Wartungsregeln oder Reparaturanweisungen anzeigen und so die Effizienz und Qualität der Prozesse durch die gezielte Unterstützung der Mitarbeiter verbessern. Im Falle eines Systemausfalls kann das Sichtfeld des Nutzers der Datenbrille direkt an den Helpdesk des Herstellers der betroffenen Geräte übermittelt werden, der dann eine optimale Unterstützung anbieten und die Geschwindigkeit des Wartungsprozesses erhöhen kann (vgl. Bauernhansl et al. 2014, S.488).

Intelligente Exoskelette wie Robo-Mates können von den Mitarbeitern bei körperlich anstrengenden Aktivitäten getragen werden. Integrierte Sensoren registrieren die körperliche Belastung und das Exoskelett verteilt schwere Lasten vom Schulterbereich auf den gesamten Körper. Dadurch können auch anspruchsvolle Aufgaben effizienter ausgeführt werden, der körperliche Stress nimmt ab und die Gesundheit der Mitarbeiter wird nachhaltig gefördert (vgl. Fraunhofer IAO 2015).

Die Kombination verschiedener I4.0-Technologien ermöglicht innovative Lösungen mit der Fähigkeit, die gesamte Produktion zu verbessern. Tabelle 2.1 zeigt eine Zusammenstellung einiger erfolgreicher I4.0-Anwendungen, die zu höheren Umsätzen und höherer Produktqualität führten.

Unternehmen	I4.0-Anwendung

3D-Schilling GmbH	Jede Bearbeitungsmaschine ist mit Sensoren zur Messung von Werkzeugen und Teilen ausgestattet. Die Weiterverarbeitung erfolgt nur, wenn alle Maße innerhalb der Toleranz liegen. Die automatische Dokumentation der Messungen führt zu einer höheren Transparenz und ermöglicht die Erkennung systematischer Fehler. Dadurch ist der Umsatz im ersten Jahr um 60% gestiegen (vgl. Plattform Industrie 4.0).
Habermaass GmbH	Ein selbst entwickeltes CPS hat die Fähigkeit, auf relevante Daten wie Kundeninformationen oder Stammdaten zuzugreifen, diese anzureichern und weiterzuleiten. An allen Arbeitsplätzen findet eine Vernetzung zwischen CPS, Werkstücken und Bearbeitungsmaschinen statt. Relevante Informationen und Spezifikationen werden in Echtzeit an die Mitarbeiter weitergeleitet. Darüber hinaus erhalten alle nachfolgenden Mitarbeiter eine Rückmeldung über den aktuellen Bearbeitungsfortschritt und den Verbleib der Halbzeuge. Lieferzeiten, Lagerkosten und Pünktlichkeit konnten deutlich verbessert werden (vgl. Plattform Industrie 4.0).
FlammSyscomp GmbH & Co. KG	Stanzprozesse zeichnen sich durch einen sehr hohen Ausschussanteil von 40-60% aus, weshalb sich die Flamm Group verpflichtet hat, ein materialoptimiertes Stanzverfahren zu entwickeln. Sensoren und Software bestimmen die optimale Stanzposition, um Material zu sparen und Ausschuss zu reduzieren. Aufgrund verschiedener Kameras, Abfragen und Sensoren werden nur zu 100% geprüfte Komponenten hergestellt (vgl. Plattform Industrie 4.0).

*Tabelle 3: **Beispiele für erfolgreiche Industrie 4.0-Anwendungen in der Produktion***

Die in Tabelle 2.1 dargestellten Beispiele stellen Unternehmen unterschiedlicher Größe dar und belegen damit, dass I4.0 nicht nur auf eine bestimmte Unternehmensgröße oder ein Produkt beschränkt ist. Während die Habermaass GmbH ein großes Unternehmen der Möbelindustrie ist, stellt die 3D-Schilling GmbH mit 36 Mitarbeitern Formen und Formteile für die Herstellung von Kunststoffteilen her. I4.0-Anwendungen ermöglichten es diesen Unternehmen, ihre Prozesse deutlich zu verbessern, was zu einer höheren Wettbewerbsfähigkeit und Rentabilität führte.

Ein weiteres vielversprechendes Konzept von I4.0 mit der Fähigkeit zur Effizienzsteigerung von Produktionsprozessen wird unter dem Schlagwort Predictive Maintenance gefördert. Wie der Begriff schon sagt, besteht die Idee der vorausschauenden Instandhaltung darin, Daten zu verwenden, die von Sensoren und Big Data Analytics erfasst werden,

um Maschinenausfälle vorherzusagen und zu minimieren. So stattet beispielsweise Linde Material Handling, einer der führenden Gabelstaplerhersteller, seine Produkte mit Sensoren aus, die Fahrzeugparameter wie Geschwindigkeit, Beschleunigung oder thermische Belastung erfassen. Zusammen mit relevanten Informationen aus dem Enterprise Resource Planning System (ERP), wie z.B. früheren Wartungs- oder Schadensberichten, können mögliche Maschinenausfälle vorhergesagt und Komponenten ausgetauscht werden, bevor Schäden auftreten (vgl. Lemke et al. 2017, S.179 f.).

Die gesamte Logistik vom Wareneingang über die Produktion bis zum Versand kann teilweise oder vollständig automatisiert werden. Zeitaufwändige Bestände können durch intelligente Aufbewahrungsboxen vollständig ersetzt werden, die mit Kameras ausgestattet sind, um deren Inhalt zu erfassen und die genaue Menge über eine Cloud in Echtzeit zu bestimmen. Bestellungen können automatisch erfolgen (vgl. Vogel-Heuser et al. 2016, S.19). RFID-gekennzeichnete Materialien und Produkte können helfen, den Warenfluss zu überwachen und führen zu einer höheren Transparenz. Automatisch geführte Fahrzeuge sind in der Lage, selbstständig den optimalen Weg durch die Produktion zu finden und die Ware innerhalb kurzer Zeit an ihren Bestimmungsort zu bringen. Das Fraunhofer-Institut hat ein sogenanntes zelluläres Transportsystem entwickelt: Die einzelnen fahrerlosen Transportsysteme sind in der Lage, miteinander zu kommunizieren und so die Kapazitäten in Echtzeit anzupassen (vgl. Fraunhofer IML 2010).

Nach Abschluss des Produktionsprozesses bilden Beratung, Vertrieb und Verkauf den nächsten Schritt im Produktlebenszyklus (siehe Abbildung 9). Augmented Reality und Virtual Reality Technologien können eingesetzt werden, um Kunden bei der Suche nach dem richtigen Produkt zu unterstützen. Gerade im Online-Handel belasten eine Reihe von Retouren Unternehmen und die Umwelt. Online-Bilder unterscheiden sich oft von den Kundenerwartungen an das reale Produkt und werden daher zurückgeschickt (vgl. Deges 2017, S.1 ff.). Diese Technologien ermöglichen es den Kunden, Produkte und verschiedene Funktionen vor der Bestellung eines Produkts auszuprobieren und können so zu niedrigeren Retourenquoten beitragen. Big Data können in dieser Phase verwendet werden, um die Präferenzen eines bestimmten Kundentyps zu ermitteln und individuelle Dienstleistungen anzubieten. Darüber hinaus kann die Vorhersage von Absatzmengen die Verfügbarkeit und Lieferzeit von Produkten verbessern (vgl. Hood et al.).

Für den Kunden wird sich die Nutzung oder der Verbrauch von Produkten ändern, da weitere Produkte durch Smart Services ergänzt werden. Solche Dienstleistungen bieten den Kunden einen Mehrwert (vgl. Bullinger 2015). Nutzen entsteht nicht mehr nur durch Produkte, sondern nur noch durch die Kombination von Produkten und Dienstleistungen (vgl. Borgmeier et al. 2017).

Dieses Beispiel wurde bereits im Rahmen der Produktentwicklung diskutiert: Der intelligente NEST-Thermostat. Gegenüber herkömmlichen Thermostaten bietet er den Vorteil, dass er den Kunden aktiv dabei hilft, den Energieverbrauch auf Basis einer Datenanalyse zu senken. Smart Products bieten aber nicht nur Premium-Services, sondern ermöglichen auch innovative Geschäftsmodelle, die Unternehmen helfen können, die Kundenzufriedenheit zu erhöhen. Der Triebwerkshersteller Rolls Royce änderte das Spiel auf den Märkten, als er intelligente Flugzeugtriebwerke einführte, die in Echtzeit überwacht werden können. Rolls Royce stellt seinen Kunden die Triebwerke zur Verfügung, aber anstatt die gesamte Leihfrist zu bezahlen, zahlen die Kunden nur die tatsächliche Betriebszeit. Darüber hinaus nutzt Rolls Royce die erhobenen Daten, um optimale Wartungs- und Reparaturleistungen anzubieten (vgl. Smith 2013, S.999 f.). Putzmeister, ein führender deutscher Hersteller von Beton- und Mörtelpumpen, führte das gleiche Geschäftsmodell ein. Anstatt ihre Pumpen zu verkaufen, bieten sie eine kombinierte Produktservicelösung an und die Kunden bezahlen nur die Zeit, die sie tatsächlich mit den Pumpen verbringen (vgl. Borgmeier et al. 2017). In beiden Fällen profitieren sowohl Kunden als auch Hersteller von dem neuen Geschäftsmodell. Derzeit gilt ein qualitativ hochwertiger Kundenservice als einer der Schlüsselfaktoren für die Kundenzufriedenheit und ist damit unverzichtbar für einen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil (vgl. Shemwell et al. 1998, S.156 f.). Die Erbringung von Wartungs- und Reparaturleistungen kann in dieser Phase zu einer höheren Lebensdauer der Produkte führen und damit auch die Kundenzufriedenheit positiv beeinflussen (vgl. Grote et al. 2014, S. 1). Neben der Möglichkeit, Wartungs- oder Reparaturleistungen vorherzusagen, kann der Fernzugriff auf Smart Products den gesamten Prozess beschleunigen, da Techniker nicht unbedingt vor Ort sein müssen, um die Ursache eines Problems zu diagnostizieren oder Kunden während der Installation oder Wartung anzuweisen (vgl. Sciocchetti 2015). Darüber hinaus ermöglicht die Überwachung und der Fernzugriff auf ihre Produkte den Herstellern, mehr über das Nutzungsverhalten ihrer Kunden zu erfahren. Diese Erkenntnisse können genutzt werden, um ihre Produkte zu optimieren oder Produktinnovationen zu generieren.

Aufgrund der aktuellen gesetzlichen Anforderungen und eines höheren Umweltbewusstseins hat das Recycling von Produkten auch für Unternehmen und deren Kunden eine hohe Priorität. Die Wiederverwendbarkeit von Produkten bietet nicht nur Möglichkeiten zur weiteren Gewinnerzielung, sondern kann gleichzeitig ein Einflussfaktor im Kaufprozess sein und das Unternehmensimage verbessern (vgl. Nnorom & Osibanjo 2008, S.844). Auf der einen Seite können kollaborative

Entwicklungsumgebungen während der Produktentwicklung helfen, recycelbare Produkte zu entwerfen, indem sie Experten auf dem Gebiet des Recyclings integrieren. Andererseits können mit I4.0 verbesserten sensorgestützten Sortiersystemen die Recyclingquote erhöht werden. Wertvolle Rohstoffe wie Metall können von Sensoren und Computern erfasst werden, die ihre genaue Position auf dem Förderband berechnen. Durch den Einsatz von Druckluft können die Wertstoffe vom Rest des Ausschusses getrennt werden, was zu einer saubereren Materialtrennung und damit zu höheren Recyclingquoten führt (vgl. Dückert et al. 2015, S. 155; VDI ZRE 2017, S. 45 f.). Laut einer Umfrage unter mehr als 1000 Akteuren der Abfallwirtschaft wird I4.0 in Zukunft eine Kreislaufwirtschaft ermöglichen - innovative Technologien und die Dringlichkeit der Ressourcenschonung werden das Recycling von Materialien weiter erhöhen mit dem Ziel, eine Recyclingquote von 100% zu erreichen (vgl. ISWA 2017).

Die zuvor diskutierten Konzepte und Anwendungsbeispiele zum Produktlebenszyklus (siehe Abbildung 9) zeigen die Leistungsfähigkeit von I4.0 hinsichtlich der Verbesserung von Produkteigenschaften und Prozessen und damit von Möglichkeiten zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit von produzierenden Unternehmen. Die Beispiele zeigen einen kleinen Teil der Einsatzmöglichkeiten - die Vielzahl der Technologien ermöglicht völlig neue, individuelle Lösungen. Unternehmen stehen daher vor der Aufgabe, die für ihre Wettbewerbsfähigkeit entscheidenden Faktoren zu identifizieren und durch die Umsetzung von I4.0-bezogenen Konzepten und Technologien zu optimieren.

2.6.1 Beispiele für Smart Products

"Smart Industry digitalisiert und integriert Prozesse in der gesamten Organisation, von der Produktentwicklung und dem Einkauf über die Fertigung, Logistik und den Service. Alle Daten über Vertrieb, Betriebsprozesse, Prozesseffizienz und Qualitätsmanagement sowie die Betriebsplanung stehen in Echtzeit zur Verfügung, unterstützt durch ICT-Systeme und Software (z.B. Augmented Reality) und optimiert in einem integrierten Netzwerk. Durch die Integration neuer Methoden der Datenerfassung und -analyse sind Unternehmen in der Lage, Daten über die Produktnutzung zu generieren und Produkte für die steigenden Bedürfnisse der Endkunden zu veredeln" (PWC, 2016a).

Im Rahmen des oben genannten SMeART-Projekts wurde eine Umfrage zu den I4.0-Anforderungen von KMU durchgeführt (Hinweis auf WP2-Bericht t). In unserer Umfrage hat die "Entwicklung neuer Produkte" einen hohen Stellenwert, wenn es um die Möglichkeiten zur Implementierung intelligenter Lösungen geht. Die Internet-Technologie betrifft in erster Linie die Produkte selbst. Nach der Lieferung können sie den Lieferanten über die Verwendung informieren, was z.B. nützlich ist, wenn Sie ein Pay-per-Use-Geschäftsmodell anwenden möchten (3.3.3). Sie können auch melden, ob eine Wartung erforderlich ist, und sie können Software-Updates erhalten. In gewisser Weise werden auf diese Weise Produkte zum Leben erweckt (van Ede, 2017a). Smart Products sind benutzerfreundlich, attraktiv (Human Touch) und digital vernetzt. Sie sind mit minimalen Gesamtlebenszykluskosten (Energie, Materialien, Transport) ausgelegt. Smart Products haben eine eingebaute Intelligenz, sind mit flexibler Elektronik verwendbar, sodass sie mit ihrer Umgebung (Benutzer, aber auch alle Remote-Administratoren) kommunizieren können. Smart Products werden kundenspezifisch (Investitionsgüter) oder sogar ultrapersonalisiert (Konsumgüter) sein. Außerdem sind diese Produkte für die Wiederverwendung von Komponenten und flexiblen (n = 1) Produktionen konzipiert ("Smart Industry heft as ambitie dat Nederland in 2021 het meest flexibele and het best digitaal verbonden productienetwerk van Europa heeft. - Smart Industry", 2018a).

Die Herstellung von intelligenten Produkten kann erreicht werden durch:

- Hinzufügen von digitalen Funktionen zu bestehenden Produkten (wie z.B. Kameras und Sensoren und Kommunikationsgeräte, um sie miteinander zu verbinden).
- Kombination von digitalen Produkten und (Datenbank-)Dienstleistungen, um den Kunden Gesamtlösungen anzubieten.
- Einsatz von Data Analytics zur Erstellung von Products-as-a-Service und Aufbau einer Online-Plattform für den Kundenzugang zu Inhalten sowie datenbankbasierten Diensten.
- Integration externer Daten und Produkte und Dienstleistungen anderer Unternehmen in das eigene Portfolio und die eigene Plattform, um die Kunden zu entlasten. Dies bedeutet Zusammenarbeit mit anderen Lieferanten und/oder Integration der Wertschöpfungskette, um ein kundenorientiertes Ökosystem aufzubauen.

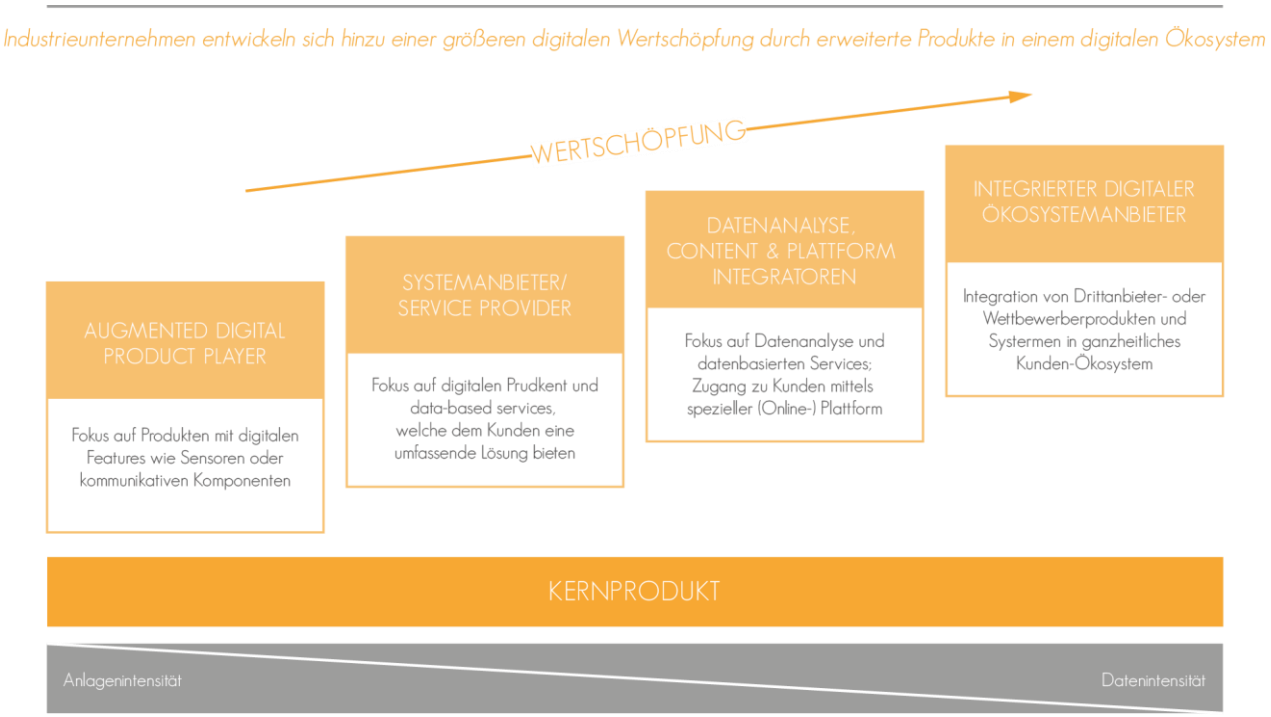

Abbildung 12: Digitale Wertvorstellungen ("[Kein Titel]," n.d.-a)

Fabriken und auch Lieferketten müssen die Fähigkeit nachweisen, Produktvarianten in unterschiedlichen Mengen zu produzieren. Kundenspezifische Bestellungen kleinerer Mengen im Rahmen von JIT (Just in Time) erfordern eine individuelle Anpassung. Darüber hinaus werden die Lebenszyklen von Produkten immer kürzer. Es reicht also nicht mehr aus, schlank zu arbeiten, man muss auch flexibel und agil sein.

In der Branche werden viele Verbesserungsmethoden eingesetzt, die Flow und Change ermöglichen (Lean Production, Six Sigma, TOC, QRM, TPM, Agile, First Time Right, Value Stream Mapping etc.). QRM und Lean sind beispielsweise Methoden zur Reduzierung von Fehlern in Büro- und Produktionsprozessen. Bei QRM ist das Hauptziel, trotz großer Auftragsschwankungen Qualität mit hoher Liefertreue zu liefern. Bei Lean liegt der Schwerpunkt eher auf der Reduzierung oder Eliminierung von Verschwendung auf der Produktionsfläche. Beides führt zu weniger Fehlern und niedrigeren Kosten durch Effizienz.

Ein wichtiger Schritt ist es, zu lernen, anders zu denken als pro Produkt, um zu sehen, wo der Wert im gesamten Prozess verloren geht. Der Einsatz von Vorgesetzten anstelle von Produktionsleitern, die auf der Grundlage der Erfassung und Analyse von Produktionsdaten planen und arbeiten, ist ein sichtbarer Trend in der Industrie.

Um maßgeschneiderte Produkte schneller entwickeln, produzieren und liefern zu können, ist es unerlässlich, von einem ETO- (Engineering-to-Order) zu einem CTO- (Configure-to-Order) Prozess zu wechseln. Während ETO Sie zwingt, jeden einzelnen Auftrag "von Grund auf" zu entwickeln, erstellt der CTO jeden Auftrag aus bestehenden Bausteinen. Durch die Variation in standardisierte Bausteine wie Hardware, Software, Elektronik, aber auch in operative Bausteine wie Produktionssysteme und Ressourcen erhalten Kunden maßgeschneiderte Lösungen auf einem standardisierten Weg. Die Vorteile sind bessere Produkte, weniger Fehler, kürzere Time-to-Markets, mehr Zeit für Innovationen und weniger Kosten (vgl. Cadac Group Create, Manage & Information 2017).

Laut unserer Umfrage ist der Einsatz von Computer Aided Design (CAD) weit verbreitet. Automatisierte Produktkonfiguratoren werden weitaus seltener eingesetzt. Automatisierte Qualitätskontrollen von Produkten werden von KMU kaum durchgeführt (Link Q49&Q71).

Zusätzlich zu den genannten CAD-Systemen setzen intelligente Unternehmen eine ganze Reihe von computergestützten Technologien (CAx) für Design, Analyse und Fertigung von Produkten wie Computergestützte Fertigung (CAM) und Computergestütztes Engineering (CAE) ein.

2.6.2 Der strategische Rahmen

Unternehmen, die in der wissenschaftlichen Literatur strategisch beraten werden, werden schnell mit dem Problem konfrontiert, eine klare Definition des Begriffs "Strategie" zu finden. Dutzende von Interpretationen machen es schwierig, die Essenz der "Strategie" zu erfassen.

Ein häufiges Problem scheint die Unterscheidung zwischen operativer Effektivität und Strategie zu sein. Es wurde eine Reihe von Instrumenten entwickelt, die darauf abzielen, die betriebliche Effektivität zu erhöhen. Während diese Werkzeuge beeindruckende Verbesserungen in Bezug auf Produktionsqualität und -geschwindigkeit erzielen können, führen sie nicht automatisch zu einer nachhaltigen Rentabilität. Trotz operativer Effektivität kämpfen Unternehmen darum, Kunden zu gewinnen und zu binden und sich im internationalen Wettbewerb zu behaupten. Folglich kann die operative Effektivität als Voraussetzung für eine hervorragende Leistung angesehen werden, aber die Strategie ist das Schlüsselelement, welches das Überleben und den langfristigen Erfolg von Unternehmen ermöglicht (vgl. Porter, 1996). Generell muss eine erfolgreiche Strategie drei Schlüsselpersonen auf dem Markt berücksichtigen: das Unternehmen selbst, Kunden und Wettbewerber, auch "die strategischen drei Cs" genannt (vgl. Ohmae 1982).

Das Zusammenspiel dieser drei Marktteilnehmer ist entscheidend für die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit eines Unternehmens. Nur wenn eine ausreichende Anzahl von Kunden die Produkte und Dienstleistungen eines Unternehmens kauft, kann es überleben und Gewinne erzielen. Daher ist das Verständnis für die Bedürfnisse und Wünsche der Kunden das Kernelement eines jeden erfolgreichen Unternehmens. Gleichzeitig muss ein Unternehmen die Kundenbedürfnisse besser erfüllen als seine Wettbewerber, sonst verliert es ständig Teile des Marktanteils (vgl. Ohmae, 1982 S. 48).

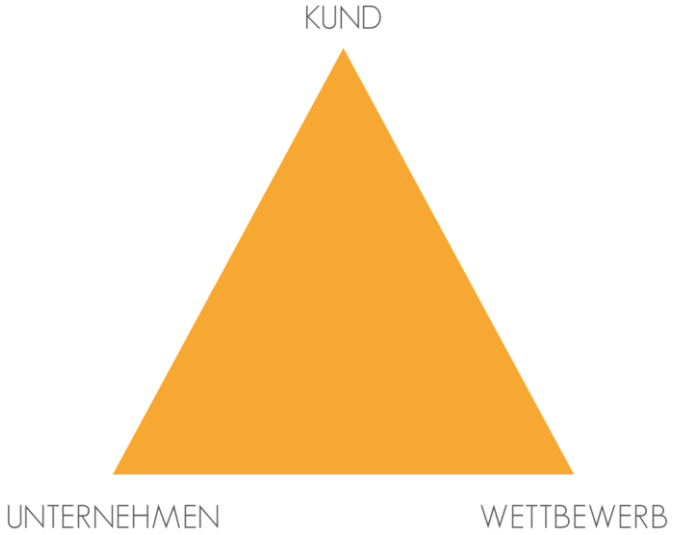

Abbildung 13: die strategischen drei Cs (vgl. Ohmae, 1982)

Laut Porter (vgl. Porter, 1996) entstehen nachhaltige Unterschiede zwischen einem Unternehmen und seinen Wettbewerbern nicht aus einzelnen Aktivitäten. So könnte beispielsweise die Einführung einer neuen Produktionstechnologie durch die Senkung der Produktionskosten für eine Weile Wettbewerbsvorteile schaffen, aber einzelne Maßnahmen können von anderen Unternehmen leicht verglichen und kopiert werden, was dazu führt, dass sie langfristig ähnlicher aussehen, anstatt eine hervorragende Leistung zu erbringen. Vielmehr unterscheidet die Kombination von "Hunderten von Aktivitäten, die erforderlich sind, um Produkte und Dienstleistungen zu schaffen, zu produzieren, zu verkaufen und zu liefern" (vgl. Porter, 1996) ein Unternehmen von einem anderen und definiert, ob ein Unternehmen langfristig mehr Wert für seine Zielkunden schaffen kann als andere Wettbewerber. In der Geschäftsstrategie geht es daher darum, eine Mischung aus verschiedenen Aktivitäten zu finden, deren Kraft sich durch die einzigartige Verknüpfung ihrer einzelnen Elemente entfaltet und daher nicht einfach kopiert werden kann (vgl. Porter, 1996).

Wissenschaftliche Publikationen schlagen eine breite Palette von strategischen Instrumenten und Rahmen vor, aber die meisten von ihnen weisen den gleichen Mangel auf: Sie zielen darauf ab, Unternehmen bei der Definition einer Strategie zu unterstützen, bieten aber selten Unterstützung bei der Ableitung konkreter Aktivitäten und Maßnahmen zur Umsetzung und Durchführung, während die Definition einer Strategie die Abstraktion der komplexen, dynamischen Wechselwirkungen zwischen den drei strategischen C´s erfordert, damit Unternehmen die Schlüsselelemente des Wettbewerbs skizzieren und verstehen können. Die Strategieumsetzung erfordert ein detailliertes Verständnis der Ressourcen und Prozesse des

Unternehmens, um konkrete Maßnahmen abzuleiten und die Machbarkeit einer Strategie frühzeitig zu bewerten (vgl. Richardson, 2005 S. 134 f.). Darüber hinaus wird die Bedeutung der Strategieumsetzung in der wissenschaftlichen Literatur oft vernachlässigt, viele Ansätze konzentrieren sich auf die Strategieformulierung und klassifizieren die Umsetzung eher als Anhang der Formulierung anstelle eines ebenso wichtigen Elements (vgl. Raps, 2017 S. 24 ff.). Theoretisch ist die beste Strategie möglicherweise nicht in der Lage, ein Unternehmen zu verbessern, wenn sie nicht erfolgreich umgesetzt wird. Insbesondere im Hinblick auf I4.0 erfordert die Komplexität einen strategischen Rahmen, der Unternehmen von der Definition einer Strategie bis zur Umsetzung begleiten und unterstützen kann. Darüber hinaus sollte ein erfolgreiches Instrument die Kommunikation unterstützen und transparente Entscheidungsprozesse ermöglichen. Ziel dieses Abschnitts ist es, einen ganzheitlichen Rahmen vorzustellen und seine einzelnen Phasen und Elemente zu beschreiben. Anschließend wird für jede Stufe eine Auswahl an Werkzeugen und Methoden vorgestellt, die eine praktikable Orientierung für Unternehmen bietet. Der vorgeschlagene Rahmen ist unten dargestellt:

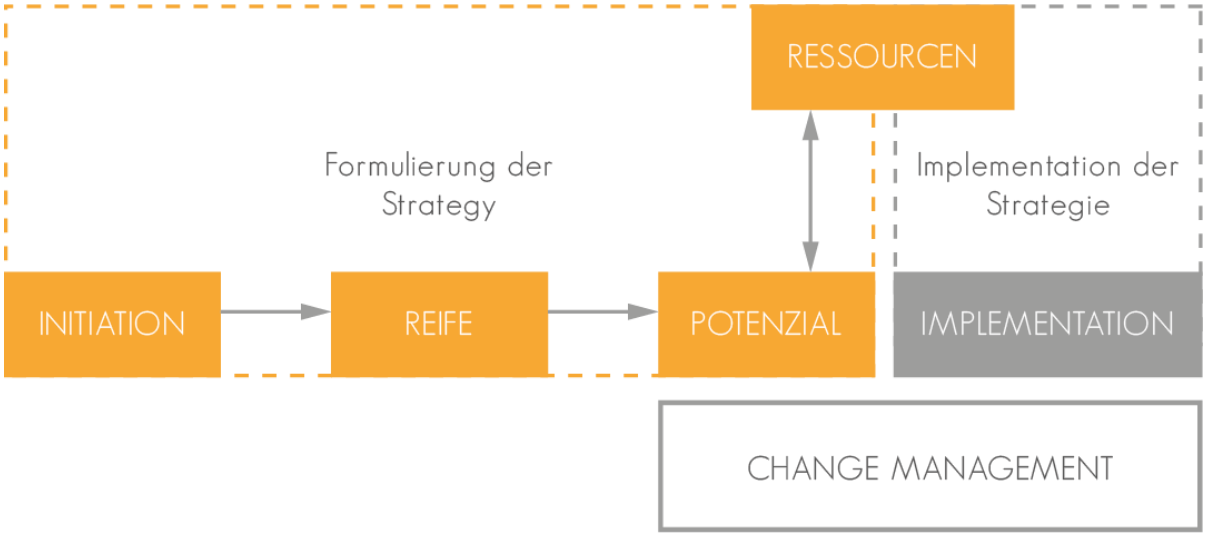

Abbildung 14: Phasen des strategischen Rahmens

Grundgedanke des strategischen Rahmens ist es, auf Basis des Geschäftsmodells des Unternehmens eine I4.0-Strategie zu entwickeln und konkrete Maßnahmen abzuleiten.

Im Allgemeinen kann ein Geschäftsmodell definiert werden als "eine Aussage darüber, wie ein Unternehmen im Laufe der Zeit Geld verdienen und seinen Gewinnstrom aufrechterhalten wird" (Stewart & Zhao, 2000) und beschreibt damit die Wechselwirkungen zwischen einem Unternehmen, seinen Wettbewerbern und Kunden. Strategisch gesehen können Geschäftsmodelle als das verbindende Element zwischen der theoretischen Strategie eines Unternehmens oder seiner Wettbewerbsidee und den konkreten Prozessen, Aktivitäten und Ressourcen, die ein Unternehmen zur Umsetzung dieser Strategie einsetzt, gesehen werden (vgl. Richardson, 2005 S.135). Während sich die Strategen noch nicht einig sind, ob der wirtschaftliche Erfolg auf den Ressourcen eines Unternehmens basiert bzw. von der Wahl der richtigen Markt- und Wettbewerbspositionierung abhängt, ist ein ganzheitliches Geschäftsmodell in der Lage, Elemente aus beiden Blickwinkeln zu erfassen und interne und externe Erfolgsfaktoren sowie deren Abhängigkeiten zu analysieren (vgl. Chesbrough 2002, S. 529 f.). Die schriftliche Erfassung des vorliegenden Geschäftsmodells wird nicht nur den Unternehmen helfen, aufzuzeigen, wie genau sie Gewinne erzielen, sondern auch zu einem gemeinsamen Verständnis der Ausgangssituation führen, das Missverständnisse verhindert und den Prozess der Erkennung aktueller Schwächen und Chancen für die Zukunft beschleunigen kann (vgl. Nicolai, 2017 S. 288). Ziel der ersten Stufe, der Initiationsstufe, ist es daher, ein Geschäftsmodell zu spezifizieren und zu verstehen, wie genau Gewinne generiert werden.

Aufgrund der hohen Anzahl neuer Möglichkeiten und der daraus resultierenden Komplexität haben insbesondere mittelständische Unternehmen Schwierigkeiten, konkrete I4.0-Technologien und -Prozesse zu spezifizieren. Sie planen, diese I4.0-Technologien und -Prozesse später zu implementieren. Früher oder später entstehen Unzufriedenheit und Frustration, weil Unternehmer nicht wissen, wie sie mit der Idee von I4.0 umgehen sollen. Um diese Schwierigkeit zu vermeiden, ist ein strukturiertes Vorgehen erforderlich, das Unternehmer bei der Ausarbeitung konkreter Maßnahmen und Aktionen unterstützen kann. Eine Reihe von wissenschaftlichen Publikationen und Studien empfiehlt die Verwendung von I4.0-Reifegradmodellen. Im Allgemeinen ist ein Reifegradmodell ein Instrument zur Beurteilung des aktuellen Entwicklungsstandes zu einem bestimmten Thema (Mettler & Rohner, 2009). Im Sinne von I4.0 können Reifegradmodelle

helfen, die Komplexität zu reduzieren, indem sie die Ausgangssituation eines Unternehmens weiter definieren (vgl. Schumacher et al., 2016). Darüber hinaus kann eine Reifegradanalyse als Bezugspunkt für die Aufwandschätzung dienen.

Die Beurteilung der Unternehmensreife nach I4.0 ist daher der nächste Schritt (Stufe 2) in der Reifephase (siehe Abbildung 13) des vorgeschlagenen Rahmens.

In Rahmenstufe 3 sollten realistische Szenarien über zukünftige Potenziale formuliert werden, d.h. wie die Gewinngenerierung durch den Einsatz von I4.0 verbessert werden kann. Das anfängliche Geschäftsmodell (Stufe 1) dient als Orientierung, um aktuelle Schwachstellen wie unzureichende Kundenbetreuung oder langsame Produktionsprozesse zu erkennen. Sie hilft auch, entscheidende Erfolgsfaktoren zu ermitteln, die weiter ausgebaut werden können, um die Wettbewerbsfähigkeit in Zukunft zu stärken. Der Geschäftsmodellansatz hilft, eine ganzheitliche Sichtweise zu schaffen, anstatt an einzelne Technologien oder Produkte zu denken. Wie will das Unternehmen in Zukunft im Wettbewerb bestehen? Kann eine höhere Produktvielfalt einen Mehrwert für bestehende Kunden schaffen oder neue Kunden gewinnen? Ist Liefertreue ein entscheidender Erfolgsfaktor für das Unternehmen, der in Zukunft verbessert werden soll? Die Kapitel 2, 3 und 4 dienen als Input und Inspiration und sind ein Leitfaden für Unternehmen, um ihre Ziele und Potenziale zu formulieren und zu spezifizieren.

Gleichzeitig müssen Unternehmen damit beginnen, konkrete Ressourcen (siehe Abschnitt X) abzuleiten, die für die Verfolgung ihrer Ideen erforderlich sind. Früh müssen sie den Aufwand schätzen, der erforderlich ist, um jede Idee zu realisieren. Ideen, die sich als zu riskant oder kostspielig erweisen, müssen angepasst oder verworfen werden. Ziel ist es, eine Reihe neuer Aktivitäten, Prozesse oder Technologien zu finden, die in der Lage sind, nachhaltige Werte zu schaffen und mit gegebenen Mitteln erreicht werden können, oder mit anderen Worten, eine praktikable Strategie zu formulieren. Die Phasen der Strategiedefinition, Planung und Umsetzung gehen ineinander über. Auch wenn nicht alle Details der Unternehmensstrategie geplant sind, können erste Vorbereitungen zur Umsetzung, wie z.B. Schulungen für Mitarbeiter, bereits beginnen. Das Framework (vgl. Abbildung 11Abbildung 12) schlägt vor, das Changemanagement (siehe Kapitel 2.6.3.5) in den Prozess der Strategieentwicklung und -umsetzung zu integrieren. Unternehmensveränderungen scheitern regelmäßig aus verschiedenen Gründen: Intransparente Entscheidungsprozesse machen es den Mitarbeitern schwer, die Dringlichkeit von Veränderungen oder den Nutzen einzelner Maßnahmen zu verstehen. Überlegungen und Pläne werden nur teilweise zwischen verschiedenen Hierarchieebenen des Unternehmens ausgetauscht, sodass Unsicherheit, Frustration oder gar Angst entstehen. Die Mitarbeiter werden sich daher nur halbherzig in den Veränderungsprozess einbringen und den Erfolg mindern (vgl. Nicolai, 2017 S.288). Generell versucht das Change Management, Veränderungen zu steuern und umzusetzen, insbesondere mit Fokus auf die Menschen, die in irgendeiner Weise von Veränderungsprozessen betroffen sind (vgl. Lauer, 2014 S. 7 f.). Zahlreiche Autoren und Publikationen betonen, dass ein erfolgreicher Wandel nur möglich ist, wenn die Mitarbeiter bereit sind, Veränderungen umzusetzen. Ohne innere Überzeugung werden die Mitarbeiter nur nach Vorschrift arbeiten.

Basierend auf diesem strukturierten Ansatz sind die Autoren überzeugt, dass die Entscheidungsprozesse für Unternehmen transparenter und verständlicher gestaltet werden können. Die Nutzung von Geschäftsmodellen ermöglicht eine ganzheitliche Sicht auf Schwächen und Stärken und kann helfen, Zukunftspotenziale in allen Geschäftsbereichen zu erkennen. Der folgende Abschnitt stellt eine Reihe von Methoden vor, die in jeder Phase angewendet werden können.

2.6.3 Die SMeART-Toolbox

2.6.3.1 *Einleitung*

Um Unternehmen bei der Untersuchung ihrer Ausgangssituation zu unterstützen, wurden eine Reihe von Geschäftsmodellansätzen entwickelt. Osterwalder schlägt einen tragfähigen Ansatz vor, die sogenannte Business Model Canvas, die aus neun Schlüsselelementen besteht (vgl. Osterwalder & Pigneur 2011). Durch die Analyse jedes dieser Elemente können Unternehmen die Essenz ihres Geschäfts erfassen.

Kundensegmente	Für wen schaffen wir Wert? Wer sind unsere wichtigsten Kunden?
Kundenbeziehungen	Welche Art von Beziehung erwartet jedes unserer Kundensegmente von uns, dass wir sie aufbauen und pflegen? Welche haben wir etabliert? Wie sind sie in den

	Rest unseres Geschäftsmodells integriert? Wie teuer sind sie?
Kanäle	Über welche Kanäle wollen unsere Kundensegmente erreicht werden? Wie erreichen wir sie jetzt? Wie werden unsere Kanäle integriert? Welche funktionieren am besten? Welche sind am kostengünstigsten? Wie integrieren wir sie in die Kundenroutinen?
Wertversprechen	Welchen Wert liefern wir dem Kunden? Welches Problem unserer Kunden lösen wir mit? Welche Produkt- und Dienstleistungspakete bieten wir jedem Kundensegment an? Welche Kundenbedürfnisse befriedigen wir?
Hauptaktivitäten	Welche Schlüsselaktivitäten erfordern unsere Value Propositions? Unsere Vertriebskanäle? Kundenbeziehungen? Einnahmequellen?
Wichtige Ressourcen	Welche Schlüsselressourcen benötigen unsere Value Propositions? Unsere Vertriebskanäle? Kundenbeziehungen? Einnahmequellen?
Wichtige Partner	Wer sind unsere wichtigsten Partner? Wer sind unsere Hauptlieferanten? Welche Schlüsselressourcen beziehen wir von Partnern? Welche Schlüsselaktivitäten führen die Partner durch?
Kostenstruktur	Was sind die wichtigsten Kosten, die mit unserem Geschäftsmodell verbunden sind? Welche Schlüsselressourcen sind am teuersten? Welche Schlüsselaktivitäten sind am teuersten?
Einnahmequellen	Für welchen Wert sind unsere Kunden wirklich zahlungsbereit? Wofür bezahlen sie derzeit? Wie bezahlen sie derzeit? Wie würden sie es vorziehen, zu bezahlen? Wie viel trägt jeder Einnahmekanal zum Gesamtumsatz bei?

Tabelle 4: Eigene Darstellung in Anlehnung an (cf. Osterwalder & Pigneur 2011)

Am Anfang jedes einzelnen Einkaufsprozesses steht ein Kunde mit einem spezifischen Bedarf (vgl. Sandhusen2000). Ziel dieser Phase ist es daher, die Aktivitäten, Ressourcen und Technologien zu unterstützen, die für alle Kundensegmente entlang des gesamten Produktlebenszyklus Wert schaffen.

Darüber hinaus kann eine strukturierte Darstellung eines Geschäftsmodells eines Unternehmens als Orientierungshilfe dienen, um allen Mitgliedern des Unternehmens die Dringlichkeit und das Potenzial von I4.0 zu erläutern.

2.6.3.2 *Fälligkeit*

Im Sinne von I4.0 können Reifegradmodelle Unternehmen helfen, die Komplexität zu reduzieren und zu bewerten, ob ein Unternehmen über die Fähigkeiten, die persönlichen und finanziellen Ressourcen verfügt, um bestimmte Technologien und Aktivitäten einzusetzen (vgl. Schumacher et al., 2016). Im Rahmen von SMeART wurde ein Reifegradmodell entwickelt, das nicht nur den aktuellen Entwicklungsstand im Sinne von I4.0 ermitteln kann, sondern auch Maßnahmen ableiten kann, die von KMU umgesetzt werden können, um einen höheren Reifegrad zu erreichen.

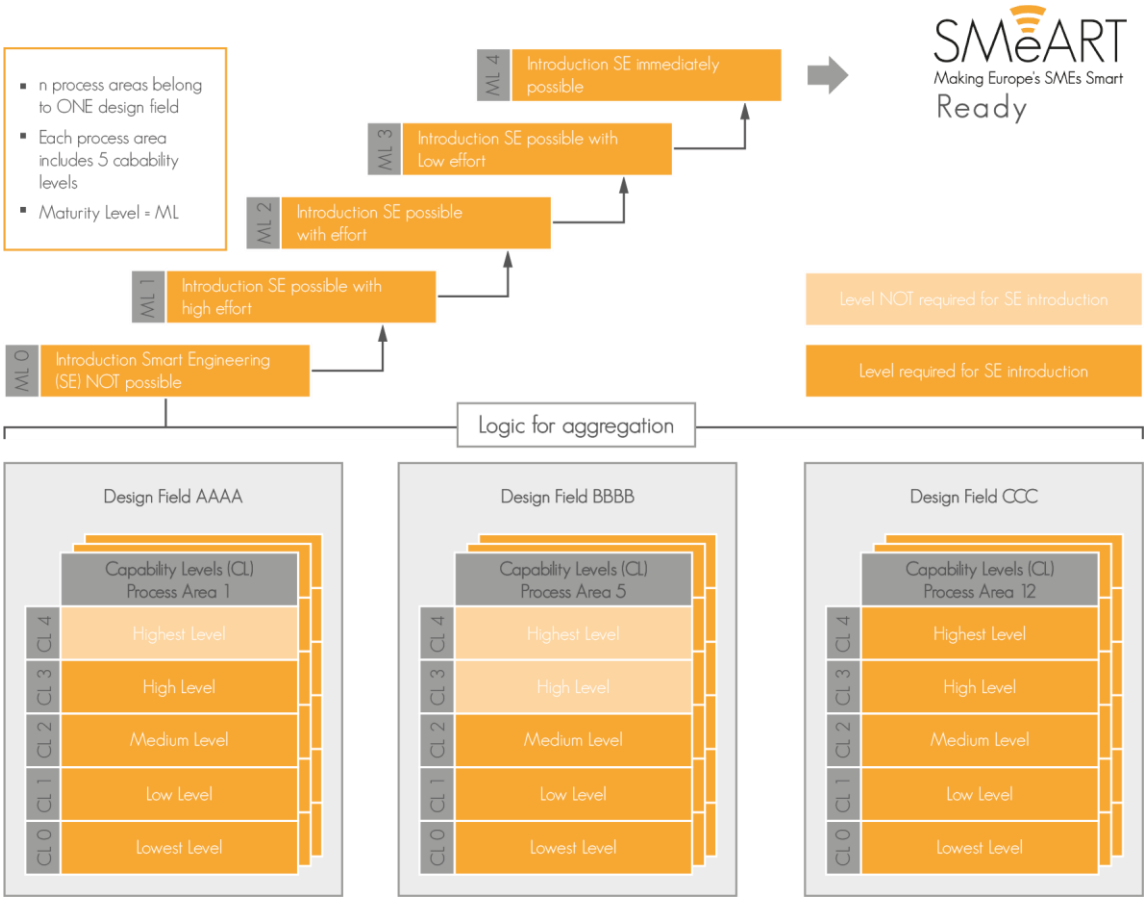

Abbildung 15: Der SMeART MOSE

In Abbildung 15 ist das Model for Smart Engineering (MOSE) auf 3 Designfelder beschränkt. Diese Felder werden für SMeART („Menschen, Technik, Organisation") individuell definiert. Innerhalb jedes Designbereichs haben wir verschiedene individuelle SMeART-Prozessgebiete, wie z.B. "Bildung" für den Bereich „Menschen". Die Kompetenzstufen (CL) sind Kriterien zur Beurteilung der Reife der einzelnen Prozessbereiche. Tatsächlich werden die CL von den Benutzern des SMeART Stress Test Tools eingegeben. Nach der Benutzereingabe werden die CL aus verschiedenen Designfeldern logisch kombiniert und durch die Logik der Aggregation aggregiert. Die Fähigkeitsstufen (CL) der einzelnen Prozessbereiche werden von der Aggregationslogik zu einem übergeordneten Reifegrad (ML) zusammengefasst.

Schließlich ist das Ergebnis der Aggregation ein Gesamtreifegrad ML. Der ML ist eine Zahl oder ein Code, mit dem automatisch weitere Empfehlungen für den Benutzer erstellt werden können. Die Definition allgemeiner Maßnahmen oder Empfehlungen unterstützt auch SMeART-Anwender (Unternehmen) dabei, die nächsthöhere Kompetenzstufe (CL)im betrachteten Prozessgebiet zu erreichen, die dem Anwender per Website oder E-Mail-Dokument präsentiert werden kann.

Das Reifegradmodell MOSE versucht eine lineare Klassifizierung der verschiedenen Reifegrade ML (siehe Aggregationslogik) abzubilden. Mit zunehmender ML ist es für Unternehmen per Definition einfacher, Smart Engineering einzuführen oder ihnen dies zu erleichtern.

Mit diesem Ansatz ist ein KMU in der Lage, schnell zu erkennen, ob und inwieweit es in der Lage ist, Smart Engineering einzuführen. Eine sofortige Smart Engineering Implementierung ist möglich, wenn die geforderten Leistungsniveaus in allen Prozessbereichen der jeweiligen Designfelder erreicht werden. Daraus ergeben sich spezifische Reifegradmodelle für spezifische Implementierungsszenarien von Smart Engineering. Bei Erreichen des nächsten CLs werden Unternehmen durch die Aufnahme geeigneter allgemeiner Maßnahmen in dem betrachteten Prozessbereich unterstützt.

Im Allgemeinen werden wir diesen Ansatz durch die folgenden Schritte anpassen:

Bestimmung/Definition des erforderlichen Mindestmaßes, um Smart Engineering in den KMU einführen zu können (Wodurc ist ein Smart SME gekennzeichnet?).
Ermittlung des Ist-Zustandes der einzelnen Reifegrade (z.B. durch Online-Befragung).

Bestimmung der (durchschnittlichen) Zielerreichung (ML), es gibt 3 Möglichkeiten.
Interpretation der Ergebnisse, z.B. durch Spinnenkarten.
Automatische Generierung von Ratschlägen zur Generierung des nächsthöheren ML.

2.6.3.3 *Kombination der Stufen 1, 2 und 3: Potenziale*

In dieser Phase (siehe Abbildung 13) haben die Unternehmen bereits zwei wichtige Aufgaben erledigt: Sie analysierten die Interaktionen mit ihren Kunden und Wettbewerbern und erfassten so, wie Gewinne generiert werden. Außerdem bewerteten sie ihren Reifegrad in Bezug auf I4.0. Auf Basis dieser Ergebnisse können realistische Szenarien zur Gewinngenerierung oder - mit anderen Worten - zur Verbesserung des Unternehmens durch den Einsatz von I4.0 vorgeschlagen werden. Bei der Vorbereitung ist zu beachten, dass das Ziel dieser Phase nicht darin besteht, den höchstmöglichen Reifegrad im Sinne von I4.0 zu erreichen, sondern das Niveau, das zur Erreichung der Unternehmensziele erforderlich und mit den verfügbaren Ressourcen erreichbar ist.

Da Kunden als das Herzstück eines Unternehmens bezeichnet werden können, ist eine tiefere und detailliertere Analyse ihrer Anforderungen und Wünsche sinnvoll, um Potenziale zu entdecken und Prozesse anzupassen.

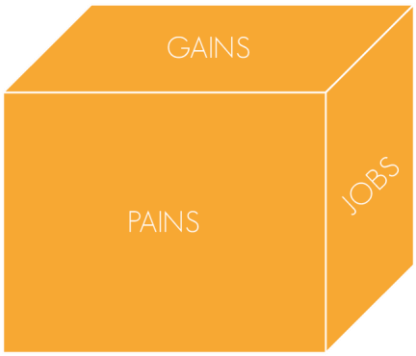

Abbildung 16

Ein möglicher Ansatz ist die Analyse von Jobs, Pains und Gains. Um die Bedeutung jedes dieser Elemente hervorzuheben, werden sie anhand eines Kunden A erläutert, der ein neues Soundsystem kaufen möchte: Abbildung 16Eigene Darstellung in Anlehnung an (vgl. Osterwalder, Pigneur, Bernarda & Smith 2015)].

- Costumer Jobs beschreiben die Aufgaben, die Kunden erledigen möchten. Diese Aufgaben können funktionaler, emotionaler oder sozialer Art sein. Exemplarisch ist die funktionale Aufgabe des Kunden A das Hören von Musik. Gleichzeitig möchte er oder sie sich beim Hören entspannen (emotionaler Job) oder Freunde einladen, um sie mit dem neuen Soundsystem (sozialer Job) zu beeindrucken.
- Customer Pains beschreiben die Hindernisse und Probleme, mit denen Kunden konfrontiert sind, während sie versuchen, ihre Arbeit zu erledigen. Kunde A hat möglicherweise Probleme beim Einschalten der Stereoanlage. Außerdem kann es schwierig sein, verschiedene Geräte mit dem System zu verbinden.
- Customer Gains beschreiben Funktionen, die einen Mehrwert für den Kunden darstellen. Im Beispiel könnte Kunde A von einem Soundsystem profitieren, das über eine Sprachsteuerung verfügt und sich automatisch über Bluetooth mit seinen Geräten verbindet (vgl. Osterwalder et al., 2015).

Eine weitere Möglichkeit ist die Anwendung von Kreativitätsmethoden wie der Delphi-Methode oder der Six Thinking Hat Method, um innovatives Denken zu unterstützen und damit innovative Lösungen zu fördern (vgl. Phillips & Gully 2013, S. 309; Goldenberg & Mazursky 2002, S. 54).

2.6.3.4 *Ressourcen*

Ideen, die es in die engere Wahl schaffen, müssen hinsichtlich ihrer Praktikabilität, ihres Potenzials und ihrer Umsetzungskosten bewertet werden. Ziel dieser Phase (siehe Abbildung 13.) ist es, die Ressourcen zu bewerten, die für die Umsetzung jeder Idee erforderlich sind, und nach dieser Bewertung die Projektkosten zu schätzen. Ressourcen können materieller Art sein, wie finanzielle Mittel oder Technologien, oder immaterieller Art, wie technologisches Know-how oder Zeit. Je nachdem, welche Ressourcen in einem Unternehmen zur Verfügung stehen und welche erworben werden müssen, können Unternehmen die Praktikabilität jeder Idee bewerten:

1. Welche materiellen und immateriellen Ressourcen werden benötigt, um eine bestimmte Idee zu realisieren?

2. Welche dieser Ressourcen sind im Unternehmen bereits vorhanden?
3. Wie hoch sind die geschätzten Gesamtkosten je nach Ressourcenbedarf?

Im Allgemeinen gibt es drei verschiedene Klassen von Kostenschätzungstechniken:

- Algorithmische Methoden
  - parametrische Methoden
  - Faktor- oder Gewichtungsverfahren
- Vergleichende Methoden
  - Analogieverfahren
  - relationale Methoden
- Kennzahlenmethoden
- Multiplikatorverfahren
- Produktivitätsmethoden
- Prozentuale Methode (Burghardt, 2018)

Meistens werden Verfahren zur Projektschätzung eingesetzt, die sich auf Erfahrungen aus früheren Projekten stützen. Unternehmen können auf eigene Projekte von vergleichbarer Größe und Komplexität zurückgreifen. Wurden bisher keine vergleichbaren Projekte realisiert, kann eine Kalkulationssoftware eingesetzt werden, die Daten aus Projekten der Vergangenheit in Kombination mit mathematischen Berechnungsverfahren auswertet. Der Hauptvorteil der Kostenschätzung über Software besteht darin, dass sie auch Unsicherheiten bei der Kalkulation berücksichtigt und somit präzisere Ergebnisse liefern kann (vgl. Dumitrascu & Nedelcu 2012).

2.6.3.5 *Changemanagement*

Im Allgemeinen durchlaufen erfolgreiche Veränderungsprozesse in Unternehmen drei unterschiedliche Phasen, die als Auftauen, Bewegen und Wiedereinfrieren bezeichnet werden (Lewin, 1947).

Beim Auftauen müssen die Mitarbeiter verstehen, warum sich das Unternehmen ändern muss. Da Veränderung immer mit Unsicherheiten und Anstrengungen verbunden ist, werden Mitarbeiter, die keine Notwendigkeit für Veränderung sehen, höchstwahrscheinlich weder ihre Zeit noch ihre persönlichen Fähigkeiten in Veränderungsprozesse investieren. Im schlimmsten Fall wird es zu Widerstand kommen, weil die Mitarbeiter die Dinge lieber so halten wollen, wie sie sind.

Die Argumentation kann auf dem Geschäftsmodell basieren, das für Stufe 1 des Strategierahmens geschrieben wurde:

1. Was sind die wichtigsten Mängel der heutigen Zeit?
2. Wenn das Geschäft so weitergeführt wird, wie es ist, was werden die Ergebnisse sein?

Nur wenn alle Teammitglieder des Unternehmens die Notwendigkeit von Veränderungen verstehen, sind sie bereit, sich zu beteiligen.

Während der Bewegung findet die eigentliche Veränderung statt. Strategisch beginnt die Umsetzung in dieser Phase. Neue Prozesse und Verhaltensweisen müssen erlernt und trainiert werden. Es ist wichtig zu beachten, dass Veränderungen nicht über Nacht stattfinden und einige Mitarbeiter mehr Zeit benötigen als andere oder Schulungen.

Das Einfrieren findet statt, wenn sich neue Prozesse und Verhaltensweisen konsolidieren und zur neuen Normalität werden. Belohnungs- oder Feedback-Systeme können nützlich sein, um die Konsolidierung zu unterstützen.

2.6.3.6 *Implementierung*

Im Allgemeinen bezieht sich die Strategieumsetzung auf zwei verschiedene Elemente: Anpassung, zum Beispiel in Bezug auf die Fähigkeiten der Mitarbeiter, die Unternehmenskultur oder die Organisationsstruktur und die Anwendung der Strategie auf der operativen Ebene (vgl. Huber, 1985 S. 106).

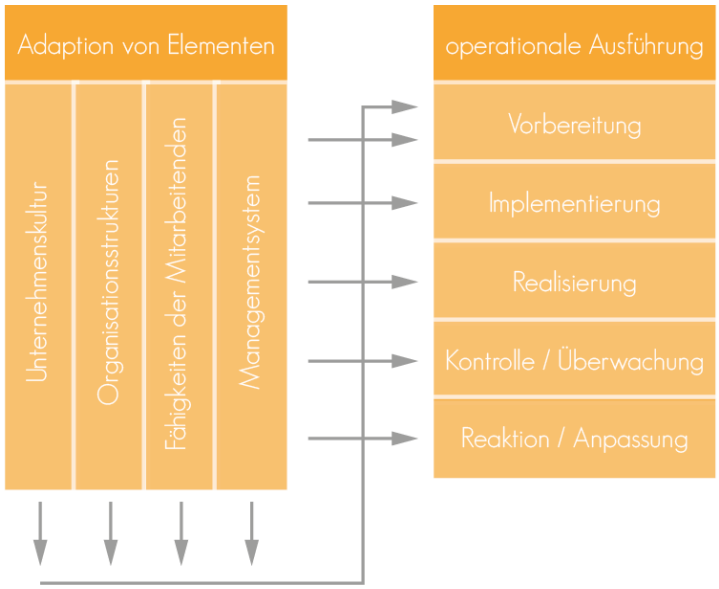

Abbildung 17: Implementierungsprozess (vgl. Huber, 1985 S. 106); (vgl. Raps, 2017 S. 62)]].

Beide Elemente sind entscheidend für erfolgreiche Implementierungsprozesse: So wird beispielsweise die Einführung eines Assistenzsystems die Wertschöpfung nicht steigern können, wenn die Mitarbeiter nicht wissen, wie sie damit umzugehen haben oder nicht motiviert sind, es überhaupt auszuprobieren. Während sich das Changemanagement auf Anpassungsprozesse konzentriert, können bei der operativen Umsetzung verschiedene Projektmanagement-Tools und -Techniken eingesetzt werden, um die Strategieumsetzung zu verbessern.

Im Allgemeinen hilft ein Projektstrukturplan, der alle Arbeitspakete, Teilaufgaben und Verantwortlichkeiten auflistet, den Überblick zu behalten. Eine Umfrage unter über 200 Projektmanagern ergab, dass klare Ziele und Vorgaben eines der wichtigsten Themen für den Projekterfolg sind (vgl. White & Fortune, 2002). Ein weit verbreitetes gemeinsames Verständnis ist die Definition von Zielen auf der Grundlage des S.M.A.R.T.-Ansatzes:

Spezifisch, messbar, attraktiv, vernünftig, zeitgebunden (Locke & Latham, 1990).

Das folgende Beispiel zeigt ein Ziel 1.) ohne S.M.A.R.T.-Ansatz und 2.) mit S.M.A.R.T...:

1. "In unserem Online-Shop wollen wir unsere Produkte so realistisch wie möglich darstellen, um ein besseres Einkaufserlebnis für unsere Kunden zu schaffen."
2. "Durch den Einsatz von Virtual Reality-Technologien in unserem Online-Shop wollen wir die Rendite bis zum Ende des Jahres um 40% senken."

3 Geschäftliche Möglichkeiten

Autoren: Sandra Verweij und José Laan, Parbleu (Niederlande)

3.1 Einführung und Ziele dieses Abschnitts

"Ein guter Hockeyspieler spielt dort, wo der Puck ist. Ein großartiger Hockeyspieler spielt dort, wo der Puck sein wird: " Wayne Gretzky, kanadische Hockey-Ikone 1978-1999

Wie wir in den Kapiteln 3 und 4 gesehen haben, betrifft Smart Industry alle Aspekte eines produzierenden Unternehmens: von der Forschung, Entwicklung, dem (Neu-)Design und der Produktion bis hin zu Marketing, Service und Recycling von Produkten. Sie verändert Produkte, Dienstleistungen, Prozesse und, was noch wichtiger ist, Geschäftsmodelle einzelner Unternehmen und gestaltet ganze Lieferketten neu. Smart Industry schafft Chancen für bestehende und neue Unternehmen in - einst - traditionellen Märkten und erschließt neue Märkte. Dennoch zeigen jüngste Untersuchungen, dass sich produzierende Unternehmen in der Regel hauptsächlich auf die technologischen Aspekte und (potenziellen) Effizienzsteigerungen der Smart Industry konzentrieren und nicht auf den Paradigmenwechsel bei Geschäftswertversprechen und Geschäftsmodellen (Ibarra, Igartua & Ganzarain 2017). "Industrieunternehmen, die die digitale und die physische Welt miteinander verbinden, erschließen völlig neue Dimensionen in ihrer Arbeitsweise und in ihrem Wert für Kunden und Aktionäre. Sie können die Zeit für die Einführung neuer Produkte in ihren Markt drastisch verkürzen und schneller auf Kundenbedürfnisse reagieren. Die Umsetzung von Echtzeit-Kundendaten, Fabrik- und Lieferkettendaten in Erkenntnisse wird es diesen Fabriken und Lieferketten ermöglichen, viel schneller auf Veränderungen der Kundenbedürfnisse und externe Schocks zu reagieren" (Annunziata, 2014a). In einem harten Marktwettbewerb mit ständig wechselnden Variablen, einem zunehmenden Kampf um die (digitale) Aufmerksamkeit der Kunden und ihrer Nachfrage nach personalisierten Lösungen innerhalb kurzer Zeit müssen Geschäftsmodelle und Marktstrategien überdacht und Marktpositionen neu definiert werden.

Der Inhalt dieses Unterkapitels dient als Input, Inspiration und Leitfaden, um Geschäftsmöglichkeiten in Ihre SMeART-Roadmap aufzunehmen. Nachdem Sie dieses Kapitel gelesen haben, werden Sie in der Lage sein, Ihr eigenes Unternehmen zu verstehen und anzuwenden:

- Welche Geschäftsmöglichkeiten die Smart Industry bieten kann.
- Wie man Produkte modifiziert oder neue, wertvolle, intelligente, branchenbasierte Kundenlösungen entwickelt.
- Wie man ein zukunftssicheres Produkt- und Dienstleistungsportfolio aufbaut.
- Wie Sie Smart Marketing in Ihrem Unternehmen einführen oder verbessern können.
- Welche Auswirkungen die Smart Industry auf Ihre Lieferkette haben wird und wie Sie darauf reagieren und davon profitieren können.

3.2 Marktbedürfnisse

Die Hauptbestandteile für ein Unternehmen, um neue, *intelligente* Geschäftsmöglichkeiten zu schaffen, sind ein tiefes Verständnis von:

- den eigenen Ambitionen und (potenziellen) Ressourcen,
- Technischen und sozialen Entwicklungen und Markttrends,
- Kundenbedürfnissen, -problemen und Kundennutzen.

Unsere Umfrage zeigt, dass 51% der Befragten mehr Marktkenntnis und Verständnis für die Kundenbedürfnisse benötigen (Knowledge Alliance for Upskilling Europe's SMEs to Meet the Challenges of Smart Engineering, 2018).

Internationale Markttrends, die sich auf die Smart Industry beziehen, werden sich zunehmend auf einzelne produzierende KMU und ihre Wertschöpfungsketten auswirken:

1. Individualisierung

- Bedarf an kundenspezifischen Gesamtkonzepten einschließlich Wartungs- und sonstigen Dienstleistungen
- Kürzere Produktlebenszyklen, verursacht durch sich schnell ändernde Kundenanforderungen und Beschleunigung der Technologie.
- Flexible modulare Maschinenkonzepte erleichtern die Anpassung und erhöhen die Geschwindigkeit von Reaktion auf Marktveränderungen
- Endkunden verlangen mehr Entwicklungskapazität und Flexibilität.

2. Servitisierung
   Hinzufügen von (datenbasierten) Dienstleistungen zu Produkten, Anbieten von Gesamtlösungen, vom Eigentum bis zum Zugriff (vgl. Kapitel 3.3.3).
3. Geschäftsmodelle auf Basis von Performance. Es handelt sich z. B. um Pay-per-Use-Erlösmodelle (vgl. Kapitel 3.3.5).
4. Nachhaltigkeit
   Zunehmender Fokus auf Kreislaufwirtschaft und Wiederverwendung von (Teilen von) Maschinen, mehr Aufmerksamkeit und Nachfrage nach "sauberen" Anwendungen (vgl. 3.3.4).
5. E-Commerce
   Online- und Social Marketing, auch in B2B-Märkten eingesetzt (vgl. Kapitel 3.5)
6. Veränderte Marktbedingungen
   Die zunehmende Automatisierung / Robotik erfordert die Zusammenarbeit mit spezialisierten Partnern und führt zur Integration der Lieferkette (Entwicklung, Produktion und Service) (vgl. Kapitel 3.6).

Ein Unternehmen kann verschiedene Strategien oder Haltungen wählen, um auf sich ändernde Marktbedingungen, spezifische Trends und (technische) Entwicklungen zu reagieren, abhängig von der erwarteten Relevanz und dem Potenzial dieser Trends und Entwicklungen. Sie können versuchen, *die Zukunft zu gestalten* (eine führende Rolle bei der Festlegung der Funktionsweise der Branche zu spielen, indem sie Standards setzen und/oder Nachfrage schaffen), *sich an die Zukunft anzupassen* (durch Schnelligkeit, Agilität und Flexibilität bei der Erkennung und Nutzung von Chancen in bestehenden Märkten) oder *sich* einfach *das Recht zu spielen vorzubehalten* (genügend investieren, um im Spiel zu bleiben, aber vorzeitige Verpflichtungen zu vermeiden) (Courtney, Kirkland & Viguerie 1997).

3.2.1 Kundenbedürfnisse

Wir leben in einer Welt, in der das Angebot viel größer ist als die Nachfrage. Daher haben vor allem die Produkte oder Dienstleistungen, die auf den Problemen und Bedürfnissen der identifizierten Benutzer basieren, das Potenzial, zu erfolgreichen Marktprodukten zu werden.

Smart Industry zielt darauf ab, die Massenproduktion in Massenanpassungen umzuwandeln: Maßgeschneiderte Produkte werden zu Massenproduktionskosten hergestellt. Die genaue Kenntnis des Verhaltens, der Wahrnehmungen, der Werte und Bedürfnisse der Kunden sowie die Fähigkeit, diese Erkenntnisse schnell in modifizierte oder neue Produkte und Dienstleistungen umzusetzen (Customer Intimacy), wird zunehmend zu einer entscheidenden Kompetenz für alle produzierenden Unternehmen werden.

Unsere Umfrage zeigt, dass es Verbesserungspotenzial gibt, wenn es um das Feedback von Endverbrauchern an die Produktionsabteilung geht (Knowledge Alliance for Upskilling Europe's SMEs to Meet the Challenges of Smart Engineering, 2018).

In diesem digitalen und technologischen Zeitalter ändern sich die Möglichkeiten, Kundenbedürfnisse zu erfüllen und die Erwartungen der Kunden zu übertreffen, drastisch und ständig. Die Märkte sind transparent, die Kunden sind gut informiert und kritisch und haben die Oberhand, wenn es darum geht, wie, wann und wo sie ihre (maßgeschneiderten) Aufträge liefern wollen. Kundennutzen zu schaffen und neue Wege zu entwickeln, erfordert ein wachsames Auge auf (sich ändernde) Marktsituationen und tiefe Einblicke in das Verhalten, die Wünsche und Bedürfnisse der Kunden.

3.2.2 Kundenerkenntnisse

„Hätte ich die Leute gefragt, was sie wollen, hätten sie gesagt: schnellere Pferde." („Rede: Henry Ford - Wikiquote," n.d.)

Kunden zu fragen, was sie wollen, führt auf Dauer kaum zu bahnbrechenden Innovationen. Warum? Kunden verlangen in der Regel nur Lösungen, die auf bekannten Problemen, Bedürfnissen und Optionen basieren. Beim Sammeln von Customer Insights zur Schaffung von (mehr) Kundenwert geht es nicht darum, Kunden zu fragen, welche Produkte oder Dienstleistungen sie sich wünschen, sondern darum, den Kontext zu untersuchen, in dem sie die Produkte und Dienstleistungen nutzen werden. Es geht darum, herauszufinden, was der Zweck beim Kauf von Produkten oder Dienstleistungen wirklich ist: Was versucht er oder sie zu erreichen oder zu erfüllen? Kunden sind Experten für ihre eigenen täglichen (Arbeits-) Routinen, Themen und Ambitionen. Ein Smart Supplier unterstützt und erleichtert diese als Experte für State-of-the-Art und smart(er) Wege.

3.2.3 Sammeln von Kundeninformationen

Disruptive digitale Geschäftsmodelle konzentrieren sich oft darauf, zusätzliche digitale Umsätze zu generieren und die Interaktion und den Zugriff auf Kunden zu optimieren. Wirkliche Durchbrüche in der Leistung entstehen, wenn Sie das Verbraucherverhalten aktiv verstehen und die Rolle Ihres Unternehmens im zukünftigen Ökosystem von Partnern, Lieferanten und Kunden organisieren können. Intelligente Unternehmen nutzen digitale Technologien, um in einer integrierten, innovativen Lösung Mehrwert für den Kunden zu schaffen und zu liefern. (WC 2016)

Es gibt eine Reihe von analogen und digitalen Techniken, um Kundeneinblicke zu sammeln, die von einem KMU selbst durchgeführt werden können: Kundenpanels, Kundeninterviews, Kundenexpertengespräche, Kundenbeobachtungen, etc. Ein interessanter Einstieg ist es, sich bei einem bestehenden oder potenziellen Kunden zu verschieben und seine zu erledigende Aufgabe (Aufgaben, Prozesse und Interaktionen oder Touchpoints) in einer *Kundenreise zu* beschreiben. Die Kundenreisedatenkarte ist ein nützliches Werkzeug, um die Perspektive eines Kunden zu nehmen, als Leitfaden, um Chancen zu identifizieren und Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln oder anzupassen (vgl. Kwakman, Smeulders & Moerman 2017). Durch die Gestaltung einer Kundenreise wird ein Produkt oder eine Dienstleistung in seinen Kontext gestellt, als ein Teil der Lösung eines Kunden und der gesamten Erfahrung. Eine Kundenreise kann genutzt werden, um Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie man Kunden entlastet und dann intelligente neue Angebote erstellt und Kundenprozesse (neu) gestaltet. Dies kann innerhalb der Wertschöpfungskette zu einer vertieften Spezialisierung (Entbündelung von Produkten und Dienstleistungen) oder Integration (Bündelung von Produkten und Dienstleistungen zu Gesamtlösungen) führen.

Eine effektive und erreichbare Möglichkeit für KMU, Kundeneinblicke zu sammeln, besteht darin, Dialoge mit Kunden, Anwendern und möglicherweise Lieferanten zu organisieren:

- Was sind die Wünsche unserer Kunden und wie können wir ihm helfen, sie zu erfüllen?
- Welche Aufgaben haben unsere Kunden zu erledigen und wie können wir helfen?
- Was brauchen die besten Kunden unserer besten Kunden? Wie können wir unseren Kunden helfen, Mehrwert zu schaffen?
- Welche Art von Beziehung erwartet unser Kunde, dass wir mit ihm zusammenarbeiten?
- Für welchen Wert(e) ist der Kunde bereit zu zahlen?
- Wie wird unser Kunde vorzugsweise angesprochen und erreicht?
- Wie passen wir als Unternehmen optimal in seine Routine?

(Osterwalder, 2013)

Gemeinsam können sie sogar die "ideale" Kundenreise mitgestalten, Leistungsversprechen, Produkte und Dienstleistungen, Off- und Online-Prozesse, Kundenbeziehungen und Kundenerfahrungen (neu)gestalten.

Wie die Welt des Unternehmens verändert sich auch der Bezugsrahmen seiner Kunden ständig. Durch den regelmäßigen, zukunftsorientierten Dialog mit den Kunden erhält ein Unternehmer (und sein F&E-Team oder Produktmanager) einen ständigen Input für Innovationen.

Digitale Technologien, um immer bessere Vorhersagen über das Kundenverhalten zu machen, verbessern sich jeden Tag. Die Datenanalyse wird immer häufiger eingesetzt, um das Kunden- und Maschinenverhalten sowie die Nachfrage nach Produkten oder Dienstleistungen vorherzusagen. Kunden, die an der Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen beteiligt sind, werden an der Tagesordnung stehen. Sie werden zu einem integralen Bestandteil intelligenter Geschäftsmodelle, indem sie über ihre individuellen Bedürfnisse und die Nutzung von Produkten und Dienstleistungen informieren. Die Konzeption und Umsetzung neuer, intelligenter Geschäftsmodelle muss die aktive Integration der Co-Creation mit den Kunden ermöglichen.

Auch wenn das Geschäftsparadigma oft behauptet, dass ein Kunde im Mittelpunkt steht, ist es sinnvoll, dieses Paradigma aus anderen Perspektiven zu betrachten. Entwicklungen und Lösungen in anderen Branchen und Arbeitsbereichen können einem Unternehmen als Inspiration oder Schlüssel zu (bahnbrechenden) Innovationen dienen. Die Geschichte zeigt, dass viele radikale und epochale Innovationen auf völlig neuen Technologien entwickelt wurden. Vor einigen Jahrzehnten gab es noch keinen Bedarf an Mobiltelefonen. Es war eine Technologie, die die Entwicklung ermöglichte und so wurde ein völlig neuer Markt erschlossen. Ein weiteres, viel älteres, aber immer noch sehr relevantes Beispiel ist Michael Faraday, der im 19. Jahrhundert eine Induktion entdeckte. Ohne sie können wir uns das heutige Leben nicht vorstellen: Es wird für Radio, Fernsehen, Maschinen, Elektroautos, Mobiltelefone und Computer verwendet. Auf die Frage des Finanzministers nach dem Nutzen der Entdeckung antwortete der Erfinder: "Ich weiß nicht, warum sie nützlich ist, aber ich bin sicher, dass Ihr Nachfolger daraus Steuern ziehen wird".

Richard Branson (Raymundo, 2014) gelang es, Virgin zu einem globalen Kraftpaket auszubauen. Für ihn sind die Mitarbeiter am wichtigsten, nicht die Kunden. Es scheint ein radikaler Ansatz zu sein, aber die Logik dahinter kann dieses wichtige Geschäftskonzept erklären. Die zufriedenen und kreativen Mitarbeiter sind für die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und Produkte von größter Bedeutung. Wenn wir solche Menschen haben, können sie ihre Arbeit perfekt machen, die Marktbedürfnisse erkennen und kreative Lösungen erarbeiten. Solche Produkte schaffen somit Kundennutzen und wirtschaftliche Ergebnisse.

3.3 SMeART Geschäftsmöglichkeiten

Ein angeschlossenes Gerät oder eine Maschine wird zu etwas ganz Neuem und verwischt die Grenzen zwischen Produkten und Dienstleistungen. In ähnlicher Weise kann ein Unternehmen, das vernetzte Industriegeräte herstellt, zu einem grundlegend anderen Unternehmen werden (Annunziata, 2014b).

Unsere Umfrage zeigt, dass die meisten Befragten mit Herausforderungen konfrontiert sind, wenn es um (neue) Geschäftsmodelle auf der Grundlage der Smart Industry (Knowledge Alliance for Upskilling Europe's SMEs to Meet the Challenges of Smart Engineering, 2018) geht.

Es geht darum, Werte zu schaffen.

„Der Wert wird nicht von denen bestimmt, die den Preis festlegen. Der Wert wird von denen bestimmt, die ihn bezahlen." (Simon Sinek)

Der Kundennutzen ist der Kern eines Geschäftsmodells (Kapitel 4.6.4.1.). Um den richtigen Kundennutzen liefern und ein entsprechendes Umsatzmodell entwickeln zu können, müssen einige wichtige Fragen beantwortet werden: Wer genau ist Ihr Kunde, was sind seine Wünsche und Aufgaben, was hält ihn davon ab, sie zu erreichen (besser, schneller, einfacher, angenehmer), was sind seine aktuellen Möglichkeiten und für welchen Mehrwert will er bezahlen?

Im Allgemeinen sind die Kunden nicht daran interessiert, Produkte oder Dienstleistungen zu kaufen. Sie sind an Lösungen und Möglichkeiten interessiert, Dinge schneller, billiger, angenehmer oder bequemer zu erledigen als an wahrgenommenen Alternativen. Der Wert liegt nicht im Produkt oder in der Dienstleistung selbst, sondern in der Nutzung. Der Wert des Angebots eines Unternehmens wird durch den materiellen und immateriellen Nutzen aus Kundensicht bestimmt. Inwieweit es einem Unternehmen gelingt, kontinuierlich Kundenwert zu schaffen, bestimmt seine Wettbewerbsfähigkeit und seinen Erfolg. Man kann zwischen wirtschaftlichem Wert (ein Angebot sorgt für Kostensenkung, steigert den Umsatz), funktionellem Wert (spart Zeit und Mühe, einfach in der Anwendung, entlastet den Kunden), emotionalem Wert (bietet Wertschätzung, Aufmerksamkeit, Design, Überraschung, Spaß), symbolischem Wert (Zugehörigkeitsgefühl, Status) und sozialem Wert (Sicherheit, Gesundheit, Umwelt) unterscheiden. Erfolgreiche Geschäftsmodelle kombinieren in der Regel diese verschiedenen Arten von Werten.

Der wahrgenommene Wert wird bestimmt durch:

- Die Größe und Bedeutung eines Problems, Bedürfnisses, Ärgers oder einer Herausforderung; der "Schmerz" oder "Wunsch", dem ein Kunde begegnet,
- Das Ausmaß, in dem ein Angebot ein Problem löst oder als Mehrwert dient (der "Gewinn"),
- Die Anzahl der Anbieter, die aus Kundensicht etwas Ähnliches anbieten (Optionen),
- Die Unterscheidungskraft (Einzigartigkeit) eines Angebots oder seines Anbieters,
- Die Zeit zwischen identifiziertem Bedarf und angemessenen Marktprodukten (Time to Market).

Die Branche verändert sich und erhöht die Möglichkeiten für Unternehmen, (mehr) Wert zu schaffen. Die Kombination von fundierten Customer Insights mit intelligenten Technologien schafft neue Geschäftsmöglichkeiten, die zu wertvollen, integrierten neuen Produkt- und Servicekonzepten und interessanten oder sogar disruptiven Geschäftsmodellen führen können.

Gartner (2014) prognostiziert, dass bereits 2020 jedes fünfte Auto auf die eine oder andere Weise verbunden sein wird. Was bedeutet das für die Automobilindustrie? Werden sie neben dem Auto auch Dienstleistungen anbieten? Völlig neue Geschäftsmodelle entwickeln, wie z.B. Design-Marktplätze im Internet? Und welche Unternehmen, die noch nicht in diesem Markt sind, werden dem vernetzten Automobilmarkt beitreten? Und wer verdient Geld mit welcher Art von Mehrwert? Unternehmen mit einem Geschäftsmodell, das auf Kundennutzen und Kundenlösungen basiert, haben ausgezeichnete Möglichkeiten, in jedem Markt Gewinne zu erzielen ("[Kein Titel]," n.d.-b).

Smart Industry bietet produzierenden Unternehmen neue Geschäftsmöglichkeiten in Bezug auf:

- Entwicklung intelligenter (digitalisierter und kundenspezifischer) Produkte;
- Mit (großen) Daten Werte schaffen;
- Entwicklung von Smart Services und Gesamtlösungen (Servitisierung);
- Einen Beitrag zu sozialen Fragen leisten, intelligente technische Lösungen anwenden.

Die Digitalisierung von Produkten und Smart Engineering kann die Produktion von kundenspezifischen (modularen) Produkten mit der Geschwindigkeit und dem Preis von Massenprodukten realisieren. Es wird eine Vielzahl von Informationen und Daten generieren, die dazu genutzt werden können, bestehende Produkte und Dienstleistungen zu verbessern und neue, kundenspezifische Angebote zu entwickeln. Das Angebot zusätzlicher Dienstleistungen, Gesamtlösungen oder sogar Produkte als Dienstleistung entlastet die Kunden und kann ein wesentlicher Teil des Umsatzes eines produzierenden Unternehmens werden. Die Anreicherung und Analyse von Daten kann neue Umsatzmodelle liefern. Modernste Technologien und neue Methoden zur Datenerhebung und -interpretation können neue Erkenntnisse und sogar Lösungen für "klebrige" Sozial- und Umweltfragen liefern.

3.3.1 Smart Products

"Smart Industry digitalisiert und integriert Prozesse in der gesamten Organisation, von der Produktentwicklung und dem Einkauf über die Fertigung, Logistik und den Service. Alle Daten über Vertrieb, Betriebsprozesse, Prozesseffizienz und Qualitätsmanagement sowie die Betriebsplanung stehen in Echtzeit zur Verfügung, unterstützt durch ICT-Systeme und Software (z.B. Augmented Reality) und optimiert in einem integrierten Netzwerk. Durch die Integration neuer Methoden der Datenerfassung und -analyse sind Unternehmen in der Lage, Daten über die Produktnutzung zu generieren und Produkte für die steigenden Bedürfnisse der Endkunden zu veredeln" (PWC, 2016b).

Wie unsere Umfrage zeigt, hat die "Entwicklung neuer Produkte" einen hohen Stellenwert bei den Möglichkeiten zur Umsetzung intelligenter Lösungen (Knowledge Alliance for Upskilling Europe's SMEs to Meet the Challenges of Smart Engineering, 2018). Die Internet-Technologie betrifft in erster Linie die Produkte selbst. Nach der Lieferung können sie den Lieferanten darüber informieren, wie sie verwendet werden, was z.B. nützlich ist, wenn Sie ein Pay-per-Use-Geschäftsmodell anwenden möchten. Sie können auch melden, ob eine Wartung erforderlich ist, und sie können Software-Updates erhalten. In gewisser Weise werden auf diese Weise Produkte zum Leben erweckt (van Ede, 2017b). Smart Products sind benutzerfreundlich, attraktiv (Human Touch) und digital vernetzt. Sie sind mit minimalen Gesamtlebenszykluskosten (Energie, Materialien, Transport) ausgelegt. Smart Products verfügen über eine eingebaute Intelligenz, sodass sie mit ihrer Umgebung (Benutzern, aber auch alle Remote-Administratoren) kommunizieren können. Smart Products werden kundenspezifisch (Investitionsgüter) oder sogar ultrapersonalisiert (Konsumgüter) sein. Außerdem sind diese Produkte für die Wiederverwendung von Komponenten und die flexible (n = 1) Produktion konzipiert ("Smart Industry heft as ambitie dat Nederland in 2021 het meest flexibele and het best digitaal verbonden productienetwerk van Europa heeft. - Intelligente Industrie", 2018b).

Die Herstellung von smart(er) Produkten kann erfolgen durch:

- Hinzufügen von digitalen Funktionen zu bestehenden Produkten (wie Kameras und Sensoren und Kommunikationsgeräte, um sie miteinander zu verbinden);
- Kombination von digitalen Produkten und (datenbasierten) Dienstleistungen, um den Kunden Gesamtlösungen anzubieten;

- Einsatz von Datenanalysen zur Erstellung von Products-as-a-Service und Aufbau einer Online-Plattform für den Kundenzugriff auf Inhalte und datumsbasierte Dienste;
- Integration externer Daten und Produkte und Dienstleistungen anderer Unternehmen in die eigenen Angebote und Plattformen, um die Kunden zu entlasten. Dies bedeutet Zusammenarbeit mit anderen Lieferanten und/oder Integration der Wertschöpfungskette, Aufbau eines kundenorientierten Ökosystems (PWC, 2016a).

Die Verfügbarkeit von Daten und neuen Produktionstechnologien verbessert das Wissen und die Kontrolle über den Produktionsprozess und ermöglicht enorme Qualitätsverbesserungen (z.B. Null-Fehler).

3.3.2 Wertschöpfung auf Basis von Big Data

Unternehmen der Zukunft sind datengesteuerte Unternehmen, die Geld verdienen, indem sie Daten sammeln, aggregieren, analysieren und (wieder) verkaufen.

Unsere Umfrage zeigt, dass Daten derzeit hauptsächlich zur Optimierung und Effizienz verwendet werden (Knowledge Alliance for Upskilling Europe's SMEs to Meet the Challenges of Smart Engineering, 2018).

Die Datenlandschaft ist ein eigenes Arbeitsfeld mit vielen Aspekten wie Infrastruktur, Analyse, (Smart Data) Anwendungen, Datenquellen, Datenmanagement, Clouds und Plattformen. Viele Unternehmen verwenden Datenanalysen bereits zur Analyse und Berichterstattung über Prozesse, wobei der Schwerpunkt vor allem auf der Verwendung von Datenanalysen zur Kontrolle und Verbesserung ihrer gesamten Geschäftsplanung und Produktionsprozesse liegt. Aber diese Ansätze sind erst der Anfang. Es gibt noch weitere Einsatzmöglichkeiten für die Datenanalyse, die weitaus weniger Unternehmen auf ihrem Radarschirm haben. Dazu gehören bessere F&E-Möglichkeiten, besserer Service und Wartung der Produkte von Unternehmen im Besitz von Kunden sowie eine bessere Zusammenarbeit und Entscheidungsfindung mit Kunden und Partnerunternehmen. Diese eröffnen Möglichkeiten für neue Serviceangebote und Arbeitsweisen. Um erfolgreich zu sein, müssen Unternehmen Daten in vorausschauender, zukunftsorientierter Weise nutzen, die den Marktentwicklungen und dem Kundenverhalten entsprechen, um Produkte zu verbessern und neue Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln (PWC, 2016c).

Der Zweck der Datenerhebung und -analyse kann sein:

- Beschreibend: um herauszufinden, was in der Vergangenheit passiert ist.
- Diagnose: um zu verstehen, warum etwas passiert ist.
- Prädiktiv: um herauszufinden, was passieren könnte.
- Vorgeschrieben: um festzustellen, wie ein gewünschtes Ergebnis erzielt werden kann.

(Yaqin 2016)

Nutzungsdaten von Produkten/Maschinen werden gesammelt, um Forschung und Entwicklung, Qualität und Betrieb zu verbessern, maßgeschneiderte/personalisierte Angebote auf der Grundlage von Benutzerprofilen zu erstellen und neue Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln.

Bei der Datenerhebung stehen viele Unternehmen vor einem Dilemma. Sollten Sie von der Idee ausgehen, so viele Daten wie möglich zu sammeln, sie später zu analysieren und zu kombinieren und zu "hoffen", dass Sie die richtigen Daten gesammelt haben, um Trends und Vorhersagen zu ermitteln? Oder sollten Sie damit beginnen, das zu entwickeln, was Sie in 3-5 Jahren strategisch wissen und anwenden müssen, um zu entscheiden, welche wesentlichen und spezifischen Daten Sie in der kommenden Zeit sammeln und analysieren sollten? Die Formulierung einer spezifischen Frage nach der anderen, die Inventur Ihrer internen und externen Datenressourcen, die Erstellung einer Liste von Variablen und Parametern, die sich auf Ihre Frage beziehen, und die Auflistung der benötigten Datensätze könnten gute erste Schritte sein. Die nächste Phase wäre, Ihre Daten zu "bereinigen" oder zu filtern, bevor Sie sie analysieren, kombinieren, validieren und in Wissen umsetzen, das in (neue) wertvolle Spezifikationen, technologische Funktionen, Produkte und Dienstleistungen umgewandelt werden kann.

Die Überwachung betrifft sowohl Produkte als auch Prozesse, und durch die Fernsteuerung ist es möglich, Produkte und Prozesse in Echtzeit zu optimieren.

3.3.3 Intelligente Dienste (Servitisierung)

"Die Servitisierung beginnt damit, dass Ihr Kunde im Mittelpunkt steht. Versuchen Sie, über Ihr Produkt hinauszuschauen und sorgfältig darüber nachzudenken, welche zusätzlichen Dienstleistungen erforderlich sind, um Ihrem Kunden eine optimale Kundenreise zu bieten. Der nächste Schritt ist die Verknüpfung Ihrer Produkte und die Verwendung der resultierenden Daten, um das Kundenerlebnis weiter zu verbessern." ("Wat can servitization jouw bedrijf opleveren? - MT.nl," 2017)

Dienstleistungsinnovationen nehmen in größeren Industrieunternehmen und multinationalen Konzernen zu. Sie erweitern ihr Angebot um (disruptive) digitale Lösungen wie datengesteuerte Dienste und integrierte Plattformlösungen ("Industry 4.0: Building the digital enterprise", 2016). Fertigungsunternehmen werden zu Dienstleistern oder gar integrierten Lösungsanbietern (Manufacturing as a Service) und verwandeln Serviceabteilungen in Profit Center statt Kostenstellen. Ein stärkeres Bewusstsein der produzierenden KMU im Umgang mit Dienstleistungen, ob zusätzlich zu ihrem aktuellen Produktportfolio oder nicht, kann zu höheren Umsätzen, einer besseren Rendite und einer besseren Kundenbindung führen.

Dienstleistungsinnovationen, noch mehr als Produktinnovationen, erfordern Kundenwissen und Mitgestaltung. Die Definition eines Leistungsversprechens auf andere Weise, z.B. durch die Bereitstellung von Produktivität anstelle des Verkaufs von Produktionssystemen, eröffnet neue Wege der Wertschöpfung. Es liegt an dem Unternehmen, die optimale Kombination von Produkt(en) und Dienstleistung(en) oder ganz neue Dienstleistungen im Einklang mit seinen Kernqualitäten, Ambitionen und Visionen zu entwickeln.

Dienstleistungsinnovationen erfordern neue Organisationsprinzipien, neue Strukturen und Prozesse und unterscheiden sich von Produktinnovationen insbesondere im Bereich der sozialen Entwicklung (Organisation und Unternehmenskultur) und der Geschäftsentwicklung. Dienstleistungsinnovation bietet viele Innovationsmöglichkeiten, bedeutet aber oft eine Umsetzung in der Strategie und der Organisation eines Unternehmens, insbesondere bei einer produktorientierten Organisation. Servitisierung ist der Prozess, bei dem Dienstleistungen eine immer wichtigere Rolle in den Geschäftsmodellen produktorientierter Unternehmen spielen. Die Übernahme als Dienstleister wirkt sich auf die strategische Position und die Kundenbeziehungen eines Unternehmens aus. In seiner einfachsten Form erbringt ein Hersteller nur grundlegende Installations- und Wartungsleistungen, die sich aus Garantieverpflichtungen ergeben (After-Sales-Service). Ein nächster Schritt ist der Übergang zu proaktiveren Dienstleistungen, die sich von einem Produktfokus zu einem Fokus auf die Nutzung des jeweiligen Produkts verlagern und dabei alle Arten von Business Services anbieten, die eine Ergänzung zum Produkt darstellen. Auf intelligente Weise: Kombination von digitalen Produkten und datenbasierten Diensten als Lösungspartner. Neben der Wartung kann ein Unternehmen auch Dienstleistungen wie Leasing (einschließlich der Finanzierung von Hardwareprodukten) anbieten. Durch das Internet of Things (IoT), 5G- und Blockchain-Technologie werden Dienste als zustandsorientierte Instandhaltung durch Fernüberwachung von Anlagen ermöglicht.

In der weitreichendsten Rolle überträgt ein Unternehmen keine Produkte an Kunden, sondern bietet Wert (z.B. garantierte Verfügbarkeit / Produktivitätssteigerung) durch datenbasierte Products-as-a-Service, einschließlich prädiktiver Wartung, um seine Kunden als Wertpartner zu entlasten. Eine Online-Plattform für den Kundenzugang zu inhalts- und datumsbasierten Diensten kann durch Partnerschaften oder Anpassungen an bestehende Plattformen realisiert werden. Die Entwicklung von (digitalen) Plattformlösungen, die mehrere Anwendungen und Komponenten zusammenführen, kann diese Rolle und Position stärken.

Abbildung 18: Eine Typologie von Service-Strategien. Angepasst von "Service Addition als Geschäftsmarktstrategie: Identifizierung von Übergangsphasen", International Journal of Service Industry Management, 21, S. 698. (Matthyssens & Vandenbempt 2010)

Die oben genannte Customer-Access-Plattform bildet eine wichtige Schnittstelle zwischen dem Unternehmen und seinen Kunden. Diese Benutzeroberfläche ist eine interaktive Verbindung zwischen einem Menschen und einer Maschine. Eine Benutzeroberfläche zielt darauf ab, dem Kunden proaktiv zu helfen, zum Beispiel visuell oder ferngesteuert. Genau hier kann ein produzierendes Unternehmen viel Kundennutzen bringen. Zum Beispiel, um einen Kunden darüber zu informieren, dass ein Defekt an seiner Maschine vorliegt, noch bevor der Kunde es bemerkt (Geertsma, n.d.). Durch die noch schnellere Entwicklung von Technologie und Datennetzen können intelligentere, kundenorientierte Schnittstellen entwickelt werden, z.B. digitale Assistentenanwendungen.

Service-Strategie und Service Management

Das Hinzufügen von intelligenten Dienstleistungen zu Sachgütern, Maschinen oder Produkten gibt produzierenden KMU die Möglichkeit, Kundennutzen zu schaffen und neue Geschäfts- und Umsatzmodelle zu entwickeln.

Gesamter Mehrwert = Produkt-Mehrwert + Dienstleistungs-Mehrwert + eine Kombination aus Maschinen- und Dienstleistungs-Mehrwert (van Looy, Gemmel & Dierdonck 2003).

Eine Service- und Wachstumsstrategie ist notwendig, um zu entscheiden, welcher Servicewert zu entwickeln ist. Eine solide Servicestrategie sollte folgende Fragen beantworten:

- Was sind die Bedürfnisse und Erwartungen unserer Kunden?
- Was soll unser Kundennutzen sein? Z.B. Wachstum durch die Lieferung von After Sales Produkten an einen echten Value Partner.
- Was brauchen wir, um dorthin zu gelangen? Was muss in unserem Unternehmen verändert werden? Wie werden wir unsere Kultur von produktorientiert auf serviceorientiert umstellen?
- Welche Art von Dienstleistungen können wir erbringen (z.B. Beratung, Schulung, Wartung etc.)?
- Im Zusammenhang mit der Wartung:
    - Wie hoch ist die technische Lebensdauer unserer (Maschinen-)Teile und Anlagen?
    - Welche Instandhaltungsstrategien sind für unsere Kunden sinnvoll und wertvoll?
    - TCO-Modelle (Total-Cost-of-Ownership) erfreuen sich zunehmender Beliebtheit. Aber was bedeutet TCO für unsere Geschäftsprozesse, Finanzierung und Leistungserbringung?
- Wie wird unser Umsatzmodell für Dienstleistungen aussehen?

Es können verschiedene Arten von Instandhaltungskonzepten unterschieden werden:

- RCM (Reliability Centered Maintenance), basierend auf Zuverlässigkeit

- TBM (Time Based Maintenance), basierend auf Zeitintervallen
- TPM (Total Productive Maintenance) zur Optimierung der Maschinenverfügbarkeit
- CBM (Condition Based Maintenance), statusbedingte Wartung
- Run-To-Mistakes
- Kombinationen aus den vorstehenden Punkten

Im Moment ist eine Verschiebung von der zeitabhängigen Wartung (periodische präventive Wartung) hin zur prädiktiven Wartung (präventive Wartung, sobald eine Maschine dies als notwendig erachtet) zu beobachten.

Dienstleistungen können an Kunden auf verschiedenen Ebenen, in verschiedenen Formen und innerhalb unterschiedlicher Kundenbeziehungen erbracht werden. Der Dienstleistungsmarkt kann von generisch bis hochspezifisch klassifiziert werden: von generischem Ersatzteilservice über Prozess-/Anwendungsservice bis hin zu kompletten kundenorientierten Dienstleistungen. Jede Art von Dienstleistung erfordert eine bestimmte Organisation und spezifische Kompetenzen.

IKT können in einer guten Service Management Richtlinie, die spezifische Software und Systeme verwendet, nicht ignoriert werden. PDs, z.B. für die Empfangserfassung, können mit diesem System verknüpft werden, um interaktives Reporting, Finanzverwaltung und Vertrag (z.B. SLAs mit Betriebszeitvereinbarungen) zu speisen.

Die Aktualisierung der Informationen über installierte Maschinen, einschließlich der gelieferten Wartungskomponenten, ist bei vielen (KMU-)Maschinenbauern noch nicht sehr gut abgestimmt. Das Dokumentenmanagement bereitet vielen KMU Kopfzerbrechen. Gelieferte Werksteile entsprechen oft nicht den Originalzeichnungen. Für Rückrufaktionen ist es wichtig zu wissen, welche strategischen Teile in welche Maschine eingeflossen sind (Track and Trace von Teilen). Darüber hinaus sind Software-Updates (oft teilweise kundenspezifisch) nicht gut registriert, was zu Störungen und sogar zum Stillstand von Maschinen führt.

Die Entwicklung einer Ersatzteilstrategie und eines Ersatzteilmanagements kann zu angemessenen Geschäftsgewinnen führen. Die Klassifizierung von Ersatzteilen kann ein erster Schritt sein: A-Teile (Sammelartikel) sind überall erhältlich, B-Teile (weitere Fachartikel) und C = Teile nur beim Maschinenhersteller selbst. Es kann auch eine nachhaltige Beziehung zu den Kunden und ein margenstarkes (neues) Umsatzmodell sicherstellen, da das System der C-Teile-Lieferung festgelegt ist. Indem Maschinen und Ersatzteile durch Konnektivität intelligent gemacht werden, kann eine vorausschauende Wartung ermöglicht werden. In einigen Jahren werden die angeschlossenen Maschinen ihre eigenen Ersatzteile just in time bestellen, ganz allein.

In vielen KMU des Maschinenbaus hält ein schwerer Kostenfaktor Teile von Maschinen, die längst gebaut wurden, auf Lager. Eine veraltete Stückliste mit begleitender Auslaufstrategie kann eine Gelegenheit sein, den Verkauf einer neuen Maschine zu provozieren.

3.3.4 Mit intelligenten technischen Lösungen zu sozialen und ökologischen Themen beitragen.

Wie wir in den vorangegangenen Kapiteln gesehen haben, eröffnet Smart Industry neue Wege, um Ressourcen effizienter zu nutzen, wie die Reduzierung des Rohstoffbedarfs (z.B. durch additive Fertigung) und des Energieverbrauchs (z.B. durch Fernwartung).

Smart Industry in Bezug auf soziale und ökologische Fragen bietet auch produzierenden Unternehmen Geschäftsmöglichkeiten. Zum Beispiel durch die Verbesserung oder Bereitstellung neuer (technischer) Lösungen für nachhaltige Energie, bezahlbare Medizinprodukte, Sicherheit und nachhaltige und zuverlässige Mobilität. "Innerhalb des Bereichs Smart Industry ermöglichen IKT, Mechatronik, Robotik und Fertigung Technologien, die für die Bewältigung der großen Herausforderungen unserer Gesellschaft unerlässlich sind. Neuartige Robotertechnologien, präzise Bewegungssysteme und energieeffiziente Antriebstechniken können beispielsweise konstruktiv dazu beitragen, Probleme des Klimawandels (Umweltüberwachung, aber auch effizientere Produktion), der Energie (effizientes Maschinendesign), der Gesundheit (neuartige diagnostische oder robotische Eingriffe), der Mobilität (koordinierte intelligente Transporte) und der Sicherheit (Überwachung und intelligente Prävention oder Screening) anzugehen". Darüber hinaus stellt Smart Industry sicher, dass diese Produkte und Dienstleistungen effizient und lokal bereitgestellt werden können, wodurch Innovation und Umsetzung eng beieinander bleiben. ("[Kein Titel]," n.d.-c)

Zukünftige Erlösmodelle im Zusammenhang mit der Servitisierung, wie "Products-as-a-Service" (siehe Kapitel 5.3.5), bei denen ein verkauftes Produkt im Besitz des Herstellers bleibt, erfordern und tragen zu einem fortschrittlichen und integrierten Lebenszyklusmanagement bei, einschließlich (Design to) Wiederverwendung, Aufarbeitung und Recycling.

3.3.5 Intelligente Ertragsmodelle

Ein Erlösmodell zeigt, wie der von einem Unternehmen geschaffene Wert in eine oder mehrere Ertragsquellen umgewandelt wird. Ein Ertragsmodell ist nicht der Grundstein eines Geschäftsmodells, es ist ein integraler Bestandteil davon. Es beschreibt, wer für welchen Wert bezahlt und wie er den Kunden in Rechnung gestellt wird. Und natürlich die Kosten, die anfallen, um diesen Wert zu entwickeln und zu liefern. Das Erlösmodell bestimmt den Preis von Produkten und Dienstleistungen.

Ein Unternehmen kann ein Umsatzmodell (z.B. Preis pro Produkt) unterstützen, aber auch mehrere Umsatzmodelle übernehmen (z.B. Festpreise für Maschinen und Stundensätze für die Wartung).

Ein Softwareanbieter kann pro Softwarepaket, pro Kundentransaktion oder die Software billig oder sogar kostenlos anbieten, indem er Upgrades oder Dienstleistungen wie Beratung und Schulung berechnet. So bietet das gleiche Produkt mehrere Möglichkeiten für Verdienste.

Man kann die Innovation eines Ertragsmodells auf vier verschiedene Arten angehen:

1. Mehr, einen anderen oder neuen Wert bieten und das Ertragsmodell entsprechend anpassen.
   Zum Beispiel eine Abonnementgebühr für die vorbeugende Wartung von Maschinen.

2. Das Umsatzmodell zu *einem Grund* für Kunden, zu kaufen und zu bleiben:
   - Abschaffung finanzieller Schwellenwerte durch Vermeidung hoher Investitionen für Kunden, z.B. durch das Angebot von Leasingkonstruktionen. Oder um einen günstigen Produktpreis in Kombination mit einem Servicevertrag anzubieten. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Fixkosten variabel zu gestalten, z.B. kann ein Maschinenbauer die Miete pro Stunde, die Zahlung der Betriebszeit oder die Zahlung pro auf seiner Maschine produziertem Produkt berechnen. Der Trend "vom Eigentum zum Zugang" wird die finanziellen Risiken von Kunden auf Lieferanten verlagern. Ein Nachteil für KMU ist, dass sie nicht ausreichend mit Kapital ausgestattet sind, um diese Art von Ertragsmodellen anbieten zu können.
   - Anbieten von Abonnements (Wartungsverträge, Finanzdienstleistungen, Beratung, Engineering/Retrofit-Dienstleistungen, Datendienste, Serviceunterstützung (digitale Hilfe), spezielle Ersatzteillieferung und -lagerung usw.): Auf diese Weise kann ein Unternehmen Kunden binden. Diese Art von Erlösmodellen bietet den Kunden Klarheit und Liefersicherheit und sichert den Lieferanten während der Vertragslaufzeit ein regelmäßiges Einkommen.
   - Differenzierte oder modulare Angebote: unterschiedliche Preise für verschiedene Arten von Dienstleistungen oder ein Basispaket, zu dem ein Kunde Produkte oder Dienstleistungen hinzufügen kann. Die Kunden haben die Möglichkeit, etwas auszuwählen, das ihren Bedürfnissen und ihrem Budget entspricht. Auf diese Weise kann ein Lieferant mehrere Kundengruppen ansprechen.

3. Machen Sie den Wert von Waren und Dienstleistungen *sichtbar*, die jetzt kostenlos zur Verfügung gestellt werden und fragen Sie im Gegenzug nach dem Wert (in jeglicher Form). Dies können Ingenieurstunden für Angebote, Kundendienst oder Daten sein, die den Kunden zur Verfügung gestellt werden.

4. Bessere Nutzung und Bewertung der Ressourcen eines Unternehmens, einschließlich Daten. Beispielsweise könnte Ihr Kunde sehr an den Daten interessiert sein, die Sie für die Zustandsüberwachung Ihrer Produkte oder installierten Maschinen erzeugen (5.3.2, Wertschöpfung mit Daten).

Eine weitere Möglichkeit, einen Kunden zu belasten, bedeutet oft, dass neue Zielgruppen angesprochen werden oder sich das Angebot eines Unternehmens ändert. Umgekehrt kann ein neues Angebot oder eine neue Zielgruppe Gründe und Chancen für ein neues Umsatzmodell bedeuten.

Relevante Umsatzmodelle für produzierende Unternehmen sind:

- Das traditionelle Modell des Produktverkaufs und der Stundenabrechnung für (zusätzliche) Dienstleistungen (Austauschmodelle);
- Vermietung, Lizenzierung, Hosting (Gebrauchsmuster);
- Umsatzmodelle basierend auf dem gemessenen Verbrauch (Liefermodelle):
  Kunden zahlen für die Nutzung oder den Verbrauch von Produkten oder Dienstleistungen *(Pay-per-Use).* Häufig wird ein Grundpreis mit einem Nutzungszuschlag in Form eines Abonnements angeboten. *Prepaid, Pay As You Go oder Pay As You Use* sind Formulare, in denen Sie für ein Guthaben im Voraus bezahlen. Das Guthaben wird abgebucht, wenn die Dienstleistung tatsächlich genutzt wird.
- Kunden bezahlen für den tatsächlich gelieferten Wert (Leistungsmodelle), z.B. *Betriebszeitvereinbarungen* an Maschinen;
- *Abfall" als Ware*, z.B. Designermöbel aus Altholz (Wiederverwendung oder runde Modelle);
- Die Lieferung von Produkten und Dienstleistungen, die kostenlos oder kostengünstig sind, während die Kunden für (Ersatz-)Teile, Dienstleistungen oder Upgrades bezahlen, wie relativ billige Drucker mit teuren Tintenpatronen oder kostenpflichtige Zusatzdienste von Skype und Spotify (Einstiegs- oder Freemium-Modelle).

Intelligente Ertragsmodelle kombinieren diese bestehenden Prinzipien und Modelle mit neuen technischen Möglichkeiten. Durch eine andere Definition Ihrer Produkte können (neue) Dienstleistungen hinzugefügt oder erstellt werden. Denken Sie an Leasing-, Versicherungs- oder Logistikdienstleistungen. Aufgrund der Konnektivität von Produkten und Maschinen und der von ihnen bereitgestellten Daten werden (zusammengesetzte) Umsatzmodelle wie dynamische Preisgestaltung, Pay-per-Use, Pay for Uptime oder Pay per Approved Product/Teile in der Industrie immer mehr Anwendung finden. Es bleibt der Kreativität eines Unternehmens überlassen, sein Leistungsversprechen mit (einem Mix aus) Produkten, Dienstleistungen und Anwendungen zu erfüllen (z.B. zahlen die Nutzer für die Nutzung von Licht, anstatt Lampen zu kaufen).

3.4 SMeART Innovation von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen

Autor: Prof. Dr. Borut Likar, MBA

Begrenzte Zeit, unbegrenzte Möglichkeiten

Zukunftssichere Marktstrategien und stoßfeste Produktportfolios entstehen durch die Kombination zweier wichtiger Kräfte: Technology-Push und Market-Pull. Kontinuierliche kundenorientierte Forschung, Entwicklung und Innovation auf Basis modernster Technologien ist die Leitlinie für ein effektives und intelligentes Produktmanagement. Mit ständig wechselnden Kundenbedürfnissen und nahezu unbegrenzten technischen Möglichkeiten zu deren Erfüllung wird sowohl das Produktmanagement als auch die Forschung und Entwicklung immer mehr die Eigenschaften des Innovationsmanagements erhalten.

Innovationsmanagement in SMeART Industries

Innovation ist für die europäische Wettbewerbsfähigkeit in der Weltwirtschaft von entscheidender Bedeutung. Die EU führt Politiken und Programme durch, die die Entwicklung von Innovationen unterstützen, um die Investitionen in Forschung und Entwicklung zu erhöhen und die Forschung in verbesserte Waren, Dienstleistungen oder Prozesse für den Markt umzusetzen. Wie in der EU-Industriepolitik hervorgehoben, ist die Industrie für die Wettbewerbsfähigkeit der EU von entscheidender Bedeutung, und Innovation ist in dieser Hinsicht ein Schlüsselfaktor. Dies ist besonders wichtig für Industrie 4.0.

3.4.1 Entwicklung eines intelligenten Innovationsportfolios

Erstens sollte betont werden, dass Unternehmen, die innovativ sind und auch verschiedene Arten von Innovationen ansprechen, stoßfester sind und wirtschaftliche Rezessionen leichter überstehen. Daher ist es wichtig, sich nicht nur auf neue Produktentwicklungen zu beschränken. Innovationsaktivitäten bringen den höchsten Wert, wenn sie ausgewogen sind, und berücksichtigen verschiedene Arten von Innovationen wie folgt:

- Produkt (das zu neuen Produkten oder Dienstleistungen oder Verbesserungen an alten Produkten oder Dienstleistungen führt)
- Prozess (der zu verbesserten Prozessen innerhalb der Organisation führt - z.B. Business Process Reengineering)
- Marketinginnovation (einschließlich der Funktionen Produktförderung, Preisgestaltung und Vertrieb)
- Organisation (was die Art und Weise, wie die Organisation geführt wird, verbessert)
- Prozessinnovationen (Verbesserung aller Prozesse, auch der F&E- und Produktionsprozesse in der Smart Industry)

Zusätzliche Typologie der Innovationen:

- Technologische und nicht-technologische Innovationen
- Für die Smart Industry sind technologische Innovationen wichtig, z.B. technologische Durchbrüche auf Basis der API- Application Programming Interface. Gleichzeitig hängen nicht-technologische Innovationen mit der Unternehmensleistung und auch mit den Märkten zusammen.
- Inkrementelle und radikale Innovationen
- Auch wenn inkrementelle Innovationen oft kleinere Verbesserungen mit geringen finanziellen Ergebnissen darstellen, können wir viele davon in Unternehmen erwarten. Auf der anderen Seite können radikale Innovationen enorme finanzielle Ergebnisse bringen, sind aber selten und oft riskant - z.B. war der Erfinder des Turboreaktiven Motors/Flugzeugs De Havilland (Comet), aber der letzte Gewinner war Boeing, der eigentlich ein Innovationsanhänger war.
- Technology-Push und Market-Pull-Konzept
- Einige Innovationen sind rein technologiegesteuert (z.B. Elektroflugzeuge, bei denen der Engpass Hochleistungsbatterien sind), andere folgen dem Market-Pull-Konzept (z.B. Entwicklung der Digitalkamera und der Fotobearbeitungssoftware).

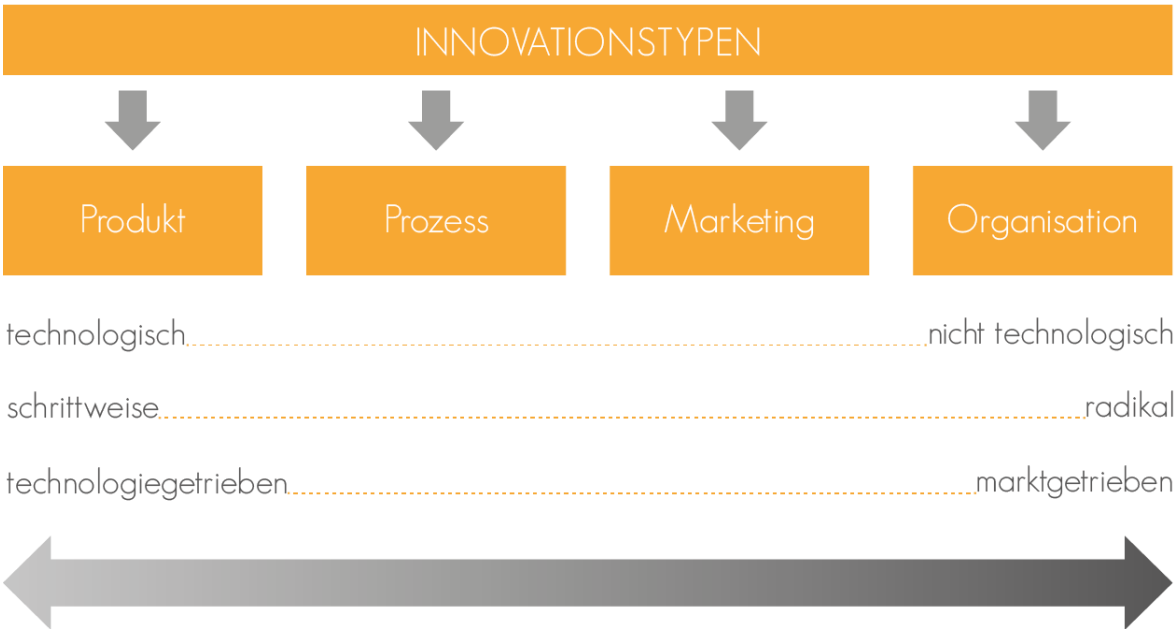

Abbildung 19: Typologie der Innovation. Unternehmen, die innovativ sind und auch verschiedene Arten von Innovationen ansprechen, sind stoßfester.

Es gibt noch einige andere Arten, die in den letzten Jahren immer wichtiger werden:

- Öko-Innovation
  Es ist die Herstellung, Assimilation oder Nutzung eines Produkts, eines Produktionsprozesses, einer Dienstleistung oder eines Managements oder einer Geschäftsmethode, die für das Unternehmen neuartig ist (Entwicklung oder Einführung) und die während ihres gesamten Lebenszyklus zu einer Verringerung von Umweltrisiken, Umweltverschmutzung und anderen negativen Auswirkungen auf die verwendeten Ressourcen (einschließlich des Energieverbrauchs) im Vergleich zu relevanten Alternativen führt.

- Soziale Innovationen
  Dies sind neue Strategien, Konzepte, Ideen und Organisationen, die darauf abzielen, die sozialen Bedürfnisse zu erfüllen, die sich aus Arbeitsbedingungen, Bildung, Gemeindeentwicklung und Gesundheit ergeben. Diese Ideen werden mit dem Ziel entwickelt, die Zivilgesellschaft zu erweitern und zu stärken.

Für ein intelligentes Unternehmen ist es wichtig, alle Arten von Innovationen im Blick zu haben, denn jedes von ihnen kann Vorteile bringen. Aber natürlich sollten sie sich auf diejenigen konzentrieren, die mit dem Kerngeschäft des Smarten Unternehmens zusammenhängen.

3.4.2 Innovationsmanagement

Nach den Worten des Management-Gurus Peter Drucker benötigt jede Organisation eine Schlüsselkompetenz: Innovation. Dies ist der Prozess, mit dem Unternehmen ihre Wettbewerbsfähigkeit und Rentabilität verbessern. Innovationen führen zur Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen, neuen Funktionen in bestehenden Produkten und Dienstleistungen und neuen Wege zu deren Herstellung oder Verkauf oder zu einem anderen Ansatz für jeden anderen Prozess innerhalb des Unternehmens. Völlig neue Geschäftsmodelle werden oft als neue Geschäftsmodelle bezeichnet, die den höchsten Mehrwert bringen. Wir können sagen, dass Innovation nicht nur ein Prozess ist, sondern eine Lebensweise.

Wenn wir Innovationen innerhalb der Organisation etablieren oder verbessern wollen, gibt es kein einheitliches Verfahren, wie dies zu erreichen ist. Aber es gibt viele Elemente und Konzepte, die Unternehmen helfen können, die Innovationsleistung zu erreichen. Innovationsmanagement beginnt mit der Definition der Strategie und der Festlegung von Innovationszielen. Eine Innovationsstrategie ist eine Strategie der effizienten Antworten auf den Wettbewerb. Die Entwicklung erfolgreicher Innovationsstrategien ist oft schwierig, was erklärt, warum viele Unternehmen sich dafür entscheiden, dies nicht zu tun, obwohl die Vorteile von Innovationen allgemein bekannt sind.

Der Umfang der Innovation

Die häufigsten Innovationsziele sind die folgenden (Likar & Fatur 2007):

- Steigerung der Wertschöpfung für die Kunden
- Reduzierung der Produkt- und Servicekosten
- Steigerung der Innovationstrefferquote
- Verbesserung der Produkt-/Dienstleistungsqualität
- Steigerung der Entwicklungseffizienz
- Steigerung der Rate der Produkt-/Dienstleistungseinführungen
- Verkürzung der Markteinführungszeit
- Entwicklung neuer Produkt-/Dienstleistungskategorien
- Neue Geschäftsmodelle erstellen
- Verbesserung der Arbeitsbedingungen für die Mitarbeiter

Aufbau der Innovationskultur

Wenn das Unternehmen die genannten und ähnlichen Ziele erreichen will, ist der Aufbau der Innovationskultur unerlässlich und umfasst:

- Führung durch visionäre, enthusiastische Champions des Wandels;
- Unterstützung des Top-Managements und Förderung der Kreativität, sowohl finanzieller als auch psychologischer Art;
- Ein effektives Kommunikationssystem. Führungskräfte teilen die Geschäftsvision mit ihren Mitarbeitern und befähigen sie, ihr Potenzial zur Erreichung der Unternehmensziele zu optimieren;
- Flexibilität gegenüber neuem Denken und neuen Verhaltensmustern. Die kreative Organisation passt sich leicht an Veränderungen an und sucht proaktiv nach neuen Möglichkeiten;
- Kundenorientierung;
- Eine kreative Kultur ist nach außen hin fokussiert und sucht nach Ideen bei Kunden, Wettbewerbern, Akademikern, Lieferanten und sogar Branchen mit einem anderen Fokus.

Die Innovationskultur kann entwickelt werden durch:

- Auswahl innovativer Mitarbeiter

- Training für Kreativität und Innovation
- Entwicklung einer Lernkultur
- Stärkung der Mitarbeiter
- Einrichten von Ideenerfassungsschemata
- Entwicklung von Managern, um die Innovation anderer zu unterstützen
- Kreativität zu einer Anforderung an den Job machen
- Verbesserung der Beteiligung der Mitarbeiter an der Entscheidungsfindung
- Angemessene Belohnungssysteme für Innovationen haben
- Risikobereitschaft als akzeptable Praxisform zulassen
- Förderung von Investitionen in Forschung und Entwicklung
- Benchmarking (aktive systematische Ansätze zur Ermittlung und Bewertung bewährter Praktiken an anderer Stelle, um die eigene Leistung zu verbessern)

Einige andere wichtige Maßnahmen, die das organisatorische Umfeld betreffen:

Verantwortung für die Innovation, die allen Mitarbeitern übertragen wird: Während einige Rollen direkter an Innovationen beteiligt sein werden (z.B. Forschung und Entwicklung, Produktentwicklung), sollten alle Mitarbeiter ein Mandat haben, in ihren Rollen innovativ zu handeln.

Personalsystem, das die Mitarbeiter entwickelt und ermutigt, innovativ zu sein. Dies erfordert ein Engagement für Training, Ausbildung, Mentoring und die Belohnung der Mitarbeiter für innovatives Verhalten. Die Mitarbeiter benötigen auch Zeit und Ressourcen, um anzuhalten und über neue Ideen nachzudenken, die nicht passieren werden, während sie 100% ihrer Zeit in den Alltag investieren. Insbesondere für Smart Industries ist eine permanente Schulung zu neuen Technologien und sich schnell entwickelnden Branchen unerlässlich.

Leistungsmesssystem, das den Innovationsschub eines Unternehmens misst. Einfache Maßnahmen, die häufig verwendet werden, sind Ausgaben für Innovationen (oft als F&E-Ausgaben bezeichnet), ein Prozentsatz für neue Produkte (Anzahl der in diesem Zeitraum neuen/geänderten Produkte im Verhältnis zur Gesamtproduktzahl) und eine Reihe von Patenten.

Verknüpfungen mit der Marketingfunktion: Das Verständnis der Kunden, ihrer Bedürfnisse und des Wettbewerbs ist entscheidend für die Ausrichtung der Ressourcen auf die Innovationssysteme. Die erfolgreichsten Innovatoren verstehen die Bedürfnisse des Kunden besser als die Kunden selbst. Sie sind oft in der Lage, Probleme zu identifizieren und zu lösen, bevor der Kunde erkannt hat, dass es vielleicht ein Problem gibt, geschweige denn, dass er über den Kauf einer Lösung nachgedacht hat.

Wissenserwerbs- und Managementprozesse, die ständig neue Ideen, Informationen, Konzepte und Wissen in die Organisation einbringen. Dies kann von einfachen Dingen wie dem Erhalt von Fachzeitschriften, Wissenschafts-, Ingenieur- und Fachzeitschriften, der Teilnahme an Konferenzen und der Teilnahme an Branchennetzwerkforen bis hin zu einer umfassenden Forschungskapazität reichen. Wo Wissen nicht ohne weiteres verfügbar ist, haben Fachhochschulen, Universitäten und Forschungseinrichtungen die Möglichkeit, es für Sie zu entwickeln.

Managementsysteme für geistiges Eigentum, die das geistige Eigentum der Organisation (IP) identifizieren, schützen, bewerten, verwalten und auditieren. Dieses geistige Eigentum ist das neue Wissen, das aus dem Innovationsprozess entsteht, z.B. kann es ein einzigartiges Verständnis eines Produktionsprozesses sein, das eine überlegene Effizienz oder Design in einem neuen Produkt ermöglicht. Einige Unternehmen haben Schwierigkeiten bei der Identifizierung ihres geistigen Eigentums. Eine Möglichkeit dazu ist die Beantwortung der Frage: Was wissen wir, was unsere Konkurrenten nicht wissen und was sollen sie nicht wissen. Einmal identifiziert, muss es geschützt werden oder die Konkurrenz wird es herausfinden! Der Schutz Ihres geistigen Eigentums kann von der einfachen Geheimhaltung nicht nur physisch, sondern auch elektronisch bis hin zu formellen Mitteln wie Markenschutz, Patenten und Sortenschutz reichen. Diese sind besonders wichtig für intelligente Technologien. Nicht zuletzt ist eines der wichtigsten Instrumente, schneller zu sein als die Konkurrenz: Um auf die Marktbedürfnisse zu reagieren, die Neuheit zu entwickeln, das Produkt zu verkaufen und wenn es Konkurrenten gelingt, es zu kopieren, haben Sie bereits ein neues. Das ist auch ein Konzept von Akrapovič, dem slowenischen Hersteller von Abgassystemen: einer der besten der Welt.

Abbildung 20: Casy Stoner mit der Auspuffanlage von Akrapovič, die ständig erneuert wird. Einige Elemente sind patentiert, die anderen sind nach dem schnellen "time to market"-Konzept geschützt. (Google kostenlose Bilder)

Open Innovation ist ein Konzept, bei dem die Grenzen zwischen einem Unternehmen selbst und seinem Umfeld durchlässiger geworden sind; Innovationen können leicht zwischen Unternehmen und anderen Unternehmen sowie zwischen Unternehmen und kreativen Verbrauchern, akademischen Einrichtungen und Forschern nach innen und außen übertragen werden, was zu Auswirkungen auf der Ebene des Verbrauchers, des Unternehmens, der Industrie und der Gesellschaft führt (Wikipedia-Mitwirkende, 2018a). Gleichzeitig ermöglicht es Unternehmen, nach neuen Wegen zur Kommerzialisierung ihrer Ideen und ihres Know-hows zu suchen, indem sie geistige Eigentumsrechte, Spin-offs und andere Formen verkaufen. Das Clustering ähnlicher Organisationen und ihrer unterstützenden Industrien ist ein bewährtes Instrument, um kollektives Wachstum zu gewährleisten, indem es die Teile des Innovations- und Geschäftsprozesses teilt, in denen sich ihre Interessen überschneiden (z.B. European Automotive Cluster Network - eine Initiative, die neun der wichtigsten Clusterinitiativen im Automobilsektor aus sieben europäischen Ländern wieder vereint).

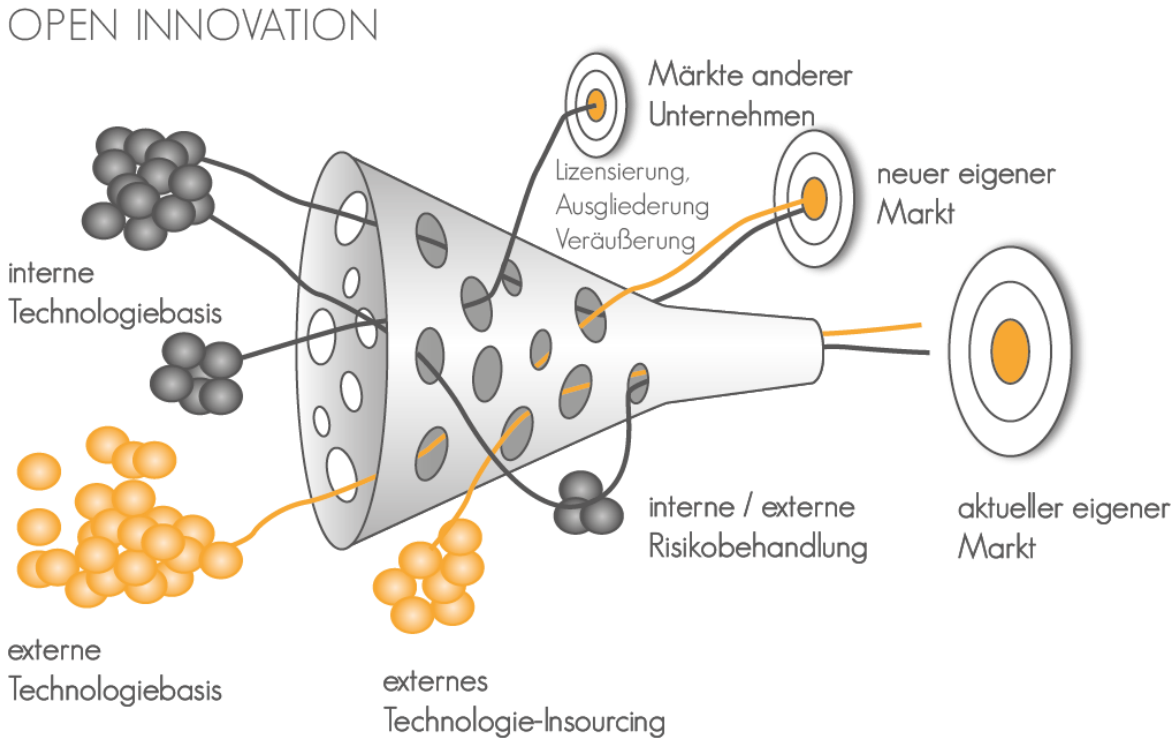

Abbildung 21: Offenes Innovationskonzept (Lubiewa-Wielezynsk, n.d.)

Flexible, organische Struktur, die die Teamarbeit fördert und auch als Stimulans für Menschen wirkt, um kreativer zu sein. Eine elastische Geschäftsdefinition hilft, sich gegen protektionistische Instinkte zu wehren, und die Organisation vermeidet so eine unbewusste Verteidigung gegen notwendige Veränderungen. Das Management des Unternehmens sollte so ausgerichtet sein, dass es einen erheblichen Teil seiner Zeit damit verbringt, nach Möglichkeiten außerhalb der Grenzen des von ihm geführten Unternehmens zu suchen.

Motivation der Mitarbeiter: Die Motivation eines Mitarbeiters bedeutet, dass er seinen persönlichen beruflichen Erfolg, seinen positiven Beitrag zum Unternehmensziel, seine Verantwortung entsprechend den Fähigkeiten, die Anerkennung seiner Leistung, das Sammeln neuer Erfahrungen und die Entwicklung von Fähigkeiten spüren soll.

Partizipativer Führungsstil: Führungskräfte konzentrieren sich sowohl auf die Aufgabe als auch auf die Untergebenen und ermöglichen ihnen, am Planungs- und Entscheidungsprozess teilzunehmen.

Flexible Unternehmensgrenzen: Es ist nicht notwendig, alle Innovationen intern zu schaffen. Partnerschaften können eine nützliche Strategie zur Förderung von Innovationen sein. Neben der Entwicklung kann auch die Akquisition eine effektive Innovationsstrategie sein.

Managen Sie das Risiko: Eine Strategie sollte nicht monolithisch sein; sie sollte ausreichend variiert werden, um organisatorische Flexibilität und Flexibilität zu ermöglichen. Sie müssen sich daran erinnern, dass die meisten Innovationsideen nicht ausreichen werden, also denken Sie nicht groß in Bezug auf die Finanzierung jeder einzelnen innovativen Idee. Die Strategie sollte darin bestehen, eine Reihe von Ideen zu finanzieren. Ein risikoarmes Experimentieren ist von entscheidender Bedeutung - investieren Sie in viele Unternehmungen, aber beginnen Sie klein. Obwohl die meisten neuen Unternehmungen scheitern werden, kann von jedem ein Lerneffekt erworben werden. Projektrisiken sind von Portfoliorisiken zu unterscheiden - das Risiko eines neuen Projekts ist hoch, aber wenn es genügend Innovationsprojekte gibt, ist das Portfoliorisiko überschaubar.

Transformation der Unternehmensstrategie: Eine typische strategische Planung ist oft entgegengesetzt zur Förderung radikal innovativer Geschäftsmodelle und -strategien. Innovation kann nicht an einen geplanten strategischen Planungshorizont gebunden werden; sie sollte kontinuierlich sein. Außerdem sollte die Strategie nicht auf die gleichen hochrangigen Entscheidungsträger beschränkt werden. Eine innovative Strategie kommt nicht unbedingt von oben, aber zu oft erscheint in den Leistungskriterien kein Wort über einen strategischen Beitrag für jemanden unter der Ebene der leitenden Angestellten.

Weitere Faktoren, wie eine systematische Sammlung aller Impulse, die zu Innovationen führen könnten, gute Teamarbeit, Weiterbildung der Mitarbeiter, die Fähigkeit, die Innovationsaktivitäten zu finanzieren (Likar & Fatur2007).

3.4.3 Entwicklung eines innovativen Produkts oder einer innovativen Dienstleistung

Im Hinblick auf den Innovationsprozess ist es möglich, Schlüsselphasen zu definieren, um Fortschritte bei der Innovation zu erzielen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass Innovation ein multikausales, nichtlineares Phänomen ist, das durch ein breites Spektrum von Verknüpfungen, Interaktionen, Zyklen und Rückmeldungen definiert wird (Likar et al. 2013).

Wenn wir uns diesen Überlegungen zuwenden, können wir die Hauptstufen zeichnen:

A. Problem-/Chancenerkennung
B. Problemneufassung
C. Idee
D. Preprototyping/Prototyping
E. Ideentest und -auswahl.

3.4.3.1 *Problem- und Chancenidentifikationskonzepte*

Die Suche nach neuen Möglichkeiten kann Folgendes beinhalten:

- regelmäßige Überprüfung der externen und internen Möglichkeiten des Unternehmens
- die richtigen Kommunikationskanäle zu etablieren (um die Möglichkeiten zu "hören")
- Entwicklung von Methoden zur Identifizierung von Trends und Erkenntnissen (z.B. Trend in Kryptowährung)
- Wahrnehmung von Marktchancen (z.B. große Schiffskreuzfahrten)
- Erkennung von Wettbewerbsschwächen (z.B. lange Reaktionszeit bei der Lieferung von Pizzen)
- Erkennung von Technologiemöglichkeiten (z.B. Blockchain-Technologie)
- Kenntnisse aus akademischen Institutionen (im Zusammenhang mit Spin-off, z.B. Plasmareinigungskonzepte)
- Aufbauend auf unseren eigenen Hobbys (z.B. Pipistrel - slowenischer Hersteller von Ultraleichtflugzeugen)
- gesetzliche Anforderungen (z.B. Umweltnormen für Automotoren).

Werkzeuge zum Problemverständnis

Neben den genannten Konzepten stehen konkrete Werkzeuge zur Verfügung, z.B:

Das Ishikawa-Diagramm (Fischgrätdiagramm) wird in der Regel im Rahmen einer Gruppe implementiert, die die möglichen Ursachen eines Problems berücksichtigt, das in mehrere Ebenen von Teilursachen unterteilt ist. So extrahieren und identifizieren wir allmählich die zugrundeliegenden oder grundlegenden Ursachen des grundlegenden Problems. Wir können auch Ideen für Lösungen erwarten.

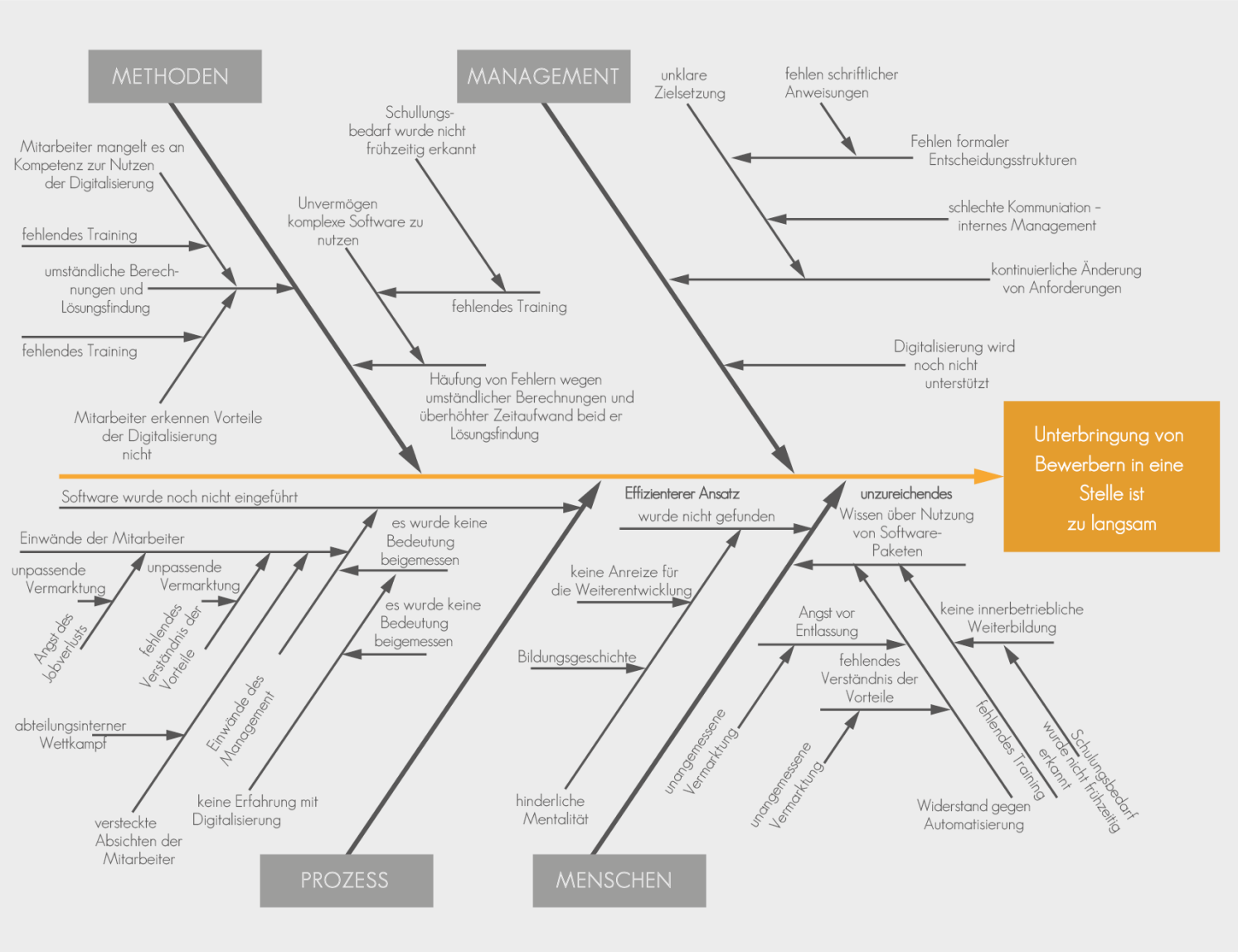

Abbildung 22: Ishikawa-Diagramm in der Praxis (Quelle: Košmrlj, K., Širok, K., & Likar, B. 2015)

QaDIM (Quick and Dirty Method) ist in erster Linie für die Identifizierung von Möglichkeiten für inkrementelle Innovationen am bereits bestehenden Produkt gedacht, aber im Prozess des Aufdeckens von Problemen und Möglichkeiten kann auch eine Idee für eine bahnbrechende Innovation entstehen.

SWOT-Analyse: Ein Problem oder eine Herausforderung wird unter dem Gesichtspunkt seiner Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken betrachtet.

TRIZ verfolgt einen systematischen Ansatz zur Überprüfung von Patentdatenbanken. Wir gehen an die Lösung eines Problems heran, indem wir es im Hinblick auf frühere verwandte Probleme, die wir in der Patentdatenbank finden können, neu definieren. Der Slogan dieses Tools lautet: "Irgendjemand hat ein solches (oder sehr ähnliches) Problem bereits gelöst".

Delphi ist eine langwierige und komplexe Methode, die versucht, zukünftige Entwicklungen in dem betrachteten Bereich (z.B. die Zukunft der Photovoltaik) vorherzusagen. Es basiert auf der individuellen Arbeit von mehr Personen, die Experten oder Kenner auf diesem Gebiet sind.

eMIP: Methodik zur Massenidentifizierung von Problemen, die im Unternehmen und seiner Umgebung vorhanden sind, aber nicht ausreichend eindeutig erkannt werden. Es ist sehr geeignet für die Anwendung des Open-Innovation-Konzeptes, an dem auch externe Partner aus der Wertschöpfungskette beteiligt sind.

Der Innovation Cube führt die Teilnehmer systematisch zu einer breiteren Art und Weise, Probleme und Bedürfnisse, Chancen und Ideen für Neuheiten zu betrachten und anzugehen sowie neue Märkte, auch zukünftige Trends, zu finden.

3.4.3.1.1 Den Kunden verstehen

Viele Innovationen sind eine Antwort auf die Bedürfnisse der Kunden. Daher ist es entscheidend, die Bedürfnisse des Marktes oder eines konkreten Kunden zu verstehen. Empathie hilft, sie besser zu verstehen und das Problem richtig zu definieren. Empathie hilft, menschen- und kundenorientiert, jedoch nicht technologieorientiert zu sein, was zu Produktversagen führen kann. Ein Beispiel ist Google Glass: Obwohl es technologisch beeindruckend ist, konnte es nicht gut funktionieren, und vieles davon ist auf mangelndes Einfühlungsvermögen gegenüber den Nutzern zurückzuführen. Andererseits wurde die Innovation namens Embrace Warmer (neuartiger Inkubator für Entwicklungsländer http://embraceglobal.org/about-us/) von Postgraduierten in Stanford nach dem Empathiekonzept entwickelt und entwickelte sehr erfolgreich.

3.4.3.1.2 Empathie-basierte Methoden

Führen Sie Interviews mit Empathie. Empathie-Interviews sind der Grundstein des Design Thinking. Indem wir die Gedanken, Gefühle und Motivationen einer anderen Person betreten und verstehen, können wir die Entscheidungen verstehen, welche die Person trifft. Wir können ihre Verhaltensmerkmale verstehen und sind in der Lage, ihre Bedürfnisse zu erkennen. Dies hilft uns, Innovationen zu entwickeln und Produkte oder Dienstleistungen für diese Person zu entwickeln (Empathiemethoden, 2018 - siehe Link im Abschnitt Literatur für weitere Informationen).

Verwenden Sie Foto- und Video-basierte Methoden: Das Fotografieren oder Aufzeichnen von Personen der Zielgruppe oder andere empathische Methoden, kann Ihnen helfen, Bedürfnisse von Menschen aufzudecken, die diesen selbst möglicherweise noch nicht bewusst waren.

Es gibt viele nützliche Methoden: Nehmen Sie die Denkweise eines Anfängers an und stellen Sie Fragen wie: Was? Wie? Warum? Nehmen Sie Kontakt mit extremen Benutzern auf. (Design-Denken, 2018).

3.4.3.2 *Problemneufassung*

Anstatt das Problem zu akzeptieren, ist es wichtig, das Problem und seinen Kontext zu erforschen, zu beschreiben und zu analysieren und das gegebene Problem neu zu interpretieren oder umzustrukturieren, um einen bestimmten Rahmen des Problems zu erreichen, der einen Weg zu einer Lösung vorschlägt. Sie können auch das vorliegende Ishikawa-Diagramm verwenden.

Für weitere Informationen siehe: Die Kunst des Managements von Innovationsproblemen und -möglichkeiten (Košmrlj, Širok, & Likar, 2015)Košmrlj, K., Širok, K., & Likar, B. (Košmrlj et al., 2015).

3.4.3.3 *Idee*

Ideen kommen von Menschen, die wir kennen, Geschichten, die wir hören, die Arbeit, die wir leisten, unsere Interessen, unsere Meinungen und Erfahrungen. Geschäftsideen sind rund um Sie herum. Einige Geschäftsideen entstehen durch eine sorgfältige Analyse von Markttrends und Verbraucherbedürfnissen, andere durch Glück. Aber wie kann man eine Quelle für Ideen und Wissen finden? Eine sehr wichtige Grundlage ist eine klare Definition von Problemen und Chancen, die bereits vorgestellt wurde (Likar & Fatur 2007).

Um das kreative Potenzial der Problemlösungsgruppe zu maximieren, sollte die Aktivität zur Ideengenerierung kollaborativer Natur sein. Dies kann auf vielfältige Weise erreicht werden. Ideenmanagement und Innovationsprozessmanagement bieten oft Werkzeuge für die Zusammenarbeit, während Moderatoren von Brainstorming und anderen Ideenveranstaltungen die Entwicklung kollaborativer Ideen fördern sollten (Schober et all, 2015).

Einige Techniken zur Ideenfindung:

- Brainstorming
- Philips Buzz 66

- Bionik
- Sechs denkende Hüte.

Brainstorming kann als ein "Sturm der Ideen" angesehen werden. Es ist eine Methode zur Problemlösung im Team. Die Grundregel ist, dass alle Teammitglieder gleich sind und die Sitzung den Charakter eines freundlichen Treffens haben sollte. Das Team wird meist von einem Moderator geleitet. Kritik oder Bewertung von Vorschlägen sind strengstens verboten. Das wird in den nächsten Phasen geschehen.

Philips Buzz 66 ist dem Brainstorming sehr ähnlich, aber sehr kurz und geeignet, um tägliche Herausforderungen mit nur wenigen Teilnehmern zu lösen. Er kann bei einem täglichen Kaffee effizient eingesetzt werden.

Sechs denkende Hüte' ist eine mächtige Technik. Es wird verwendet, um Entscheidungen aus einer Reihe wichtiger Perspektiven zu betrachten, z.B. aus emotionaler, intuitiver, kreativer oder negativer Sicht. Wenn Sie sich ein Problem mit der Technik der 'Sechs denkenden Hüte' ansehen, dann werden Sie es mit allen Ansätzen lösen. Ihre Entscheidungen und Pläne werden Ehrgeiz, Ausführungskompetenz, Sensibilität für die Öffentlichkeit, Kreativität und eine gute Notfallplanung miteinander verbinden.

Bionik oder biologisch inspirierte Technik ist die Anwendung biologischer Methoden und Systeme, die in der Natur vorkommen, auf das Studium und die Gestaltung von technischen Systemen und moderner Technologie. Beispiele für die Bionik in der Technik sind die Rümpfe von Booten, welche die dicke Haut von Delfinen imitieren; Sonar, Radar und medizinische Ultraschallbildgebung (Bild zeigt einen menschlichen Embryo), die eine Echolotung von Tieren imitiert. Im Bereich der Informatik hat das Studium der Bionik künstliche Neuronen und künstliche neuronale Netze hervorgebracht. Aufgrund seiner Spezifität stellt diese Methode ein starkes Werkzeug für Smart Industries dar.

3.4.3.4 *Preprototyping / Prototyping*

Preprotyping ist eine einfache Art der Materialisierung von Ideen (oft in einigen Stunden oder einem Tag), bevor man versucht, sie tatsächlich zu prototypisieren. So erhalten wir einen Einblick in die zukünftigen Herausforderungen - Konzeption, Entwicklung, Technologie, Kosten.

Rapid Prototyping Werkzeuge

Ein Prototyp ist eine frühe Probe, ein Modell oder eine Freigabe eines Produkts, das zum Testen eines Neuheitskonzepts oder -prozesses entwickelt wurde. Sie sollte so vorbereitet sein, dass die gesamte Funktionsfähigkeit von Innovationen getestet werden kann oder ihre endgültige Version ihre Funktion erfüllen kann. Ziel ist es, den Endverbrauchern oder potenziellen Käufern vorgestellt zu werden. Dies kann mit Rapid-Prototyping-Tools wie z.B. CAD/CAM, 3D-Druck, Laserschneiden, selektives Lasersintern etc. erfolgen. Häufig ist es möglich, elektromechanische Standardgeräte und -komponenten, "Kit"-Versionen, fertig gestellte Module zu verwenden. Für technische Erfindungen können wir universelle programmierbare elektronische Schaltungen, Entwicklungsplattformen "Open Source", wie Arduino etc. verwenden. Gleichzeitig sollte professionell gearbeitet werden - in Bezug auf Funktionalität und Design. Ziel des Prototyping ist es, flexibel und schnell zu sein und die Möglichkeit zu haben, es nach dem Test neu zu gestalten.

Ideenprüfung und -auswahl

Die Phase der Ideenbewertung und -auswahl ist eine der kritischsten Phasen des Innovationsprozesses. Die Praxis zeigt, dass Erfinder oder das Management von Unternehmen ihren Wert oft nicht genau genug einschätzen. Sie setzen also die Entwicklung und die folgenden Phasen fort, während die Kosten dramatisch steigen. Es gibt einige Hauptfilter, die uns helfen, Ideen mit dem größten Potenzial auszuwählen:

- Testen Sie Ihre Neuheit bei Ihren Kunden/Endverbrauchern.
- Überprüfen Sie verschiedener Aspekte des neuen Konzepts.

Testen Sie Ihre Neuheit bei Ihren Kunden/Endverbrauchern.

Testen bedeutet, Feedback von potenziellen Anwendern/Kunden zu erhalten. Anstatt die Idee zu beschreiben, ist es effizienter, einen Prototyp zu präsentieren und ein tieferes Verständnis der Benutzer zu erlangen. Die wichtigsten Fragen, die beantwortet werden sollten, sind: Gefällt den Anwendern die Neuheit/ der Prototyp? Verstehen sie, wie man sie/ ihn benutzt? Ist die Bedienung intuitiv genug? Ist sie/ er benutzerfreundlich? Erfüllt sie/ er die Anforderungen der Nutzer? Sind zu viele Funktionen verfügbar usw.?

Bei richtiger Durchführung ermöglicht Ihnen die Testphase ein besseres Verständnis und ein besseres Verständnis Ihrer Benutzer. Noch bessere Ergebnisse können erzielt werden, wenn die Tests in der realen Umgebung durchgeführt werden (z.B. Tests von alpiner Ausrüstung in den Bergen). Es ist auch wichtig, dass wir die Reaktionen während des Gebrauchs verfolgen (Emotionen, Gebrauch, Verständnis, Zweckmäßigkeit….).

Neben dem nonverbalen Feedback ist es auch sinnvoll, über die Erfahrungen zu sprechen. Sie können die Benutzer fragen, was sie über die Neuheit denken. Es ist auch sinnvoll, sie zu ermutigen, über (un)verwandte Themen zu sprechen.

Wenn Sie alle Rückmeldungen erhalten, analysieren Sie die Antworten und nutzen Sie diese für die Konzept-/Prototypenverbesserung. Danach sollte die Prüfung wiederholt werden.

Überprüfung verschiedener Aspekte des neuen Konzepts

Bevor mit dem Pre(o)totyping begonnen wird, sollten auch Ideen bewertet und ausgewählt werden.

- Schlüsselerfolgsfaktoren (wir definieren und bewerten die wichtigsten Aspekte, z.B. Marktpotenzial, Machbarkeitsstudie & technologische Aspekte, finanzielle Aspekte, Produktionspreis etc.)
- SWOT-Analyse (siehe vorheriger Text)
- Input/Resultat-Methode (Verhältnis zwischen benötigten Inputs und erwarteten Ergebnissen)
- Numerisch sensible Analysen (Kalkulation und Simulationen im Zusammenhang mit finanziellen und anderen Aspekten)?

Es ist wichtig, eine oder mehrere der relevantesten Methoden auszuwählen, die Ergebnisse zu analysieren und sie als Input für eine Entscheidung zu verwenden. Oft ist es sinnvoll, auch die Ergebnisse der vorangegangenen Phase der Problem-/Chancenanalyse zu berücksichtigen.

Design-Thinking

Einer der modernen Ansätze, die sich mit dem Prozess der Ideen-Innovation befassen, ist das Design Thinking (auch bekannt als D Schools). Design Thinking bezieht sich auf die kognitiven, strategischen und praktischen Prozesse, mit denen Designkonzepte (Vorschläge für neue Produkte, Gebäude, Maschinen usw.) von Designern und/ oder Designteams entwickelt werden. Im Vergleich zum vorgestellten Innovationsprozess wird der ersten Phase - dem Verständnis des Problems/Bedarfs des Endverbrauchers - eine besondere Bedeutung beigemessen. Sie ist auch sehr menschlich ausgerichtet und prototypenorientiert.

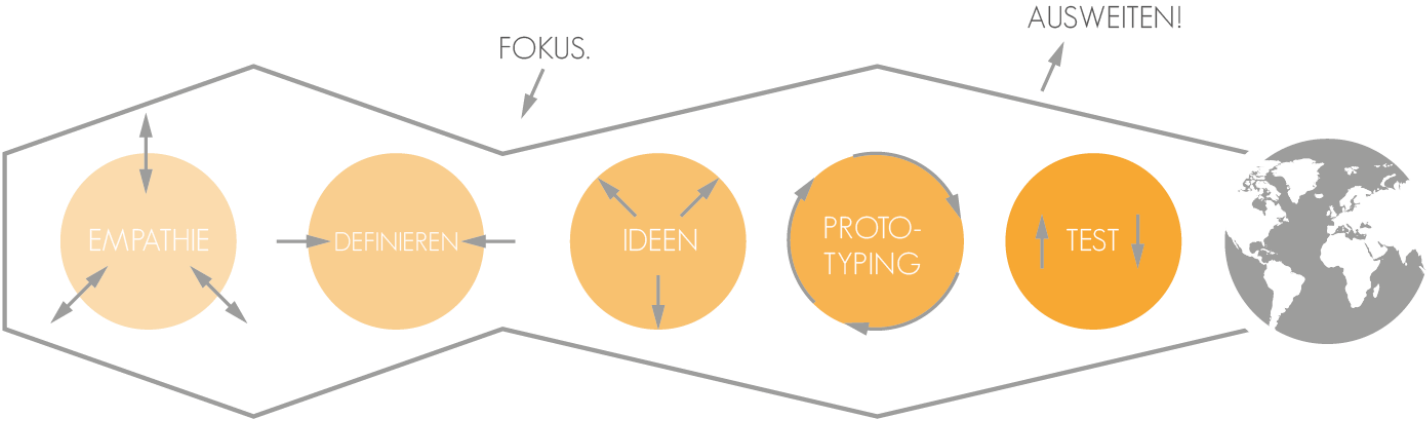

Abbildung 23: Design Thinking Concept. (Entwurf, 2018)

Eine der Eigenschaften moderner Innovationsentwicklungskonzepte ist, dass alle Phasen stark miteinander verbunden sind - z.B. wenn der Prototyp fertig ist, müssen wir unser Problem oft neu definieren, neue Ideen entwickeln usw. und einen neuen Prototyp vorbereiten. Eine ähnliche Situation tritt in anderen Phasen auf (Design thinking-wiki, 2018, Design thinking, 2018).

Roadmap zum Endprodukt und/ oder zur Dienstleistung

Im Kapitel 5.3 haben wir uns auf den Innovationsprozess konzentriert. Daher möchten wir Ihnen nur kurz ein Gesamtbild vorstellen - grundlegende Schritte und Prozesse, die durchgeführt werden sollten, um Ideen wie folgt in das Endprodukt umzusetzen:

- Innovationsstrategie und -ziele (siehe: Innovationsmanagement)
- Entwicklung einer innovativen Organisation und Kultur (siehe: Innovationsmanagement)
- Innovationsprozess (siehe: Entwicklung eines innovativen Produkts/Dienstleistung)
- Forschung und Entwicklung (insbesondere Smart Industries sind eng mit Forschung und Entwicklung verbunden - siehe auch: Innovationsmanagement, Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Unternehmen)
- Schutz des geistigen Eigentums (siehe: Innovationsmanagement)
- Wie können Innovationen finanziert werden (z.B. Subventionen - EU-weite, nationale und regionale und lokale Programme, Kredite, Risikokapital, Steueranreize usw.)?
- Produktion (siehe Kapitel 4)
- Marketing (siehe Kapitel 5.3)

Weitere Informationen finden sich in anderen Teilen dieser Leitlinien und in der Literatur.

Anstelle einer Schlussfolgerung haben wir ein einfaches Rezept für Innovationen ausgearbeitet:

Grundzutaten: ein großer Löffel Kreativität, ein wenig Kritik, ein gesundes Maß an Forschergeist, ein positiver Gedanke, dass auch andere unsere Neuheit lieben werden, eine Prise Teamarbeit, ein Gewürz mit angemessener Geschwindigkeit, damit das Gericht nicht austrocknet, ein paar Tropfen Managementmut. Gut verrühren, heiß machen und der Erfolg ist garantiert. Guten Appetit.

3.5 SMeART Marketing

Autoren: Prof. Dr. E. Werning, Prof. Dr.-Ing. M. Leisenberg, Prof. Dr. M. Negri / FHM

Die digitale Transformation hat weitreichende Auswirkungen auf alle Aktivitäten, die über ganze Unternehmen und Wertschöpfungsketten hinweg Mehrwert schaffen. Durch neue Technologien, wie beispielsweise Smart Engineering, sind aus bisher deutlich getrennten Bereichen wie Beschaffung, Produktion und Vertrieb vernetzte Einheiten geworden, die nicht nur innerhalb eines Unternehmens effektiv koordiniert werden müssen. Auch die Verbraucher werden durch die Digitalisierung in die Wertschöpfungsprozesse jedes Unternehmens integriert (Biesel & Hame, 2018, S. 9). Ebenso ist die Disziplin Marketing einem tiefgreifenden Wandel unterworfen. Die Verbraucher suchen nicht mehr nur nach einem Produkt, das sie einfach nur konsumieren können. Stattdessen wollen sie zu ihrer Entwicklung beitragen. Sie wollen, dass das Produkt auf ihre eigenen Bedürfnisse zugeschnitten ist und sie mit dem Produkt interagieren. Darüber hinaus suchen sie nach Möglichkeiten, das Produkt zu bewerten und ihre Erfahrungen mit dem Einsatz des Produkts auszutauschen. Durch den Einsatz von Social Media und neuen Technologien werden Produkte sowie die Entwicklungs- und Produktionsprozesse transparenter. Unternehmen und Kunden werden zu einer einzigen, miteinander verbundenen Einheit. Die Verbraucher übernehmen Aufgaben von den Produzenten, was sich im Wort Prosumer widerspiegelt (Vikram, 2016). Das Unternehmen erwirbt jedoch Kenntnisse über Kunden und Märkte, die wiederum genutzt werden können, um ihr Angebot zu optimieren und an unterschiedliche Zielgruppen anzupassen. Zusammenfassend bedeutet Transformation für Unternehmen, Prozesse von Kunden abzuleiten und mit geeigneten Technologien die erfolgreiche Positionierung des Unternehmens und seiner Produkte in einem weltweit transparenten Markt zu erreichen (Biesel & Hame, 2018, S. 1). Der folgende Abschnitt hebt die Auswirkungen der digitalen Transformation auf das Marketing hervor.

3.5.1 Die Entwicklung von Marketing 4.0

Das Marketing hat sich seit Beginn der Industrialisierung dramatisch verändert. In den frühen Phasen der Industrialisierung und Massenproduktion wurde die Vermarktung aus der Sicht des Produzenten durchgeführt. Ausgehend von einem Verkäufermarkt mit einer begrenzten Produktpalette spielten die Bedürfnisse und Wünsche der Kunden eine untergeordnete Rolle gegenüber denen der Unternehmen. Vielmehr war der technologische Fortschritt die treibende Kraft bei der Produktentwicklung. Es gab also einen produktorientierten Marketingansatz. Das Marketing konzentrierte sich ausschließlich auf den reinen Verkauf von Produkten, ohne Rücksicht auf die Bedürfnisse der Kunden oder Märkte.

Mit zunehmendem Angebot an Produkten wurde eine größere Auswahl für die Kunden geschaffen, was wiederum die Herausforderungen an das Marketing stark veränderte. Die Kunden verglichen Produkte und wurden besser über diese informiert. Die Produzenten waren daher gezwungen, den Kunden den Wert ihrer Produkte vor Augen zu führen. Der Fokus von Marketing 2.0 verlagerte sich von einem Produkt zu einem verbraucherorientierten Ansatz.

Die Veränderung sozialer Werte, insbesondere durch die Generation Y, führte dazu, dass sich die Verbraucher immer mehr für die Nachhaltigkeit von Produkten und Unternehmen interessierten. Dies wurde besonders deutlich durch die neu identifizierte Gruppe LOHAS (Lifestyle of Health and Sustainability). Folglich waren die Unternehmen verpflichtet, dem Verbraucher klar zu kommunizieren, wie Produkte hergestellt werden und wie Unternehmen ihre soziale Verantwortung wahrnehmen (Stehr & Struve, 2017, S. 3-10).

Mit Marketing 3.0 wurde es wichtig, den Käufer nicht nur als Kunden zu verstehen, sondern auch als eine Person, deren Werte den Kauf eines Produkts beeinflussen. Die Corporate Social Responsibility (CSR) eines Unternehmens wurde in die Kommunikationsprozesse integriert, um positive Kaufentscheidungen der Kunden zu unterstützen. Nicht nur das Produkt, sondern auch die wirtschaftliche, soziale und ökologische Verantwortung des Unternehmens wurde Teil von Marketing 3.0.

Durch den zunehmenden Einsatz von Social Media wurde die Marken- und Produktkommunikation zu einem zweiseitigen Prozess. Unternehmen kommunizieren nicht mehr nur ihre Produkte, sondern die Verbraucher bewerten und kommunizieren ihre eigenen Erfahrungen und beeinflussen andere potenzielle Kunden. Gleichzeitig hat die technologische Entwicklung es den Kunden ermöglicht, sich an der Entwicklung oder dem Design des Produkts zu beteiligen. Ebenso steigt der Wunsch, Produkte zu verbinden und mit Produkten zu interagieren. Die Rolle der Kunden im Marketing 4.0 hat sich noch mehr verändert. Sie sind heute Mitentwickler, Ideengeber und Bewerter von Produkten. Marketing 4.0 bedeutet somit die Integration des Kunden in den Marketingprozess durch Zusammenarbeit (Jara, Parra, & Skarmeta, 2012, S. 854).

3.5.2 Definition von Marketing 4.0

Derzeit gibt es nur sehr wenig Literatur, die umfassende Definitionen zum Thema Marketing 4.0 oder digitales Marketing bietet.

Lies beschreibt Marketing 4.0 wie folgt:
"Marketing 4.0 wird (...) im Wesentlichen als die aktuelle Phase des Marketings verstanden, die nicht mehr zuerst den Markt, sondern den Kunden als seinen menschlichen Fokus betrachtet und gleichzeitig die Digitalisierung als angewandte digitale Transformation der Mittelschicht gestaltet." (Lies, 2017, S. 59).

Die allgemeinere Definition wird durch den von der Financial Times geprägten Begriff "Konkretisierung" noch verstärkt. Digital Marketing wird wie folgt definiert:
"Die Vermarktung von Produkten oder Dienstleistungen über digitale Kanäle, um die Verbraucher zu erreichen. Das Hauptziel ist die Förderung von Marken durch verschiedene Formen der digitalen Medien. Digitales Marketing geht über das Internet-Marketing hinaus und umfasst auch Kanäle, die keine Nutzung des Internets erfordern. Dazu gehören Mobiltelefone (sowohl SMS als auch MMS), Social Media Marketing, Display Advertising, Suchmaschinenmarketing und jede andere Form von digitalen Medien." ("Digital Marketing Definition," 2018).

Kotler geht dieses Thema mit einer umfassenden Beschreibung an. Unter Marketing 4.0 wird der Ansatz von Kotler verfolgt, und Marketing 4.0 wird wie folgt definiert:
"Marketing 4.0 ist ein Marketingansatz, der Online- und Offline-Interaktion zwischen Unternehmen und Kunden kombiniert. In der digitalen Wirtschaft ist die digitale Interaktion allein nicht ausreichend. Tatsächlich stellt der Offline-Touch in einer zunehmend vernetzten Welt eine starke Differenzierung dar. Marketing 4.0 verbindet Stil mit Substanz. Während es für Marken aufgrund schneller technologischer Trends unerlässlich ist, flexibler und anpassungsfähiger zu sein, ist ihr authentischer Charakter wichtiger denn je. Seine Authentizität in einer zunehmend transparenten Welt ist sein wertvollstes Kapital." (Kotler, 2016).

Insgesamt lässt sich der Begriff "Smart Marketing" daher wie folgt verstehen:

Smart Marketing bedeutet den Ausbau des verbraucherorientierten On- und Offline-Marketings durch die Integration von Technologien zur Interaktion mit Konsumenten sowie durch die integrierte Digitalisierung von Prozessen und die Datenverwendung zur Optimierung, Flexibilisierung und Personalisierung des Kundenkontakts.

3.5.3 Konsequenzen des Marketings 4.0

Die immer stärkere Vernetzung zwischen Unternehmen und Kunden führt dazu, dass immer mehr Strom in die Hände des Kunden gelangt. Zum einen wird durch soziale Netzwerke und andere Social Media-Anwendungen im Allgemeinen die Transparenz über ähnliche Produkte und Preise immer wichtiger. Durch Handelsplattformen, die eine weltweite Beschaffung von Produkten und den Zugang zu internationalen Marken ermöglichen, steigt der Druck auf die Produzenten stetig. Darüber hinaus kann der Kunde mit der Möglichkeit, Produkte zu bewerten und zu kommentieren, nun aktiv die Reputation des Produkts, der Marke oder des Unternehmens beeinflussen. Die Glaubwürdigkeit des Marketings und die Schaffung von Mehrwert für den Kunden, welcher Veränderungen erschwert, wird damit zu einem entscheidenden Erfolgsfaktor innerhalb des Marketings 4.0.

Damit beeinflusst Marketing 4.0 konsequent die primären Komponenten des klassischen Markenführungskonzepts (siehe Abbildung 24).

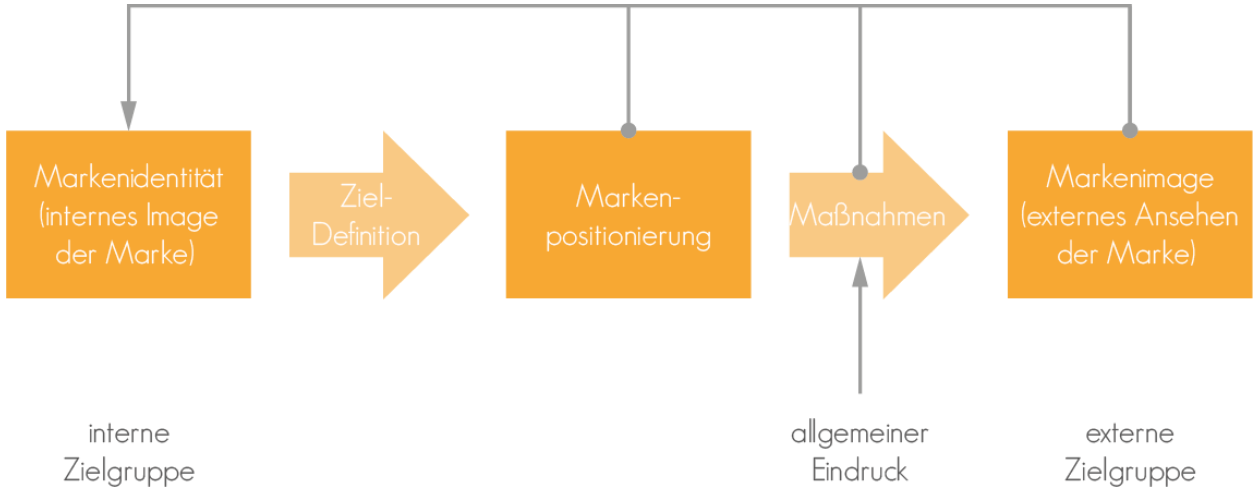

Abbildung 24: Markenidentität, Markenpositionierung und Markenimage. In Bezug auf: Esch 2012, 9.

Grundsätzlich benötigt eine Marke nach dem Modell zunächst die richtige Identität. Burman et. al. (2012) beschreiben diese als "das Selbstbild der Marke aus der Perspektive der internen Zielgruppen innerhalb der Institution, die die Marke trägt" (Burmann et al., 2012). Konkret transportiert Identität damit die konsistenten und elementar wesentlichen Merkmale einer Marke (siehe Esch et al., 2005) in Richtung externer Zielgruppen. Insbesondere ist es entscheidend, eine Identität zu schaffen, die es der Marke ermöglicht, sich aufgrund ihrer Besonderheiten (hinsichtlich eines Alleinstellungsmerkmals) von anderen Produkten, Dienstleistungen oder Geschäften zu unterscheiden.

Aufbauend auf diesem Selbstverständnis der Marke geben Unternehmen konkrete Ziele vor, die mit der entsprechenden Positionierung der Marke einhergehen (z.B. als Premium-Marke für die solvente Dame über 50 Jahre). Dies setzt eine entsprechend gestaltete zielgruppenspezifische Kommunikationspolitik voraus und führt bei Erfolg zu einem einheitlichen Markenauftritt. Der Begriff Markenbild repräsentiert daher das Außenbild der Marke und ist das Ergebnis einer sinnvoll gestalteten Markenführung. "Image" beschreibt hier das Bild, das sich aus subjektiven Eindrücken der Konsumenten zu einem ganzheitlichen Bild des Markenbildes zusammensetzt" (Burmann / Blinda 2006, 8).

Marketing 3.0 richtet sich an den Geist, das Herz und die Seele des Verbrauchers. Kotler (Kotler et al., 2010, S. 54 ff.) beschreibt letztere als "Zentrale DNA" (Kotler, Kartajaya, & Setiawan, 2010, S. 55). Ein Produkt erhält seine Markenidentität durch die Marke selbst und ihre Positionierung. Die Differenzierung des Produkts unterstützt die Markenintegrität und damit seine Glaubwürdigkeit. Durch Differenzierung können die Bedürfnisse jedes Kunden erfüllt werden. Wenn die Verpflichtungen gegenüber dem Kunden eingehalten werden und die Marke die Bedürfnisse des Kunden erfüllt, entsteht ein positives Markenimage. Die Identität stellt sicher, dass es ein klares Markenimage im Kopf des Konsumenten gibt, dass es Integrität für das Vertrauen des Konsumenten in die Marke gibt und dass das Image dem Konsumenten eine emotionale Verbindung zur Marke bietet. Marketing 4.0 erweitert dieses Dreieck auf eine vierte

Dimension, die Erfahrung und die daraus resultierende Interaktion mit der Marke. Im Mittelpunkt dieser Interaktion steht vor allem das Kundenerlebnis. Diese Interaktion findet auf verschiedenen Ebenen statt (Jara et al. 2012):

- Interaktion zwischen Produkt und Verbraucher (z.B. Anzeigen von Anwendungsbeispielen oder Verarbeitungsbeispielen über einen QR-Code)
- Interaktion zwischen verschiedenen Produkten einer Marke oder verschiedener Marken (z.B. Interaktion verschiedener Apple-Geräte miteinander)
- Interaktion über Online-Plattformen und Social Media-Kanäle, um zu analysieren, ob ein Produkt den Anforderungen und Bedürfnissen des Nutzers entspricht (z.B. Suchmaschinenergebnisse, Bewertungsplattformen, Social Media-Beiträge)
- Überprüfung der Markenintegrität und Reputation durch Überprüfung der Marke mit den Werten und Erfahrungen anderer Kunden (z.B. Social Media-Beiträge, Testberichte, CSR-Berichte)

Durch typische Interaktionen können mehrere Stakeholder das Unternehmen innerhalb von Marketing 4.0 beeinflussen. Diese werden durch verschiedene Merkmale hervorgehoben (Lies 2017, S. 11):

1. Online-Offline-Orientierung (OOO): Insbesondere die mit digitalen Medien aufgewachsene Generation Y und die aktuelle Generation Z wechseln zwischen Online- und Offline-Optionen. So hat die Online-Offline-Orientierung zu dem ROPO-Kaufverhalten geführt. ROPO steht für Research Online und Purchase Offline (Richter, 2017). Dementsprechend bleibt es im Marketing 4.0 unerlässlich, verschiedene Online- und Offline-Kanäle zu bedienen.
2. Aktiver Ansatz: Stakeholder interagieren mit Unternehmen, indem sie ihre Meinung äußern, indem sie teilen, mögen oder posten, ein Unternehmen oder Produkt empfehlen oder gemeinsam am Produktentwicklungsprozess teilnehmen. Daher muss Marketing 4.0 so strukturiert sein, dass Kunden interagieren können.
3. Späte Kaufentscheidung: Die Online-Offline-Kundenreise bietet dem Kunden aufgrund der vielfältigen Möglichkeiten eine Vielzahl von Vergleichsmöglichkeiten. Kaufentscheidungen werden häufig sehr spät oder gar nicht getroffen. Smart Marketing kann darauf abzielen, den Kunden zu einer positiven Kaufentscheidung zu motivieren.
4. Erleben Sie Orientierung: In der heutigen Welt sollte das Einkaufen für viele Kunden ein positives Erlebnis sein. Im stationären Einzelhandel bedeutet dies, dass das Marketing einzigartige Welten schaffen muss, die die Kunden ermutigen, ein Geschäft zu betreten. Für den Online-Handel kann dies auch bedeuten, Plattformen mit guter Usability anzubieten, die eine einfache Beschaffung von Waren ermöglichen.

3.5.4 Die Herausforderungen des modernen Marketings

Digitalisierung des Kundenmanagements

Die Herausforderungen der vierten Dimension von "Interaction" erfordern auch im Kundenmanagement grundlegende Veränderungen. Die folgenden Konsequenzen sind insbesondere für den Mittelstand von Bedeutung.

Definition der Marken-, Produkt- und Leistungsstrategie

Selbst wenn ein Unternehmen weiterhin selbst entscheidet, welche Produkte und Dienstleistungen es unter welcher Marke anbieten möchte, ist es in der heutigen digitalisierten Welt nicht mehr unabhängig. Eine Vielzahl von Interessengruppen wird die Entscheidungen von Unternehmen beeinflussen, z.B. dadurch, dass Meinungen über ein Unternehmen, ein Produkt oder einen Bedarf in Social Media-Foren geäußert werden können. Um am Markt erfolgreich zu sein, ist es wichtig, diese Erkenntnisse in die Entwicklung einer Produkt- und Dienstleistungsstrategie einfließen zu lassen.

Definition von Produkten und Dienstleistungen

Die genaue Definition der von einem Unternehmen angebotenen Produkte und Dienstleistungen basiert letztlich auf der Auswertung und Nutzung der über die verschiedenen Interessengruppen gewonnenen Daten. Darüber hinaus durchlaufen die Produkte agile Prozesse anhand der Prüfung durch verschiedene Stakeholder, sodass der Erfolg eines Produkts nicht nur nach der Produkteinführung, sondern auch vor seiner Markteinführung mittels der Analyse durch verschiedene iterative Prozesse gemessen wird. "Always in Beta" beschreibt die Tatsache, dass Produkte oder Dienstleistungen nicht in perfekter Form, sondern in einem fortgeschrittenen Prototypenstadium auf den Markt gebracht werden (Bruce & Jeromin 2016, S. 63).

Smart Produktion

Automatisierte und modularisierte Produktionsprozesse ermöglichen, dass Kunden in einer sogenannten Smart Factory Produkte selbst konfigurieren können und diese dann trotz Massenproduktion als individualisierte Produkte hergestellt werden können. Kunden werden jetzt zu Prosumenten. Diese Wertschöpfung, die auf die Ideen von Alvin Toffler zurückgeht, beschreibt die Kombination von Produzent und Konsument zu einer einzigen Person in Form von Co-Designern oder Co-Produzenten (Toffler, 1983).

Digitalisierte Prozesse

Die Digitalisierung von Prozessen in Unternehmen reduziert die Anzahl der Schnittstellen im Kundenmanagement. Unternehmen können Teilaufgaben auch über Self-Service-Portale an Kunden weitergeben, was zu Effizienzvorteilen führt (siehe Kapitel 2). Sowohl Durchlaufzeiten als auch Fehler können so reduziert werden.

Definition intelligenterer Daten

Um Prozesse aus Geschäfts- und Kundensicht zu optimieren, ist es unerlässlich, Daten intelligent zu nutzen. Daher ist es notwendig, festzulegen, welche Daten ausgewertet und gespeichert werden sollen, um Prozesse zu optimieren und damit Kunden zufrieden zu stellen.

3.5.5 Verbraucherdialog in einer digitalisierten Welt der Marken

In einem Umfeld, in dem jedes Unternehmen, jede Marke und jedes Produkt weltweit mit dem Wettbewerb verglichen werden kann, ist es unerlässlich, dass das Marketing zielgruppenspezifisch ist und mit den Kunden spricht. Die folgenden Instrumente unterstützen ein optimiertes und intelligentes Online-Marketing (siehe Abbildung 25).

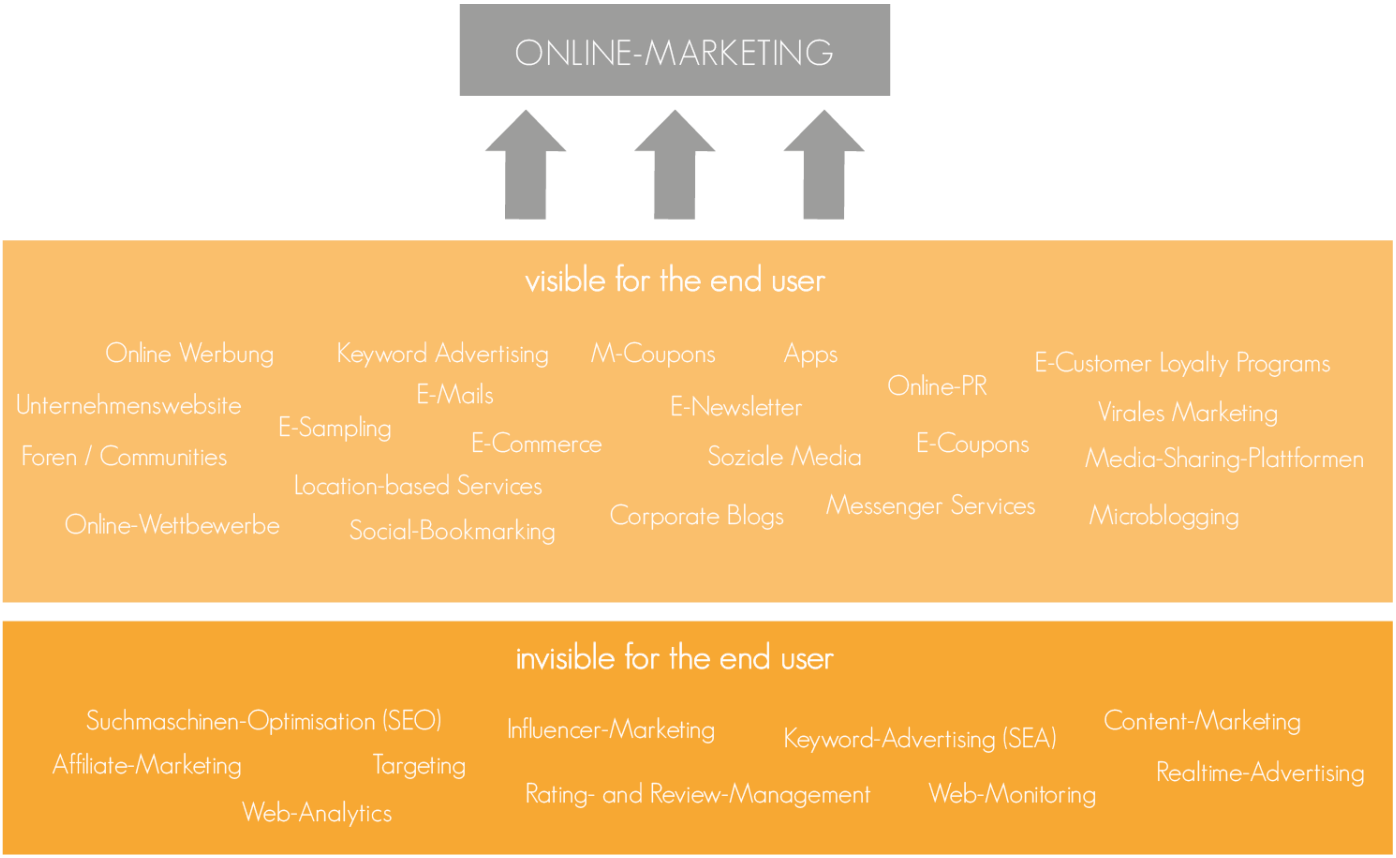

Abbildung 25: Instrumente für intelligentes Online-Marketing (Kreutzer, 2013, S. 2)

Online-Marketing findet auf verschiedenen Ebenen statt. Einige der eingesetzten Instrumente sind für den Endverbraucher sichtbar, während andere verborgen bleiben.

Sichtbares Online-Marketing erfolgt zum einen durch klassische Werbebanner oder Produkt- und Firmenbilder, die auf firmeneigenen Websites, Websites Dritter sowie auf verschiedenen Online-Plattformen und in Suchmaschinen dargestellt werden können. Um ihre Sichtbarkeit zu erhöhen, können Unternehmen kostenpflichtige Anzeigen in Suchmaschinen (sogenannte Keyword-Anzeigen oder auch Sponsorenlinks) nutzen. Darüber hinaus bieten Werbe-E-Mails und elektronische Newsletter seit Marketing 3.0 Unternehmen die Möglichkeit, Verbraucher über ein Unternehmen oder

Produkt zu informieren. Auch das Online-Marketing ist eng mit dem Bereich E-Commerce verbunden. Über Online-Plattformen haben Kunden die Möglichkeit, Waren oder Dienstleistungen zu erwerben. Sobald sich der Nutzer auf einer Plattform anmeldet, erhält das Unternehmen einen sofortigen Zugang zum Kunden und kann so seine Kundenbetreuungs- und Kundenbindungskonzepte auf den einzelnen Nutzer und seine spezifischen Bedürfnisse und sein Verbraucherverhalten abstimmen.

Wenn sich ein Kunde auf einer Plattform registriert und Kundenkarten ausgegeben werden, erhält ein Unternehmen Zugriff auf wichtige Kundendaten. Die aus den Kundendaten gewonnenen Informationen sind ein entscheidendes Instrument, um ein Unternehmen von seinen Mitbewerbern zu unterscheiden. Neben dem Verbraucherverhalten des Kunden gegenüber den eigenen Produkten bietet der Einsatz von Kundenkarten wie Payback etc. auch einen Einblick in das Kaufverhalten des Kunden gegenüber anderen Produkten. Dies ermöglicht es, ein klares Bild über die Art der Kunden und deren Gewohnheiten zu entwickeln. So können durch Anreize, wie z.B. E-Coupons, Käufe aktiv gefördert werden.

Wie bereits erwähnt, ist die Interaktion mit den Kunden eine besonders wichtige Weiterentwicklung im Rahmen von Marketing 3.0 und 4.0. Möglich wird dies durch die Nutzung verschiedener Social Media-Kanäle. Zum einen können Unternehmen und Produkte über Social Media-Netzwerke wie Facebook oder LinkedIn präsentiert werden und von Nutzernetzwerken profitieren. Andererseits können Foren und Communities genutzt werden, um z.B. effektive PR-Aussagen zu verschiedenen Themen zu kommunizieren oder den Informationsaustausch mit verschiedenen Zielgruppen zu ermöglichen. Social Media Sharing Plattformen, wie z.B. YouTube, Instagram und SlideShare, ermöglichen es Unternehmen, sich online umfassender zu präsentieren und dabei verschiedene Medientools wie Bilder, Audio, Video oder Storytelling zu nutzen. Der Inhalt spielt eine entscheidende Rolle für die angemessene Präsentation eines Unternehmens oder Produkts. Blogs sind ein weiterer Bereich des Social Media-Marketings. Im Rahmen von Corporate Blogs können spezifische Ereignisse innerhalb eines Unternehmens kommuniziert werden und durch Austausch Vorteile generieren. Microblogging-Dienste wie Twitter, die nur eine bestimmte Anzahl von Zeichen zulassen, ermöglichen eine schnelle Interaktion mit den Nutzern, z.B. indem die Aufmerksamkeit auf verschiedene Dienste oder Informationen über aktuelle Ereignisse wie neue Produkte oder unternehmensspezifische Aktivitäten gelenkt wird.

Instant Messaging-Dienste wie Facebook Messenger, WhatsApp oder Snapchat ermöglichen auch den direkten Kontakt mit den Nutzern, um Texte, Bilder, Videos und Audiodateien zu übermitteln.

Die Entwicklung einer 24/7-Online-Gesellschaft hat die Bedeutung des Mobile Marketing in den letzten Jahren erhöht. Die Anzahl der verschiedenen Apps, die weltweit auf einem Smartphone genutzt werden können, ist in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Apps ermöglichen es KMU, sich auf vielfältige Weise zu präsentieren oder auf sich aufmerksam zu machen. Neben der traditionellen Pull-Kommunikation, die darauf beruht, dass sich der Nutzer aktiv mit Informationen im Internet beschäftigt, geht der Trend derzeit hin zu sogenannten Push-Methoden wie personalisierten Werbebannern oder Push-Messages. Ohne tatsächlich etwas zu tun, erhält der Nutzer, basierend auf seinem Profil, passive Werbung.

Durch Online-Marketing und vor allem durch die Interaktion auf Social Media-Plattformen kommen Unternehmen und Kunden eng miteinander in Kontakt. Unternehmen und ihre Aktivitäten, Produkte oder Werbebotschaften können vom Unternehmen selbst, aber auch vom Kunden oder von anderen Interessenten kommentiert werden. Auf diese Weise können Unternehmen die Möglichkeit erkunden, direkt mit einer Person oder mit einer ganzen Gemeinschaft zu kommunizieren. Darüber hinaus kann Online-Marketing verschiedene Plattformen und Websites miteinander verbinden und verlinken, um eine breitere Verteilung der Botschaften an verschiedene Nutzer zu erreichen. Darüber hinaus unterstützt die Vernetzung von Einzelpersonen innerhalb verschiedener Communities das sogenannte Viral Marketing. Dies kann auch von Unternehmen aktiv gefördert werden. Durch den Austausch von Informationen über ein Unternehmen oder ein Produkt können den Kunden beispielsweise verschiedene Dienstleistungen angeboten werden, die sie dann nutzen können oder die ihnen die Teilnahme an Wettbewerben ermöglichen. Gleichzeitig können durch die Analyse des Verhaltens verschiedener Kunden Arbeiten in den Bereichen Optimierung der Kundenkommunikation oder Kundenbindungsinitiativen durchgeführt werden. Werbung kann gezielter eingesetzt werden, um Streuwerbung zu vermeiden. Mobile Marketing eignet sich besonders gut, um Kunden bei aktivierter Standortfunktion zu Angeboten in ihrer Region zu leiten. So können Kunden beispielsweise auf einen traditionellen Offline-Shop aufmerksam gemacht werden.

Neben Aktivitäten, die für den Endverbraucher sichtbar sind, können Unternehmen zusätzliche Maßnahmen im Hintergrund durchführen, um ihre Marketingaktivitäten zu optimieren. Keywords können in der Suchmaschinenwerbung gespeichert werden. Wenn ein Benutzer bestimmte Wörter in eine Suchmaschine eingibt, werden diese als Keywords gespeichert, dann werden dem Benutzer relevante Websites angezeigt. Unternehmen sollten sorgfältig überlegen, welche Suchbegriffe und Phrasen Benutzer potenziell verwenden könnten und somit welche Wörter und Phrasen sie als Keywords speichern sollten. Für den Nutzer ist daher nicht klar, warum ihm eine bestimmte Anzeige oder ein bestimmtes Suchergebnis angezeigt wird.

Im Rahmen der Suchmaschinenoptimierung können Unternehmen versuchen, ein "organisches Listing" zu verwenden, um innerhalb der ersten paar Suchergebnisse in den gängigsten Suchmaschinen wie Google, Yahoo! oder Bing zu erscheinen. Darüber hinaus arbeiten die Bots der Suchmaschinenanbieter mit verschiedenen Faktoren, die meist nicht vollständig transparent sind. Neben Keywords spielen auch andere Faktoren eine Rolle. Dazu gehören Inhalte (Inhalt, Qualität, Relevanz, etc.), die Benutzererfahrung, Aktivitäten auf Websites (Klicks, Verweildauer, Bounce-Rate), das Response-Design einer Website, Links, Social Media-Verbindungen und andere Faktoren (Melnik, 2017). Durch Affiliate-Marketing haben Unternehmen die Möglichkeit, auf den Websites Dritter zu werben. Führt die Werbung zum Erfolg (Klicks, Verkäufe, etc.), erhalten die Online-Werbeflächenanbieter (Affiliates) eine Provision. Letztendlich können Daten aus allen sichtbaren und unsichtbaren Online-Marketing-Aktivitäten gewonnen und kontinuierlich ausgewertet werden. Im Rahmen von Web Analytics wird das Verhalten der Nutzer auf einzelnen Websites bewertet, während das Web-Monitoring auf Metaebene untersucht, wie das Unternehmen in Bezug auf seinen Webauftritt wahrgenommen wird. Darüber hinaus sind Analysefaktoren wie Kommentare zu Produkten oder zum Unternehmen oder auch Prognosen über mögliche Trends wichtig, da diese Beanstandungen, Anregungen für Produktentwicklungen oder Meinungen von Anwendern liefern können. Wie vorstehend beschrieben, entsteht durch die verschiedenen Online-Möglichkeiten, die mit entsprechenden Systemen ausgewertet werden können, eine immense Datenmenge in verschiedenen Formaten (Text, Bild, Audio, Video). So können beispielsweise im Rahmen der BIG-Datenanalyse Beiträge in Social Media-Netzwerken mit YouTube-Videos oder -Bildern ausgewertet werden, um Markttrends und Entwicklungen über die Bedürfnisse der Nutzer aufzuzeigen, die wiederum über Prognosen und Entwicklungen in Bezug auf zukünftige Produkte und Dienstleistungen informieren. Dies wird auch als Targeting bezeichnet. Darüber hinaus können Unternehmen, basierend auf den Profilen der Nutzer, ihre Werbung durch sogenanntes Realtime Advertising oder Realtime Bidding optimieren. Das bedeutet, dass die Werbung auf bestimmte Nutzer zugeschnitten ist (Kreutzer, 2013).

3.6 Intelligente Lieferketten und Wertschöpfungsnetzwerke

Intelligente Lieferketten konzentrieren sich auf die Wertmaximierung für (End-)Kunden mit möglichst wenig Zeit- und Materialverschwendung (Lean) sowie auf die Fähigkeit, schnell auf Veränderungen der Kundennachfrage und der Kundenanforderungen zu reagieren (Agile) ("The Triple-A Supply Chain", 2004).

Produktionsunternehmen digitalisieren wesentliche Funktionen innerhalb ihrer internen vertikalen Betriebsprozesse sowie mit ihren horizontalen Partnern entlang der Lieferkette. Smart Industry impliziert viel mehr integrierte Wertschöpfungsketten durch den Einsatz neuer, verbindender Technologien, die Co-Design und Co-Creation ermöglichen, Kunden einbeziehen und den Endverbraucher im Auge behalten. Die horizontale Integration umfasst Technologien von Track-and-Trace-Geräten bis hin zur integrierten Planung und Ausführung in Echtzeit. Innovative Geschäftsmodelle werden auf einem dynamischen Netzwerk von Unternehmen basieren, das sich ständig weiterentwickelt und verändert, um immer komplexere Dienstleistungskombinationen zu ermöglichen ("[Kein Titel]," n.d.-d).

Durch die Digitalisierung kann die Zusammenarbeit mit wichtigen Partnern erleichtert und verstärkt werden. Eine stärkere Integration von Daten zwischen Herstellern und Kunden kann neue Möglichkeiten der Zusammenarbeit eröffnen. Eine geschickte Nutzung von gepoolten Daten kann beispielsweise Effizienzsteigerungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette sowie die Wertschöpfung der Kunden ermöglichen: gemeinsame Innovationen von Prozessen, Produkten und Dienstleistungen ("[Kein Titel]," n.d.-e). Andererseits kann die datenbasierte Integration von Entwicklung, Produktion und Wartung auch zu Verschiebungen und sogar zu Ausfällen von Funktionen und Unternehmen in bestehenden Lieferketten führen.

"Es wird erwartet, dass Industrie 4.0 mehrere Umstellungen für die industrielle Wertschöpfung bringen wird, die ganze Wertschöpfungsnetzwerke umfassen. Kleine und mittlere Unternehmen (KMU), die sowohl für die deutsche als auch für die europäische Wirtschaft eine wichtige Rolle spielen, haben Schwierigkeiten, das Konzept von Industrie 4.0 in ihre Wertschöpfung zu integrieren. Aufgrund der hohen Bedeutung von KMU für industrielle Wertschöpfungsnetzwerke ist ihre Integration jedoch unerlässlich, um Industrie 4.0 erfolgreich über Wertschöpfungsketten hinweg zu etablieren. Mehrere KMU haben Schwierigkeiten, die für Ausrüstungen und Maschinen erforderlichen Ressourcen zu beschaffen oder verfügen nicht über die erforderlichen Marktanteile oder den Marktzugang, um neue Geschäftsmodelle zu etablieren. Große Unternehmen werden oft als zu mächtig angesehen, um ein Partner für ein KMU zu sein. Dennoch können

Kooperationsstrategien zwischen KMU eine tragfähige Alternative für eine erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0 in der gesamten Wertschöpfungskette darstellen". (Müller, Maier, Veile, & Voigt, 2017), https://tubdok.tub.tuhh.de/handle/11420/1465

3.6.1 Von der Lieferkette zur Wertschöpfungskette

Produktionsunternehmen konzentrieren sich beim Beschaffungs- und Distributionsmanagement oft auf die Kostensenkung. Nach Angaben von Prof. Jack van der Veen ("Operational Excellence is uit - CEX is in - Logistiek", n.d.), ist dies nützlich, aber es fehlt das eigentliche Ziel: "Eine Lieferkette soll letztlich dazu dienen, den Endverbraucher optimal zu bedienen. Daher sollte eine Wertschöpfungskette entworfen werden und funktionieren, um Kundenwerte zu schaffen und zu erfassen (Flow) und Customer Excellence (CEX) zu verfolgen". Anstatt ständig nach einem größeren Teil des bestehenden Kuchens zu streben, sollten die Lieferkettenpartner danach streben, den "besten" Kundennutzen gemeinsam zu schaffen, um den Kuchen zu vergrößern.

3.6.2 Kundenorientierte Wertschöpfungsnetzwerke

Intelligente, vernetzte Fabriken arbeiten mit Kunden und Lieferanten in (weltweiten) digitalen Industrieökosystemen zusammen; dynamische (temporäre) Wertschöpfungsketten, Datennetze und Plattformen, die mit Kunden, Lieferanten, Technologiepartnern und sogar Wettbewerbern zusammenarbeiten, ohne ihre Vision aufgrund aktueller Rahmenbedingungen einzuschränken. Sie gehen über technische Details hinaus und überlegen, welche Auswirkungen neue Anwendungen auf ihre Wertschöpfungskette und ihre Beziehungen mit und den Zugang zu ihren Kunden haben könnten (PWC, 2016a).

Die Smart Industry erfordert die Zusammenarbeit zwischen Kunden und Lieferanten in einem Netzwerk von Organisationen, aber auch die technische Zusammenarbeit zwischen Geräten verschiedener Hersteller *(Interoperabilität)*. Die Produktion wird zunehmend in losen Partnerschaften erfolgen. In diesen Netzwerken findet eine enge Zusammenarbeit und ein Wissensaustausch über Plattformen statt. Die (digitale) Zusammenarbeit muss dazu führen, dass Produktionsprozesse effizienter organisiert werden und Innovationen schneller und schneller auf den Markt kommen (Wilhelmus Adrianus Franciscus & Timmer, 2016). Die Sicherheit des Datenaustauschs und der Schutz des geistigen Eigentums sind dabei von entscheidender Bedeutung (siehe Kapitel 6.5). Eine große Herausforderung besteht darin, die richtigen Anreize zu setzen und geeignete Vorteile zu finden, indem man Modelle teilt, die jeden fair für seinen Beitrag entschädigen. Das grundlegendste Geschäftsmodell in einem Ökosystem ist ein Marktplatz, der mehrere Verkäufer und Käufer zusammenführt und den Wert der Provisionen auf den Transaktionswert erfasst (PWC, 2016a). Für KMU kann die Entwicklung neuer Geschäftsfelder durch die Nutzung bestehender Plattformen ein intelligenter Weg zu (schnellem) Wachstum sein.

Der Aufbau eines netzwerkzentrierten Produktionssystems, das sich über den gesamten Lebenszyklus von Assets erstreckt, kann zur Entstehung neuer Formen der Zusammenarbeit führen, die sich durch einen Co-Creation-Ansatz zur Wertschöpfung auszeichnen. Im kommenden Jahrzehnt wird ein netzwerkzentrierter Produktionsansatz lineare Produktionsprozesse durch intelligente und flexible (regionale) Ökosystemansätze ersetzen. Diese Netzwerke werden Teile, Produkte und Maschinen über Produktionsstätten, Unternehmen und Wertschöpfungsketten hinweg auf einer hochgranularen Ebene miteinander verbinden. Der netzwerkzentrierte Ansatz wird die Produktion in bestehenden Wertschöpfungsketten radikal optimieren und, was noch wichtiger ist, der Begriff der netzwerkzentrierten Produktion bedeutet schließlich das Ende der "Wertschöpfungskette" und die Geburt des "Wertschöpfungsnetzes" ("SI Implementatieagenda 2018, NL", n.d.).

Smart Industry erfordert per Definition einen kollaborativen Ansatz. Bei Smart Industry geht es um das Verbinden, einschließlich der Dienstleistungen und Themenfelder, die ein Unternehmen nicht selbst anbietet. Intelligente Software und IoT erleichtern den Datenaustausch zwischen Maschinen, Abteilungen und Unternehmen. Über eine Cloud-basierte Plattform haben (End-)Anwender Zugriff auf die Daten aller beteiligten Parteien.

3.7 Wichtigste Ergebnisse und Empfehlungen

Produktionsunternehmen konzentrieren sich in der Regel hauptsächlich auf die technologischen Aspekte und (potenziellen) Effizienzsteigerungen der Smart Industry und nicht auf (neue) Geschäftsmöglichkeiten, Wertversprechen und Geschäftsmodelle.

In diesem digitalen und technologischen Zeitalter ändern sich die Möglichkeiten, *Kundenbedürfnisse* zu erfüllen und die Erwartungen der Kunden zu übertreffen, drastisch und ständig. Die Märkte sind transparent, die Kunden sind gut informiert und kritisch und haben die Oberhand, wenn es darum geht, wie, wann und wo sie ihre (maßgeschneiderten) Aufträge liefern wollen.

Inwieweit es einem Unternehmen gelingt, kontinuierlich *Kundenwert zu schaffen*, bestimmt seine Wettbewerbsfähigkeit und seinen Erfolg. Kundennutzen zu schaffen und neue Wege zu entwickeln, erfordert ein wachsames Auge auf (sich ändernde) Marktsituationen und tiefe *Einblicke* in das Verhalten, die Wünsche und Bedürfnisse der Kunden. Kunden sind Experten für ihre eigenen täglichen (Arbeits-)Routinen, Themen und Ambitionen. Ein Smart Supplier unterstützt und erleichtert diese als Experte für State-of-the-Art und smart(er) Wege. Eine effektive und erreichbare Möglichkeit für KMU, Kundeninformationen zu sammeln, besteht darin, regelmäßig Dialoge mit Kunden, Anwendern und Lieferanten zu führen. Auf diese Weise erhält ein Unternehmen einen konstanten Fluss an Input für Innovationen. Die Datenanalyse wird immer häufiger eingesetzt, um das Kunden- und Maschinenverhalten sowie den Produkt- oder Servicebedarf vorherzusagen.

Smart Industry bietet produzierenden Unternehmen *neue Geschäftsmöglichkeiten* in Bezug auf:

- Entwicklung intelligenter (digitalisierter und kundenspezifischer) Produkte;
- Mit (großen) Daten Werte schaffen;
- Entwicklung von Smart Services und Gesamtlösungen (Servitisierung);
- Einen Beitrag zu sozialen Fragen leisten, intelligente technische Lösungen anwenden.

Die Digitalisierung von Produkten und Smart Engineering kann die Produktion von kundenspezifischen (modularen) Produkten mit der Geschwindigkeit und dem Preis von Massenprodukten realisieren. Sie wird viele Informationen und Daten liefern, mit denen bestehende Produkte und Dienstleistungen verbessert und neue, maßgeschneiderte Angebote entwickelt werden können. Das Angebot zusätzlicher Dienstleistungen, Gesamtlösungen oder sogar Produkte als Dienstleistung entlastet die Kunden und kann ein wesentlicher Teil des Umsatzes eines produzierenden Unternehmens werden.

Intelligente Ertragsmodelle kombinieren bestehende Prinzipien von Ertragsmodellen mit neuen technischen Möglichkeiten. Durch eine andere Produktdefinition können (neue) Dienstleistungen hinzugefügt oder erstellt werden. Denken Sie an Leasing-, Versicherungs- oder Logistikdienstleistungen. Aufgrund der Konnektivität von Produkten und Maschinen und der von ihnen bereitgestellten Daten werden (zusammengesetzte) Umsatzmodelle wie dynamische Preisgestaltung, Pay-per-Use, Pay for Uptime oder Pay per Approved Product in der Industrie immer mehr Anwendung finden. Es bleibt der Kreativität eines Unternehmens überlassen, sein Leistungsversprechen mit (einem Mix aus) Produkten, Dienstleistungen und Anwendungen zu erfüllen (z.B. zahlen die Nutzer für die Nutzung von Licht, anstatt Lampen zu kaufen).

Zukunftssichere Marktstrategien und stoßfeste *Produktportfolios* entstehen durch die Kombination zweier wichtiger Kräfte: Technology-Push und Market-Pull. Kontinuierliche kundenorientierte Forschung und Innovation auf Basis modernster Technologien ist die Leitlinie für ein effektives und intelligentes Produktmanagement. Mit ständig wechselnden Kundenbedürfnissen und nahezu unbegrenzten technischen Möglichkeiten zu deren Erfüllung wird sowohl das Produktmanagement als auch die Forschung und Entwicklung immer mehr die Eigenschaften des *Innovationsmanagements* erhalten.

Innovation bedeutet die Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen, neuer Funktionen in bestehenden Produkten und Dienstleistungen und neuer Wege zu deren Herstellung oder Verkauf oder einen anderen Ansatz für jeden anderen

Prozess innerhalb des Unternehmens. Völlig neue im Geschäftsumfeld zu agieren werden oft als neue Geschäftsmodelle bezeichnet. Innovationsaktivitäten bringen den höchsten Wert, wenn sie ausgewogen sind und verschiedene Arten von Innovationen ansprechen: Produkte und Dienstleistungen, Prozesse, Marketing und Organisation.

Wenn Sie Innovationen innerhalb der Organisation etablieren oder verbessern wollen, gibt es kein einheitliches Verfahren, wie dies zu erreichen ist. Aber es gibt viele Elemente und Konzepte, die Unternehmen helfen können, die Innovationsleistung zu erreichen. In 5.4 haben wir uns auf den Innovationsprozess, die Werkzeuge und die grundlegenden Schritte und Prozesse konzentriert, die unternommen werden sollten, um Ideen in das endgültige Marktprodukt umzusetzen:

- Innovationsstrategie und -ziele
- Entwicklung einer innovativen Organisation und Kultur
- Der Innovationsprozess (Problem-/Chancenidentifikation, Problemneufassung, Ideation, Preprototyping Ideentest und -auswahl)
- Forschung und Entwicklung
- Schutz des geistigen Eigentums
- Wie man Innovationen finanziert
- Produktion (siehe Kapitel 4)
- Marketing

Die Disziplin *Marketing* ist durch den digitalen Wandel und die Nutzung von Social Media einem tiefgreifenden Wandel unterworfen. Die Verbraucher suchen nicht mehr nur nach einem Produkt, das sie einfach nur konsumieren können. Stattdessen wollen sie zu ihrer Entwicklung beitragen, sie wollen, dass sie auf ihre eigenen Bedürfnisse zugeschnitten sind und mit dem Produkt interagieren. Darüber hinaus suchen sie nach Möglichkeiten, das Produkt zu bewerten und ihre Erfahrungen mit dem Einsatz des Produkts auszutauschen. Durch den Einsatz von Social Media und neuen Technologien werden Produkte sowie die Entwicklungs- und Produktionsprozesse transparenter. Unternehmen erwerben Kenntnisse über Kunden und Märkte, mit denen sie ihr Angebot optimieren und an verschiedene Zielgruppen anpassen können. Marketing 4.0 bedeutet somit die Integration des Kunden in den Marketingprozess durch Zusammenarbeit. *Smart Marketing* bedeutet den Ausbau des verbraucherorientierten On- und Offline-Marketings durch die Integration von Technologien zur Interaktion mit Verbrauchern sowie durch die integrierte Digitalisierung von Prozessen und der Nutzung von Daten zur Optimierung, Flexibilisierung und Personalisierung des Kundenkontakts.

Traditionelles Marketing ist ein Dreieck aus Marke, Positionierung und Differenzierung. Marketing 4.0 erweitert dieses Dreieck um eine vierte Dimension: das Erlebnis und die Interaktion mit der Marke. Im Mittelpunkt dieser Interaktion steht vor allem das Kundenerlebnis.

In einem Umfeld, in dem jedes Unternehmen, jede Marke und jedes Produkt weltweit mit dem Wettbewerb verglichen werden kann, ist es unerlässlich, dass das Marketing zielgruppenspezifisch ist und mit den Kunden spricht. Möglich wird dies durch die Nutzung verschiedener Social Media-Kanäle, wie in Kapitel 5.5 beschrieben.

Smart Industry impliziert viel mehr *integrierte Wertschöpfungsketten* durch den Einsatz neuer, verbindender Technologien, die Co-Design und Co-Creation unter Einbeziehung von Kunden und Lieferanten ermöglichen. Intelligente Software und IoT erleichtern den Datenaustausch zwischen Maschinen, Abteilungen und Unternehmen. Über eine Cloud-basierte Plattform haben (End-) Anwender Zugriff auf die Daten aller beteiligten Parteien. Die (digitale) Zusammenarbeit muss dazu führen, dass Produktionsprozesse effizienter organisiert werden und Innovationen schneller und mit kürzerer Markteinführungszeit auf den Markt kommen. Innovative Geschäftsmodelle basieren auf einem dynamischen Netzwerk von Unternehmen, das sich ständig weiterentwickelt und verändert, um Kundennutzen zu schaffen und immer komplexere Zusammensetzungen von Produkten und Dienstleistungen zu ermöglichen.

Kooperationsstrategien zwischen KMU sind entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0 entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Anstatt ständig nach einem größeren Stück des bestehenden Kuchens zu streben, streben die Lieferkettenpartner besser danach, ständig den "besten" Kundennutzen mit zu schaffen, um den Kuchen zu vergrößern. Eine Herausforderung besteht darin, die richtigen Anreize zu setzen und geeignete Vorteilsausgleichsmodelle zu finden, die jeden gerecht für seinen Beitrag entschädigen.

4 Zukünftige Managementherausforderungen

Autoren: Joseba Sainz de Baranda, Eva Arrilucea.

4.1 Einführung und Ziele dieses Abschnitts

Dieser Abschnitt analysiert die wichtigsten Managementherausforderungen im Zusammenhang mit der 4. industriellen Revolution stellen müssen. Wie bereits in den vorherigen Kapiteln beschrieben, ergeben sich diese Herausforderungen aus neuen Technologien in der Industrie und er Kommunikation, welche den Grad der Vernetzung zwischen den am Produktionsprozess beteiligten Elementen drastisch erhöhen.

Die 4. Industrielle Revolution hat somit das Potenzial, die Flexibilität und Produktivität von Unternehmen zu verbessern, birgt aber auch Risiken für Wettbewerbsfähigkeit, Arbeitsmärkte und Gesellschaft. Da die Unterstützung des Top-Managements für die Förderung von Industrie 4.0 unerlässlich ist und das Management der Kernprozess eines Unternehmens ist, betrifft der Managementwandel alle Hauptprozesse des Unternehmens und alle Komponenten des Geschäftsmodells: Wertevorschlag, Hauptaktivitäten, Beziehung zu Stakeholdern, Technologie- und Innovationsaufnahmefähigkeit, Organisationsstruktur, Unternehmenskultur und sogar Risikomanagement.

Dieser Abschnitt konzentriert sich auf die Beschäftigungsherausforderungen in Bezug auf die demografische Entwicklung der Beschäftigung, den Verlust von Arbeitsplätzen und die Schaffung von Arbeitsplätzen aufgrund des technologischen Wandels, aber auch auf die Perspektive des Personalmanagements, die darauf abzielt, eine hoch engagierte und qualifizierte Belegschaft zur Erreichung der Unternehmensziele zu entwickeln.

Da die Antwort auf die neuen produktiven Herausforderungen eine enge mehrdimensionale Zusammenarbeit erfordert, enthält dieser Bericht ein Kapitel, in dem die verschiedenen Dimensionen der Zusammenarbeit untersucht werden: zwischen Unternehmen und Kunden, zwischen Unternehmen und anderen Interessengruppen sowie zwischen Arbeitnehmern und Robotern.

Darüber hinaus haben die Auswirkungen der 4. industriellen Revolution auf Unternehmen nicht nur technologische und organisatorische, sondern auch regulatorische und rechtliche Auswirkungen. Dieser Abschnitt spiegelt die Bedeutung der Regulierung in bestimmten Aspekten wie Datenzugang und -besitz, Produkthaftung, IP, Berufsrisiken, Arbeitnehmerrechte und Normung wider. Es wird auch ausdrücklich auf das Management des Überwachungsprozesses eingegangen.

Schließlich fasst der Abschnitt die wichtigsten Empfehlungen im Zusammenhang mit Managementherausforderungen für Unternehmen im Kontext der 4. industriellen Revolution zusammen.

4.2 Das Geschäftsmodell-Management

Die 4. industrielle Revolution hat das Potenzial, die Flexibilität und Produktivität von Unternehmen zu verbessern, birgt aber auch Risiken für die Wettbewerbsfähigkeit, die Arbeitsmärkte und die Gesellschaft.

Da die Unterstützung des Top-Managements für die Förderung der Industrie 4.0 (PWC, 2014) unerlässlich ist und das Management der Kernprozess eines Unternehmens ist, betreffen Änderungen im Management alle Hauptprozesse eines Unternehmens, wie z.B. Kundenbeziehung, Kooperationsmodell, Produkt- und Dienstleistungserstellung und -entwicklung, Vertrieb und Verkauf, Finanzen, Qualität, Verwaltung und andere unterstützende Prozesse. So benötigt beispielsweise die Führungsebene eine direktere Beziehung auf der operativen Ebene. Auch die Führungsebene muss mit dem Kundenstamm verbunden bleiben. Und das herkömmliche Managementsystem wird sich von kontrollierenden Arbeitnehmern zu aktivem Engagement entwickeln, verstanden als gegenseitiger Wissenstransfer zwischen der Management- und der operativen Ebene. Darüber hinaus ist es zwar möglich, dass eine Führungshierarchie existiert, aber der Entscheidungsprozess erfolgt durch das gemeinsame Verständnis des gemeinsamen Wissens. Im Allgemeinen werden die Arbeitnehmer keine passiven Agenten sein, sondern "Wissensarbeiter" mit einer aktiveren Rolle in den Organisationen. (Davies R, 2017)

Mit anderen Worten, Industrie 4.0 benötigt eine Transformation der aktuellen Geschäftsmodelle (siehe Abbildung 26) und eine Neudefinition des Value Proposal für Unternehmen. Der Wechsel von einem traditionellen zu einem digitalen Unternehmen bedeutet große technologische Veränderungen (skalierbare IT-Systeme, Nutzung großer Datenmengen), Prozessänderungen (End-to-End-Prozesse) und Interaktionsänderungen (mit Kunden, Kunden, Lieferanten usw.).

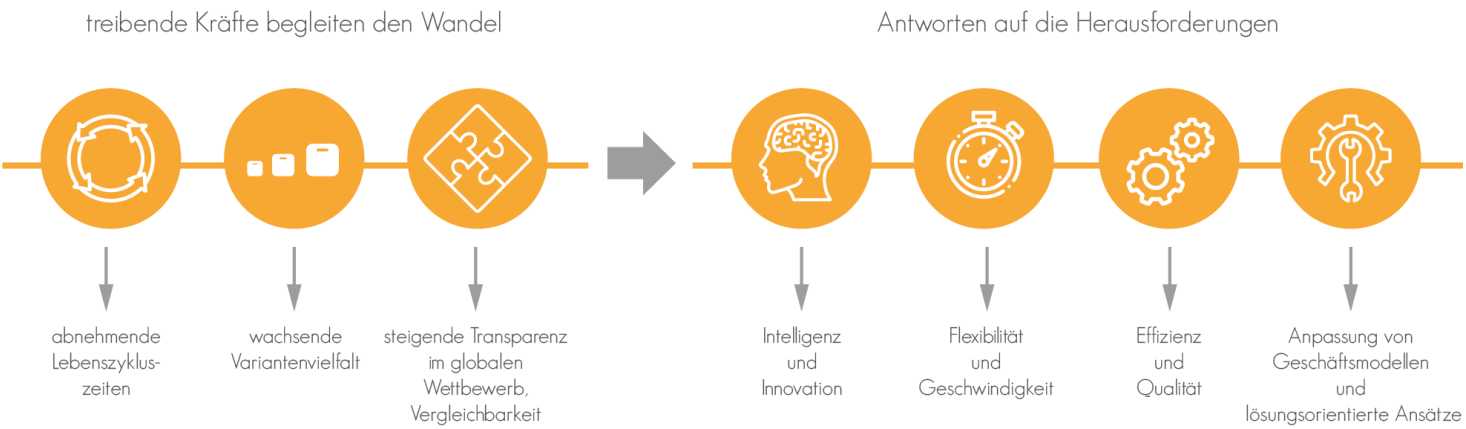

Abbildung 26: Treibende Kräfte des Wandels. Quelle: (KPMG, 2016)

Dazu sind drei Arten von Integrationsbewegungen notwendig (siehe Abbildung 27):

- Vertikale Integration und vernetzte Fertigungssysteme, die sich auf die Schaffung eines flexiblen Systems durch die Integration hierarchischer Systeme beziehen,
- Horizontale Integration durch Wertschöpfungsnetzwerke, die darauf abzielt, Kooperationen zwischen verschiedenen Unternehmen in der Wertschöpfungskette zu schaffen,
- End-to-End digitale Integration des Engineerings über die gesamte Wertschöpfungskette.

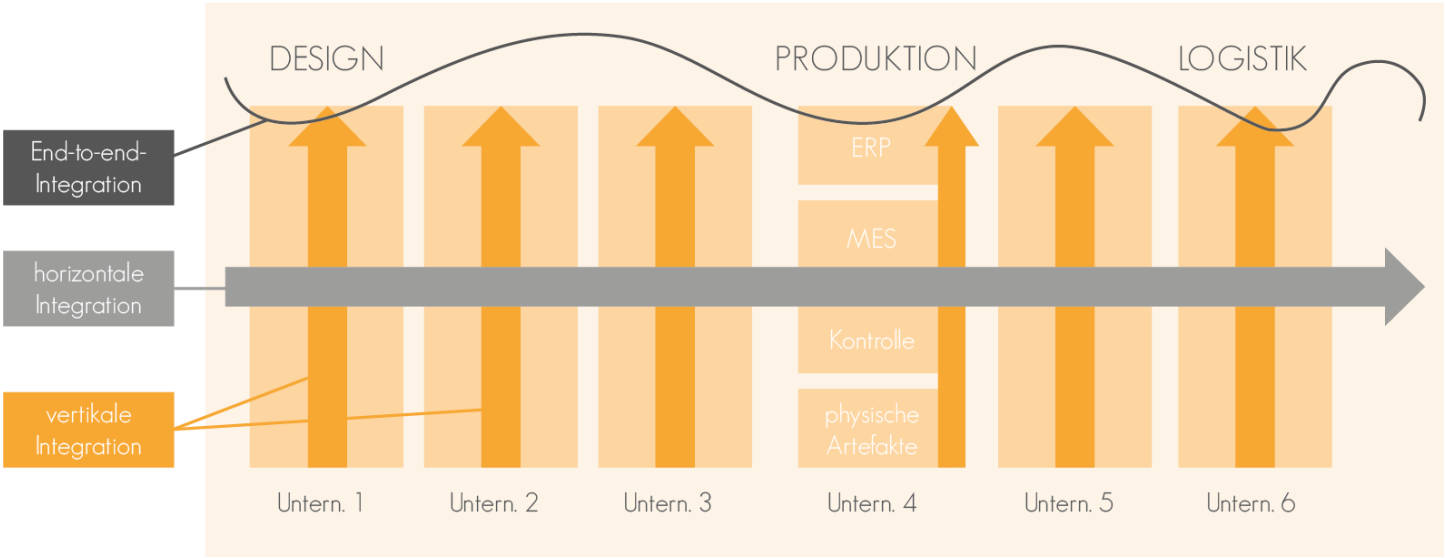

Abbildung 27: Aspekte der Integration von Industrie 4.0. Quelle:(Foidl & Felderer 2016)

Die große Menge an verfügbaren Daten ermöglicht Echtzeit-Entscheidungen und mehr operative Agilität. Die Lebenszykluszeiten sinken und die Transparenz wird im globalen Wettbewerb immer wichtiger.

Um den Veränderungen zu begegnen, müssen Unternehmen eine Toolbox entwickeln, die es ihnen ermöglicht, ihre Kapazitäten optimal zu nutzen. Die Fabrik der Zukunft ist flexibel, um jedem Kunden rechtzeitig eine maßgeschneiderte Antwort zu geben und die Produktion und die Ressourcen zu optimieren. In diesem Sinne wird eine große Menge an Daten zu Wissen und Informationen, mit denen Entscheidungsprozesse im Zusammenhang mit dem Management, aber auch mit der Produktion überwacht und beschleunigt werden können. Die Auswirkungen der Datenanalyse in einem Unternehmen sind enorm: Daten können Informationen für die Finanzplanung liefern, die Wertschöpfungskette umstrukturieren, neue Partner auswählen, Ziele und Vorgaben neu definieren, neue Produkte und Dienstleistungen entwickeln und vieles mehr. Die große Herausforderung für Manager besteht darin, eine adaptive Lösung zu entwickeln, die zu einer Balance zwischen Automatisierung und Variationsbedarf führt und gleichzeitig ein hochwertiges Produkt gewährleistet.

Auf jeden Fall bedeutet es, auf die treibenden Veränderungskräfte mit diesen Instrumenten zu reagieren, die aktuellen Geschäftsmodelle unter Berücksichtigung der Tatsache zu ändern, dass a) Unternehmen einen klaren und differenzierten Wertevorschlag haben müssen und b) Veränderungen alle Bereiche und Prozesse in einem Unternehmen betreffen (strategische, operative und unterstützende Prozesse) (siehe Abbildung 3).

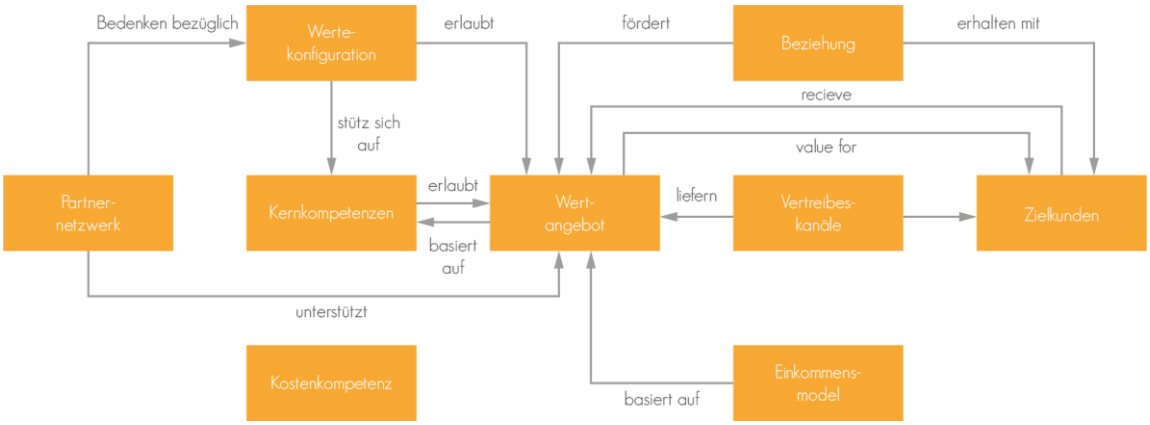

Abbildung 28: Elemente, die das Geschäftsmodell bilden. Quelle: (Christian Arnold, n.d.)

Im Rahmen von Industrie 4.0 ist die Value Proposition der am stärksten beeinflusste Bestandteil von Geschäftsmodellen, vor allem durch die Einführung des Internet of Things und der Big Data Analyse (Christian Arnold, n.d.). Die am zweithäufigsten betroffenen Komponenten sind die Kernkompetenzen und die dritte die sektorübergreifenden Beziehungen.

Darüber hinaus ermöglicht Industrie 4.0 Geschäftsmodelle, die die Vorteile der Massenanpassung nutzen (z.B. Montagelinien für mehrere Produktmodelle oder gemischte Montagelinien mit verschiedenen Produkten, die auf derselben Linie montiert werden können), und zwar einschließlich neuer Formen des Datenmanagements, neuer Organisationsstrukturen und neuer digital orientierter Kulturen. Der Übergang von der Massenproduktion zur Massenanpassung bedeutete viel mehr integrierte Wertschöpfungsketten und die Einführung neuer Technologien, die Co-Design und Co-Creation ermöglichen. Gleichzeitig könnten reduzierte Kosten für die Einführung neuer Produkte neue Geschäftsmöglichkeiten und eine höhere Produktivität bedeuten. Und schließlich besteht ein enormer Druck, soziale und ökologische Faktoren (Stubbs & Cocklin 2008) in die neue Generation von Geschäftsmodellen einzubeziehen, unter Berücksichtigung neuer Faktoren wie veralteter Produktdesignpraktiken, Energie- und Wassereinsatz, nachhaltige Innovation, Auswirkungen der Aktivität auf natürliche Ressourcen und Klima, Abfallwirtschaft und andere (siehe Abbildung 29).

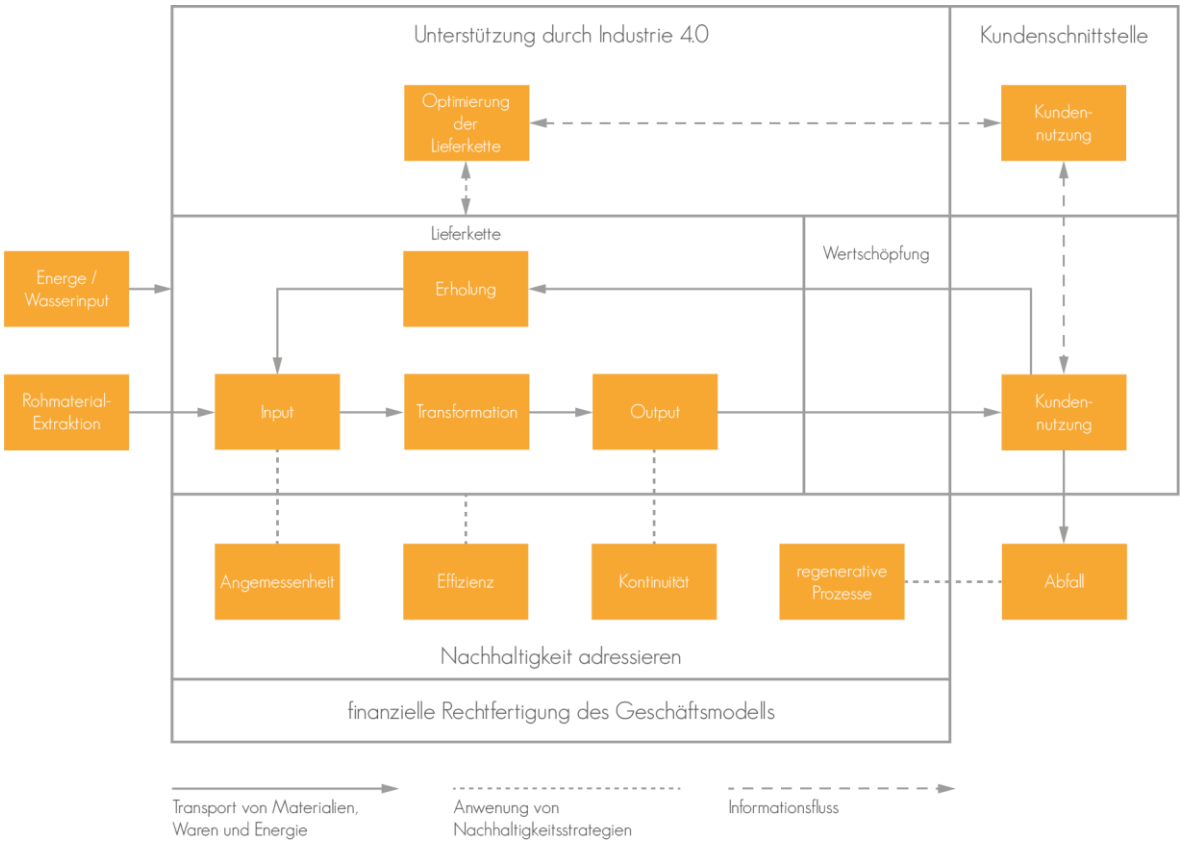

Abbildung 29: Verknüpfung von Nachhaltigkeit und Industrie 4.0 mit dem Geschäftsmodell. Quelle: (Man, de Man & Strandhagen 2017)

Weitere Faktoren, die bei der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle zu berücksichtigen sind, sind die Servitisierung oder das Manufacturing as a Service Modell, das ein wettbewerbsorientierter Ansatz zur Steigerung der Wertschöpfung und Ressourceneffizienz ist. Die Technologie ermöglicht die Optimierung von Produktionssystemen hinsichtlich Kosten, Zuverlässigkeit, Zeit, Qualität und Effizienz. Tatsächlich bieten verteilte Fertigung, virtuelle Faktoren und die Einbettung von Dienstleistungen in neue Produkt-Dienstleistungs-Kombinationen neue Möglichkeiten mit geringeren Marktzugangsbarrieren für kleine Unternehmen (Europäische Kommission, 2018). Virtuelle Fabriken und Mini-Fabriken sind nur zwei Beispiele für neue Geschäftsmodelle, die sich aus der Integration all dieser neuen Faktoren ergeben können.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist das Risikomanagement im Rahmen von Industrie 4.0. Risikomanagement ist der Prozess, der Unternehmen hilft, die der aktuellen Situation innewohnenden Risiken zu verstehen und die richtige Antwort darauf zu geben. Im Fertigungsbereich sind operationelle Risiken mit dem Management des Fertigungsprozesses, der Instandhaltung, den Betriebsmethoden und -werkzeugen, dem Material, dem Personalwesen, den Maschinen und Fertigungstechnologien sowie der Maschinenumgebung verbunden. Das Konzept von Industrie 4.0 generiert neue Risiken, die unter anderem mit der Anbindung von Cyberspace und dem Outsourcing von Diensten verbunden sind. Obwohl Industrie 4.0 Auswirkungen auf alle Prozesse des Unternehmens haben kann, sind die meisten Risiken mit der Informationssicherheit verbunden (vgl. Tupa, Simota & Steiner 2017).

Schließlich beinhalten neue Geschäftsmodelle den Einsatz neuartiger Ertragsmodelle (Dynamic Pricing, Pay-by-Use, performancebasierte Abrechnung) und Kosten-Investitionsmodelle.

Obwohl diese neuen Geschäftsmodelle komplexer erscheinen mögen, könnte die Komplexität der Koordination durch zunehmende Flexibilität reduziert werden, indem der Produktionsprozess in kleinere Einheiten unterteilt wird, die auf übergeordnete Ziele ausgerichtet sind (vgl. Brettel, Friederichsen, Keller & Rosenberg 2014). Im Allgemeinen wird die Änderung der Geschäftsmodelle durch eines der folgenden Ziele gerechtfertigt: Erhöhung der Flexibilität, Verbesserung der Produktivität, Kostensenkung, Verkürzung der Lieferzeit und/oder Verbesserung der Prozessqualität.

Um den Herausforderungen im Zusammenhang mit Änderungen von Geschäftsmodellen zu begegnen, müssen KMU die Technologie vollständig verstehen, damit sie diese aufnehmen können. Es gibt einige neue Instrumente, die KMU bei der

Erprobung von Technologien unterstützen und sie im Voraus darüber informieren, wie sich die Technologie auf sie auswirken kann, z.B. Digital Innovation Hubs (One-Stop-Shops, die KMU helfen sollen, mit digitalen Technologien wettbewerbsfähiger zu werden) oder Testbed-Labors (Experimentierplattformen zum Testen und Verwenden neuer Technologien). Außerdem brauchen KMU Manager mit einem doppelten Technologie- und Managementprofil, die in der Lage sind, das Potenzial neuer Technologien in einem unsicheren Umfeld zu verstehen.

4.3 Beschäftigungspolitische Herausforderungen

Obwohl das Verhältnis zwischen Technologie und Beschäftigung recht komplex und schwer vorhersehbar ist, werden sowohl die Arbeit mit Organisation und Design als auch die Aus- und Weiterbildung zwei der Schlüsselbereiche für eine erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0 sein. Die Mitarbeiter haben eine wechselnde Rolle vom Betreiber zum Problemlöser, und die Unternehmen müssen den Mechanismus schaffen, um diesen Prozess zu erleichtern und zu beschleunigen.

4.3.1 Auswirkungen des technologischen Wandels bei den Arbeitsplätzen

Auf der einen Seite zeichnen sich Smart Factories durch eine Echtzeitkontrolle aus, die den gesamten Produktionsprozess verändert und den Mitarbeitern die Möglichkeit bietet, mehr Verantwortung zu übernehmen und ihre berufliche Laufbahn zu verbessern. Andererseits, wie Abbildung 30 zeigt, verändert Industrie 4.0 mit der zunehmenden Komplexität der Produktionsprozesse das Berufs- und Kompetenzprofil radikal, sodass Ausbildung und langlebiges Lernen immer wichtiger werden.

Abbildung 30: Kompetenzprofil Industrie 4.0. Quelle: (KPMG, 2016)

Gemäß der Unternehmensberatung KPMG (KPMG, 2016) benötigt Industrie 4.0 spezialisierte, methodische und systemische Fähigkeiten sowie technologie- und marktbezogenes Fachwissen und Hardware-, Software- und Algorithmen-Kenntnisse. Es ist wichtig, Profile mit Kenntnissen über Prozesse, Organisation, Produktion, Technologie und auch über soziale und emotionale Fähigkeiten zu haben. Die Verfügbarkeit dieser komplexen Profile ist wahrscheinlich die größere Herausforderung, der sich die Industrie 4.0 jetzt stellen muss und die Bildungs- und Ausbildungssysteme erfordert, um ihre Programme an die neue Realität anzupassen.

Die Auswirkungen des technologischen Wandels auf die Beschäftigung sind eine der wichtigsten Debatten des vergangenen Jahrhunderts. Historisch gesehen hat eine technologische Herausforderung nicht die Zahl der industriellen Arbeitsplätze reduziert, sondern die Beschäftigungsstruktur verändert (vgl. Project RockEU 2016). Einige Autoren weisen jedoch darauf hin, dass, da die Geschwindigkeit des technologischen Fortschritts schnell zunimmt, die Fähigkeit der Arbeitnehmer, auf die Veränderungen zu reagieren, überschritten werden kann, was zum Verlust von Arbeitsplätzen führt (vgl. Brynjolfsson & McAfee 2014), (Frey & Osborne 2017). Obwohl die meisten dieser Studien hohe Raten von Arbeitsplatzverlusten für verschiedene Volkswirtschaften (USA, Deutschland, Europäische Union) voraussagen, geht eine aktuelle Studie von Bonin (vgl. Bonin 2015) davon aus, dass nur ein Teil dieser Arbeitsplätze automatisiert werden könnte,

da es selbst bei den sehr automatisierungsanfälligen Arbeitsplätzen spezifische Aufgaben gibt, die schwer zu automatisieren sind. In dieser Studie fanden die Autoren heraus, dass nur 9% der US-Arbeiter und 12% der deutschen Arbeitnehmer an Aufgaben beteiligt waren, die automatisiert werden konnten. Es gibt nachfolgende Berichte, die ähnliche Ergebnisse für OECD-Länder bestätigen (siehe Abbildung 31).

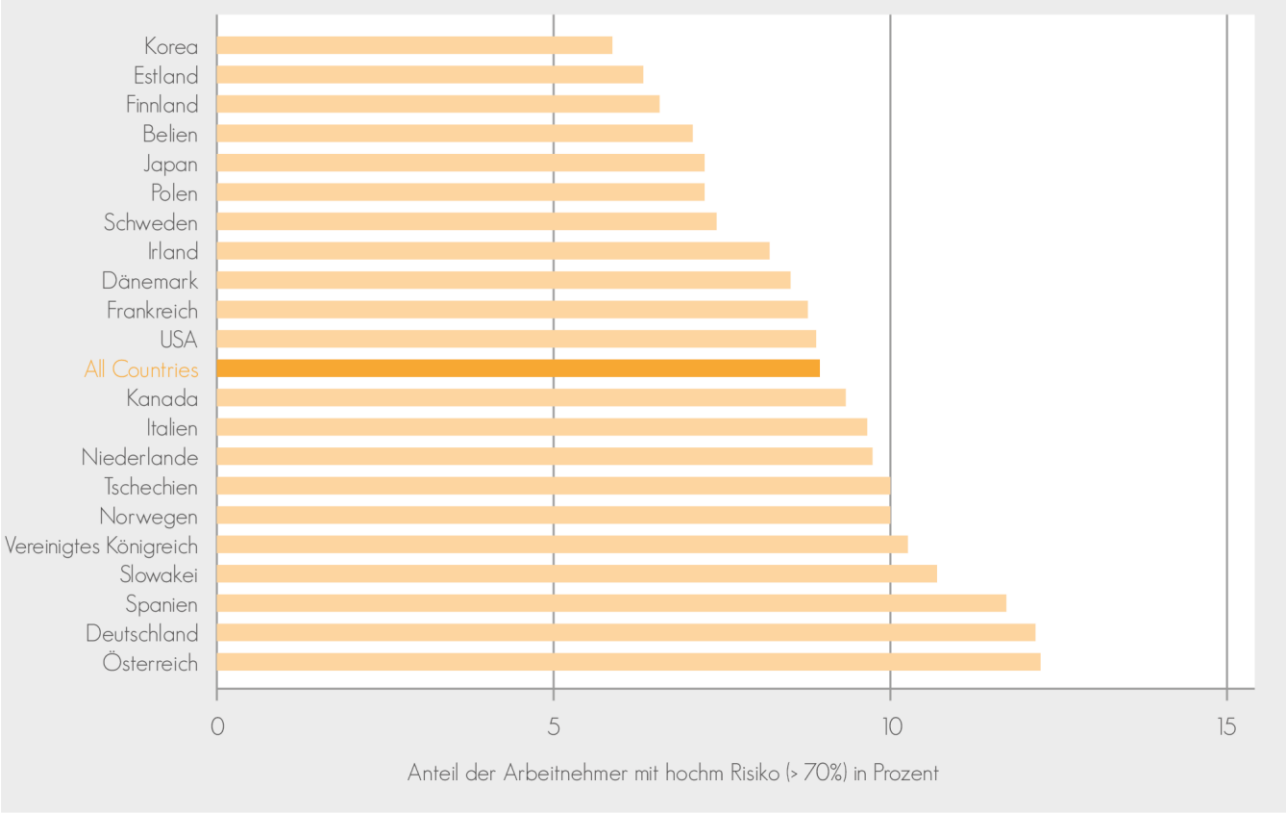

Abbildung 31: Anteil der Mitarbeiter mit hohem Risiko in den OECD-Ländern. Quelle: (Arntz, 2016)

Ein weiteres wichtiges Ergebnis dieser Studien ist, dass die Automatisierbarkeit des Bildungsniveaus und des Einkommens der Arbeitnehmer stark abnimmt: Geringqualifizierte und Geringverdiener sind mit dem größten Risiko konfrontiert, automatisierbar zu sein.

Die wichtigsten Änderungen, die sich auf die Demographie der Beschäftigung auswirken werden, könnten sein: (Martin, 2017)

- Qualitätskontrollprozesse, die auf Großdaten basieren, werden einen Rückgang des Bedarfs an Mitarbeitern der Qualitätskontrolle und eine Zunahme der Nachfrage von Großdatenwissenschaftlern zur Folge haben.
- Intelligente Geräte, die mit Kameras und Sensoren ausgestattet sind, werden den Produktionsprozess unterstützen und menschliche Mitarbeiter durch "Roboterkoordinatoren" ersetzen können.
- Selbstfahrende Fahrzeuge werden die Logistik und den Transport optimieren und menschliche Fahrer ersetzen.
- Da der Bedarf an Wirtschaftsingenieuren zur Simulation von Produktionslinien zunehmen wird, wird die Nachfrage nach Maschinenbauern, die auf den industriellen Bereich spezialisiert sind, steigen.
- Wartungstechniker könnten verschwinden und durch intelligente Geräte ersetzt werden, die es den Herstellern ermöglichen, Ausfälle vorherzusagen.
- Maschinen und Technologien werden als Dienstleistung verkauft, da der Hersteller die Maschinen einrichtet und wartet und die Kunden den angebotenen Service nutzen.

Die Ersetzung von Arbeitsplätzen ist jedoch nicht so unmittelbar, wie sie sein könnte, da in einigen Fällen, wie beispielsweise im Gesundheitswesen, eine starke Präferenz für menschliche Arbeitskräfte besteht, und es gibt andere Faktoren, die den technologischen Wandel verzögern könnten, wie rechtliche oder kulturelle Hindernisse. Dementsprechend bestätigen mehrere aktuelle Studien, dass der technologische Wandel keinen negativen

Gesamtbeschäftigungseffekt haben wird. (Nordhaus 2015), (Graetz G, 2015). Obwohl es Aufgaben mit hohem Automatisierungsrisiko in den Bereichen Verkehr, Logistik, Verwaltung und Fertigung gibt, scheint es, dass die größte Herausforderung für die zukünftige Beschäftigung in der Struktur der Arbeitsplätze und nicht in der Anzahl der Arbeitsplätze liegen wird, sodass die Flexibilität der Arbeitsmärkte, auf technologische Veränderungen zu reagieren, entscheidend für die Gewinnerzielung sein wird. Die größte Bedrohung für die Beschäftigung ist nicht die Automatisierung, sondern die Unfähigkeit, auch in Zukunft wettbewerbsfähig zu bleiben. In diesem Sinne spielt ein Bildungssystem eine sehr wichtige Rolle bei der Ausbildung von Fähigkeiten und Kompetenzen, die für Maschinen schwer zu erwerben sind: Problemlösung, Kreativität, soziale Intelligenz, Kommunikationsfähigkeit, Offenheit für neue Erfahrungen und so weiter. Es ist wichtig, die Vielfalt zu berücksichtigen und den One-Size-Fits-All-Ansatz in der Personalstrategie zu vermeiden (s. Kasten 1: Foxconn).

Kasten 1. Foxconn

Foxconn, Chinas größter Exporteur von Hightech-Verbraucherelektronik, startete 2017 einen 3-Phasen-Plan zur Vollautomatisierung seiner chinesischen Fabrik mit Roboteranlagen, den sogenannten *Foxbots*.

Die erste Phase will die gefährlichen, sich wiederholenden oder unangenehmen Arbeiten ersetzen. Die zweite verbessert die Effizienz und reduziert die Anzahl der überschüssigen Roboter in zehn Produktionslinien, und die letzte Phase wird die gesamte Fabrik mit einer minimalen Anzahl von Mitarbeitern automatisieren, die für Produktions-, Logistik-, Test- und Inspektionsprozesse eingesetzt werden.

Die Strategie von Foxconn entspricht der chinesischen Politik "Made in China 2025", Menschen durch Roboter in der Fertigungsindustrie zu ersetzen und die Produktivität zu steigern.

Im Jahr 2016 wurden 60.000 Fabrikarbeiter ersetzt, nicht nur in den Produktionslinien, sondern in den gesamten Fabriken. Im Februar 2018 hat das Unternehmen den Abbau von 10.000 Stellen in Taiwan angekündigt.

4.3.2 Auswirkungen des technologischen Wandels im Personalwesen

Personalmanagement ist definiert als ein strategischer Ansatz für die effektive Beschäftigung und Entwicklung von hoch engagierten und qualifizierten Mitarbeitern zur Erreichung der Unternehmensziele. Personalverantwortliche haben folgende Ziele:

- Verbesserung der individuellen Effektivität und Leistung
- Verbesserung der Effektivität und Leistung des Unternehmens
- Entwicklung von Wissen, Fähigkeiten und Kompetenzen
- Förderung des menschlichen Potenzials und des persönlichen Wachstums.

Die drei Schwerpunkte der Personalentwicklung sind Persönlichkeitsentwicklung, Teamentwicklung und Organisationsentwicklung (vgl. Hecklau, Galeitzke, Flachs, Kohl2016).

Wir haben gesehen, dass das Eindringen des technologischen Wandels in den Unternehmen die Automatisierung von Aufgaben, aber auch die physische Präsenz der Arbeitnehmer am Arbeitsplatz beeinflusst. Die Informations- und Kommunikationstechnologien erleichtern die Arbeit und öffnen die Tür für ein neues Verhältnis zwischen Arbeitnehmern und Arbeitgebern. In diesem Sinne verändern sich Manager vom "People-Manager" zum "People- und Maschinenmanager".

Da CEOs in einer technologiegetriebenen Welt tätig sind, konzentrieren sich die führenden Business Schools auf die Schnittstelle von Unternehmen und Technologie und entwickeln auch, um digitale Störungen in Unternehmen zu verhindern. (Symonds, 2018)

CEOs und Personalverantwortliche müssen die wichtigsten Triebkräfte des Wandels und ein Beispiel für den Einsatz von Technologie in der eigenen Arbeitstätigkeit sein sowie den Boden für das gesamte Unternehmen bereiten, um die Veränderungen reibungslos zu bewältigen. Dazu ist es notwendig, ein glaubwürdiges Skript über die positiven Mehrwerte des technologischen Wandels der Branche zu entwickeln. Und noch wichtiger ist, dass Maßnahmen entwickelt werden müssen, um die Aktualisierung und das Recycling der Arbeitnehmerprofile zu gewährleisten und ihre Beschäftigungsfähigkeit in der Organisation zu verbessern.

In einem Industrie 4.0-Kontext wollen Arbeitgeber die Produktivität verbessern, die Rotation des Arbeitnehmers reduzieren, die Kosten niedrig halten und Innovationen einführen. Transparenz, Kontrolle und Kommunikation sind Schlüsselfaktoren in diesem Prozess, sodass sich die Mitarbeiter den Veränderungen in einem vertrauenswürdigen und gleichzeitig vielfältigen Arbeitsumfeld stellen können. Die Personalverantwortlichen müssen dafür Sorge tragen, den kulturellen Wandel der Arbeit in einem technologischen Umfeld zu bewältigen, in dem Maschinen unsere neuen Mitarbeiter sind.

Darüber hinaus entstehen verschiedene Formen von Arbeitsorganisationen, die sich auf die Beziehungen zwischen Arbeitnehmern und Arbeitgebern auswirken. In diesen neuen Formen ist die menschliche Dimension wichtiger - die menschenzentrierte Fertigung - besonders wenn die menschliche Arbeit nicht ersetzt werden kann. Diese arbeitnehmerzentrierten Modelle beeinflussen die Gestaltung von Arbeitsplätzen und die Verteilung der Arbeitsbelastung und sollen die Zufriedenheit der Arbeitnehmer erhöhen und den Arbeitsplatz gesünder und sicherer machen (Europäische Kommission, 2018). Auch neue Arbeitsorganisationen berücksichtigen Einschränkungen der Arbeitskräfte wie die Alterung der Arbeitnehmer.

Eine der wichtigsten Schlussfolgerungen im Zusammenhang mit dem Personalmanagement ist, dass Unternehmen sich eher um die Beschäftigungsfähigkeit der Arbeitnehmer als um Arbeitsplätze kümmern müssen. Andererseits sind Ausbildung, neue Lernmethoden und langlebiges Lernen und Entwickeln Schlüsselfaktoren, um dieses Ziel zu erreichen und die Akzeptanz der technologischen Veränderungen im Unternehmen bei den Arbeitnehmern zu verbessern.

Um den Herausforderungen im Zusammenhang mit der Beschäftigung zu begegnen, verfügen die KMU über einige mögliche Maßnahmen, wie z.B. die Durchführung einer Studie über das aktuelle interne Fachwissen und den künftigen Bedarf, um die Lücken zwischen den beiden Situationen aufzuzeigen. Außerdem sollten KMU die Schlüsselpositionen mit T-förmigen Personen besetzen: Menschen mit Expertenwissen, die gleichzeitig über persönliche Fähigkeiten verfügen, sich mit anderen Wissensgebieten zu verbinden. Auf jeden Fall werden die KMU enge Verbindungen zu anderen Akteuren des Innovationssystems benötigen, um die Lücken zu analysieren, geeignete Profile zu entwickeln und sie in die interne Arbeitsorganisation einzubeziehen. In diesem Sinne könnten Universitäten, Forschungs- und Technologieorganisationen, Berufsbildungszentren, Innovationszentren und Testbetten gute Partner sein, um Ausbildungsaspekte zu entwickeln und anzubieten.

4.4 Herausforderungen bei der Zusammenarbeit

Die Antwort auf die neuen produktiven Herausforderungen erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Technologien und Sektoren sowie zwischen verschiedenen Interessengruppen entlang der gesamten produktiven Wertschöpfungskette, die aktiv und kollaborativ integriert ist.

In technologischer Hinsicht ist die Zusammenarbeit eine der Hauptkomponenten der 4. industriellen Revolution. Cyberphysikalische Systeme wie Smart Grids, autonome Automobilsysteme oder Prozessleitsysteme haben die Möglichkeiten der Zusammenarbeit in bestehenden Produktionssystemen verändert. Die Verbindung zwischen realer und virtueller Welt betrifft Prozesse, eingebettete Systeme, Softwarekomponenten und sogar Roboter.

Da Technologien wie QR (Quick Response Code), NFC (Near Field Communication), RFID (Radio Frequency Identification), Bluetooth und andere es den Beteiligten ermöglichen, ständig über den Stand der Produktion informiert zu sein, wird die

Einbindung von Kunden und Geschäftspartnern zu einem der Hauptmerkmale des zukünftigen industriellen Produktionssystems.

Veränderungen in den Kundenbeziehungen beeinflussen die Markt- und Produktstrategie des Unternehmens, daher ist es wichtig, ihre Bedürfnisse und Prioritäten zu verstehen, um ein Kooperationsmodell zu etablieren, das es dem Unternehmen ermöglicht, einen korrekten Wertbeitrag und das dazugehörige Geschäftsmodell zu definieren. Im Rahmen von Industrie 4.0 sind Kunden seit dem ersten Teil des Produktlieferungsprozesses - der Prognosephase und der Entwicklung von Produktideen - bis hin zur letzten, der Liefer- und After-Sales-Phase involviert, und es ist wichtig, sowohl seine Präferenzen als auch die verfügbaren Daten zu berücksichtigen, die sich auf seine Bedürfnisse und sein persönliches Profil beziehen. Darüber hinaus ermöglichen die Möglichkeiten von Industrie 4.0 flexiblere Wertversprechen durch die Bereitstellung individualisierter Produkte und die Möglichkeit, neue Kunden über Branchengrenzen hinweg zu gewinnen (vgl. Emmrich, Döbele, Bauernhansl, Paulus-Rohmer, Schatz, Weskamp 2015). All diese Faktoren führen zu einer verbesserten, langfristigen, intensivierten und direkteren Kundenbeziehung.

Auch die Zusammenarbeit zwischen Mitarbeitern und Robotern findet nun in einer gemeinsamen Umgebung statt, am gleichen physischen Ort und in einigen Fällen mit verbaler Interaktion (siehe Kasten 2: Der Baxter-Unterschied).

Kasten 2. Der Baxter-Unterschied

Rethink Robotics ist ein 2008 gegründetes Unternehmen mit Sitz in Boston, das sich auf die Produktion der kollaborativen Roboter Sawyer und Baxter spezialisiert hat, die für die Arbeit mit menschlichen Mitarbeitern ausgebildet wurden.

Baxter wurde 2012 entwickelt, um der Praxis zu brechen, dass Roboter getrennt von menschlichen Mitarbeitern arbeiten. Baxter ist mit der Software *Itera* ausgestattet, um in einer Produktionsumgebung eingesetzt zu werden. Unter anderem kann der Roboter durch einfaches Bewegen seines Armes "trainiert" werden, um ihm die richtigen Bewegungen zu zeigen.

Außerdem arbeitet der Roboter mit kritischen Produktionsmetriken (Stückzahlen, Zykluszeiten, Geschwindigkeit, Signale), verfügt über Kameras für komplexe Bildverarbeitungsaufgaben und kann durch Titanbiegungen die erforderliche Kraft während der Ausführung einer Aufgabe einstellen.

Auf jeden Fall stellt die Zusammenarbeit einige Herausforderungen dar, die den Übergang von einem zentralen zu einem dezentralen Fabrikleitsystem erfordern, und andere, die mit der Produktionssicherheit zusammenhängen, sind noch nicht

gelöst. Um alle Herausforderungen im Zusammenhang mit Kollaborationsfragen zu bewältigen, sollten KMU Business Intelligence-Prozesse in ihre Tätigkeit integrieren, damit sie Ideen und neues Wissen in die Strategie des Unternehmens einbringen können. Außerdem sollten KMU die Interessengruppen in ihren Wertschöpfungsketten (Lieferanten, Kunden, Wettbewerber usw.) als Teil ihres eigenen Geschäfts betrachten und nicht nur als isolierte Akteure, die vom internen Entscheidungsprozess getrennt sind.

Das Konzept Open Innovation, definiert als die Nutzung gezielter Zu- und Abflüsse von Wissen zur Beschleunigung interner Innovationen bzw. zur Erweiterung der Märkte für die externe Nutzung von Innovationen (Henry Chesbrough, 2003), spielt auch in der Zusammenarbeit eine Schlüsselrolle. Da die Innovationszyklen immer kürzer werden, wird die Zusammenarbeit mit anderen Stakeholdern über spezifische Plattformen zu einem strategischen Wert, um neue Ideen und Erkenntnisse in das Unternehmen zu integrieren und die Anzahl der Möglichkeiten zu erhöhen. Die Zusammenarbeit mit Dritten ist unerlässlich, um den Technologietransfer in den Unternehmen zu fördern und interdisziplinäre und integrierte Lösungen für den Markt zu entwickeln. Die Vorteile von Open Innovation liegen auf der Hand:

- Reduzierung von Zeit und Kosten für Innovationsprojekte.
- Integration von Lösungen und Innovationen in Form von Ideen, Patenten, Produkten und Technologien.
- Kommerzialisierung von Erfindungen.

Für industrielle KMU ist es wichtig, vom Prozess der Zusammenarbeit bis zum Akt der Co-Creation voranzutreiben und zu vertiefen. Co-Creation bezeichnet die gemeinsame Wertschöpfung eines Unternehmens und anderer Interessengruppen - insbesondere von Verbrauchern - die mit dem Unternehmen zusammenarbeiten, um die Serviceerfahrung nach ihren Präferenzen zu gestalten (Prahalad & Ramaswamy 2004a). Als erste Schritte finden Sie hier einen allgemeinen Ansatz:

- Stellen Sie Ihre Vision auf: In welcher Situation werden Sie helfen, und wie werden Sie helfen?
- Erstellen Sie eine Plan, wie Sie helfen werden, heruntergebrochen in kleinere Teile oder Features.
- Erfassen Sie jedes Element auf einem separaten Stück Papier und beschreiben Sie den Mehrwert jedes Aspektes für Ihren Kunden.
- Präsentieren Sie Ihre Vision dem Kunden und bestätigen Sie, dass dies etwas ist, bei dem der Kunde Hilfe benötigen, und wenn nicht, fragen Sie, warum oder bei welcher Aufgabe sie Hilfe benötigen.
- Geben Sie Ihrem Kunden die durcheinander gewürfelten Elemente und einige leere Blätter Papier sowie einen Stift. Bitten Sie die Kunden aus den Elementen ein Gesamtprodukt zusammenzustellen, das ihm bei seiner Aufgabe hilft. Bitten Sie sie, nicht benötigte Elemente wegzuwerfen und die, die sie zusätzlich benötigen, hinzuzufügen.
- Bitten Sie die Kunden, das Produkt zu beschreiben und achten Sie dabei genau auf die Wortwahl als Quelle für weitergehende Analysen
- Verfeinern und wiederholen (Mittel,2017).

https://medium.com/@Inceodia/7-Schritte zur gemeinsamen Entwicklung innovativer Lösungen mit Ihren Kunden-3489e38120ab

Kasten 3. Co-Creation in der Fertigungsindustrie

DeWalt ist ein führender Hersteller von hochwertigen Elektrowerkzeugen. Millionen von Fachleuten verlassen sich auf das Unternehmen, um die neuesten langlebigen Produkte herzustellen, die neue Herausforderungen auf der Baustelle lösen. Um zu verstehen, in welche Richtung Technologie und Innovation gehen müssen, verfügt DeWalt über eine preisgekrönte Insight-Community mit mehr als 10.000 Endanwendern.

Das Unternehmen nutzt seine Community, um Kunden und deren Bedürfnisse kennenzulernen und gleichzeitig Produkt-, Verpackungs- und Marketing-Feedback zu sammeln. DeWalt hat auch eine Erfindungsanmeldung, bei der professionelle Handwerker und treue Kunden Ideen für völlig neue Produktlinien einreichen. (VISION KRITISCH, 2018).

Eine der jüngsten Entwicklungen in diesem Sinne, die bei industriellen KMU angewendet wird, ist der Aufstieg von Smart Value Chain Prozessen, die als neue Prozesse oder neue Lösungen definiert werden, die mindestens einen Schritt in der Wertschöpfungskette einsparen und so Kosteneinsparungen, Zeitersparnis und eine bessere Qualität der Ergebnisse erzielen. Intelligente Wertschöpfungsprozesse haben daher einen direkten Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit der produzierenden Unternehmen.

Einer der wichtigsten Treiber des Trends ist die klare Marktnachfrage nach flexibleren, agileren und effizienteren Fertigungsprozessen. Durch die Integration verschiedener Aspekte der Wertschöpfungskette in die Smart-Manufacturing-Prozesse oder durch innovative Lösungen zur Steigerung von Flexibilität, Agilität und Effizienz können erhebliche Vorteile entlang der Wertschöpfungskette erzielt werden. Verschiedene Märkte, die von diesem Trend betroffen sind, weisen ein hohes Wachstumspotenzial auf.

Darüber hinaus wurden mehrere Erfolgsfaktoren identifiziert. Unternehmen lieferten in der Regel hochinnovative Lösungen, die einen klaren Wettbewerbsvorteil gegenüber ihren Wettbewerbern haben. Darüber hinaus bot eine Kombination aus privater Finanzierung, Bankfinanzierung, Risikokapitalfinanzierung und öffentlicher Finanzierung einen guten Mix aus verfügbaren Ressourcen. Während einige weiterhin mit der Suche nach hoch qualifizierten und spezialisierten Arbeitskräften zu kämpfen haben, konnten andere Talente gewinnen, indem sie Doktorandenstellen im Unternehmen übernahmen oder sich einen Namen in der Branche machten. http://ec.europa.eu/growth/content/smart-value-chains_en

Bei der Umsetzung des Smart-Value-Chain-Konzepten spielt IoT eine wichtige Rolle, indem es Gerätedaten sammelt und diese Daten zum Nutzen des Unternehmens nutzt. Entscheiden ist für die meisten KMU, wie sie beginnen sollen und welche Überlegungen die sie vor der Implementierung anstellen müssen. Nachfolgend finden Sie einige interessante Themen:

- Wo sehen Sie Möglichkeiten zur Automatisierung von Geschäftsprozessen?
- Was ist das spezifische Geschäftsproblem, das Ihre Organisation lösen möchte?
- Wie viele Kunden werden involviert sein?
- Benötigen Sie weitere Akteure/Unternehmen/HEIs/Tech.centers/Consultants für eine korrekte Umsetzung?
- Welche IoT-Komponente eignet sich am besten für dieses Projekt? Zu den Optionen gehören vernetzte Operationen, Remote-Operationen, prädiktive Analysen, präventive Wartung, Messung, IoT als Service, ferngesteuerte Maschinen und Anlagen, industrielle Regelzonen, intelligente Umgebungen und vieles mehr.
- Haben Sie funktionsübergreifende Teamleiter und Partner identifiziert, um die IoT-Lösung gemeinsam zu implementieren?
- Welches konkrete Projekt und welchen Standort haben Sie für Ihren Anwendungsfall im Sinn?
- Können Sie den Projektumfang, die IoT-Lösung und das damit gelöste Geschäftsproblem klar beschreiben?
- Kann dieses Starterprojekt schließlich unternehmensweit skaliert und optimiert werden?

https://www.networkworld.com/article/3293878/internet-of-things/the-first-step-to-starting-an-enterprise-iot-project.html

In den meisten Fällen benötigen KMU Unterstützung, nicht nur, um alle beschriebenen Fragen zu beantworten und eine vertrauensvolle und solide Beziehung zwischen den Einheiten der intelligenten Wertschöpfungskette aufzubauen, sondern auch, um die gesamte Technologie hinter Iot umzusetzen. In diesem Sinne gibt es neben den technologischen Geräten zur

Erfassung und Verwaltung von Daten auch andere Management-Technologien, die die Managementverfahren der Lieferketten beeinflussen werden.

Große Herausforderungen bezüglich der Lieferkette stellen Informationsaustausch und Vertrauen dar. Mit ihren intrinsischen Eigenschaften bieten Blockchain und IoT hervorragende Möglichkeiten, diese Herausforderungen im Zusammenhang mit der Kontinuität von Informationen, der Zugänglichkeit von Informationen, der Verbindung zwischen physischen Prozessen und Informationsflüssen sowie Verstößen gegen den Verhaltenskodex und der Betrugserkennung anzugehen.

https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/lu/Documents/technology/lu-blockchain-internet-things-supply-chain-traceability.pdf

4.5 Rechtliche und regulatorische Herausforderungen

Die Implementierung von Industrie 4.0 hat nicht nur technologische und organisatorische, sondern auch regulatorische und rechtliche Auswirkungen. Der Rechtsrahmen auf europäischer Ebene wird durch die Einhaltung von Regeln und Empfehlungen definiert:

- Bericht des Europäischen Parlaments mit Empfehlungen an die Kommission über zivilrechtliche Vorschriften für Robotik (2015/2013(INL)). Sie enthält Empfehlungen zu "intelligenten Robotern", zivilrechtlicher Haftung, Interoperabilität: Zugang zu Code und geistigem Eigentum, einen Verhaltenskodex für Robotik-Ingenieure und einen Kodex für den Forschungsethik-Ausschuss und "electronic entity" unter anderem.
- ISO /TS 15066:2016- Roboter und Roboteranlagen, die Sicherheitsanforderungen für kollaborative Industrierobotersysteme und die Arbeitsumgebung festlegen und die Anforderungen und Leitlinien für den kollaborativen Betrieb von Industrierobotern gemäß ISO 10218-1 und ISO 10218-2 ergänzen. Die Regel gilt für Industrierobotersysteme, wie sie in ISO 20218-1 und ISO 10218-2 beschrieben sind, nicht aber für nicht-industrielle Roboter, obwohl die dargestellten Sicherheitsprinzipien für andere Bereiche der Robotik nützlich sein können.
- Mitteilung der Kommission über die Stärkung des europäischen Cyber-Resilienzsystems und die Förderung einer wettbewerbsfähigen und innovativen Cybersicherheitsindustrie, um das Vertrauen in fortschrittliche digitale Systeme zu gewährleisten.
- Allgemeine Datenschutzverordnung (GDPR), mit der das Europäische Parlament, der Rat der Europäischen Union und die EG beabsichtigen, den Datenschutz für alle Personen innerhalb der Europäischen Union zu stärken und zu vereinheitlichen ("Verordnung (EU) 2016/679 - Europäisches Hochschulinstitut", n.d.).

Die Entwicklung der Gesetzgebung ist nicht in allen Ländern einheitlich. Die USA, Japan und Südkorea sind einige Beispiele für Länder mit einem höheren Grad an Regulierung für Roboter und Robotik. In Europa konzentriert sich die Debatte auf zwei Hauptfragen: den richtigen Zeitpunkt für die Regulierung und die Intensität der Regulierung. Zum ersten kann eine frühzeitige Regulierung die technologische Entwicklung behindern, aber eine späte Regulierung kann die sozialen, politischen und wirtschaftlichen Folgen nicht kontrollieren. Über die Intensität gibt es keinen Konsens über den Detaillierungsgrad der regulatorischen Definitionen. Auch nicht, wenn die Regulierung hart (Kleberegeln) oder weich (allgemeine Richtlinien) sein soll.

Zu den wichtigsten Rechtsfragen für Unternehmen im digitalen Zeitalter gehören Datenzugriff, Haftung, Datenbesitz und Cloud (vgl. Lobrano, Grant, Willems, Bräutigam & Hinerasky 2017).

Was das Dateneigentum und den Datenzugriff betrifft, so gibt es derzeit keinen Rechtsbegriff des Dateneigentums für nicht personenbezogene Daten, und die allgemeine Praxis besteht darin, Vereinbarungen über die Rechte an Daten zu treffen. Um den freien Datenfluss zu fördern, wird die EU-Kommission auf die Schaffung eines neuen "Data Producer's Right" für nicht-personenbezogene und anonymisierte Daten geprüft (Europäische Kommission, 2017). Obwohl die Allgemeine Datenschutzverordnung ein wichtiger Schritt zur Harmonisierung war, ist es wichtig, zuverlässige Regeln für die internationale Datenübertragung festzulegen. Auch das Datenschutzgesetz kann in einigen Spezialbereichen

weitergehen: Arbeitnehmerdatenschutz, Digitalisierungsgesetz der Energiewende und Verabschiedung des E-Health-Gesetzes.

Da immaterielle Vermögenswerte Schlüsselfaktoren für den Erfolg sind, kann der Mehrwert des Unternehmens am Ort der Produktion (einschließlich Home-Office), am Ort der FuE-Tätigkeit oder am Ort der Marktaktivität (einschließlich virtueller Umgebungen) liegen. Obwohl der Schutz immaterieller Vermögenswerte (z.B. geistiges Eigentum) ein Schlüssel zum Überleben von Unternehmen im Rahmen von Industrie 4.0 ist, ist es nicht einfach und wird immer noch diskutiert (KPMG, 2016), wie das Unternehmen an dem Ort besteuert werden kann, an dem die Wertschöpfung erzielt wird. Bewährte Verfahren zur Nutzung von geistigem Eigentum sollten ermittelt und gefördert werden, um eine weitere Entwicklung neuer Ansätze in der Fertigung zu fördern.

Darüber hinaus muss das Unternehmen in einem bestimmten rechtlichen Kontext agieren, der unter anderem geistiges Eigentum und Wissen, Datenfragen, Beschäftigung, unternehmerische Verantwortung sowie Außenhandel und Export regelt. Aus all diesen Gründen müssen Unternehmen die Fähigkeit entwickeln, einfache Lösungen für immer komplexere Rechtsprobleme anzubieten.

Eine Situation, die Unternehmen betreffen könnte, ist die Erhöhung der Steuerkosten für den Einsatz von Robotern. Einer der Hauptverfechter dieser Idee ist Bill Gates (Delaney, 2017), der vorschlägt, dass Roboter Steuern zahlen sollen, die denen der Arbeiter entsprechen. Im Jahr 2017 erwogen die EU-Gesetzgeber sogar einen Vorschlag, den Robotern die Kosten für die Schulung von Arbeitnehmern zu berechnen, die ihren Arbeitsplatz verloren haben. Der Vorschlag wurde abgelehnt, und im Gegenzug schlug das Europäische Parlament eine Verordnung über die Schaffung und Verteilung von Robotern an Arbeitsplätzen vor (Delvaux 2017): Obwohl dieses Thema noch in der Diskussion ist, besteht die reale Gefahr einer Zunahme der sozialen Ungleichheiten. Ungeklärt ist, inwieweit Roboter Aufgaben übernehmen, ohne dass zugleich Arbeitsplätz abgebaut werden.

Zusammenarbeit mit Robotern bedeutet eine Änderungen bei den Maßnahmen zur Vermeidung von Berufsrisiken, während die Einführung neuer Technologien in einer Produktionsumgebung neue geschäftliche Verpflichtungen und neue Risiken mit sich bringen kann (Unfälle zwischen Robotern, Stromschläge, Verbrennungen, Techno-Stress und andere). In diesem Sinne ist es in Bezug auf die Arbeitsgesetzgebung notwendig, einige wichtige Fragen zu berücksichtigen, die sich direkt auf die kollektiven und individuellen Arbeitnehmerrechte auswirken:

- die Einführung eines Quotensystems, um Unternehmen zu zwingen, eine bestimmte Anzahl von Humanarbeitern zu beschäftigen.
- eine Änderung der Steuerfreibeträge und Abzüge der Sozialbeiträge der Arbeitgeber, um die Attraktivität der Einstellung von Arbeitskräften zu erhöhen.
- neue Beschäftigungsmaßnahmen und öffentliche Pläne im robotergestützten wirtschaftlichen Kontext
- Neuregelung von Konzepten wie Arbeitszeit, Schichtarbeit und Arbeitsplatzklassifizierung
- Rechtsvorschriften zur Gewährleistung der Grundrechte wie Karriereförderung, lebenslanges Lernen, Nichtdiskriminierung, Privatsphäre und Datenschutz (die Verwendung audiovisueller Geräte kann Bedenken hinsichtlich der Privatsphäre der Arbeitnehmer aufkommen lassen), technologischer Kriegsdienstverweigerung (negative Reaktion der Arbeitnehmer auf die Arbeit in einem Roboterumfeld), Gewerkschaftsfreiheit und Streikrecht.

Einige der wichtigsten Empfehlungen des Projekts RockEU (2016) (Arntz, 2016) besagen, dass die Regulierung auf die Förderung des Marktes ausgerichtet sein sollte.

Ein weiteres rechtlich wichtiges Thema ist die Standardisierung der Datenströme. Dies ist dringend erforderlich, um das Innovationspotenzial von Industrie 4.0 zu erschließen. Smart Factories, die durch miteinander verbundene Geräte und Systeme gekennzeichnet sind, müssen die Effizienz der Ressourcenallokation und die Agilität der Produktionsprozesse

maximieren. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es notwendig, ein Ökosystem von Kunden, Lieferanten und Partnern in Echtzeit mit sicheren und integrierten Informationen zu kommunizieren. Damit dies geschehen kann, erfordert die Verbreitung von Daten eine Standardisierung. Einige Branchen, wie die europäische Luft- und Raumfahrtindustrie, sind bereits zu diesem Ergebnis gekommen und haben eine sektorbezogene Plattform für den Informationsaustausch über die gesamte Wertschöpfungskette geschaffen (Rizk 2016).

In diesem Sinne hat die Europäische Kommission, um ein wirksames Normungsumfeld für digitale Technologien zu schaffen, fünf vorrangige Bereiche für die Normungsbemühungen festgelegt: 5G, Cloud Computing, das Internet of Things, Datentechnologien und Cybersicherheit. Dieser Schwerpunkt würde durch einen Durchführungsmechanismus unterstützt, der auf einer regelmäßigen Überwachung durch die Kommission, einem Dialog der Kommission mit allen Beteiligten, der Zusammenarbeit mit Normungsorganisationen und einem verstärkten internationalen Engagement basiert (Europäische Kommission, 2016).

Aus der Sicht der KMU gibt es wenig, was sie tun können, um das Steuer-, Rechts- und Regulierungssystem zu beeinflussen, aber sie können Veränderungen und zukünftige Trends durch den Einsatz eines effizienten Markt- und Technologieüberwachungssystems antizipieren. Wenn die KMU wissen, was in naher Zukunft im regulatorischen, steuerlichen und rechtlichen Umfeld geschehen wird, werden sie mit den entsprechenden Ressourcen für die neue Situation vorbereitet. Auf der anderen Seite haben KMU die Möglichkeit, sich unter größeren Unternehmensstrukturen (Branche oder Industrie oder Berufsverbände) zusammenzuschließen, um ihre Stimme vor anderen Interessengruppen zu erheben.

4.6 Herausforderungen überwachen und kontrollieren

Kontinuierliches Monitoring ist eine der Kernkompetenzen einer Fabrik der Zukunft, denn Unternehmen werden sich in einem kontinuierlichen Prozess der strategischen Neupositionierung mit Strukturveränderungen und kontinuierlicher Verbesserung befinden.

Produkt- und Dienstleistungsangebote sind stark datengetrieben und basieren auf der Erfassung, Überwachung und Analyse von Prozessen und öffnen die Tür zu neuen und innovativen Konzepten wie der vorausschauenden Instandhaltung, um Probleme in der Produktion zu vermeiden. So kann ein Überwachungssystem, das mit Sensoren ausgestattet ist, die eine große Menge an Daten über die Prozesse erzeugen, diese Daten mit historischen Daten vergleichen, Muster aufdecken und in der Lage sein, Ausfälle oder Schwachstellen in einer Produktionsumgebung vorherzusagen (Vibrationsanalyse zur Erkennung von Fehlausrichtungen, Unwuchten und anderen Ausfällen, Infrarottechniken zur Erkennung von Problemen in elektrischen Mechanismen usw.). Sofortige Maßnahmen können ergriffen werden, und solche Maßnahmen erhöhen die Zuverlässigkeit des Produktionsprozesses.

Maschinen können sogar von ihrem Standort aus eine Ferndiagnose durchführen und Wartungsdienste anbieten, und diese Daten können auch nützlich sein, um zu wissen, unter welchen Bedingungen die Maschinen arbeiten und was man aus diesen Daten lernen kann (Khan A, 2016).

Auf operativer Ebene können die Daten in Echtzeit übertragen werden und können unter anderem Produktionsaufträge, Produktionsüberwachung (wichtige Produktionsmetriken), Wartungsbedarf, Datenanalyse oder virtuelle Wertstromanalyse beinhalten (Davies R, 2017).

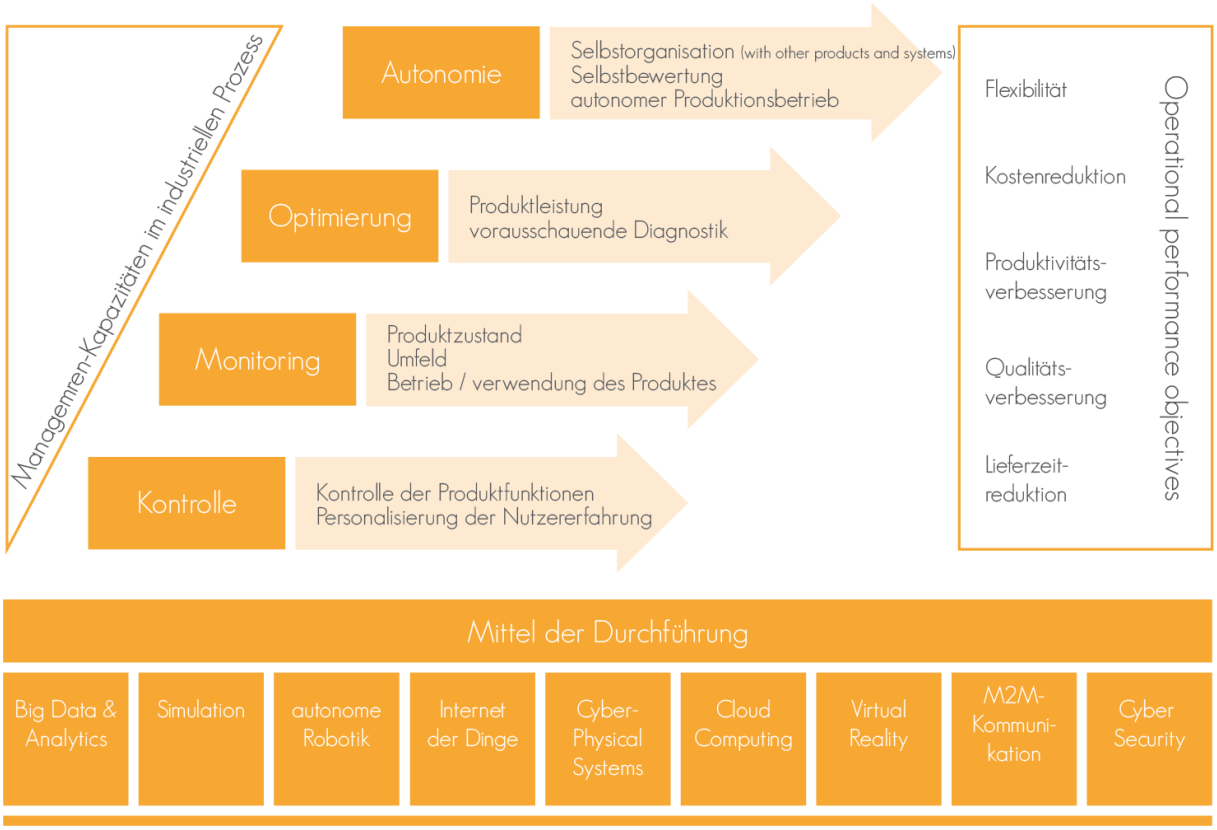

Abbildung 32: Managementkapazitäten von industriellen Prozessen. Quelle: (Moeuf, Pellerin, Lamouri, Tamayo-Giraldo & Barbaray: 2018)

In Anlehnung an den analytischen Rahmen von Moeuf, 2017 (siehe Abbildung 32), können vier Ebenen von Managementkapazitäten für Überwachungs- und Kontrollzwecke eingerichtet werden:

- Globale Überwachung des Produktionssystems durch angeschlossene Geräte. Die Überwachungsfunktion kann auch in Form einer historischen Analyse erfolgen, die als Entscheidungsgrundlage dient. Dies ist die einfachste Ebene der Managementkapazität, die in Industrie 4.0 erreicht werden kann.

- Steuerung auf der Grundlage historischer Daten, um Situationen zu erkennen, die eine Entscheidung über eine Warnung erfordern. Control begünstigt die Interaktion der Mitarbeiter mit dem System durch die Verwendung historischer Daten und vorgegebener Schwellenwerte.

- Optimierung in Echtzeit durch Überwachungsdaten, Systemmodelle und Simulationssysteme. Diese Ebene zielt auf die Verbesserung von Systemen und Prozessen ab und kann durch zahlreiche Ansätze erreicht werden.

- Monitoring-Kapazitäten, Steuerung und Echtzeit-Optimierung kombiniert, um ein höheres Maß an Optimierung zu erreichen, z.B. mit Systemen, die in der Lage sind, autonom aus ihrem eigenen Verhalten zu lernen und sich in Abhängigkeit von den erzielten Ergebnissen anzupassen.

  Alle diese Ebenen können durch die Implementierung verschiedener Technologien wie Big Data, Simulation, autonome Roboter, Internet of Things, CPS, Cloud Computing, Virtual Reality, Machine-to-Machine-Kommunikation und Cybersicherheit realisiert werden.

Um dieser Herausforderung zu begegnen, sollten KMU einen formalen Überwachungsprozess mit Key Performance Indicators haben, die mit den strategischeren Aktivitäten des Unternehmens und den übrigen Unternehmensprozessen verknüpft sind. Auf diese Weise können KMU fundierte Entscheidungen über die aktuelle und zukünftige Tätigkeit treffen, und mittel- und langfristig strategische Entscheidungen zu treffen.

4.7 Wichtigste Ergebnisse und Empfehlungen

- Die 4. Industrielle Revolution geht von der Verschmelzung der physischen und der virtuellen Welt aus. Vernetzung und Transparenz sind die Grundlage für das Industrie 4.0-Paradigma, das die Produktion von "zentralisiert" auf "lokal" verlagert, in einem Übergang von zentralen Produktionsmanagementsystemen zu lokaler Intelligenz mit verbesserter Entscheidungsgrundlage.

- In diesem Zusammenhang wurden die Fabriken "intelligent" mit verbesserten Prozessen in den Bereichen Fertigung, Engineering, Supply Chain und Life Cycle Management, in einem völlig neuen Produktionsansatz. Die Smart Factories verfügen über eingebettete Fertigungssysteme, die vertikal mit nicht produzierenden Systemen vernetzt sind und horizontal in Wertschöpfungsnetzwerke über die gesamte Wertschöpfungskette integriert sind. Dies ermöglicht eine Produktanpassung und eine agilere Produktion, was innovative Geschäftsmodelle um neue Wertschöpfungsvorschläge und effizientere Geschäftspraktiken erweitert.

- Industrie 4.0 benötigt eine Transformation der aktuellen Geschäftsmodelle und eine Neudefinition des Value Proposals für Unternehmen. Der Wechsel von einem traditionellen zu einem digitalen Unternehmen bedeutet große technologische Veränderungen, Prozessänderungen und Interaktionsänderungen. Dies impliziert drei Arten von Integrationsbewegungen: vertikale Integration und vernetzte Fertigungssysteme, horizontale Integration durch Wertschöpfungsnetzwerke und durchgängige digitale Integration des Engineerings über die gesamte Wertschöpfungskette.

- Die Änderung der Geschäftsmodelle wird durch eines der folgenden Ziele gerechtfertigt: Erhöhung der Flexibilität, Verbesserung der Produktivität, Kostensenkung, Verkürzung der Lieferzeit und/oder Verbesserung der Prozessqualität.

- Da die Unterstützung des Top-Managements für die Förderung von Industrie 4.0 unerlässlich ist und das Management der Kernprozess eines Unternehmens ist, wirken sich Veränderungen im Management auf alle wesentlichen Prozesse des Unternehmens aus. Die große Herausforderung für Manager besteht darin, eine adaptive Lösung zu entwickeln, die zu einer Balance zwischen Automatisierung und Variationsbedarf führt und gleichzeitig ein hochwertiges Produkt gewährleistet.

- Risikomanagement ist der Prozess, der Unternehmen hilft, die der aktuellen Situation innewohnenden Risiken zu verstehen und die richtige Antwort darauf zu geben. Im Fertigungsbereich sind operationelle Risiken mit dem Management des Fertigungsprozesses, der Instandhaltung, den Betriebsmethoden und -werkzeugen, dem Material, dem Personalwesen, den Maschinen und Fertigungstechnologien sowie der Maschinenumgebung verbunden. Das Konzept von Industrie 4.0 generiert neue Risiken, die unter anderem mit der Anbindung von Cyberspace und dem Outsourcing von Diensten verbunden sind. Obwohl Industrie 4.0 Auswirkungen auf alle Prozesse des Unternehmens haben kann, ist der höhere Anteil der Risiken auf die Informationssicherheit zurückzuführen.

- Um den Herausforderungen im Zusammenhang mit Änderungen von Geschäftsmodellen zu begegnen, müssen KMU die Technologie vollständig verstehen, damit sie sie aufnehmen können. Es gibt einige neue Instrumente, die KMU bei der Erprobung von Technologien unterstützen und sie im Voraus darüber informieren, wie sich die Technologie auf sie auswirken kann, z.B. Digital Innovation Hubs (One-Stop-Shops, die KMU helfen sollen, mit digitalen Technologien wettbewerbsfähiger zu werden) oder Testbed-Labors (Experimentierplattformen zum Testen und Verwenden neuer Technologien). Außerdem brauchen KMU Manager mit einem doppelten Technologie- und Managementprofil, die in der Lage sind, das Potenzial neuer Technologien in einem unsicheren Umfeld zu verstehen.

- Industrie 4.0 verändert das Berufs- und Kompetenzprofil radikal. Die Arbeitnehmer haben eine wechselnde Rolle vom Bediener zum Problemlöser.

- Die Automatisierbarkeit nimmt beim Bildungsniveau und beim Einkommen der Arbeitnehmer stark ab: Geringqualifizierte und einkommensschwache Personen haben das höchste Risiko, automatisierbar zu sein.

- Führungskräfte wandeln sich vom "People-Manager" zum "People- und Maschinenmanager". Da CEOs in einer technologiegetriebenen Welt tätig sind, konzentrieren sich die führenden Business Schools auf die Schnittstelle von Unternehmen, Technologie und Design, um digitale Störungen in Unternehmen zu verhindern. In diesem Sinne ist die größte Bedrohung für die Beschäftigung nicht die Automatisierung, sondern die Unfähigkeit, in Zukunft wettbewerbsfähig zu bleiben.

- Die Unternehmen müssen sich um die Beschäftigungsfähigkeit der Arbeitnehmer und nicht um Arbeitsplätze kümmern, und Ausbildung, neue Lernmethoden und langlebiges Lernen und Entwicklung sind Schlüsselfaktoren, um dieses Ziel zu erreichen und die Akzeptanz des technologischen Wandels im Unternehmen durch die Arbeitnehmer zu verbessern.

- Es entstehen verschiedene Formen der Arbeitsorganisation, die sich auf die Beziehungen zwischen Arbeitnehmern und Arbeitgebern auswirken. In diesen neuen Formen ist die menschliche Dimension wichtiger - die menschenzentrierte Fertigung - besonders für Werke, in denen menschliche Arbeit nicht ersetzt werden kann. Diese arbeitnehmerzentrierten Modelle beeinflussen die Gestaltung der Arbeitsplätze und die Verteilung der Arbeitsbelastung und sollen die Zufriedenheit der Arbeitnehmer erhöhen und den Arbeitsplatz gesünder und sicherer machen.

- Um den Herausforderungen im Zusammenhang mit der Beschäftigung zu begegnen, verfügen die KMU über einige mögliche Maßnahmen, wie z.B. die Durchführung einer Studie über das aktuelle interne Fachwissen und den künftigen Bedarf, um die Lücken zwischen den beiden Situationen aufzuzeigen. Außerdem sollten KMU die Schlüsselpositionen mit T-förmigen Personen besetzen: Menschen mit Expertenwissen, die gleichzeitig über persönliche Fähigkeiten verfügen, sich mit anderen Wissensgebieten zu verbinden. Auf jeden Fall brauchen die KMU enge Verbindungen zu anderen Akteuren des Innovationssystems, um die Lücken zu analysieren, die geeigneten Profile zu entwickeln und sie in die interne Arbeitsorganisation einzubeziehen. In diesem Sinne könnten Universitäten, Forschungs- und Technologieorganisationen, Berufsbildungszentren, Innovationszentren und Testbetten gute Partner sein, um Ausbildungsaspekte zu entwickeln und anzubieten.

- Die Antwort auf die neuen produktiven Herausforderungen erfordert eine enge Zusammenarbeit und offene Innovation zwischen verschiedenen Technologien und verschiedenen Sektoren sowie zwischen verschiedenen Interessengruppen entlang der gesamten produktiven Wertschöpfungskette, die aktiv und kooperativ integriert sind.

- Um alle Herausforderungen im Zusammenhang mit Kollaborationsfragen zu bewältigen, sollten KMU Business Intelligence-Prozesse in ihre Tätigkeit integrieren, damit sie Ideen und neues Wissen in die Strategie des Unternehmens einbringen können. Außerdem sollten KMU die Interessengruppen in ihren Wertschöpfungsketten (Lieferanten, Kunden, Wettbewerber usw.) als Teil ihres eigenen Geschäfts betrachten und nicht nur als isolierte Akteure, die vom internen Entscheidungsprozess getrennt sind.

- Zu den wichtigsten Rechtsfragen für die Unternehmen im digitalen Zeitalter gehören Datenzugriff, Haftung, Datenbesitz und Cloud.

- KMU können Veränderungen und zukünftige Trends durch den Einsatz eines effizienten Markt- und Technologieüberwachungssystems antizipieren. Wenn die KMU wissen, was in naher Zukunft im regulatorischen, steuerlichen und rechtlichen Umfeld geschehen wird, werden sie mit den entsprechenden Ressourcen für die neue Situation vorbereitet. Auf der anderen Seite haben KMU die Möglichkeit, sich unter größeren Unternehmensstrukturen (Branche oder Industrie oder Berufsverbände) zusammenzuschließen, um ihre Stimme vor anderen Interessengruppen zu erheben.

- Kontinuierliches Monitoring ist eine der Kernkompetenzen einer Fabrik der Zukunft, denn Unternehmen werden sich in einem kontinuierlichen Prozess der strategischen Neupositionierung mit Strukturveränderungen und kontinuierlicher Verbesserung befinden. Produkt- und Dienstleistungsangebote sind stark datengetrieben und basieren auf der Erfassung, Überwachung und Analyse von Prozessen und öffnen die Tür zu neuen und innovativen Konzepten wie der vorausschauenden Instandhaltung, um Probleme in der Produktion zu vermeiden. In diesem Sinne sollten KMU einen formalen Überwachungsprozess mit Key Performance Indicators haben, die mit den strategischeren Aktivitäten des Unternehmens und den übrigen Unternehmensprozessen verknüpft sind.

5 Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Unternehmen

Autor: Gianluca Ross

5.1 Einführung

Die größte Herausforderung für die europäischen KMU im Maschinenbau ist die sogenannte "Smart Industry", verstanden als intelligente IT-basierte Komponenten und Systeme in allen Bereichen der Liefer-, Produktions- und Vertriebskette. Um auf diese Entwicklungen gut vorbereitet zu sein, stellt der Beitrag der Hochschulen durch ihr Wissen und ihre Forschung eine wichtige Unterstützung dar. Auf der anderen Seite müssen die KMU das Wissen, die Fähigkeiten und die Kompetenzen ihrer Mitarbeiter weiterentwickeln, aber auch spezielle pädagogische Ansätze benötigen, die auf ihre Produktionsprozesse und ihr Geschäftsleben zugeschnitten sind. In diesem Zusammenhang ist das Kooperationsmodell zwischen Hochschulen und Unternehmen eines der wichtigsten Instrumente, die KMU nutzen können, um "smart" zu werden, ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen und ihre Position auf dem Markt zu verbessern.

Die Ziele dieses Abschnitts sind:

- eine Definition des Kooperationsmodells zwischen Hochschulen und Unternehmen zu erstellen;
- zu erläutern, wie die Europäische Kommission das Kooperationsmodell zwischen Hochschulen und Unternehmen fördert und unterstützt;
- um den Grund dafür aufzuzeigen, warum Hochschulen und KMU zusammenarbeiten sollten: In diesem Unterabschnitt werden die Rollen von Universitäten und Unternehmen sowie die Vor- und Nachteile dieser Zusammenarbeit vorgestellt;
- Präsentation eines Modellvorschlags für die Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Unternehmen, der auf das Projekt SMeART zugeschnitten ist;
- Präsentation der Best Practices von Kooperationsmodellen zwischen Hochschulen und Unternehmen im Bereich Smart Industry auf europäischer Ebene.

5.2 Definition des Hochschul-Geschäftskooperationsmodells

Die Hochschul-Wirtschafts-Kooperation ist jede Art von direkten und indirekten, persönlichen und nicht-persönlichen Interaktionen zwischen Hochschulen und Unternehmen zum gegenseitigen und gegenseitigen Nutzen, die auf den Wissensaustausch innerhalb von Innovationsprozessen sowie auf Technologietransfer von geistigem Eigentum, Publikationen, gemeinsame Forschung, Mobilität und Ausbildung abzielen (The State of University - Business Cooperation, August 2011).

Der Schlüssel zu einer erfolgreichen Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Wirtschaft ist das gegenseitige Verständnis und die Wertschätzung der Ziele des anderen, und sie können wie folgt zusammenarbeiten:

- Das vom akademischen Forscher entwickelte Know-how wird von den Unternehmen durch die Entwicklung von Innovationen genutzt;
- Die Universitäten nutzen das von den Unternehmen transferierte Know-how für die Lehre und setzen die Forschung fort.

Die enge Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und KMU kann den Universitäten helfen, die Fähigkeit zur Regeneration und Erneuerung der Forschung zu erhöhen, den Unternehmen helfen, ihre Wettbewerbsfähigkeit der Volkswirtschaft zu gewinnen und zu erhalten, zur wirtschaftlichen Entwicklung auf verschiedenen Ebenen (regional, national und europäisch) beizutragen und die Anforderungen des Arbeitsmarktes an die Bereitstellung relevanterer Kenntnisse und Fähigkeiten zu erfüllen.

Faktoren, die das Modell der Hochschul-Wirtschafts-Kooperation beeinflussen, sind die folgenden:

- Die Beziehung zwischen Universität und Wirtschaft: Hochschulen und Unternehmen arbeiten in einer kooperativen und für beide Seiten vorteilhaften Beziehung. Im Allgemeinen ist das gegenseitige Vertrauen für die Hochschul-Wirtschafts-Kooperation in großen Unternehmen höher (gefolgt von mittleren und kleinen Unternehmen), die eher bereit sind, mit Hochschulen zusammenzuarbeiten. Ihre Zusammenarbeit ist oft schon langwierig, was Vertrauen und Engagement zwischen den beiden Beteiligten schafft. Gegenseitiges Vertrauen und Engagement sind die Faktoren, die die Zusammenarbeit mit den Universitäten in hohem Maße unter den Unternehmen fördern, die bereits über einen hohen Grad an Kooperation zwischen Hochschule und Wirtschaft verfügen.
- Die Säulen der Hochschul-Wirtschafts-Kooperation: Strategien, Strukturen und Ansätze, Aktivitäten, Rahmenbedingungen.
- Die Barrieren, Treiber und situativen Faktoren, die die Kooperationsfähigkeit der Hochschulen beeinflussen:
    1. Die folgenden Faktoren erleichtern die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen und Hochschulen:
        - Bestehen von gegenseitigem Vertrauen und Engagement
        - Vorhandensein von gemeinsamen Motiven
        - Frühere Beziehungen zur Hochschule
        - Interesse der Hochschule am Zugang zu Praxiswissen
        - Enge geografische Entfernung der Hochschule
        - Zugang zu den Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen der Hochschule
        - Finanzielle Ressourcen für die Zusammenarbeit mit der Hochschule
        - Flexibilität der Hochschule
    2. Die Haupthindernisse, mit denen Unternehmen in Zusammenarbeit mit Hochschulen konfrontiert sind, sind die folgenden:
        - Bürokratie innerhalb oder außerhalb der Hochschule: Die Bürokratie der Universität ist wichtig, und manchmal wird zu viel Zeit benötigt, um die erforderlichen Formalitäten zu erfüllen, die in einigen Fällen die Zusammenarbeit verlangsamen oder sogar verhindern können. Die Bürokratie verlangt, was der sich schnell verändernde Arbeitsmarkt nicht leisten kann
        - Unterschiedliche Zeitperspektiven zwischen Hochschule und Wirtschaft
        - Schwierigkeiten bei der Suche nach geeigneten Personen innerhalb der Hochschulen
        - Unterschiedliche Motivationen und Werte zwischen Hochschulen und Unternehmen: Unterschiedliche Kommunikationsmethoden und Sprachbarrieren zwischen den beiden Sektoren
        - Eingeschränkte Möglichkeit des Wissenstransfers
        - Aktuelle Finanzkrise
    3. Die situativen Faktoren, die das Ausmaß der Hochschul-Wirtschafts-Kooperation beeinflussen. Untersucht werden Alter, Geschlecht, Jahre an der Hochschule, Jahre in der Wirtschaft, Art der Hochschule, Sektoren von Unternehmen und Ländern.

Es gibt 8 verschiedene Möglichkeiten der Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Unternehmen:
1. Zusammenarbeit in Forschung und Entwicklung (FuE), 2. Mobilität von Wissenschaftlern,3. Mobilität von Studenten, 4. Kommerzialisierung von FuE-Ergebnissen, 5. Entwicklung und Umsetzung von Lehrplänen, 6. lebenslanges Lernen, 7. Unternehmertum, 8. Governance.

Die erfolgreiche Zusammenarbeit von Hochschulen in synergetischen Beziehungen zu Regierungen und Unternehmen gilt als idealer Treiber für wissensbasierte Wirtschaften und Gesellschaften. Die Hochschul-Wirtschafts-Kooperation bringt Vorteile für alle am Modell beteiligten Akteure:

- Für Studenten: Verbesserung der Lernerfahrung, Steigerung der Fähigkeiten und der Entwicklung der Abschlüsse, Verbesserung der Beschäftigungsfähigkeit künftiger Absolventen.
- Für Hochschulen: Erfüllung der Mission der Hochschule; Erhöhung der akademischen Reputation in den Bereichen; Verbesserung der Forschung.
- Für Unternehmen: Verbesserung der Leistung des Unternehmens.

- Für die Gesellschaft: Verbesserung der lokalen Beschäftigung, Nutzen für die lokale Industrie, Verbesserung der regionalen Produktivität, Schaffung einer Vielzahl von Sozial- und Freizeitleistungen.

Zu den Ergebnissen einer erfolgreichen Hochschul-Wirtschafts-Kooperation gehören die Verbesserung der Ausbildung und der Zukunftsperspektiven der Studierenden, die Forschung an der Hochschule und der Transfer von Wissen und Forschung in die Gesellschaft. Darüber hinaus gibt es indirekte Ergebnisse, einschließlich der Unterstützung bei der Schaffung einer wissensbasierten Wirtschaft, der Unterstützung lokaler Unternehmen, der Schaffung von Arbeitsplätzen, der Stimulierung des Wirtschaftswachstums und des höheren Lebensstandards.

5.3 Wie die Europäische Kommission die Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Unternehmen unterstützt

In den letzten 10 Jahren hat sich in den Mitgliedstaaten die Akzeptanz für die neue Bedeutung der Universitäten für die soziale und wirtschaftliche Entwicklung erhöht. Dies wird durch die Wachstumsstrategie Europa 2020 und insbesondere durch die Entwicklung von Strategien für "intelligente Spezialisierungen" in der gesamten Europäischen Union zur Vorbereitung der nächsten Runde der Strukturfonds anerkannt, die der Rolle der Universitäten nicht nur auf der Angebotsseite (Forschung und Fähigkeiten), sondern auch bei der Unterstützung der Nachfrageseite durch Kapazitätsaufbau und Unterstützung der Governance in der regionalen Innovation immer mehr Bedeutung verleiht.

Basierend auf der Studie der GD Bildung und Kultur hat sich in den letzten zehn Jahren der Trend verstärkt, die Universitäten stärker in die regionalen Strategien einzubeziehen und den Universitäten eine formellere Rolle in der Region zu übertragen, wie in ihren Leitbildern zum Ausdruck kommt. Die Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Wirtschaft in Europa befindet sich mit wenigen Ausnahmen noch in einem frühen Entwicklungsstadium. Tatsächlich wird die europäische Hochschul-Unternehmenszusammenarbeit von mehreren Faktoren beeinflusst, darunter die Wahrnehmung der Vorteile, die sich aus der Zusammenarbeit ergeben, sowie von Barrieren und Treibern der Zusammenarbeit (Measuring the Impact of University-Business Cooperation, 2014).

Wie in der Agenda zur Modernisierung der Hochschulbildung hervorgehoben, könnten die Hindernisse für die Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Unternehmen wie folgt aussehen:

- Die Hochschulbildung in Europa stattet nicht genügend Menschen mit den richtigen Fähigkeiten für eine moderne Gesellschaft aus. Zu wenige Absolventen verlassen die Hochschule mit Fähigkeiten in Bereichen, in denen eine hohe Nachfrage besteht (wie Naturwissenschaften, Technologie und Ingenieurwesen, IKT-Fachkräfte usw.), und zu viele verlassen sie mit schlechten Grundfertigkeiten und begrenzten arbeitsrelevanten Soft Skills (wie kritisches Denken, Problemlösen, Kommunikation usw.).
- Die Hochschulen tragen an ihren Standorten nicht ausreichend zur Innovation bei. Die europäischen Universitäten liegen bei der internationalen Pionierforschung hinter den Konkurrenten in den USA zurück. Aber sie sind auch allzu oft von den Unternehmen und öffentlichen Diensten getrennt, sodass ihre Lehr- und Forschungstätigkeiten nicht genutzt werden, um den umliegenden Gebieten Vorteile zu bringen.
- Die Hochschulsysteme sind nicht so organisiert und finanziert, dass sie die besten Ergebnisse liefern können. Finanzierungs- und Qualitätssysteme geben Mitarbeitern und institutionellen Managern wenig Anreize, gute Lehre zu leisten, mit Unternehmen bei Innovationsprojekten zusammenzuarbeiten und Verbindungen zur Gesellschaft aufzubauen (An Agenda for the Modernisation of Higher Education, 2017).

Im Anschluss an den Strategieplan Europa 2020, die Lissabon-Agenda und die Modernisierungsagenda der europäischen Universitäten hat die Europäische Union die Bedeutung der Rolle der Hochschulen (durch Bildung, Forschung und Innovation) beim Wissenstransfer in die Gesellschaft und ihren wesentlichen Beitrag zur wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit Europas anerkannt. Die Notwendigkeit einer engeren Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Wirtschaft wird unterstrichen, denn die UBC hat bewiesen, dass sie eine Reihe von Vorteilen und Nutzen für Hochschulen, Studierende, Wirtschaft und Gesellschaft gleichermaßen bietet.

Die Europäische Kommission unterstützt die Verbindungen zwischen Hochschulbildung und Unternehmen auf europäischer Ebene durch eine Reihe von Initiativen. Engere Verbindungen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft können:

- den Transfer und die Weitergabe von Wissen fördern
- langfristige Partnerschaften und Möglichkeiten schaffen

5.4 Innovation, Unternehmertum und Kreativität fördern

(7. Europäisches Forum für Hochschul-Wirtschaft, 2017)

Die Europäische Kommission fördert die Zusammenarbeit zwischen Hochschule und Wirtschaft durch zwei große Initiativen:

1. *KA2 Zusammenarbeit für Innovation und Austausch bewährter Verfahren - Wissensallianzen* im Rahmen des Erasmus + Programms. Durch die für dieses Programm vorgesehenen Mittel haben Hochschulen und KMU die Möglichkeit, zusammenzuarbeiten, um dies zu erreichen:
   - Förderung der Innovation in Hochschulen und KMU bei der Entwicklung und Umsetzung neuer Lern- und Lehrmethoden (z.B. neue multidisziplinäre Lehrpläne, lernzentriertes und wirklich problemorientiertes Lehren und Lernen); Organisation von Weiterbildungsprogrammen und -aktivitäten mit und in Unternehmen; Entwicklung von Lösungen für herausfordernde Themen, Produkt- und Prozessinnovationen unter Einbeziehung aller Beteiligten.
   - Förderung des Unternehmertums und der unternehmerischen Fähigkeiten von Hochschullehrern und Unternehmensmitarbeitern: Schaffung von Programmen für das Lernen und die Anwendung transversaler Fähigkeiten in allen Hochschulprogrammen, die in Zusammenarbeit mit Unternehmen entwickelt wurden, um die Beschäftigungsfähigkeit, Kreativität und neue berufliche Wege zu stärken; Einführung einer unternehmerischen Ausbildung in allen Disziplinen, um Studenten, Forschern, Mitarbeitern und Lehrkräften das Wissen, die Fähigkeiten und die Motivation zu vermitteln, sich an unternehmerischen Aktivitäten zu beteiligen; Schaffung von Möglichkeiten durch die praktische Anwendung unternehmerischer Fähigkeiten, die die Kommerzialisierung neuer Dienstleistungen, Produkte und Prototypen beinhalten und/oder dazu führen können,
   - Förderung und Erleichterung des Wissensaustauschs und des Wissensflusses zwischen Universität und Wirtschaft durch: studienfeldbezogene Aktivitäten in Unternehmen, die vollständig in den Lehrplan eingebettet, anerkannt und akkreditiert sind; Einrichtungen zur Erprobung innovativer Maßnahmen; Austausch von Studenten, Forschern, Lehrkräften und Unternehmenspersonal; Beteiligung von Unternehmenspersonal an Lehre und Forschung.

Quelle: www.ec.europa.eu/programme/erasmus-plus

2. *HEInnovate* ist ein kostenloses Instrument zur Selbsteinschätzung für alle Arten von Hochschuleinrichtungen, das von der Europäischen Kommission, der GD Bildung und Kultur und dem OECD LEED-Forum verfolgt und unterstützt wird und aus einem Gremium von sechs unabhängigen Experten besteht. Das HEInnovative Instrument ermöglicht es den Hochschulen, ihre Institution anhand einer Reihe von Aussagen zu ihren unternehmerischen Aktivitäten zu bewerten, einschließlich Führung, Personal und Verbindungen zur Wirtschaft. Zur Unterstützung von Workshops und Weiterentwicklungen innerhalb der Institution stehen umfangreiche Schulungs- und Begleitmaterialien, einschließlich praktischer Fallstudien, zur Verfügung.

Quelle https://heinnovate.eu/en

Ein umfassenderes Verständnis dessen, was zu einer erfolgreichen Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Unternehmen beiträgt, ist ebenfalls erforderlich und muss in anderen geförderten Projekten anerkannt werden. Eine Überprüfung der Förderprogramme würde die Notwendigkeit von Projekten hervorheben, die auf bestehenden Beziehungen zwischen Hochschulen und Unternehmen aufbauen, die bereits bewährte Ergebnisse erzielt haben.

5.5 Warum sollten Universität und Wirtschaft zusammenarbeiten?

In den letzten zehn Jahren spielten die Universitäten aufgrund der Beziehungen zu Unternehmen und verschiedenen Interessengruppen auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene eine neue Rolle in Wirtschaft und Gesellschaft. Die Universitäten haben sich von den Grundfunktionen von Lehre und Forschung zu einer dritten entwickelt, der Kommerzialisierung, bei der die Partnerschaft mit der Industrie das wichtigste Element ist.

Vor allem die Universitäten sind daran interessiert, die Grundlagenforschung in der Praxis anzuwenden, und die Wirtschaft findet Interesse an der Anwendungsforschung, die auf der Suche nach neuen Produkten und Dienstleistungen auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse ist.

Die Hochschul-Wirtschaftskooperation gilt als Motor für wissensbasierte Gesellschaften und Volkswirtschaften. Sie ist besonders im europäischen Kontext erforderlich, der durch den zunehmenden globalen Wettbewerb, die anhaltenden wirtschaftlichen Probleme und die hohe Arbeitslosigkeit bedroht ist.

Zu den Ergebnissen, die auf eine erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen Universitäten und Unternehmen zurückgeführt werden, gehören:

- ∅ Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen,
- ∅ Erhöhung der Relevanz und Innovationskraft der Forschung an den Hochschulen,
- ∅ Schaffung von Arbeitsplätzen,
- ∅ Stimulierung des Wirtschaftswachstums,
- ∅ Erhöhung des Lebensstandards,
- ∅ Reduzierung der Hindernisse für ein gutes Leben.

Die Forschungskooperation (einschließlich der Zusammenarbeit in den Bereichen Forschung und Entwicklung, Unternehmensberatung, Mobilität von Mitarbeitern) ist die wichtigste Aktivität der Hochschul-Wirtschaftskooperation in den meisten Fakultäten der Hochschulen und der Industrie. Hochschulen und Wirtschaft könnten aber auch in den folgenden Bereichen zusammenarbeiten:

- Bildung: Curriculum Co-Design, Curriculum Co-Delivery, Mobilität von Studenten, duale Bildungsprogramme, lebenslanges Lernen
- Valorisierung: Kommerzialisierung von F&E, akademisches Unternehmertum, studentisches Unternehmertum
- Management: Governance, gemeinsame Ressourcen, Unterstützung der Universitäten (Warum sollten Universität und Wirtschaft zusammenarbeiten?, 2013).

Dennoch fehlt das Bewusstsein für alle Formen der Zusammenarbeit von Hochschulen und Unternehmen und deren Zusammenhänge, insbesondere in Bezug auf die berufliche Mobilität und die Bildungsaktivitäten (Gestaltung und Durchführung von Lehrplänen, lebenslanges Lernen und Studiengänge) sowie die Valorisierung und Zusammenarbeit im Management.

Das mangelnde Bewusstsein für die Art und Weise, wie Hochschulen mit den Unternehmen zusammenarbeiten können, zeigt sich auch im Bereich Smart Engineering. Der im Rahmen des Projekts SMeART realisierte Bericht über die Lern- und Unternehmensberaterbedürfnisse der europäischen KMU zeigt, dass etwa die Hälfte der befragten Unternehmen keinen Kontakt zu Hochschulen, insbesondere Kleinst- und Kleinunternehmen, hat und, wenn sie mit Hochschulen in Kontakt wären, vor allem das von der Universität bereitgestellte Wissen, aber auch Innovation und Beratung nutzen könnten. Einer der Hauptgründe, warum Unternehmen nicht mit Hochschulen kooperieren, ist der starke theoretische Ansatz des Forschungssektors und deren mangelnde Praxisorientierung. Die im Rahmen des SMeART-Projekts befragten Unternehmensvertreter berichteten, dass die möglichen praktischen Unterstützungsbereiche, die die Hochschule und der Forschungssektor bieten können, wie folgt sind:

- Prüfung von Material und Produkt und Teilnahme an Arbeitsgruppen; Analyse der Produktion; Messung.
- Innovationen wie die Entwicklung neuer Technologien, Produkte und Dienstleistungen; Forschung und Entwicklung, international finanzierte Projekte.

- Kenntnisse: Kompetenzen in Produktionsplanung, IT-Kompetenz, Management, Rechnungswesen, Optimierungsprozess, technologisches Know-how, statistische Ansätze, Mathematik, etc.
- Beratung: Beratung über das bestehende Angebot und praktische Unterstützung, Durchführung von Analysen über konkrete Lösungen, um "smart" zu werden; Unterstützung bei der Implementierung der Smart Industry.
- Netzwerk: Zusammenarbeit in Forschung & Entwicklung, Projektentwicklung mit Unterstützung bei Förderanträgen, Know-how-Transfer zwischen Wissenschaft und Praxis.
- Zukünftige Mitarbeiter: Hochschulen können neue IT-Ingenieure ausbilden, die daran interessiert sind, in ihrem Unternehmen zu arbeiten, um "smart" zu werden.

Diese Daten belegen, dass es notwendig ist, das Bewusstsein und die Bedeutung einer engen Zusammenarbeit mit den Universitäten zu fördern, um den Wissenstransfer anzuregen, Innovationen voranzutreiben und die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zu verbessern, die zu einer intelligenten Industrie werden.

Um das Kooperationsmodell zu definieren, das den Anforderungen der KMU entspricht, könnte es interessant sein, die spezifische Rolle von Hochschule und Wirtschaft im Kooperationsmodell sowie die Vor- und Nachteile dieser Zusammenarbeit zu beschreiben.

Die akademischen Mitarbeiter initiierten in der Regel ihre eigene Zusammenarbeit mit der Wirtschaft auf regionaler oder nationaler Ebene. Ihre größte Motivation für eine Zusammenarbeit ist die Gewinnung von Forschungsergebnissen. Die Förderung der Bekanntheit und Reputation der Universität ist dabei zweitrangig. Die Zusammenarbeit wird am besten durch Vertrauen und gegenseitig vorteilhafte Beziehungen gefestigt. Die akademischen Mitarbeiter sollten eine Zeit lang in der freien Wirtschaft arbeiten, um ihre Erfahrungen in die Zusammenarbeit einzubringen. Sie arbeiten in der Regel an größeren Universitäten, Fachhochschulen oder technische Universitäten. Während der Schwerpunt älterer Hochschulen eher auf der Forschung liegt, haben jüngere Hochschulen zumeist eher einen Fokus auf wirtschaftlicher Zusammenarbeit. Diese Hochschulen haben auch eher lokalisierte Partnerschaften mit der Wirtschaft, um das Wirtschaftswachstum und die regionale Entwicklung zu fördern.

Die Hauptvorteile, die Hochschulen aus der Zusammenarbeit ziehen können, sind folgende:

- Fokussierte Forschung: Professoren haben die Möglichkeit, neue Forschungen in verschiedenen Bereichen zu realisieren, die Ergebnisse zu testen, neue Methoden und Technologien zu entwickeln.

- Zugang zu Wissen aus der Industrie: Professoren haben die Möglichkeit, sich über neue Marktgegebenheiten zu informieren.

- Entwicklung neuer Lehrbücher und Aktualisierung von Trainingsmaterialien auf der Grundlage der Forschungsergebnisse.

- Bewältigung von Herausforderung der "dritten Mission der Universitäten", der Kommerzialisierung, die insbesondere die innovative Mission durch Beratungsverträge und Lösungsentwicklungen für die Industrie umfasst.

Das Kooperationsmodell zwischen Hochschule und Wirtschaft stellt auch für die akademischen Partner eine Bedrohung dar: der Mangel an Fachkräften in Marketingabteilungen oder Technologietransferstellen, die Bürokratie-Struktur und hohe Verwaltungskosten.

Andererseits neigen die Business-Mitarbeiter dazu, hauptsächlich in der Forschung zu kooperieren, kooperieren jedoch mit ihren akademischen Partnern auf mehr als eine Weise, die darauf hindeutet, dass es sich eher um eine Beziehung mit dem akademischen Partner als um eine einmalige Transaktion handelt. Ihre wichtigsten Beweggründe für eine Zusammenarbeit sind die Unterstützung ihrer Innovationsbemühungen, insbesondere mit einer längerfristigen Perspektive, die durch externe Mittel unterstützt wird. Der Kooperationspartner der Wirtschaft sieht kulturelle Unterschiede als die größten Barrieren für eine Hochschul-Wirtschaftskooperation, insbesondere unterschiedliche Motivationen und mangelnde unternehmerische Erfahrung an Hochschulen sowie unterschiedliche Zeithorizonte. Mit zunehmendem Alter der Unternehmen werden sie eher mit Hochschulen auf höheren Ebenen zusammenarbeiten, insbesondere im Bildungsbereich, und wenn sie größer werden, werden sie eher die Zusammenarbeit in längerfristigen Kooperationsbereichen wie Bildung und Management verstärken.

Aus Sicht des Unternehmens erhalten Forschung und Entwicklung eine große Aufmerksamkeit und erweisen sich als eine profitable, langfristige Investition und ein wichtiger Beitrag zur Produktivitätssteigerung.

Im Allgemeinen kann die Zusammenarbeit mit der Universität formell oder informell sein. Letzteres ist für das im Rahmen des Projekts SMeART konzipierte Kooperationsmodell geeignet, da es speziell für kleine und mittlere Unternehmen bestimmt ist,

die an einem schnellen und flexiblen Zugang zu wirtschaftlichen und relevanten Informationen interessiert sind und offen für eine Hochschulpartnerschaft sind. Diese Partnerschaft wird der Industrie empfohlen, die nach Lösungen für Probleme sucht, die intern nicht mit eigenen Fähigkeiten und Kompetenzen gelöst werden können. Die Zusammenarbeit mit den Hochschulen bietet folgende Vorteile:

- Innovationsprozess
- Reduzierung der Stufen, um in kürzerer Zeit zu einer "Smart Industry" zu werden
- Größenvorteile: Infrastrukturinvestitionen oder Personal mit besonderen Kompetenzen und Fertigkeiten sind nicht erforderlich, da die Unternehmen von denen der Universität profitieren können
- Impuls zur Veränderung der Perspektive auf den Markt und die Entwicklung
- Einholung von öffentlich finanzierten Forschungsprojekten

Auf der anderen Seite birgt die Zusammenarbeit zwischen Universität und Wirtschaft einige Risiken:

- Probleme im Zusammenhang mit der internen Bürokratie von Universität und Wirtschaft, die sich negativ auf die Verwaltung des gemeinsamen Projekts auswirken könnten
- Probleme im Zusammenhang mit dem Risiko, dass ein Teil die Projektergebnisse für seinen eigenen Zweck verwendet
- Schutz des Know-hows: die Teammitglieder gehören zur Universität und zum Unternehmen und es besteht die Gefahr der Piraterie

Es ist wichtig, einen Vertrag vorzubereiten, um die Zusammenarbeit zwischen Hochschule und Wirtschaft zu regeln, in dem die Bedingungen der Zusammenarbeit, der Beitrag und die Verantwortlichkeiten der einzelnen Teile geklärt werden.

Das Modell der Hochschul-Wirtschaftskooperation besteht aus den folgenden Aktivitäten, die parallel durchgeführt werden können:

- Forschung
- Lernen / Training
- Beratung

Das Kooperationsmodell SMeART - HEI Business ist unerlässlich, um KMU bei der Bewältigung der Herausforderungen des Smart Engineering zu unterstützen, nicht nur durch formale Lernaktivitäten, sondern auch durch Kooperations- und Beratungsmodelle mit Hochschulen, die sich auf arbeitsplatzbezogenes Lernen, transnationale Lernmobilität, Austausch und Vernetzung mit anderen KMU konzentrieren (Why should University and Business Cooperate?, 2013).

Die Zusammenarbeit könnte durch die folgenden Instrumente formalisiert werden:

- Auftragsforschung: einseitiger Wissenstransfer der Universität an Unternehmen in Bezug auf das zu entwickelnde Know-how.
- Kooperationsforschung: orientiert am Austausch von Erfahrungen, Informationen und Know-how im Allgemeinen zwischen der Universität und Unternehmen.
- Vertrag über Arbeiten und Dienstleistungen: Wenn die Vereinbarung an den Erfolg gebunden ist, handelt es sich um einen Werkvertrag; wenn die Vereinbarung an Aktivitäten gebunden ist, ist es ein Werkvertrag.

5.6 Das SMeART HEI Business Kooperationsmodell

Das im Rahmen des SMeART-Projekts vorgeschlagene Kooperationsmodell ist für KMU im Maschinenbau geeignet. Es könnte sich aus verschiedenen Aktivitäten zusammensetzen:

5.6.1 Beratungs- und Ingenieurdienstleistungen

Die Hochschulexperten könnten ihre spezialisierten Dienstleistungen anbieten, um die KMU bei der Bewältigung der Herausforderungen einer intelligenten Branche durch Fähigkeiten und Humanressourcen, Wissen über neue Technologien und deren Umsetzung sowie Geschäfts- und Innovationsstrategien zu unterstützen.

Diese Zusammenarbeit ist ein wichtiges Instrument, mit dem die akademischen Experten ihr Wissen und ihre Erfahrungen mit den KMU im Ingenieurwesen teilen können. Die Beratungsleistungen könnten sein:

- direkte Beratung, bei der der akademische Experte sein Fachwissen an das KMU weitergibt.
- Erfahrungsaustausch: Der akademische Experte kann frühere Erfahrungen, die in ähnlichen Unternehmen im Rahmen des KMUs, in dem er die Beratung durchführt, gemacht wurden, anwenden.
- Maßgeschneiderte Beratung auf die Bedürfnisse des Mittelstandes: Der HEI-Experte hilft dem Unternehmen, die Lücken oder Probleme zu identifizieren, um eine "Smart Industry" zu werden und schlägt daraus den besten Weg zur Lösung des Problems vor.

5.6.2 Austausch zwischen Universität und KMU

Durch Austausch- und Mobilitätsprogramme von Hochschul-Experten in den Unternehmen konnten die KMU-Manager ihnen zusätzliche Fähigkeiten und spezifisches Wissen aus den Unternehmen vermitteln, wie beispielsweise Management-, unternehmerische und kommunikative Kompetenzen.

Die Mobilität fördert den Wissenstransfer und erschließt einige der geistigen Werte der Universität zum Wohle des aufnehmenden Unternehmens. Darüber hinaus könnte die grenzüberschreitende Kompetenz der Forscher Möglichkeiten für zukünftige Kooperationen schaffen, indem sie Barrieren zwischen Universität und Unternehmen abbauen.

Die Unternehmen können von der Erfahrung von Forschern mit einer Reihe von Unternehmen derselben Branche profitieren, die in einem viel größeren geografischen Umfeld als KMU tätig sind, um ihnen eine globale Erfahrung und Expertise zur Verfügung zu stellen, die ihnen bei der Lösung lokaler Probleme hilft.

5.6.3 Training "On the Job" (Ausbildung am Arbeitsplatz)

Das Trainingsmodell "on the job" scheint sich besonders für die Bedürfnisse von Unternehmen zu eignen, die kontinuierlich in Innovationsprozesse investieren wollen. Es handelt sich um eine Trainingsmaßnahme, die direkt am Arbeitsplatz durchgeführt wird und sich auf die Verbesserung der fachlichen, übergreifenden Kompetenzen von Führungskräften und Mitarbeitern konzentriert. Neben der Abstimmung der technischen Kompetenzen auf die verfügbare Technologie hilft diese Aktivität den Mitarbeitern, eine Gesamtidee aller betrieblichen Produktionsprozesse zu entwickeln, sodass sie in der Lage sind, Probleme zu antizipieren und/oder sich auf jeden zu beziehen, der ihnen bei Auftreten der Probleme helfen kann.

Das Training wird es ihnen ermöglichen, dieses Bewusstsein auf praktische Weise zu erwerben und nicht durch einen theoretischen Wissenstransfer.

Das Training könnte aus den folgenden Aktivitäten bestehen:

- TUTORING: Wissenstransfer durch Labortätigkeiten, die von Universitätsforschern zur Unterstützung von Managern verschiedener Prozesse durchgeführt werden.
- Mentoring: Ausbildungstätigkeiten, die von den Managern des Prozesses durchgeführt werden, die bereits von den Universitätsexperten ausgebildet wurden, um die erlernten Informationen an "junge" Arbeitnehmer durch Unterstützung am Arbeitsplatz weiterzugeben.

Die Forscher der Universitäten werden eng mit dem KMU-Manager/Eigentümer zusammenarbeiten, um die Geschäftsprozesse zu verstehen und folglich die Instrumente vorzuschlagen, die darauf abzielen, die gleichen Produkte mit innovativen Methoden der Automatisierung, Optimierung, Kontrolle und Messung zu erhalten.

Auf Unternehmensebene werden maßgeschneiderte Unternehmensschulungen integriert oder bereichert, um sicherzustellen, dass jeder Mitarbeiter die spezifischen Fähigkeiten erwerben kann, die er zur Steigerung seiner Produktivität benötigt. Was die Einstellungsverfahren betrifft, so ermöglichen neue digitale Plattformen es den Unternehmen, die Bewertung der Fähigkeiten der Bewerber zu verbessern, um die auf jeder Stufe ihrer Wertschöpfungskette benötigten Talente besser ausfindig zu machen, anzuziehen und einzustellen.

Ein interessantes Werkzeug, das die Unternehmen nutzen könnten, ist die Plattform, die ein Best Practice Network schafft: Um von den bevorstehenden Veränderungen zu profitieren, müssen produzierende Unternehmen historische Geschäftsparadigmen überdenken. Das Netzwerk des Smart Industry-Forums ist eine leistungsstarke Community für den Erfahrungsaustausch und das Lernen aus Best Practice Beispielen. In diesem Netzwerk hat das Smart Industry-Forum die Gelegenheit, die entstehenden offenen Standards zu fördern und Erfahrungen aus ihrem praktischen Einsatz in der gesamten Fertigungsindustrie auszutauschen.

5.7 Best Practices von Hochschul-Geschäftskooperationsmodellen auf europäischer Ebene

Viele Universitäten sowie öffentliche und private Forschungszentren sind bereits im Bereich Smart Industry tätig und erhöhen die Anzahl der Kooperationsprojekte mit Unternehmen. In ganz Europa wächst das Verlangen und die Begeisterung für Kooperationen, da sich die Projekte als wertvolles geistiges Eigentum erwiesen haben, das die Innovation aller Industriepartner unterstützt.

In ganz Europa beginnen Akademiker/Hochschulen und Industrien (insbesondere Smart Industries), eine Art "positive Interaktion" aufzubauen, die durch Innovationen in der Digitalisierung und Automatisierung Verbesserungen in der Fertigung unterstützt. Sie führt zu Produktentwicklung, erhöhter Flexibilität, verbesserter Qualität, reduzierten Kosten, Umwelt- und Energiegewinnen, die alle für die Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markt relevant sind.

Im Folgenden werden einige Projekte von Kooperationen zwischen Industrie und Universitäten vorgestellt, die im Bereich der Smart Industry auf europäischer Ebene realisiert wurden:

1. An der Chalmers University Technology (Schweden) wurde kürzlich das Stena Industry Innovation Laboratory (SII-Lab) eröffnet, ein Testlabor für Digitalisierung und zukünftige Arbeitsplätze in der Industrie. Die Universität arbeitet eng mit der schwedischen Industrie zusammen, um große Chancen für Forschung, Innovation und Bildung zu eröffnen. Ein wichtiger Teil des Puzzles ist, dass Chalmers ein international führendes Umfeld im Bereich der Produktion bleibt. Jetzt können wir noch stärker dazu beitragen, die Geschwindigkeit der Digitalisierung der schwedischen Industrie zu erhöhen. Mit Hilfe von Mitteln der Stena Foundation wurde eine alte Bibliothek der Chalmers University of Technology, Schweden, in ein vielseitiges Labor umgewandelt - das Stena Industry Innovation Laboratory. Darin steckt viel von dem, was für neue industrielle Praktiken erforderlich ist, oder was allgemein als "Industrie 4.0" bezeichnet wird. In der intelligenten industriellen Produktion werden Technologien und Werkzeuge an den Mitarbeiter angepasst. Bauherren, Betreiber und Produktionsentwickler können ihre Kreativität nutzen und ihre Arbeit durch den Einsatz digitaler Werkzeuge besser erledigen. Für die Industrie ist das Testlabor lang ersehnt.

2. Universität Nottingham (UK): Sie ermutigt die Studierenden, im Rahmen ihres Bachelorstudiums ein Jahr in der Industrie zu verbringen, um ihnen zu helfen, wichtige Fähigkeiten im Bereich der Beschäftigungsfähigkeit zu erwerben und Partnerschaften mit Unternehmen für ganzjährige Praktika sowie Sommerpraktika aufzubauen. Das Vermittlungsteam arbeitet mit einer Reihe von Unternehmen zusammen, von großen Konzernen bis hin zu KMU, um Arbeitgebern bei der Suche nach dem richtigen Studenten für ihre geschäftlichen Bedürfnisse zu helfen. Sie hat starke Verbindungen zu einer Vielzahl von Unternehmen, von großen Unternehmen bis hin zu kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Im neuen Industriezeitalter werden intelligente Fabriken hochpersonalisierte Waren und Dienstleistungen liefern. Dies erfordert grundlegend neue Ansätze bei der Entwicklung, Herstellung und Verwendung von Produkten und eine Neudefinition der Beziehungen zu Technologien und untereinander. Die Vision der Universität ist es, ein Programm mit weitreichenden grundlegenden und transformativen Entdeckungen aufzustellen und Antworten mit einer Geschwindigkeit und Agilität zu liefern, die dem beispiellosen Tempo des Wandels in der digitalen Welt entspricht. Durch die Zusammenführung von Fachwissen aus den Bereichen Informatik, kreatives Design und industrielle Technologien sowie Sozialwissenschaften werden die akademischen Entdeckungen persönliche Erfahrungen bereichern, besser vernetzte Gesellschaften aufbauen und spannende Geschäftsmöglichkeiten in einer fähigen britischen Wirtschaft bieten. Die Universität engagiert sich für die Grundlagenforschung und deren Anwendung in wichtigen britischen Sektoren wie Luft- und Raumfahrt, Automobil-, Konsumgüter- und Kreativwirtschaft. Die University of Nottingham stellt einen Best Practice im Bereich der Smart Industry dar:
    - Intelligente, interaktive Produkte: Neue Ansätze für Interaktivität und Design Customize, Massenproduktion und einzigartige User Experience.
    - Intelligente Produktionsprozesse: Daten, Menschen und Systeme interagieren nahtlos - anstelle von programmierten, passiven Maschinen wird die Fertigung wirklich dynamisch sein.

- Eine angeschlossene industrielle Infrastruktur: Durch die Bereitstellung von Modellen für den digitalen Markt, die den gesamten Systemlebenszyklus abdecken, würde die Universität die britische Industrie zu einem weltweit führenden Unternehmen in dieser neuen Industrie- und Konsumlandschaft machen.
- Ein ethischer Rahmen: Komplexe Fragen ergeben sich aus erhöhter Interaktivität und reichhaltigerem Benutzererlebnis.

Weitere Informationen finden Sie unter https://www.nottingham.ac.uk/engineering/industrial-placements/for-business/index.aspx

1. Nationale Initiativen zur Digitalisierung der europäischen Industrie in den NIEDERLANDEN: Öffentlich-private Partnerschaften sind Kooperationen, bei denen große/kleine Unternehmen, lokale Schulen/Akademien und Forschungs- und Technologieeinrichtungen sowie Vertreter der lokalen/regionalen/nationalen Regierung zusammenarbeiten, um gemeinsam definierte Ziele zu erreichen. Sie existieren in den unterschiedlichsten Formen. Das Aktionsprogramm Smart Industry auf nationaler Ebene und die Feldlabore auf regionaler, lokaler und städtischer Ebene sind Beispiele dafür. Viele sind bottom-up etabliert, wenn mehrere Parteien auf eine gemeinsame Herausforderung stoßen. Durch die Organisation einer Dreifachhelix-Struktur wird erwartet, die Entwicklung von (regionalen) Ökosystemen zu beschleunigen. Feldlabore (praktische Umgebungen, in denen Unternehmen und Wissensinstitute gezielt Smart Industry-Lösungen entwickeln, testen und implementieren) wurden eingerichtet, als die EU in der KET-Diskussion (Key Enabling Technologies) feststellte, dass es an Mitteln mangelt, um das Tal des Todes zu durchqueren und Forschung zu Innovationen in die Märkte zu bringen. Infolgedessen wurden Pilotlinien als Umgebungen definiert, in denen Aktivitäten am TRL (Technology Readiness Level) 4-7/8 durchgeführt wurden. Die bisherige Zusammenarbeit bei der Förderung beschränkte sich auf die vorwettbewerbliche Forschung (TRL 1-3/4). In den Niederlanden wurden zwei Pilotlinien in Feldlabor als Innovationsaktivitäten in industriellen, aber noch nicht kommerziellen Produktionsumgebungen umbenannt. Die Feldlabore konzentrierten sich zunächst auf Innovationsforschungsprojekte. Heute beinhalten sie auch eher (Berufs- und Technik-)Schulungen für Studenten und Mitarbeiter mit den neuesten Technologien. Digitale Innovationszentren: Im Allgemeinen konzentriert sich ein Feldlabor auf eine einzige Technologie, aber derzeit sehen wir regionale Cluster wie Unternehmen und ihre Mitarbeiter, aber auch Schulen und Schüler haben in der Nähe Zugang zu ihnen. Als Ergebnis dieser Entwicklung ist die Schaffung einer begrenzten Anzahl von Digital Innovation Hubs in den Niederlanden absehbar, da eine Reihe von Feldlabors in einer bestimmten Region, in der sie zusammen eine digitale Innovationsdrehscheibe bilden, um mehrere Technologiethemen (3D/AM, Robotik, Lieferkettenkopplung, Verbundproduktion, präventive Instandhaltung…) zu bearbeiten.
2. Universität Groningen (HOLLAND): Die Ingenieurstudiengänge an der Universität Groningen bilden zukünftige Experten aus, die in der Lage sind, mit wissenschaftlichen Kenntnissen und Fähigkeiten zur Gestaltung von Produkten, Prozessen und Technologien beizutragen. Die Universität verfügt über Expertise in mehreren Bereichen:

   - Energie
   - Elektronik der Materialien
   - Maschinenwesen
   - Diamantähnliche Beschichtungen
   - Biobasierte Materialien
   - Komplexe Systeme
   - Fortschrittliche Instrumentierung und große Datenmengen
   - Chemie-, Zell- und Pharmatechnik

Es gibt mehrere Beispiele für erfolgreiche Projekte, die von Ingenieurwissenschaftlern der Universität Groningen und öffentlichen und privaten Partnern im Bereich der Smart Industry entwickelt wurden. In diesem speziellen Fall, der Smart Industry Roadmap, forschen 25 Unternehmen (groß und klein) und Wissensinstitute gemeinsam.

Weitere Informationen finden Sie unter https://www.hollandhightech.nl/nationaal/innovatie/roadmaps/smart-industry

5. Die Universität Twente (NIEDERLANDE/Enschede) erhält eine halbe Million Euro vom EFRO (Europäischer Fonds für regionale Entwicklung) zur Kofinanzierung von 18 PDEng-Programmen im Bereich der Smart Industry. Auf diese Weise können KMU mit der Universität zu stark reduzierten Kosten zusammenarbeiten. Die STW Technologiestiftung hat kürzlich auch 1 Million Euro für vier Smart Industry Projekte zur Verfügung gestellt, an denen die Universität Twente beteiligt ist. Ein PDEng-Programm (Professional Doctorate in Engineering) umfasst ein zweijähriges Post-Master-Programm an der Universität Twente, mit einem starken Fokus auf der Zusammenarbeit mit der Industrie. Die Programme bringen der Industrie einen erheblichen Mehrwert, da eine starke Nachfrage nach Fachleuten besteht, die selbstständig an Entwürfen für multidisziplinäre Themen arbeiten können. Dieser Zuschuss der EFRO wird eine engere Verbindung zwischen KMU im Osten der Niederlande und der Universität Twente ermöglichen. Der PDEng-Cluster für Smart Industry im Osten der Niederlande verbindet das produzierende Gewerbe mit der Universität, um Talente zu fördern und gezielte Lösungen für Smart Industry Themen zu entwickeln (Januar 2017).

   Weitere Informationen finden Sie unter https://www.utwente.nl/en/news/!/2017/1/153390/ut-successful-in-smart-industry research.

6. Universidad Pontificia Comillas (SPAIN/Madrid): Der Master in Smart Industry ist ein hochschulspezifischer Abschluss der ICAI School of Engineering. Es ist als Antwort der Päpstlichen Universität Comillas auf die 4. industrielle Revolution konzipiert. Der digitale Wandel der Branche stellt sowohl Herausforderungen als auch Chancen für Ingenieure dar. Unternehmen benötigen Fachleute mit einer globalen Perspektive der Smart and Connected Industry, die die Beherrschung von Basistechnologien und ein tiefes Verständnis der Schlüssel für ihre Anwendung im Unternehmen kombinieren. Darüber hinaus ist es sehr wichtig, sich um die mit diesem industriellen Wandel verbundenen sozialen Auswirkungen zu kümmern. Dieses Masterprogramm wurde mit dem Ziel entwickelt, die Fachleute auszubilden, die diese industrielle Revolution leiten werden, die wir bereits heute erleben und teilweise auch selbst leben.

   Das Programm wurde in enger Zusammenarbeit mit 10 Sponsorenunternehmen des Smart Industry Chair konzipiert, was den praktischen Ansatz, den Unternehmen benötigen, sowie die akademische Strenge eines MA-Programms garantiert. Einer der Höhepunkte des Programms ist das Angebot von Praktika in Industrie- oder Technologieunternehmen in Spanien oder im Ausland, die es den Studenten ermöglichen, in realen Projekten zu arbeiten.

   Weitere Informationen finden Sie unter http://www.icai.comillas.edu/en/master/mic-en

7. Die Stadtverwaltung von Tartu (ESTLAND) organisierte am 3. Mai in Tartu zusammen mit der Tartu County Development Agency und ADAPTER, einem Netzwerk estnischer Universitäten, Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen, einen Lernworkshop am Beispiel der Verpackungsindustrie im Rahmen des INNO INFRA SHARE-Projekts für fast 80 Personen. Eines der wichtigsten Ergebnisse war die Notwendigkeit, die Denkweise des "Forschers" in eine unternehmerische zu verwandeln und mit den Unternehmen zusammenzuarbeiten: Bei der nachhaltigen Forschung geht es darum, Produkte/Dienstleistungen so zu gestalten, dass sie den Bedürfnissen von Unternehmen entsprechen, ihre Markteinführungszeit respektieren und vertrauensvolle und heterogene Netzwerkumgebungen schaffen. Der erste Teil des Workshops konzentrierte sich mehr auf die Seite der Universitäten und Forschungseinrichtungen und wie sie den Bedürfnissen der Industrie von heute und morgen entsprechen können. Vertreter des Verbandes der estnischen Druckindustrie, der Universität Tartu (größter Infrastrukturinhaber in Tartu), der estnischen Universität für Lebenswissenschaften, des Food and Fermentation Technology Development Center und der Fachhochschule Tallinn stellten ihr Potenzial und ihre Kooperationsmöglichkeiten vor. Der zweite Teil des Workshops konzentrierte sich mehr auf die Industrie und diskutierte die Bedürfnisse und Erfahrungen der Industrie in der Zusammenarbeit mit Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie anderen Interessengruppen. Branchenvertreter aus der Verpackungsindustrie (Estiko Plastar) und Unternehmen, die Verpackungen verwenden (Lumi, Dragonfly Desk Lamps) präsentierten ihre Fälle. Es wurden mehrere Fragen gestellt - von der Idee bis zum ersten Kontakt mit den Universitäten und deren Interaktion mit KMU/Unternehmen mit einer "unternehmerischen" und agilen Denkweise. Vertrauen, Kooperation und Zuverlässigkeit sind die Schlüsselfaktoren für diese Interaktionen und erfordern Zeit und Mühe. Da der Workshop so viel Interesse fand, ist ein Folgeworkshop für Oktober dieses Jahres geplant.

Weitere Informationen finden Sie unter https://www.interregeurope.eu/innoinfrashare/good-practices/

8. Technische Universität Tallinn - TTÜ (ESTONIA), die einzige technologische Universität Estlands, ist das Flaggschiff der estnischen Ingenieur- und Technologieausbildung. Hier entsteht die Synergie zwischen verschiedenen Bereichen (Technik-, Natur-, Exakte-, Sozial- und Gesundheitswissenschaften) und es entstehen neue Ideen. TTÜ unterzeichnet fast täglich verschiedene Kooperationsverträge mit estnischen und ausländischen Unternehmen und Behörden. Für die Entwicklung innovativer Lösungen, die Finanzierung von Prototypen und die Unterstützung der Kommerzialisierung gründete TTÜ NBO Prototron mit SA Tallinna Teaduspark Tehnopol und Swedbank AS.

   Ein interessantes Kooperationsmodell zwischen Unternehmen und Universitäten ist MEKTORY (Modern Estonian Knowledge Transfer Organisation foR You), ein Netzwerkumfeld, in dem sich Unternehmen, Studenten, Professoren, Schüler und Investoren aus der ganzen Welt treffen, um gemeinsam als Team neue Ideen und Innovationen zu generieren. Die Ziele von MEKTORY sind:

   Technologietransfer: Wissenschaftler, Studenten und Unternehmer zusammenbringen, praktische Probleme der Produktentwicklung lösen und neue intelligente Ideen generieren.

   - Labore, praktische Seite des Studiums: Maximierung des theoretischen Studiums an der Universität durch die Praxis, Vorbereitung besser ausgebildeter Ingenieure mit Erfahrung in der Zusammenarbeit mit Unternehmen.
   - Die Studenten zu ermutigen, bei der Gründung von Unternehmen voranzukommen.
   - School of Technology: um aufkommende Generationen anzusprechen und zu zeigen, dass Ingenieurwesen spannend, machbar und bodenständig ist.

   Weitere Informationen finden Sie unter: https://www.ttu.ee/mektory-eng

Die folgenden HEI-Business-Kooperationsmodelle werden zwischen der Fakultät für Ingenieurwesen der Universität Perugia und mehreren italienischen Unternehmen im Bereich der Smart Industry umgesetzt:

- Universität Perugia - Rosati Fratelli
  Rosati Fratelli ist ein kleines Unternehmen aus Leini, in der Nähe von Turin, das Kunststofflüfter für Automobil- und andere Anwendungen herstellt. Die Zusammenarbeit mit der Universität Perugia begann mit einem Treffen von Dr. Ing. Guido Rosati mit einigen Professoren der Fakultät für Ingenieurwissenschaften an einem Stand der Universität Perugia auf einer Messe der Automobilbranche in Modena, 2005, und das ist bis heute sehr aktiv.
  Guido Rosati fand bei diesem ersten Treffen mit Forschern aus Perugia nützliche Kompetenzen in Bezug auf neue Messtechniken, die er für nützlich hält, um ihre Produkte zu verbessern. Viele Forschungsprojekte, die hauptsächlich vom italienischen Forschungsministerium gegründet wurden, werden seit 2005 durchgeführt, um neue Schaufeldesigns, Prototypen, Komponenten zur Verbesserung der Leistung, Vibrationen und Lebensdauer der Schaufeln zu realisieren.
- Universität Perugia - Martech
  Martech ist ein kleines Unternehmen in Jesi (Ancona), das einen Fertigungsprüfstand für die Prüfung mechanischer Komponenten und die Qualitätskontrolle auf Basis der Bildanalyse herstellt. Das Treffen der Ingenieure und Geschäftsführer von Martech wurde von Meccano Spa, einem Konsortium von Unternehmen und Universitäten, in dem ebenfalls die Universität Perugia aktiv ist, und führte zu einem Forschungsprojekt, welches von der Region Marken eingereicht wurde und der Entwicklung neuer automatischer Qualitätskontrollmaschinen diente. Das Forschungsteam der Universität Perugia wurde aufgrund ihrer Bildanalysefähigkeiten eingeladen, die Meccano aus früheren Kooperationen gut kennt. Die in den Jahren 2016-2017 durchgeführte Forschung bestanden aus der der Entwicklung von Bildaufzeichnungs-, Beleuchtungs- und Datenverarbeitungssoftware für die von Martech entwickelte neue automatische Qualitätskontrollmaschine.
- Universität Perugia - Schnell
  Schnell ist ein mittelständisches Unternehmen (240 Mitarbeiter), das Baumaschinen herstellt. Sie befindet sich in Calcinelli di Saltara, Pesaro, Italien. Die Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe Messtechnik der Universität

Perugia entstand 2014 aus einer langjährigen Bekanntschaft des Forschungschefs von Schnell mit einem Professor der Universität Perugia. Sie waren zusammen Studenten der Studiengänge Maschinenbau. Die Anforderungen des Unternehmens im Jahr 2014 waren neue Sensoren zur Messung und Kontrolle der Streben des Stabstahls, das seine Maschine für die Betonbewehrung herstellt.
Alle derzeit handelsüblichen Sensoren weisen aufgrund der sehr widrigen Umgebung Probleme auf. Viele Pulver machen den Einsatz optischer Messtechniken unmöglich und mechanische Einschränkungen und Positionierungsanforderungen machen den Einsatz herkömmlicher anderer Näherungssensoren unmöglich. Nach einigen Jahren Forschungstätigkeit wurde ein neuer Sensor für diese Anwendung erfunden und patentiert, der auf magnetoresistiven Messprinzipien basiert, die zuvor von der Forschungsgruppe Perugia zur Überwachung von Flugzeugmotorschaufeln verwendet wurden, aber zweckmäßigerweise zu einer zweidimensionalen berührungslosen Näherungssonde entwickelt wurde, die derzeit in der Produktion innerhalb des Unternehmens und bei der Integration der neuen Maschinenreihe eingesetzt wird.

- Universität Perugia - Korg Italien
  Korg Italien ist ein kleines Unternehmen von Castelfidardo (Ancona), das Keyboards herstellt, die weltweit verkauft werden und bei Musikern beliebt sind. Die Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe der Universität Perugia begann im Jahr 2013. Techniker von Korg kontaktierten die Forscher der Universität für Vibrationstests von Tastaturen, die notwendig sind, um ihre Fähigkeit zu bescheinigen, in ihrem Verpackungssystem für den Transport in Lastwagen, Flugzeugen, Containern usw. gut zu überleben.

Für die Prüfung in einer Testanlage in den Labors von Perugia muss eine spezifische Norm angewendet werden, aber die Erfahrung der Forscher in der Vibrationsanalyse und Problemlösung war sehr wichtig und wurde von den Korg-Technikern geschätzt, um nicht nur das Verpackungssystem zu testen, sondern im Voraus Probleme zu lösen, die zu einem Scheitern des Tests führen könnten, entsprechend den typischen Normen.

6 Beratung & Coaching

Autor: Simona Rataj

"Das Ziel von Coaching ist das Ziel von gutem Management: das Beste aus den wertvollen Ressourcen eines Unternehmens zu machen" (Harvard Business Review).

Ein KMU-Manager, der durch seine vielen Verantwortlichkeiten und Verpflichtungen überfordert ist, wird sich fragen: "Warum brauche ich Beratung oder Coaching"? Oder "Warum sollte ich Beratung oder Coaching einsetzen"?

Die Antwort liegt in der beschleunigten Globalisierung und der Realität der Digitalisierung der Wirtschaft; sie bringt Herausforderungen mit sich, die schnellere Änderungen des Geschäftsmodells und eine flexible Anpassung an das Geschäftsumfeld erfordern. Oftmals müssen Geschäftsentscheidungen sehr schnell getroffen werden; Zeit ist ein wichtiger Faktor für den Erfolg. Deshalb ist es wichtig, dass ein Manager als Führungskraft das Gesamtbild sieht, schnell denken und die richtigen Entscheidungen treffen kann.

Es ist daher notwendig, Veränderungen in der Ausbildung und im Verhalten von Unternehmern einzuführen, die es ihnen ermöglichen, auf die neuen Geschäftsanforderungen und -erwartungen effektiver und professioneller zu reagieren. Die Übernahme neuer Managementkenntnisse, -fähigkeiten und -kompetenzen ist eine wichtige Voraussetzung und einer der Schlüsselfaktoren für den Erfolg unternehmerischer Vorhaben sowie für die Entwicklung und das nachhaltige Wachstum von KMU.

Eine der Möglichkeiten, wie Unternehmer gleichzeitig mit der Durchführung der laufenden Geschäftstätigkeit ihren Betrieb verbessern und die notwendigen zusätzlichen Kenntnisse und Fähigkeiten erwerben, ist der Einsatz von Unternehmensberatungs- und / oder Coachingleistungen.

Das Hauptziel der Coaching- und Beratungsaktivitäten, die während der Projektlaufzeit von SMeART durchgeführt werden, ist die Vorbereitung und Unterstützung interessierter Unternehmen bei ihrem Wandel zu Smart Companies (im Sinne von Industrie 4.0).

6.1 Einführung

Innovation gedeiht in einer Vielzahl von politischen, wirtschaftlichen und sozialen Entwicklungen. Diese Veränderungen erfordern eine effektive und zeitnahe Führung des Unternehmens, die es ermöglicht, das sich verändernde Umfeld und die wichtigsten langfristigen Ziele zu erreichen - um den Gewinn und den Wert des Geschäftssystems zu steigern.

Das Wachstum der Beratungs- und Coachingbranche zeigt in allen Bereichen der Geschäftstätigkeit positive Auswirkungen, wenngleich die Skepsis gegenüber ihnen, insbesondere bei kleinen und mittleren Unternehmen, noch immer vorhanden ist.

Unternehmern fehlt es in der Regel an ausreichendem Wissen über Management Coaching / Consulting. Sie sind sich der Standards und Prozesse bei der Erbringung von Coaching / Consulting-Dienstleistungen nicht bewusst, was eine von vielen Ursachen für die Zurückhaltung bei der Beschaffung und Nutzung von Beratungsleistungen ist. In diesem Kapitel stellen wir den Prozess des Coachings / der Beratung vor und stellen Managern vor, wie sie sich darauf vorbereiten können, das effizienteste Ergebnis zu erzielen.

KMU bestehen in den meisten Fällen aus Experten einer bestimmten Branche, die über perfekte Kenntnisse ihres Berufs im Rahmen der technischen Kompetenz, aber nicht über Kenntnisse und Erfahrungen im Management verfügen. Auf diese Weise bringen sie ihr Unternehmen in Schwierigkeiten, weil die ganze Aufmerksamkeit auf rein fachliche technische Kenntnisse und Fähigkeiten gerichtet ist und Managementfähigkeiten vernachlässigt werden.

Der Mangel an Fachwissen in der Planung sowie der Mangel an Zeit für Unternehmer, sich ernsthafter der langfristigen Planung zu widmen, sind zwei der Hauptgründe für die Stagnation und den Rückgang der kleinen Unternehmen.

In einer Reihe von Studien wird die Unterstützung von Beratern oder Coaches als wesentlich für den Erfolg von kleinen und mittleren Unternehmen hervorgehoben (Deakins, 2000).

Eine der Möglichkeiten, wie Unternehmer, gleichzeitig mit der Durchführung der laufenden Geschäftstätigkeit, ihre Geschäftstätigkeit verbessern und die notwendigen zusätzlichen Kenntnisse und Fähigkeiten erwerben, ist der Einsatz von Management Coaching / Consulting Services. In modernen Volkswirtschaften hat sich das Coaching / Consulting als eine gute Form der Unterstützung von Unternehmern und Kleinunternehmern bei der Lösung von Unternehmensproblemen erwiesen, für die ihnen Fachwissen, Wissen und Erfahrung fehlen.

In der Zusammenarbeit mit Coaches / Beratern bilden sich Unternehmer / Manager weiter und entwickeln oder verbessern ihre Führungsqualitäten. In der Praxis hilft Coaching / Consulting aufstrebenden und reifenden professionellen und dynamischen Managern, die den Wandel erfolgreich managen und die spezifischen Managementaktivitäten und -prozesse kennen. Charakteristika des Coachings / der Beratung für kleine und mittlere Unternehmen ergeben sich aus der Individualität dieser Unternehmen; individuelle Probleme treten im Wachstums- und Entwicklungsprozess sowie im Transformationsprozess auf, für die Routinelösungen nicht anwendbar sind (Dukić, Milivojević, 2011).

Das Hauptziel dieses Kapitels ist es, den Ansatz von Consulting versus Coaching zu beschreiben, die Does and Dont's des Beratungsprozesses darzustellen und eine Checkliste zur Durchführung von Consulting / Coaching zu erstellen. Der Leser, wird in der Lage sein:

- die Ziele und den Nutzen von Coaching und Consulting (C&C) zu verstehen, was Sie von C&C erwarten können, was sind die Unterschiede?
- den Coaching und Beratungsprozess im SMeART-Projekt zu verstehen.
- zu verstehen, wie man einen Coaching- und Beratungsplan für ein Unternehmen aufstellt.
- die Gründe für die Überwachung und Bewertung des Coaching- und Beratungsprozesses zu identifizieren und zu verstehen.
- zu verstehen, wie man das Unternehmen auf eine Coaching und Beratungsimplementierung während der Pilotphase zum maximalen Nutzen vorbereitet.

6.2 Die Hauptvorteile von SMeART Coaching und Beratung

Ein externer Experte kann den KMU Informationen über neue Geschäftsmöglichkeiten aus der Smart Industry anbieten. Er wird in der Lage sein, eine genaue interne Analyse des Vorbereitungsgrades eines Unternehmens für eine Smart Industry durchzuführen und konkrete Beratungs-, Trainings- und/oder Coachingmaßnahmen vorzuschlagen, die es dem Unternehmen ermöglichen, individuell auf seine Smart Market-Herausforderungen zu reagieren. Die KMU haben die Möglichkeit, ihre Position auf den Weltmärkten zu stärken.

6.2.1 Die Hauptvorteile von Coaching und Beratung für ein KMU

Die begünstigten KMU können sich durch die Zusammenarbeit mit Coaches und Beratern besser auf die Anforderungen der Smart Engineering Industry vorbereiten. Langfristig wird dies dazu beitragen, ihre Position auf den Weltmärkten zu stärken. Der Schwerpunkt liegt auf den folgenden, für KMU wichtigen Themen:

- genaue interne Analyse des Vorbereitungsgrades eines Unternehmens für eine intelligente Branche;
- Interaktion von KMU mit Hochschulen in einem offenen Prozess, um neue Erkenntnisse für das Unternehmen zu gewinnen;
- Die kostenlose Nutzung des SMeART-Stresstestwerkzeugs für kleine und mittlere Unternehmen im Maschinenbau wird es ihnen ermöglichen, auf die Herausforderungen der Smart Industry entsprechend den tatsächlichen Anforderungen und verfügbaren Ressourcen zu reagieren;
- Identifizierung neuer Geschäftsmöglichkeiten, die sich aus der Smart Industry entwickeln;
- konkrete Beratungs-, Trainings- und/oder Coachingmaßnahmen, die es dem Unternehmen ermöglichen, auf seine Herausforderungen im Smart Market zu reagieren;
- Stärkung der Position des Unternehmens in den Hauptmärkten.

6.2.2 Die potenziellen Vorteile für Hochschulen

Die Hochschuleinrichtungen, die Coaches und Berater zur Verfügung stellen, werden in der Lage sein, einen Teil des erforderlichen Wissens und der Erfahrung an die begünstigten KMU weiterzugeben. Sie werden auch in der Lage sein, Folgendes zu tun:

- Durchführung des "SMeART industry stress test tools" zusammen mit den begünstigten KMU;
- Erstellung eines maßgeschneiderten Coaching / Beratungsplans (einschließlich eines innovativen Open-Learning-Programms).
- ein einjähriges Pilotprojekt mitentwickeln und testen. Das Modell der Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Unternehmen, das Stresstest-Tool und das Trainingsprogramm werden der Hochschule zur besseren Unterstützung der regionalen, nationalen und europäischen Wirtschaft zur Verfügung gestellt; die im Zusammenhang mit dem Projekt erzielten Ergebnisse, Kenntnisse und Erfahrungen werden für den Transfer in eigene Lehrpläne und Ausbildungsprogramme zur Verfügung stehen und so den Transfer von akademischem und KMU-Personal auf die nächste Generation sicherstellen.
- die Ergebnisse der SMeART-Umfrage zu bestätigen und zu aktualisieren: Was ist der Stand der Technik in allen EU-Mitgliedstaaten in Bezug auf Initiativen und Politiken der Smart Industry; welche Bedürfnisse, Rahmenbedingungen und Anforderungen werden von KMU geäußert, wenn es um Dienstleistungen der Hochschulkooperation im Bereich Smart Engineering geht.

6.3 Welche Wahl - ein Coach oder ein Berater? Gibt es einen Unterschied?

Die Hauptaufgabe eines Beraters besteht darin, einer Person zu helfen, persönliche oder organisatorische Ergebnisse durch die Anwendung ihrer spezifischen Expertise zu erzielen, indem sie den Kunden über die beste Vorgehensweise zur Erreichung der gewünschten Ziele berät. Berater können auch mit der Übertragung von Wissen oder Fähigkeiten an ihren Kunden beauftragt werden. Der Berater arbeitet mit den Kunden an Strategie, Planung und Problemlösung und hilft ihnen, ihre unternehmerischen Fähigkeiten und Kenntnisse zu entwickeln. Diese Themen reichen von der Gestaltung eines Geschäftsmodells oder Marketingplans bis hin zur Bestimmung, welche Marketingtechniken zu verwenden sind und wie sie anzuwenden sind. Ein Unternehmensberater berät, vermittelt Fähigkeiten und Ideen mit dem Kunden, um praktische Ergebnisse zu erzielen und das strategische Denken zu verbessern.

Ein Business Coach hilft Kunden, Erfolg zu schaffen, indem er sich auf die persönliche Entwicklung konzentriert: Zeitmanagement, selbstsabotierendes Verhalten (wie Prokrastination und Ablenkung), Klarheit schaffen, Entscheidungen treffen und in Aktion treten. Wenn jemand ihm einen Coaching-Hut aufsetzt, gibt er keinen Rat. Stattdessen hilft er dem Kunden, die Antworten aus sich selbst heraus zu finden. Coaching bedeutet, mit Menschen zu arbeiten, die in der Regel, aber nicht immer, bereits einen gewissen Erfolg haben, aber "festsitzen" und vorankommen wollen und nicht wissen, wie. Im Coach-Sprechen gibt es eine "Lücke" zwischen dem, was sie gerade sind, und dem, was sie sein wollen, und das kann ihre berufliche Karriere oder ihr persönliches Leben oder beides betreffen. Dies kann auch auf einer größeren Unternehmensgröße oder auf einer kleinen individuellen Ebene erfolgen.

Das Hauptaugenmerk des Coaches liegt auf der Stärkung der Weisheit des Kunden, der Denkprozesse und des gezielten Handelns in die Zukunft, basierend auf der selbsterkannten Agenda des Kunden. Es wird ein unterstützendes und wertfreies Umfeld geschaffen, in dem kritisches Denken und neue Seins-, Denk- und Handlungsweisen erforscht, hinterfragt und stimuliert werden können, was oft zu neuen Verhaltensweisen führt, die für das ganze Leben des Kunden gelten (US Dpt. of Agriculture University, 2016).

Coaching ist ein co-kreativer Prozess. Coaches unterstützen Kunden dabei, ihre Lebensziele und Träume zu erreichen und ihren Lebenszweck in einem Prozess zu entdecken und zu erfüllen, an dem der Kunde zu 100% beteiligt ist. Also, unabhängig davon, ob es sich um ein karrierebedingtes oder persönliches Problem handelt, ein Coach wird Ihnen helfen

herauszufinden, was Sie wirklich aus dem Leben wollen und Sie zu "coachen", um es zu erreichen. Coaches sind nicht wertend und bieten keine Therapie an oder sagen der Person, was sie als nächstes tun soll. Eine Person stellt einen Coach ein, der sie dabei unterstützt, das gewünschte Leben zu gestalten. Wenn eine Person mehr davon will, dann stellt sie einen Berater ein. Coaches unterstützen auch Berufstätige, die vergessen haben, wie man "ein Leben führt" und nicht mehr die Vereinbarkeit von Beruf und Familie haben. Mit der Zunahme des Unternehmensschrumpfen und des zusätzlichen Drucks, der auf viele Karrieremanager angewendet wird, stellen immer mehr von diesen Verantwortlichen Trainer ein, um ihnen zu helfenden einstieg in neue Tätigkeitsfelder zu schaffen oder eigene Unternehmen zu gründen.

	BeraterIn	Coach
Das Ziel	Die Hauptaufgabe eines Beraters besteht darin, einer Person zu helfen, persönliche oder organisatorische Ergebnisse durch die Anwendung ihrer spezifischen Expertise zu erzielen, indem sie den Kunden über die beste Vorgehensweise zur Erreichung der gewünschten Ziele berät. Berater können auch mit der Übertragung von Wissen oder Fähigkeiten an ihren Kunden beauftragt werden.	Das Hauptaugenmerk des Coaches liegt auf der Stärkung der Weisheit des Kunden, der Denkprozesse und des gezielten Handelns in die Zukunft, basierend auf der selbsterkannten Agenda des Kunden. Es wird ein unterstützendes und wertfreies Umfeld geschaffen, in dem kritisches Denken und neue Seins-, Denk- und Handlungsweisen erforscht, herausgefordert und stimuliert werden können, was oft zu neuen Verhaltensweisen führt, die auf das ganze Leben des Kunden anwendbar sind.
Fokus	In der Regel problemorientiert, d.h., identifiziert und versucht, Probleme oder Schwächen zu beheben. Ziele, die sich im Allgemeinen auf Programme und Finanzierung beziehen.	Baut auf den Stärken des Kunden auf. Wertebasierte Zielsetzung.
Kundenbindung	Erfordert ein begrenztes Engagement des Kunden bei der Umsetzung.	Maximiert das Engagement des Kunden bei der Umsetzung von Lösungen.
Die Rolle des Experten	Gilt als der "Experte", der Probleme löst (die Wunderwaffe). Wenn eine Verhaltensänderung erforderlich ist, wird der Berater in der Regel nicht einbezogen. Stellt Informationen zur Verfügung. Sammelt Daten und Berichte darüber, was zu tun ist.	Ermöglicht es dem Kunden, Probleme zu lösen oder Dinge zum Besseren zu verändern. Der Fokus auf individuelle und zwischenmenschliche Dynamiken unterstützt Verhaltensänderungen. Fördert die Selbstfindung. Fördert das Wachstum.
Vorteile für das Unternehmen	Der Berater bringt technisches Fachwissen in die Diskussion von Lösungen ein.	Der Coach bringt Beziehungskompetenz ein, um die Lösungen des Kunden zu unterstützen.

Welche Mitarbeiter sollen einbezogen werden?	Arbeitet in der Regel mit mehr als einer Person, oft in einem Team, einer Gruppe, einem Vorstand oder einer Abteilung. Strukturiert Projekte auf bestimmte Leistungen oder Ergebnisse, für die der Berater in erster Linie verantwortlich ist.	Arbeitet auf einer Einzelpersonsbasis; kann mehr als eine Person in einem Unternehmen individuell coachen. Unterstützt den Kunden dabei, sein eigenes Ergebnis zu erzielen.

Tabelle 5: Überblick über die Unterschiede zwischen Coaching und Consulting, Quelle: https://www.501commons.org/resources/tools-and-best-practices/management-leadership/whats-the-difference-between-coaching-and-consulting

6.4 Der SMeART Coaching und Beratungsprozess

Schritt 1: Die Identifizierung der spezifischen Herausforderungen, Ziele und strategischen Pläne des Unternehmens wird von den SMeART-Mitarbeitern durchgeführt. Die Herausforderungen werden durch Gespräche mit dem Unternehmen und die Verwendung von SMeART-Richtlinien für ein Interview (bereits im WP1 verwendet) identifiziert. Fügen Sie den Link zu den Interviewleitfäden hinzu.

Schritt 2: Identifizierung der erforderlichen Expertise des Coaches / Beraters. Ein Coach / Berater mit den entsprechenden Kompetenzen und Referenzen wird in das Unternehmen berufen. Fügen Sie den Link zur Liste der Coaches hinzu.

Schritt 3: Eine detaillierte Diagnose der Herausforderungen und Bedürfnisse des Unternehmens wird vom Coach / Berater durchgeführt. Die Coaches / Berater werden die folgenden Tools verwenden, um einen Link zu den Tools hinzuzufügen, die die Coaches / Berater zu verwenden planen. Die KMU werden einer intensiven Zusammenarbeit und einem Ausbildungsprogramm unter der Leitung von Hochschulen, Forschungszentren und anderen Experten der Partnerschaft unterzogen. In dieser Phase werden vom Coach / Berater individuelle Business Development-Pläne entwickelt, welche die zu ergreifenden Schritte und die zu erreichenden Ziele beinhalten.

Schritt 4: Umsetzung des Aktionsplans zur Umwandlung des KMU in ein intelligentes KMU (Smart SME-PLAN); in diese Aktivitäten werden das Unternehmen, der Coach / Berater und die SMeART-Mitarbeiter - Verantwortliche für das Unternehmen - einbezogen. Abweichungen vom Aktionsplan werden gemeldet und berücksichtigt, auch zusätzliche Anforderungen des Unternehmens werden identifiziert und diskutiert. Der Smart SME-Plan wird von dem Unternehmen umgesetzt, um seine Wettbewerbsfähigkeit auf dem Smart Engineering-Markt zu verbessern.

Schritt 5: Der Coach / Berater erstellt zusammen mit den SMeART-Mitarbeitern den Coaching / Beratungsbericht. Auch die Nachbereitung - der Erfolg der Pilotaktivität wird von SMeART-Mitarbeitern durchgeführt.

6.4.1 Erstellung von Coaching und Beratungsplänen (Vorlagen)

Der Prozess des Coachings / der Beratung ist wie folgt:

- Diagnostik der Herausforderungen, der Unternehmensziele und -pläne, der Erwartungen (Diagnosetools)
- Identifizierung der wichtigsten Herausforderungen des Unternehmens
    - ➢ Identifizierung der erforderlichen Expertise des Beraters / Coaches; erforderliche Referenzen des Beraters / Coaches
- Suche nach einem geeigneten Berater / Coach
    - ➢ Erstellung des Beratungs-/Coachingplans, einschließlich der erreichbaren Ziele. Identifizierung von Möglichkeiten/nächsten Schritten.
- Identifizierung der Mitarbeiter, die an der Beratung / am Coaching beteiligt sind.

- Definition der Rollen aller Beteiligten und ihrer Verantwortlichkeiten. Definition der erforderlichen Ergebnisse, der zu erreichenden Fristen und der erforderlichen Ressourcen.

Coaching /Beratungsplan - Vorlage	
Name des **KMUs**	
KMU-Rechtsvertreter	
Name der Kontaktperson	
E-Mail	
Telefon	
Name des Coaches / Beraters	

Coaching / Beratungsziele

Beschreibung der Aufgaben und des Ressourcenbedarfs	N Anzahl der Stunden

GESAMTSTUNDEN	

Unterschrift: KMU _____

Unterschrift: Coach / Berater: _____

SMeART-Partner: _____

Tab.: 8.2: Zu verwendendes Formular

6.4.2 Überwachungs- / Bewertungsprozess für die Coaching-/ Beratungstätigkeit

Der Prozess der Überwachung / Bewertung des Prozesses für die Coaching / Beratungstätigkeit ist der folgende:

- Die SMeART-Mitarbeiter sind zusammen mit dem Coach / Berater und dem begünstigten KMU für das Zeitmanagement der Aufgaben verantwortlich;
- Die SMeART-Mitarbeiter sind für die Bewertung der Expertise des Coaches / Beraters mit den Anforderungen des begünstigten KMU in der ersten Hälfte des Coachings / Beratungsprozesses verantwortlich;
- Die SMeART-Mitarbeiter sind zusammen mit dem Coach / Berater und dem begünstigten KMU für die Bewertung der Erreichung der gesetzten Ziele verantwortlich;
- Die SMeART-Mitarbeiter sind zusammen mit dem Coach / Berater und dem begünstigten KMU für die Bewertung des Mehrwerts der Coaching -/ Beratungstätigkeit verantwortlich (neues Wissen im Unternehmen, neue Prozesse, neue Produkte/Dienstleistungen, neues Geschäftsmodell… etc.).

Coaching /Beratungsbericht - Vorlage	
Name des **KMUs**	

KMU-Rechtsvertreter	
Name der Kontaktperson	
E-Mail	
Telefon	
Name des Coaches / Beraters	

Erreichte Ergebnisse	
Was wurde hinsichtlich der gestellten Aufgaben und Ziele erreicht?	
Was wurde nicht erreicht?	
Auf welche Schwierigkeiten sind Sie gestoßen?	
Was ist Ihr Eindruck davon, wie der Kunde es aufnimmt?	
Wurden erfolgreiche Partnerschaften aufgebaut?	
Was ist Ihrer Meinung nach noch zu tun für dieses Unternehmen?	

Tab.: 8.3: Vorlage für Auswertungsberichte

6.5 Do's und Don'ts für effizientes Coaching und Beratung

Die SMeART-Teams Do's and Don'ts für ein effizientes und erfolgreiches Coaching / Consulting und Ihre investierte Zeit:

DOs	DON'Ts

Überprüfen Sie die Referenzen des Coaches / Beraters. Überprüfen Sie seine Erfolgsgeschichten.	Stellen Sie einen Coach / Berater ein, der nur an Geld interessiert ist. Der Coach / Berater sollte auch seine eigene Motivation für Ihren Erfolg zeigen.
Laden Sie den Coach / Berater zum ersten Gespräch ein - Sie sind energetisch, fachlich und erfahrungsmäßig kompatibel? Arbeiten Sie mit einem Coach / Berater, mit dem Sie sich verbunden fühlen.	Arbeiten Sie mit einem Coach / Berater, dem Sie nicht vertrauen.
Überprüfen Sie die Möglichkeit von Interessenkonflikten zwischen Ihrem Unternehmen und dem Coach / Berater.	Bringen Sie Mitarbeiter in den Coaching / Beratungsprozess, die nicht offen für Veränderungen sind. Hören Sie auf ihre Zweifel, finden Sie eine Lösung oder Antwort und antworten Sie auf die Einwände durch allgemeine Kommunikationsmaßnahmen.
Seien Sie persönlich dem Wachstum und der Veränderung des Unternehmens verpflichtet. Arbeiten Sie mit Ihren Mitarbeitern zusammen, auch bereit zur Veränderung.	Erwarten Sie Veränderungen über Nacht; nachhaltige und effiziente Veränderungen sind ein Prozess.
Seien Sie eine Inspiration, ein Vorbild für Ihre Mitarbeiter. Sein Sie jeden Tag besser!	Erwarten Sie, dass der Coach / Berater Entscheidungen für Sie trifft. Er wird Sie dabei unterstützen, Entscheidungen selbstständig zu treffen.

7 Training

Autoren: Philippe Saey, Mathieu Troch, Friedrichsabgeordneter

Dieser Abschnitt gibt einen Einblick in die Ausbildung für die Smart Industry (R)evolution:

- wer und wofür trainiert werden soll, in welchem Zeitrahmen.
- wie man neue Trainingstechnologien einsetzt und wie man mit alten Konzepten fusioniert.
- wie man einige Fallstricke vermeidet und Schlüssel zu einer erfolgreichen Implementierung von Schulungen in Fabriken findet.

"Ändern, wie wir mit Daten denken, trainieren und arbeiten"...

"Das Konzept der Digitalisierung von allem wird Realität. Automatisierung, künstliche Intelligenz, IoT, maschinelles Lernen und andere fortschrittliche Technologien können schnell eine Fülle von Daten erfassen und analysieren, die uns bisher unvorstellbare Mengen und Arten von Informationen zur Verfügung stellen. Unsere Herausforderung geht in die nächste Phase über - die Art und Weise, wie wir mit Daten denken, trainieren und arbeiten, um aus den Ergebnissen fortschrittlicher Technologien Wert zu schöpfen", sagt
Brian Householder, President und Chief Operating Officer, Hitachi Vantara.

Zitiert aus "Talent und Arbeitskräfte: Evolution vs. Revolution - Die Zukunft der Arbeit" in[Deloitte2018] "Die Vierte Industrielle Revolution ist da - bist du bereit?"; Bericht Deloitte Insights, 2018.

7.1 Was ist Smart Industry (kurz gesagt)?

"Smart Industry ist ein Name für den aktuellen Trend der Automatisierung und des Datenaustauschs in der Fertigungstechnik. Dazu gehören cyberphysikalische Systeme, das Internet der Dinge, Cloud Computing und Cognitive Computing. Smart Industry wird allgemein als die vierte industrielle Revolution bezeichnet. Smart Industry schafft das, was manchmal als "Smart Factory" bezeichnet wird. Innerhalb der modular aufgebauten Smart Factories überwachen cyberphysikalische Systeme physikalische Prozesse, erstellen eine virtuelle Kopie der physikalischen Welt und treffen dezentrale Entscheidungen. Über das Internet of Things kommunizieren und kooperieren cyberphysikalische Systeme miteinander und mit Menschen in Echtzeit, und über Cloud Computing werden sowohl interne als auch unternehmensübergreifende Dienstleistungen angeboten und von den Beteiligten der Wertschöpfungskette genutzt." [Industrie4.0_2018]

Die "Plattform Industrie 4.0" hat viele Potenziale und Herausforderungen identifiziert, die alle Teil der fünf Handlungsfelder sind:

- horizontale Integration
- digitales End-to-End-Engineering
- vertikale Integration
- neue soziale Infrastrukturen
- cyberphysikalische Produktionssysteme

Viele allgemeine Beschreibungen - sowohl technologisch als auch allgemein - finden sich in der Literatur: Der Bericht für das Referat "Industrie, Forschung und Energie" des Europäischen Parlaments ist neben den Dokumenten der deutschen "Plattform Industrie 4.0" eine ausgezeichnete allgemeine Leitlinie (Smit et al., 2016). Rojko gibt einen allgemeinen Überblick über Konzepte und Technologien der Smart Industry (Rojko, 2017) und Xiaomin diskutiert den "Klebstoff", der alle "Teile" der vernetzten Industrie zusammenhält: die Datenkommunikationsnetze (Xiaomin et al., 2017).

7.2 Wen und für wen und wann trainieren?

Wie man den Zeitrahmen für das (Training für) die Entwicklung der Smart Industry abschätzt.

Der Zeitpunkt für die Umsetzung der teilweise disruptiven Smart Industry-Technologien liegt im Zeitraum 2020 (selektive Pilotanlagen) über 2025 für eine breite Anpassung von Standardlösungen an die Realisierung einer "wahreren" Smart Industry um 2030 (siehe Abbildung 1) (Berger, 2018). Folglich findet der Wandel jetzt und in den nächsten Jahren statt: Die meisten Recherchen, Entwicklungen und Einsätze werden von den derzeitigen Mitarbeitern durchgeführt.

Das bedeutet, dass wir uns vor allem auf die Schulung des bestehenden Personals konzentrieren müssen: Lebenslanges Lernen & Erwachsenenbildung und Training sind in dieser Phase der Realisierung der Smart Industry von größter Bedeutung. Parallel dazu müssen die "Millennials" in die Belegschaft integriert werden.

Seltsamerweise sind nicht alle Unternehmen der Meinung, dass die Smart Industry-Ausbildung heute in der Weiterbildung relevant ist (siehe Abbildung 33). zeigt, dass die meisten Großunternehmen bei der Organisation der beruflichen Bildung am Arbeitsplatz eine proaktive/innovative Position einnehmen, sodass die KMU für die Notwendigkeit der Vorbereitung auf die Smart Industry sensibilisiert werden müssen (Pfeiffer, Lee, Zirnig, & Suphan, 2016).

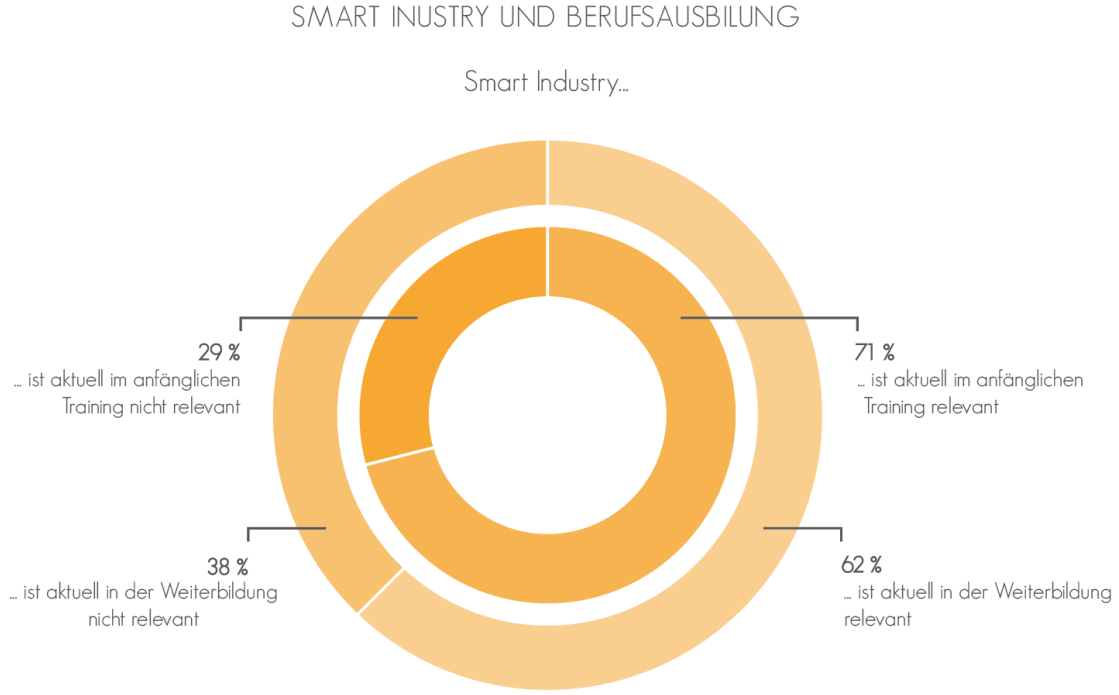

Abbildung 33: VETtoday: Nicht alle Unternehmen sind der Meinung, dass Smart Industry Training heute in der Weiterbildung relevant ist.

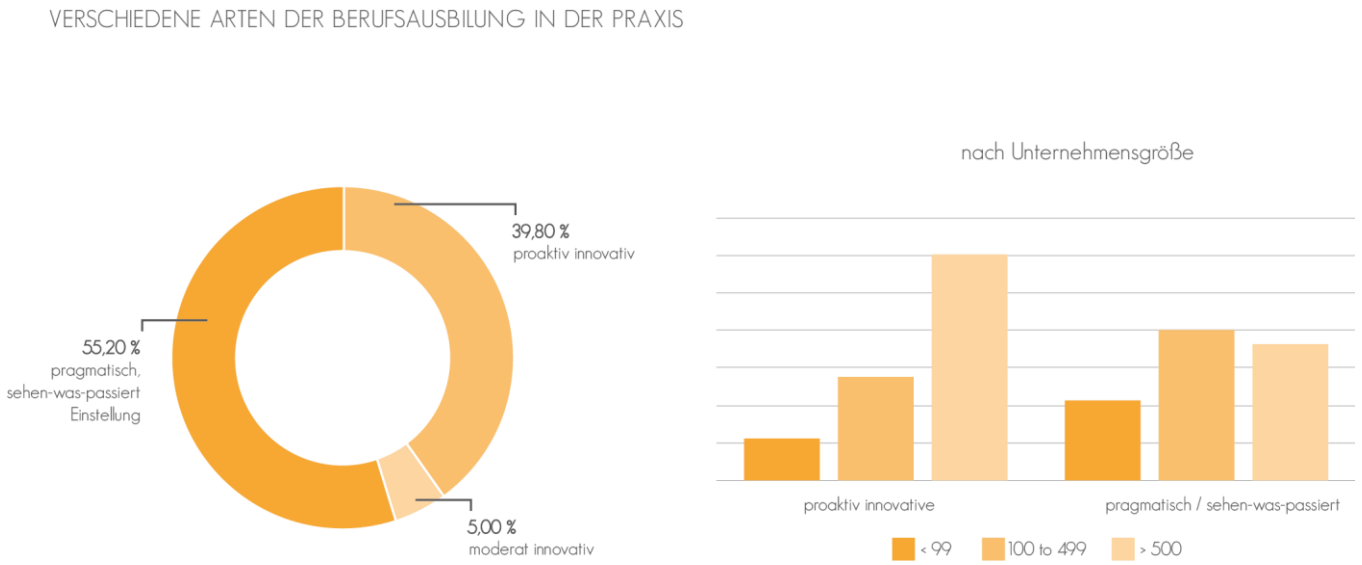

Abbildung 34: Meistens nehmen große Unternehmen eine proaktive/innovative Position in Bezug auf die Organisation der beruflichen Bildung am Arbeitsplatz ein.

7.3 Worauf wir trainieren müssen

Diese Abschnitte enthalten Informationen darüber, wie die verschiedenen Dimensionen des Technologiewechsels und ihre Auswirkungen auf die für die Berufsbildung (Vocational Education and Training) und für die höherwertigen STEM-Profile (Science, Technology, Engineering and Mathematics) relevanten Qualifikationen abgeschätzt werden können.

7.3.1 Dimensionen der Smart Industry, die für die Berufsbildung relevant sind

7.3.1.1 *Qualifikationen für die Smart Industry mit Relevanz für die Berufsbildung*

Es gibt keine einheitliche, endgültige Version von Smart Industry und damit keine einheitliche Antwort auf die Frage nach den geeigneten Qualifikationen für die Berufsbildung (Vocational Education and Training). Qualifikationsanforderungen werden am einfachsten und genauesten durch die partizipative Beteiligung der Mitarbeiter an der Implementierung von Smart Industry identifiziert.
Und Qualifikation ist letztlich auch eine Frage des Willens: Wollen Unternehmen in Zukunft eine breite Qualifikationsbasis oder wollen sie die Technologie so gestalten, dass sie durch die Automatisierung in Zukunft unabhängig von solchen Qualifikationen werden?

Die Tabelle „Dimensionen" (Pfeiffer, 2015) gibt einen Überblick über die Dimensionen der Smart Industry, die - aus heutiger Sicht - für die berufliche Qualifikation relevant sind.

Qualifikationsrelevante Dimensionen der Smart Industry		
soziale Netzwerke @PRODUKTION	Web 2.0. Shift Doodle. Tabletten.	Ansätze, bei denen Web 2.0-Nutzungsszenarien in die Fertigung einfließen, d.h. webbasierte Anwendungen für die zwischenmenschliche Kommunikation, die auf jeder Plattform und auf den entsprechenden mobilen Geräten verfügbar sind; z.B. eine Anwendung wie "Doodle" zur Koordination der Schichtarbeit oder Wartungspersonal, das über das Web mit Hilfe von Tablets kommuniziert.
Daten @PRODUKTION	CPS. Internet of Things. Big Data	Qualitativ neue Datenverbindungen zwischen physischen Objekten, die bisher keine Datenverbindungen hatten, eröffnen neue Potenziale für eine selbstorganisierte Produktionssteuerung, Instandhaltung und Logistikintegration (cyberphysikalische Systeme). Internet of Things und Big Data-Anwendungen zu Maschinenverschleiß, Logistik etc.
nextGEN PRODUKTION	Zweiarmige Roboter. Leichte Roboter. Adaptive Robotik. 3D-Drucken.	Neue Automatisierungsansätze in der Produktions- und/oder Handhabungstechnik sind Leichtbau- und Zweiarmroboter, Roboter mit mehr Sensoren (mit höherer Empfindlichkeit oder Anpassungsfähigkeit) oder additive Technologien wie der 3D-Druck.
AUTOMATION @Körper & Geist	Wearables. Quantifiziere mich. Big Data Zugriff auf wichtige Funktionen	Wearables und selbstquantifizierende Apps ermöglichen in Kombination mit Big Data und intelligenten Algorithmen den Zugriff und die Überwachung von Körper- und Vitalfunktionen der Mitarbeiter.

Tabelle 9.1: Überblick über die für die Berufsbildung relevanten Dimensionen der Smart Industry.

- Social Media@production: Mobile Webkommunikation in der Produktion.
  Ansätze, bei denen Web 2.0-Nutzungsszenarien Teil der Fertigung werden, d.h. Anwendungen für die zwischenmenschliche Kommunikation, die webbasiert sind und somit auf jeder Plattform und auf den entsprechenden mobilen Geräten verfügbar sind. So kann beispielsweise eine App wie "Doodle" zur Koordination der Schichtarbeit verwendet werden. Diese Ansätze haben eher den Charakter eines Aufholprozesses, da die Social Media-Nutzung in Unternehmensbereiche vordringt, in denen sie bisher nicht genutzt wurde. Streng genommen geht es hier nicht um Smart Industry, sondern einfach um einen Wandel der Kommunikationsmedien. Dies hat eher Auswirkungen auf die Unternehmenskultur als auf Beschäftigung und Qualifikation: Die Millennials stellen es beim Betreten der Arbeitsfläche vor.

Einige typische Szenarien sind:

- "Shift Doodle" und Web 2.0: Mitarbeiter nutzen eine App, um sich in einer Gruppe oder über verschiedene Schichten hinweg zu beraten, z.B. um zu entscheiden, wer am Samstag zur Arbeit kommt, wenn eine Sonderschicht erforderlich ist. Webbasierte Tools werden auch für das Ideenmanagement und für kontinuierliche Verbesserungsprozesse eingesetzt.
- Mobile Geräte zur Produktionsüberwachung (intern oder beim Kunden): Dank neuer, weitgehend selbststeuernder Netzwerke benötigen Produktionsabläufe nicht mehr so viel intensive Unterstützung wie bisher. Das Personal muss nicht mehr ständig zur Hand sein. Es wird weniger Personal benötigt, aber diese müssen höher qualifiziert sein. Die vielen Sensoren während des gesamten Fertigungsprozesses zeigen den Status des Systems auf mobilen Geräten an und zeigen an, wann (zukünftige) Eingriffe erforderlich sind.

- Data@production: die Integration der Materialproduktion.
  Qualitativ neue Datenverbindungen zwischen physischen Objekten, die bisher keine Datenverbindung hatten, eröffnen neue Möglichkeiten für eine selbstorganisierte Produktionssteuerung, Instandhaltung und Logistikintegration (cyberphysikalische Systeme). Sie ergänzen und erweitern die bisherigen Schritte der Computerisierung (z.B.[2] ERP-Systeme) und integrieren diese enger mit der realen Wertschöpfung (im Unternehmen) sowie den realen Logistikprozessen (über globale Wertschöpfungsketten bis zum Endkunden). Dieses Potenzial für eine neue Art der Durchdringung der physikalischen Welt durch Daten ebnet den Weg für Szenarien, die auf großen Datenmengen und intelligenten Algorithmen basieren. Auf dieser Ebene können sich große Veränderungen ergeben, die zu veränderten Produktionsabläufen, neuen Geschäftsmodellen und mehr "flüssigen" Wertschöpfungsketten führen. Diese Entwicklung ist vor allem in Bereichen zu erwarten, die bereits über einen hohen Grad an Computerisierung und Automatisierung verfügen und vor allem zu einem enormen Anstieg der Komplexität der Gesamtsysteme führen werden. Es ist nicht möglich, die Auswirkungen auf Beschäftigung und Qualifikation allgemein abzuschätzen, aber diese werden - in ganz spezifischer Form - auftreten, wenn sich die Inhalte von Arbeitsplätzen und die Schnittstellen zwischen ihnen ändern.
  Typische Szenarien sind z.B:

  - Cyberphysikalische Systeme/Internet of Things: In einem mittelständischen Unternehmen werden technisch anspruchsvolle Zahnräder in kleinen Serien hergestellt. Der Status der verschiedenen Arbeitsschritte (Fräsen, Schleifen, Härten etc.), verschiedener Chargen und die Lage der verschiedenen Teile wird mit Hilfe von QR-Codes erfasst, die Daten an einen externen Dienstleister übermitteln. Aus diesen Daten schlägt der Dienstleister optimierte Routen für den sogenannten "Milk Runner" vor (d.h. den Verantwortlichen für Intralogistik, der die Teile zu gegebener Zeit an die entsprechenden Maschinen liefert); der qualifizierte Logistiker kann dann auf diese auf seinem Tabletcomputer zugreifen.
  - Echtzeit-Teile-/Dienstleistungsverfolgung durch den Kunden: Alle Abläufe sind so digitalisiert, dass jederzeit ersichtlich ist, wie weit die Montage einer Maschine fortgeschritten ist oder in welchem Stadium des Konstruktionsprozesses ein Kundenprojekt angekommen ist. In der entsprechenden App können nicht nur alle Mitarbeiter den Status der Prozesse überprüfen - dem Kunden kann auch die Möglichkeit geboten werden, die projektbezogenen Prozesse in Echtzeit zu verfolgen.
  - Big Data Analytics in der Wartung/Fernwartung: Die unzähligen Sensoren in den Maschinen und Anlagen - ob in der eigenen Produktionslinie oder beim Einsatz beim Kunden - erzeugen ständig große Datenmengen. Technologien, die bereits in der Vergangenheit erfolgreich eingesetzt wurden, für die vorausschauende Wartung oder Fernwartung beim Kunden, wurden nun weiterentwickelt. Große Datenanwendungen und Algorithmen, die auf künstlicher Intelligenz (KI) basieren, ermöglichen eine kontinuierliche Datenanalyse. So können Anlagenstillstände im eigenen Haus und beim Kunden erheblich reduziert und Ersatzteile rechtzeitig vor Verschleißerscheinungen produziert und geliefert werden.
  - Personalisierung von Produkten bis zur Losgröße 1: Durch die zunehmende Integration und intelligentere Produktionsabläufe ist es gelungen, Artikel noch kundenspezifischer zu produzieren. In naher Zukunft können viele Produkte in Losgröße 1 angeboten/produziert werden, mit einer Kostenstruktur, die früher nur bei großen Losgrößen und relativ standardisierten Produkten denkbar war. In einigen Fällen können Kunden die Produkte bereits online selbst konfigurieren, um ihren ganz spezifischen Anforderungen gerecht zu werden.
  - Produktionskontrolle durch das Produkt: Deutliche Verbesserungen wurden bei der Feinsteuerung der Produktion erzielt, die nun dezentralisiert ist. Das hergestellte Produkt kontrolliert sich praktisch selbst durch den gesamten Prozess. Jeder Prozessschritt, jede Qualitätsprüfung - alles geschieht weitgehend automatisch, da Teile und Maschinen ihre Daten direkt austauschen.

[2] ERP: Unternehmensressourcenplanung

- nextGEN production: neue Produktionstechniken.
  Neue Ansätze in der Produktions- und/oder Handhabungstechnik sind Leichtbau- und Zweiarmroboter, Roboter mit mehr (und empfindlicheren oder adaptiveren) Sensoren, additive Verfahren wie 3D-Druck, Drohneneinsatz, Rapid Prototyping, virtuelle Inbetriebnahme, digitale Zwillingstechnik, etc.
  Preiswerte Roboter und Drohnen sind wahrscheinlich die Innovationen, die am ehesten entscheidende Veränderungen in Bereichen bewirken, die bisher aus wirtschaftlichen Gründen einen vergleichsweise hohen Anteil an menschlicher Arbeit hatten - z.B. Transport und Logistik, Verpackung, Liefer- und Versandservice sowie Hand- oder Hybridmontage.
  3D-Druck (oder andere additive Verfahren), virtuelle Inbetriebnahme und digitale Twin-Technologie werden in absehbarer Zeit die Innovationszyklen im Fertigungsbereich beschleunigen.
  Typische Szenarien für den Bereich der industriellen Produktion könnten sein:
  - Additive Prozesse/3D-Druck: In nur wenigen Jahren hat sich der 3D-Druck von einem Gimmick zu einem ernsthaften Angebot entwickelt. Heute kann diese Technologie alle benötigten Materialien mit ausreichender Maßgenauigkeit herstellen. Dadurch haben sich die Prozesse im Werkzeugbau, in dem zunehmend Rapid Tooling eingesetzt wird, erheblich verändert.
  - Zweiarmige und leichte Roboter: Große Industrieroboter waren in der Vergangenheit in unseren KMU in der Regel nicht finanzierbar. Aber da Roboter - ganz zu schweigen von den Cobotern - leichter und billiger geworden sind, hat es sich gelohnt, sie in immer mehr Bereichen einzusetzen. So kann beispielsweise ein zweiarmiger Roboter für individuelle Zuführ- und Einlegevorgänge und sogar für die Verpackung von Ersatzteilen eingesetzt werden.
  - Rapid Prototyping und virtuelle Inbetriebnahme beschleunigen den Design- und Entwicklungsprozess sowie die eigentliche Inbetriebnahme neuer mechatronischer Produktionsmaschinen.
- Automation@ body & mind: Datengestützter Zugang zu Körper und Wissen.
  Wearables, Augmented und Virtual Reality Tools, kombiniert mit großen Datenmengen und intelligenten Algorithmen, erweitern den Zugriff und die Überwachung auf die Körper- und Vitalfunktionen der Mitarbeiter. So können Arbeitsprozesse ergonomischer gestaltet und die Ergonomie für den Einzelnen optimiert werden. Dies könnte auch den Weg für eine Arbeit ebnen, die dem Alterungsprozess Rechnung trägt. Gleichzeitig birgt die Erfassung großer, regelmäßig gesammelter Datenmengen unbekannte Gefahren - sie bietet ungehinderten Zugang zum Subjekt und sogar zur Privatsphäre, die stark mit dem Körper verbunden ist.
  Typische Szenarien in naher Zukunft könnten sein:
  - Wearables, Augmented und Virtual Reality Tools: Technologien, die Mitarbeiter an ihrem Körper tragen, sind neu. In der Montage beispielsweise hilft ein intelligenter Handschuh den Mitarbeitern, die richtigen Techniken anzuwenden. Mit der zunehmenden Produktvielfalt sind die Montageaufgaben immer anspruchsvoller geworden: Routine und ständig wiederkehrende Abläufe gehören damit der Vergangenheit an. Der intelligente Handschuh hilft, indem er auf einem Display anzeigt, ob das falsche Teil montiert oder die falsche Schraube aufgenommen wurde. Smart Glasses für Augmented/Virtual Reality helfen auch z.B. bei der Wartung von Maschinen beim Kunden.
  - Erfassung von Vitaldaten: Die Daten, die von Wearables während der Nutzung gesammelt werden, werden mit Hilfe von Algorithmen auf Basis der KI analysiert. Mitarbeiter können ihr privates Fitnessgerät (z.B. eine intelligente Uhr) freiwillig mit dem Gesundheitsmodul der Unternehmenssoftware verbinden. Das Gesundheitsmanagement des Unternehmens kann anhand der nicht personalisierten, aggregierten Daten sehen, wie der Gesundheitszustand der Mitarbeiter aussieht und ob in bestimmten Abteilungen besondere Spitzenbelastungen auftreten.

7.3.1.2 *Auswirkungen auf den Qualifikationsbedarf*

Diese 4 technologischen Dimensionen führen zu einer Reihe von Qualifikationsbedürfnissen, von denen eine Reihe in den Tabellenanforderungen erwähnt werden.

Die data@production enthält die tatsächlichen Veränderungen im sogenannten Kern der Smart Industry (siehe nächster Abschnitt) und dem Bereich mit dem größten Potenzial für disruptive Veränderungen.
Automation@body & mind wird nicht nur in der Smart Industry, sondern generell auch in Smart Health eine Rolle spielen.

	Smart Industry und Einflussfaktoren - Qualifikationsanforderungen				
	Teilnahme	Erhöhen	Ausmaß der Änderung		
	Designprozess	**↑ Komplexität**	Arbeitsmittel	Gegenstand der Arbeit	Arbeitsorganisation
soziale Netzwerke @PRODUKTION	Nur wirksam, wenn sie von Mitarbeitern nach ihren Bedürfnissen gestaltet werden.	Vergleichsweise unproblematisch, oft aus dem Alltag bekannt. Lernen durch Tun ist möglich. Das Wissen um Kontrolle, Transparenz und Leistung gewinnt an Bedeutung.			
Daten @PRODUKTION	Nur mit Input von technischem und praktischem Wissen der Mitarbeiter formbar.	Die Arbeitskapazität nimmt an Bedeutung zu, ist aber schwieriger zu realisieren.	Disruptive Veränderung. Steigende Nachfrage nach formaler Qualifikation im Datenhandling und der Fähigkeit, sich off- und online zu beziehen. Verbesserung der Qualifikation in den Kernkompetenzen Industrie und Logistik, Risiko einer Herabstufung der Margen. Inhalte der geforderten Qualifikation können kaum ex ante festgelegt werden.		
nextGEN PRODUKTION	Nur mit Input von technischem und praktischem Wissen der Mitarbeiter formbar.	Neue Arbeitskapazitäten entstehen.	Die Fähigkeiten zur Maschinenbedienung können schrittweise erworben werden, wenn man von der Facharbeiterqualifikation ausgeht.		Teilweise neue Verfahren, neue Kundennähe, erhöhte Komplexität.
AUTOMATION @Körper & Geist	Entwicklung mit den Mitarbeitern, um Missbrauch zu vermeiden und die Leistungen in ihrem Namen zu stärken.	Gefahr der Unterschätzung von Praxiswissen. Der Erwerb neuen praktischen Wissens ist schwieriger.	Abhängig von den wichtigsten Designentscheidungen: Geringer Qualifikationsanspruch bei reiner Unterstützung von Menschen. Andernfalls besteht die Gefahr einer systematischen Herabstufung von Qualifikationen.		

Tabelle 6: Smart Industry und Einflussfaktoren - Qualifikationsanforderungen.

7.3.2 Höhere STEM-Herausforderungen für Automatisierung und Produktion in der Smart Industry

7.3.2.1 *Einführung*

Die Herausforderungen in STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) im Hinblick auf die Smart Industry auf einem höheren (akademischen) Niveau sind vielfältig und teilweise disruptiv. Dieser Abschnitt gibt einen breiteren Überblick über die Technologiebereiche, die als data@- und automation@- bezeichnet wurden. Sie sollte nicht nur als auf Bildung und lebenslanges Lernen ausgerichtet angesehen werden, sondern auch für Forschung und Entwicklung sowie für (offene) Innovationen. Pfeiffer stellt in (Pfeiffer et al., 2016, S. 7) fest, dass sich in Deutschland ein großer Teil der Unternehmen in der traditionellen und/oder späteren Atmosphäre hinsichtlich der Zusammenarbeit zwischen Ausbildungsabteilungen und F&E befindet. Auch wenn dieser Aspekt weitreichender ist, ist es wichtig, ihn zu beachten.

ZUSAMMENARBEIT ZWISCHEN AUSBILDUNGSABTEILUNG UND F&E

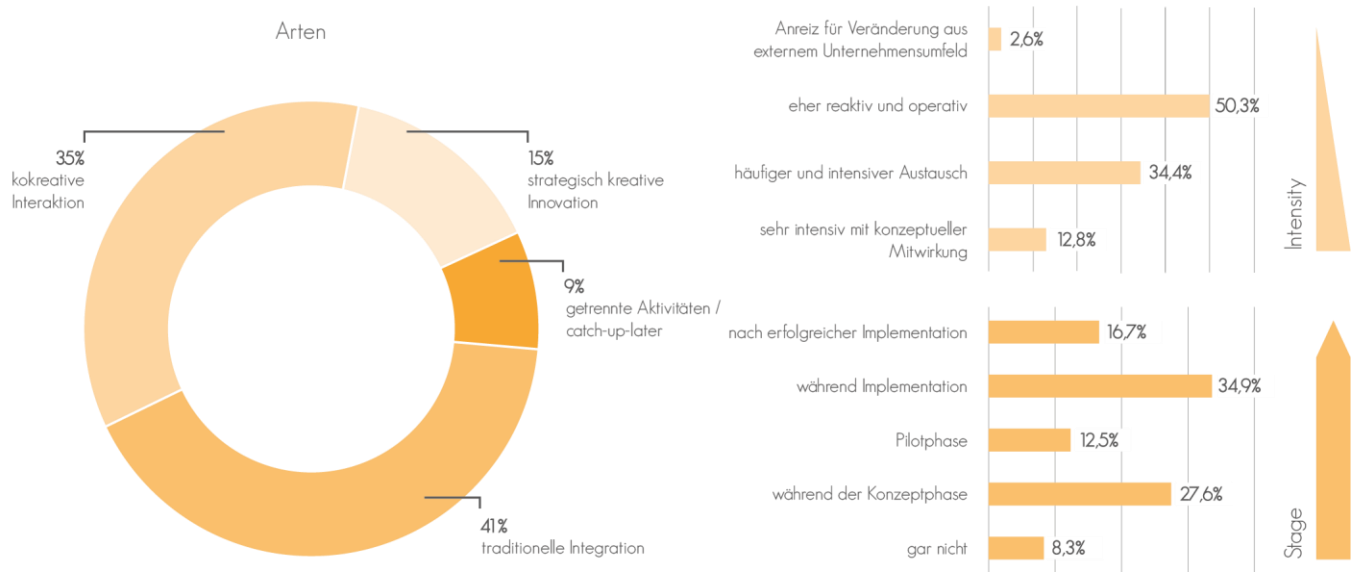

Abbildung 35: Zusammenarbeit: Zusammenarbeit zwischen Training und R&D-Abteilungen.

7.3.3 Smart Industry Technologietrends zur Aus- und Weiterbildung für die Bereiche

In den letzten 30 Jahren gibt es drei Paradigmenwechsel in der industriellen Produktion, die sich auf Bildungsthemen und Ausbildung auswirken: zuerst CIM und dann über Lean Manufacturing jetzt in die Smart Industry (Schallock, Rybski, Jochem, & Kohl, 2018).
Der erste Paradigmenwechsel, CIM (Computer Integrated Manufacturing), konzentriert sich auf Automatisierung und Informationsfluss. Dies sind in der Tat wieder die Kernbereiche der Technologien, die sich in der Smart Industry stark verändern können, wie bereits erwähnt. Im Mittelpunkt stand die Einführung von Computern in der Fertigung in Verbindung mit CAD- und ERP-Systemen.
Das zweite Paradigma, die "Lean-Welle", rückte die organisatorische Gestaltung und Segmentierung von Fabrikstrukturen in den Mittelpunkt.
Für den anstehenden Paradigmenwechsel Smart Industry liegt der Fokus auf der Digitalisierung in der Branche.

Eine breite Umfrage für den VDMA (Pfeiffer et al., 2016, S. 14) zeigt die Relevanz von Technologietrends in der Smart Industry jetzt und in (wie erwartet in) 2025. Diese bilden einen guten Indikator für den Trainingsbedarf.

Die "Plattform Industrie 4.0" wies auf die folgenden Anforderungen als Qualifizierungsumfang hin:

- Digitale Lerntechniken (siehe Abschnitt "Wie man trainiert")
- Berufsbezogene Qualifizierung (z.B. Training on the job, lebenslanges Lernen)
- Leitung und Betrieb von Produktionssystemen

- Interdisziplinäre Produkt- und Prozessentwicklung (Rapid Prototyping, virtuelle Inbetriebnahme, digitale Twin-Technologie)
- Spezifische Smart Industry Kompetenzen (siehe die nächsten Abschnitte)
- Kompetenzbewertung

Diese Anforderungen und Herausforderungen zeigen die Bedeutung von Qualifikation und Personalentwicklung in naher Zukunft. Es wird deutlich, dass Smart Industry mehr ist als nur Technologie. Die Personalressourcen werden in Zeiten der Smart Industry wahrscheinlich noch wichtiger sein.
Diese Anforderungen können beispielsweise von Unternehmen erfüllt werden, die adäquate Trainingsprogramme für lebenslanges Lernen planen, oder z.B. in Trainingsprogrammen von "Lernfabriken" (Schallock et al., 2018). Eine Lernfabrik könnte (oder sollte) die folgenden drei Kategorien von Fähigkeiten abdecken:

- Technische Fähigkeiten
- Transformationsfähigkeiten (z.B. Veränderungen in allen Phasen des Produktionssystems vorschlagen und umsetzen; lernen, Transformationsprinzipien in ihren Heimatwerken anzupassen)
- Soziale Kompetenzen (z.B. Wissenstransfer, Wissenserwerb, Zusammenarbeit zur Synchronisation von Prozessen und Lieferterminen und zur Fehleranalyse, Kommunikation, Zusammenarbeit mit anderen in Gruppen und Teams, Konfliktmanagement, Durchsetzungsvermögen, körperliche und geistige Belastbarkeit, konzeptionelle Arbeit und systematische Problemlösung).

Es ist - in Bezug auf die technischen Fähigkeiten - eine Herausforderung, den Arbeitskräftemangel bei IT-Fachkräften und Smart Industry-Kompetenzen zu überwinden. Es ist wichtig, Mitarbeiter zu haben, die die richtige Technologie kennen, aber - überraschenderweise - Erfolg oder Misserfolg hängt nicht nur von der Beherrschung der richtigen Technologie (Programmierkenntnisse, Software, Sensorik) ab, sondern von einer breiteren Palette von personenorientierten Faktoren. Wie in der Price Waterhouse Coopers's 2016 Global Industry 4.0 Survey angegeben: "Industrieunternehmen müssen eine robuste digitale Kultur entwickeln und sicherstellen, dass der Wandel durch eine klare Führung der C-Suite vorangetrieben wird. Sie müssen auch Digital Natives und andere Mitarbeiter, die sich in einer dynamischen Ökosystemumgebung wohlfühlen, gewinnen, halten und schulen."

Ein (weiterer) Satz von 9 Technologietrends - vorgeschlagen von - wird in diesem Absatz kurz diskutiert (Rüßmann et al., 2015, siehe Abbildung 36). Diese bilden die Grundlage für die Auswahl der Themen der Programme für lebenslanges Lernen und für zukünftige Veränderungen in der Erstausbildung:

- Große Datenmengen und Analysen
- Autonome Roboter
- Simulation, "Co-Simulation" und "integriertes Design"
- Horizontale und vertikale Systemintegration
- Das industrielle Internet of Things
- Cybersicherheit
- Die Cloud
- Additive Fertigung
- Erweiterte Realität

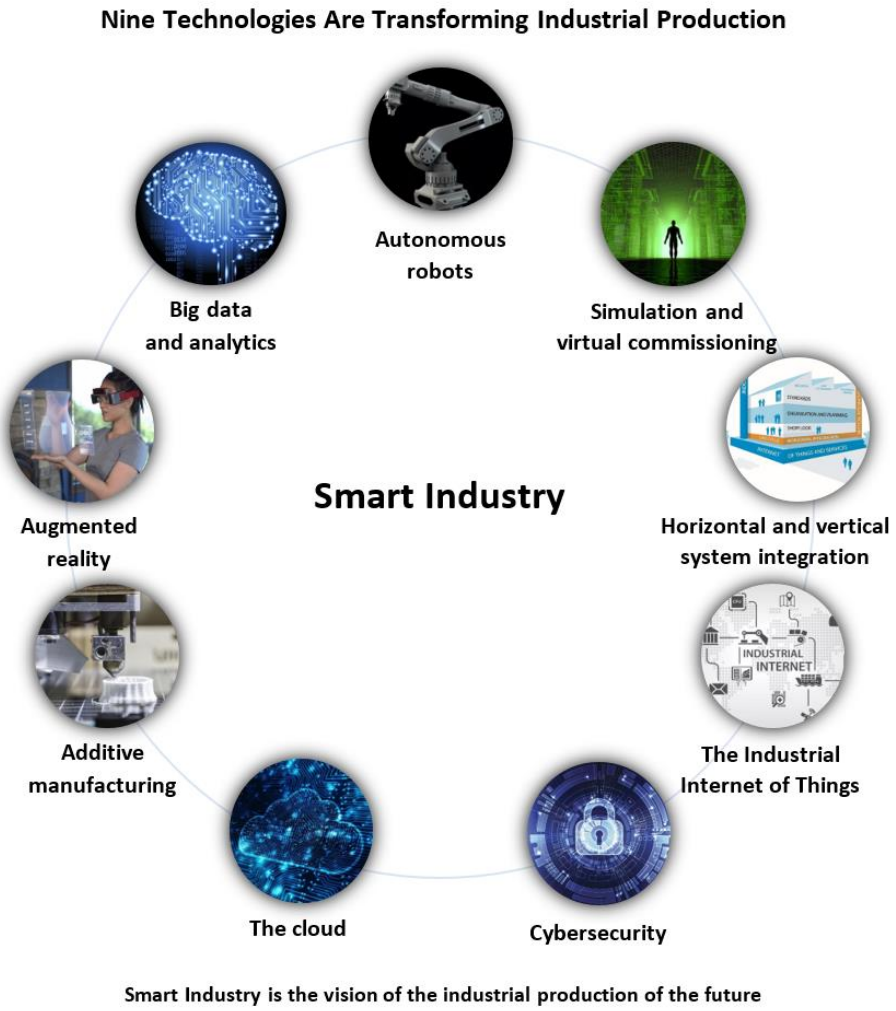

Abbildung 36: Einige wichtige Technologietrends für die Smart Industry.

Viele der neun technologischen Fortschritte, die die Grundlage für die Smart Industry bilden, werden bereits in der Fertigung eingesetzt, aber mit Smart Industry werden sie die Produktion verändern: Isolierte, optimierte Zellen werden zu einem vollständig integrierten, automatisierten und optimierten Produktionsablauf zusammenkommen, was zu höheren Wirkungsgraden führt und die traditionellen Produktionsbeziehungen zwischen Lieferanten, Produzenten und Kunden - sowie zwischen Mensch und Maschine - verändert.

7.3.4 Auswirkungen der industriellen Innovation auf die Rolle der Arbeitswelt

Die Auswirkungen der Computerisierung auf den Arbeitsmarkt wurden intensiv untersucht. Die Zusammensetzung der (Routine-)Aufgaben, bei denen menschliche Interaktion erforderlich ist, hat sich verändert, und die Nachfrage nach Fähigkeiten zur Bewältigung dieser Aufgaben wird durch die Nachfrage nach nicht routinemäßiger Arbeit ersetzt, da die Produktivität aufgrund der Digitalisierung steigt. gibt einen Überblick über die Auswirkungen der Computerisierung am Arbeitsplatz (Ellermann, Kreutter, & Messner, 2016, S. 119).

Aufgabenkategorie/Impact	Routineaufgaben	Nicht routinemäßige

		Aufgaben
Analytische und interaktive kognitive Aufgaben	Beispiele: Buchführung Berechnung Wiederkehrende Kundenbetreuung (z.B. Kassierer)	Beispiele: Medizinische Diagnose Juristisches Schreiben Überzeugen/Verkaufen Verwalten anderer
Auswirkungen der Computerisierung	Umfangreiche Substitution	Starke Komplementarität
Manuelle Aufgaben	Beispiele: Kommissionierung oder Sortierung Wiederholte Montage	Beispiele: Lkw-Fahrten Hausmeisterdienste
Auswirkungen der Computerisierung	Umfangreiche Substitution	Begrenzte Möglichkeiten der Substitution oder Komplementarität

Tabelle 7: Auswirkungen

Die Digitalisierung von Fabriken wird die Arbeitsplätze in den KMU des verarbeitenden Gewerbes verändern. Der Future of Jobs Report des Weltwirtschaftsforums erwähnt die zehn wichtigsten Qualifikationen, die von den Mitarbeitern verlangt werden. Diese wichtigen Fähigkeiten sind: (1) komplexe Problemlösung, (2) Koordination mit anderen, (3) Personalführung, (4) kritisches Denken, (5) Verhandlung, (6) Qualitätskontrolle, (7) Serviceorientierung, (8) Urteils- und Entscheidungsfindung, (9) aktives Zuhören und (10) Kreativität.
(Weltwirtschaftsforum. Industrielles Internet der Dinge. Erschließung des Potenzials vernetzter Produkte und Dienstleistungen, 2015)

Der technologische Wandel erfordert/ermöglicht Veränderungen in der Arbeitsorganisation, die sich in unterschiedlichen Arbeitsplätzen und Qualifikationsanforderungen widerspiegeln, die unterschiedliche Kompetenzen der Mitarbeiter erfordern. Theoretisch könnte (sollte?) dies in dieser logischen Reihenfolge geplant werden. Im wirklichen Leben verändern sich die Unternehmen in allen drei Bereichen (und nicht unbedingt in synchronen Richtungen). Der Unternehmer (Person) und seine Kompetenzen, das Unternehmen (kollektiver Akteur) und seine Arbeitsorganisation, die Arbeitsdefinition und die (derzeitigen) Arbeitnehmer (Personen) und ihre Kompetenzen sind alle relevante Zielvorgaben.
Der Verband Deutscher Ingenieure (VDI) und die American Society of Mechanical Engineers untersuchten die Auswirkungen industrieller Innovationen auf die Rolle der Arbeit in der Zukunft der Fertigung. Sie analysierten verschiedene Aufgaben und erstellten eine Liste von Qualifikationen und Fähigkeiten, die in der Fabrik der Zukunft wichtig sein werden. Sie verwendeten die MuShCo-Technik (Must, Should, Could), um die Qualifikation und die Fähigkeiten zu priorisieren. Zwei Hauptergebnisse der Forschung sind: Die in der Fabrik benötigten Qualifikationen und Fähigkeiten werden sich grundlegend ändern, und um im verarbeitenden Gewerbe erfolgreich zu sein, sind qualifizierte Arbeitskräfte erforderlich. Die Ergebnisse liegen in Tabelle 8 vor (Gehrke et al., 2015).

	Muss.....	Sollte.....	Könnte....
	...in den Kompetenzbereich der Fachkräfte der Zukunft aufgenommen werden.		
Technische Fragen und Antworten	IT-Kenntnisse und -Fähigkeiten	Wissensmanagement	Computerprogrammierung/Kodierfähigkeiten
	Daten- und Informationsverarbeitung und -analyse	Interdisziplinäres / generisches Wissen über Technologien und Organisationen	Spezialwissen über Technologien
	Statistisches Wissen	Spezialkenntnisse über Fertigungsaktivitäten und -prozesse	Bewusstsein für Ergonomie
	Organisatorisches und prozessuales Verständnis	Sensibilisierung für IT-Sicherheit und Datenschutz	Verständnis von Rechtsfragen
	Fähigkeit zur Interaktion mit modernen Schnittstellen (Mensch-Maschine / Mensch-Roboter)		
Persönliche Q&S	Selbst- und Zeitmanagement	Vertrauen in neue Technologien	
	Anpassungsfähigkeit und Veränderungsfähigkeit	Denkweise für kontinuierliche Verbesserung und lebenslanges Lernen	
	Teamfähigkeit		
	Soziale Kompetenzen		
	Kommunikationsfähigkeit		

Tabelle 8: Qualifikationen und Fertigkeiten der Arbeitnehmer in einer Fabrik der Zukunft

Wichtig für die nachhaltige Umsetzung neuer Bildungs- und Ausbildungslösungen ist die Einbeziehung relevanter Interessengruppen wie Gewerkschaften, Wirtschaftsakademien, private Bildungsanbieter oder Industrie- und Handelskammern. Darüber hinaus ist die Vermittlung von relevantem Digitalisierungswissen auch eine Aufgabe für (Berufs-)Schulen, Hochschulen und Universitäten (Quelle: Allianz für die Region).

"Allianz für die Region" identifizierte die wichtigsten Hindernisse für die Entwicklung von Fähigkeiten und Wissen:

- Unvorsichtige und unbedachte Veränderungen wie mangelnde Nutzung und Integration bestehender Ansätze und Ressourcen
- Angst vor der Einführung von Smart Industry-Technologien als Investition in die Zukunft
- Ablehnung neuer Entwicklungen, Technologien und Geschäftsmodelle
- Mangelndes Verständnis für die Bedürfnisse der Kunden oder die Anforderungen des Wettbewerbs
- Arbeitnehmerwechsel statt Weiterqualifizierung
- Fehlende Nutzung der Chancen digitaler Angebote für eine gezielte Aus- und Weiterbildung für Digitalisierung und Smart Industry
- Einhaltung traditioneller Unternehmensstrukturen und Hierarchien
- Entscheidungen ohne Beteiligung der Mitarbeiter
- Fehlende Entwicklung einer Digitalisierungsstrategie für das Unternehmen

7.4 Wie trainiert man für…
Lernmethoden für die Transformation?

Die folgenden Abschnitte zeigen, wie und warum die Auswahl einer Lernmethode für den Aus- und Weiterbildungsbedarf Ihres Unternehmens geeignet ist. Im Hinblick auf E-Learning und insbesondere MOOCs wird auch angegeben, wo diese zu finden sind, welche MOOCs sich speziell an STEM und sogar Smart Industry richten und welche die entscheidenden Erfolgsfaktoren für die Umsetzung in Unternehmen sind.

7.4.1 Hauptkonzepte

7.4.1.1 *Traditionelles Lernen versus E-Learning*

Online-Kurse und -Trainings sind heutzutage sehr beliebt, da immer mehr Institute und Unternehmen Kurse online anbieten. Trotz der Popularität der Online-Bildung halten sich jedoch große Gruppen von Menschen bewusst von solchen Methoden fern, meist aufgrund von Missverständnissen. Gleichzeitig versucht die traditionelle (Präsenz-)Ausbildung trotz der zunehmenden Beliebtheit von Online-Kursen, die Interessen der Lernenden durch neue Mittel zu wahren.
Für einige Personen ist die Online-Schulung besser geeignet, während für andere die Präsenzschulung die bevorzugte Methode ist. Darüber hinaus könnten einige Schulungen, die (industrielle) Erfahrung und praktische Übungen erfordern, für das Online-Lernen weniger geeignet sein.

Bevor wir uns näher mit E-Learning befassen, wird eine kurze Beschreibung des traditionellen Lernens und ein kurzer Vergleich mit dem Online-Lernen - anno 2018 de facto auf E-Learning reduziert - gegeben. (siehe De, 2018).

Traditionelle Klassen gelten als besser geeignet für kleine Kinder, Jugendliche und junge Jugendliche, die noch nicht ins Berufsleben eingetreten sind. Die regelmäßige Teilnahme am Unterricht hilft ihnen, mit anderen Personen ihres Alters zu interagieren, besser diszipliniert zu sein, einen regelmäßigen Zeitplan einzuhalten und ihre geistige Wachsamkeit zu verbessern.

Das Präsenzlernen hilft Schülern und Lehrern, sich besser kennenzulernen, sodass Lehrer die Schüler beobachten und ihre Stärken und Schwächen besser einschätzen können, als Mentoren fungieren und die Schüler in ihren Karrieremöglichkeiten begleiten können.

In einem traditionellen Klassenzimmer können die Schüler direkt mit dem Lehrer interagieren; die kontinuierliche Interaktion zwischen Schülern und Lehrern hilft den Schülern, ihre Ängste vor Prüfungen abzubauen, was bei der Online-Beratung selten der Fall sein kann. Darüber hinaus trägt der Umgang mit guten Lehrern dazu bei, die Schüler zu motivieren, höhere Noten zu erreichen.

Erworbene Diplome und Zertifikate sind für zukünftige Arbeitgeber eine Garantie für minimale Kompetenzen.

Angesichts von arbeitsreichen Tagesplänen und langen Arbeitstagen sieht das Online-Lernen für das lebenslange Lernen bequemer aus. Einzelpersonen können einen Kurs bequem von ihrem Büro oder zu Hause aus absolvieren. Andererseits ist bei schwierigeren oder völlig neuen Themen ein Minimum an Zeit und Fokus erforderlich. Im Allgemeinen ist die Kommunikation mit einem Online-Instruktor oft sehr unpersönlich oder manchmal sogar unmöglich. Alternativen zum Live-

Kontakt wie Online-Foren, E-Mails, Chatrooms, MOOC-Meetups usw. verbessern die Kommunikation zwischen Trainer und Schüler. Einige dieser Lösungen führen zu einem zweiseitigen synchronen E-Learning.

"Do-it-yourself"-Lernen durch den Erwerb von Wissen über Ressourcen, die z.B. über Google gefunden werden, führt oft zu einer Informationsüberflutung und erschwert die Auswahl relevanter und korrekter Informationen. Dies scheint eher für Menschen mit Master-Abschlüssen geeignet zu sein, die viel Zeit mit dem Studium verbringen können.

7.4.1.2 E-Learning

7.4.1.2.1 Einführung

"E-Learning" ist im Grunde genommen eine Reihe von Online-Bildungsdiensten, die Schüler und Auszubildende unterrichten und zur Verbesserung ihrer Fähigkeiten beitragen [elearningtheory2018]. Sie kann heute als die wichtigste Form des "Fernunterrichts" angesehen werden.

Verschiedene Konzepte, die Computer im Lernkontext verwenden, darunter Computer Assisted Instruction (CAI), Computer Assisted Learning (CAL), Computer-Based Education (CBE), E-Learning, Learning Management Systems (LMS), Self-Directed Learning[3] (SDL) und Massive Open Online Courses (MOOC) werden in [elearningtheory2018] diskutiert. Alle diese Konzepte haben zwei Aspekte gemeinsam: Lernen und Computer; nur SDL gilt nicht unbedingt für die Computernutzung. Die Computerkenntnisse werden sich als entscheidender Faktor für den Erfolg von Online-Kursen erweisen (siehe Abschnitt "Schlüssel zum Erfolg - Fallstricke").
Online-Plattformen können auch eine vielfältigere Darstellung der Schülerpopulationen bieten, da sich die Lernenden auf die Arbeit in der Smart Industry vorbereiten. Die Vielfalt entsteht durch die Interaktion mit Studierenden außerhalb der eigenen geographischen Lage, die möglicherweise eine Vielzahl von Perspektiven auf die Lehrinhalte bietet und so kulturelle Unterschiede verringert.

Die Lernerfahrung ist typischerweise asynchron, kann aber auch synchrone Elemente beinhalten (Wikipedia-Mitwirkende, 2018b). Die überwiegende Mehrheit der Institutionen nutzt ein Learning Management System (LMS) für die Verwaltung von Online-Kursen (Quizworks B.V., 2018). Im nächsten Abschnitt werden die Delivery-Methoden (synchrones und asynchrones Lernen) und Learning-Management-Systeme vorgestellt.

7.4.1.2.2 Lieferformen: synchrones und asynchrones Lernen

Grundsätzlich beinhaltet synchrones Lernen Online-Lernen durch "Chat". Diese Art des Lernens kann nur online erfolgen. Indem Sie online sind, kannst du mit deinem Lehrer und anderen Schülern in Kontakt bleiben. Es wird als synchrones Lernen bezeichnet, da das System es den Schülern ermöglicht, ihren Lehrern oder Kommilitonen sofort Fragen per Instant Messaging zu stellen.
Asynchrones Lernen hingegen kann online und offline durchgeführt werden. Asynchrones Lernen beinhaltet Kursarbeit, die über Web-, E-Mail- und Messageboards durchgeführt wird, die dann in Online-Foren veröffentlicht werden.

Asynchrone Lernumgebungen sind Online-Räume, in denen die Arbeit durch den Einsatz digitaler Plattformen so unterstützt wird, dass die Teilnehmer nicht gleichzeitig online sein müssen. Thread-Diskussionen, (individuelle) Skype-Meetings, E-Mails und Telefonate sind Optionen einer asynchronen Bereitstellung. Obwohl dies "jederzeit und überall" attraktiv sein mag, könnte die Regelmäßigkeit des Studiums beeinträchtigt werden.
Ein Vorteil des asynchronen Lernens ist, dass der Lernende mehr Zeit hat, inhaltsbezogene Antworten auf die Beiträge des Lehrers und der Kollegen zu generieren; er hat Zeit, Fakten zu finden, um seine schriftlichen Aussagen zu untermauern, Tests durchzuführen, sich auf Kollegen in der Fabrik zu beziehen, etc. Die zusätzliche Zeit bietet die Möglichkeit, die Fähigkeit des Lernenden zur Informationsverarbeitung zu erhöhen. Die Rechtschreibung und Grammatik innerhalb von Postings einer asynchronen Umgebung sollte derjenigen entsprechen, die im formalen akademischen Schreiben zu finden ist.

---

[3] Selbstgesteuertes Lernen ist ein Prozess, in dem die Schüler die Initiative ergreifen, ihren Lernbedarf zu diagnostizieren, Lernziele zu formulieren, Lernressourcen zu identifizieren, Lernstrategien auszuwählen und umzusetzen und Lernergebnisse zu bewerten. Die Rolle des Instructors verlagert sich vom "Weisen auf der Bühne" zum "Begleiter auf der Seite" in einer selbstgesteuerten Lernumgebung. (http://edutechwiki.unige.ch/en/Self-directed_learning)

Andererseits ist eine der Haupteinschränkungen dieser Bereitstellungsmethode das größere Potenzial für einen Lernenden, sich aus der Lernumgebung herausgelöst zu fühlen. Asynchrones Lernen wird als weniger sozial angesehen und kann dazu führen, dass sich der Lernende isoliert fühlt. Das Gefühl der Zugehörigkeit zur Universität oder Institution wird dem Gefühl der Isolation entgegenwirken: Links zu universitären Unterstützungssystemen, zur Bibliothek, zu Labors können für diesen Aspekt sehr nützlich sein.

Synchrone Lernumgebungen ähneln am ehesten dem Präsenzlernen. Synchrones Lernen findet über digitale Plattformen statt, bei denen die Lernenden gleichzeitig die Online-Medien nutzen. Im Vergleich zum asynchronen Lernen bieten synchrone Online-Umgebungen ein größeres Gefühl der Unterstützung, da der Austausch von Text oder Sprache unmittelbar erfolgt und sich eher wie ein Gespräch anfühlt. Wenn Plattformen wie Webkonferenz oder Videochat verwendet werden, können die Lernenden den Tonfall anderer hören, was ein besseres Verständnis der Inhalte ermöglichen kann. Wie in einer traditionellen Klassenzimmerumgebung können Online-Lerner das Bedürfnis verspüren, das Gespräch am Laufen zu halten, sodass es ein Potenzial gibt, sich auf die Quantität der Antworten über die Qualität der Inhalte innerhalb der Antwort zu konzentrieren. Die synchrone Umgebung - mit Echtzeit-Antworten - kann es den Schülern oder Dozenten jedoch ermöglichen, Klarheit über das Gesagte zu schaffen oder mögliche Fehleinschätzungen zu beseitigen.

7.4.1.2.3 Lernmanagementsysteme

Das meiste Online-Lernen erfolgt über das Learning Management System (LMS) einer Hochschule, Universität oder eines Unternehmens: Es ist wichtig, ein einheitliches System zu haben, das die Nachbereitung der Person, die einen Kurs besucht, ermöglicht.
Ein LMS ist eine Softwareanwendung zur Verwaltung, Bereitstellung und Verfolgung von Bildungsressourcen. Laut dem Educause Center for Analysis and Research (ECAR) ist der Einsatz eines LMS fast allgegenwärtig, da 99% der nordamerikanischen Hochschulen und Universitäten berichten, dass sie über ein solches verfügen (Wikipedia Contributors, 2018b). In der Fakultät berichten 87% über die Verwendung eines LMS und finden es nützlich für die "Verbesserung des Unterrichts (74%) und des Lernens von Studierenden (71%)". Ebenso nutzen 83% der Studierenden ein LMS in ihren Kursen, während die Mehrheit (56%) sie in den meisten oder allen Kursen verwendet.
Die meisten Institute - Zahlen beziehen sich auf die USA und Kanada - nutzen LMSs von externen Anbietern (77%): Blackboard dominiert derzeit die LMS-Umgebung mit einer Akzeptanzrate von 31,9%, gefolgt von Moodle mit 19,1% und Canvas mit 15,3% (Wikipedia-Mitarbeiter, 2018b). Im letzten Jahr hat Canvas, by Instructure, jedoch immer mehr Marktanteile gewonnen.

7.4.1.3 *Massive offene Online-Kurse (MOOCs)*

7.4.1.3.1 Einführung

"Ein massiver offener Online-Kurs (MOOC) ist ein Online-Kurs, der auf uneingeschränkte Teilnahme und offenen Zugang über das Internet abzielt. Zusätzlich zu traditionellen Kursmaterialien wie gefilmten Vorträgen, Lesungen und Problemsätzen bieten viele MOOCs interaktive Benutzerforen, um die Interaktion zwischen Studenten, Professoren und Lehrbeauftragten (TAs) zu unterstützen" (Wikipedia-Mitarbeiter, 2019).
Eine Übersicht über MOOCs von mehreren Plattformen finden Sie unter "Class Central" [MOOCoverview2018]. Eine erweiterte Liste finden Sie unter [MOOCplatforms2018].
Ursprünglich begannen MOOCs als völlig kostenlose Online-Kurse, aber das hat sich schnell geändert. Die ursprünglichen MOOCs - hauptsächlich an amerikanischen Universitäten entwickelt, Fig. MOOChistory - waren frei und von hohem Niveau. Das Angebot ist inzwischen erweitert worden, gilt für verschiedene Bildungsniveaus und wird oft zumindest teilweise bezahlt (Shah, 2017).

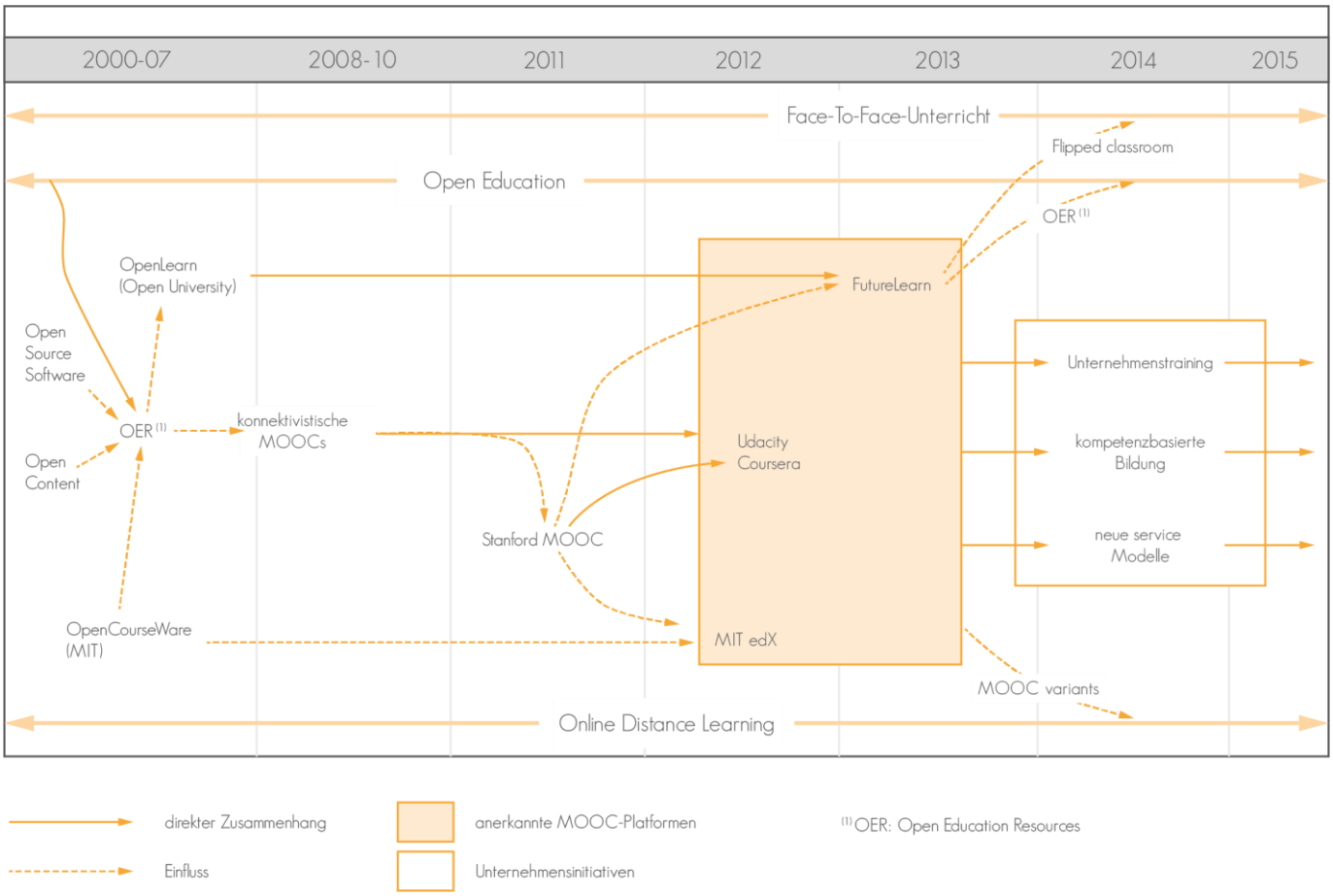

Abbildung 37: MOOChistory: Überblick über die Entwicklung von MOOCs, ausgehend vom OCW am MIT.

7.4.1.3.2 Grundlegende Funktionen von MOOCS

Werfen wir zunächst einen Blick auf das Akronym:

- Massiv: Tausende von Studenten können den gleichen Kurs "zur gleichen Zeit" belegen. Der Kurs "Introduction to Artificial Intelligence" - oft als erstes echtes MOOC bezeichnet - wurde 2012 von mehr als 150.000 Studenten besucht.
- Öffnen: Jeder kann die Kurse - unabhängig von früheren akademischen Leistungen - nutzen, sie sind kostenlos oder sehr kostengünstig und manchmal in 4 oder 5 Sprachen verfügbar.
- Online: Die Studierenden können von überall her Kurse besuchen und mit anderen Studierenden interagieren; letzteres ist - wie jedes Fernstudium, auf das mit einem LMS zugegriffen wird - ein großer Vorteil und führt oft zu Erkenntnissen aus multikultureller Sicht.
- Natürlich: Die Kursunterlagen sind mehr als nur das Hören von zuvor aufgezeichneten Vorlesungen; MOOCs sind so konzipiert, dass sie effektiv und interaktiv für den Online-Fernunterricht sind. Voraufgezeichnete Vorlesungen sind jedoch ein wichtiger Bestandteil des Kurses.

(Quelle: [MOOCplatforms2018])

MOOCs sind eine aktuelle Entwicklung im Bereich des Fernunterrichts, die erstmals 2006 eingeführt wurde und sich 2012 zu einem beliebten Lernmodus entwickelt hat[4].

[4] "Introduction to Artificial Intelligence" von Sebastian Thrun wird oft als das erste echte MOOC angesehen; es wurde 2012 von mehr als 150.000 Studenten unterzeichnet.

OpenCourseWare (OCW) ist bereits 2006 am MIT entstanden und stellt hochrangige "schriftliche Kurse" für den Rest der Welt zur Verfügung. Das Hauptziel war es, eine qualitativ hochwertige Bildung für alle zugänglich zu machen. Am anderen Ende des Fernunterrichtsspektrums befinden sich Online-Kollegs: Der Student ist an der Universität eingeschrieben, bezahlt eine Studiengebühr und besucht den Kurs online zum geplanten Zeitpunkt (synchrones Lernen). Tabelle MOOC zeigt einige Eigenschaften von OCW, MOOCs und Online-Colleges.

	OpenCourseWare	MOOC	Online Hochschulen
Kosten	Kostenlos	In der Regel kostenlos oder geringe Studiengebühren	Teuer
Struktur	Erfordert nichts vom Lernenden.	Einige Strukturen und Zeitpunkte, typischerweise asynchrones Lernen	Strenge Fristen, Hausaufgaben; synchrones Lernen
Einstufung	Keine, oder manchmal durch externe Personen	Automatisiertes Computer-Grading, Peer-Grading, Human-Grading-Verfahren	Geschehen durch den Professor
Verfügbarkeit	Offen, frei zugänglich, manchmal sogar editierbar, wenn die Quelle angegeben wird.	Eigentum der Institution, des Unternehmens oder der Plattform	Nur für Studierende zugänglich, die angenommen und eingeschrieben wurden.
Bemerkungen		Manchmal verwendet, um Studenten zu "testen" und sie danach in normale Colleges einzuschreiben.	Wird manchmal als Lösung für multi-campus-Fakultäten verwendet.

Abbildung 38: MOOC

Aufgrund der massiven Anmeldungen benötigen MOOCs ein didaktisches Design, das ein groß angelegtes Feedback und Interaktion ermöglicht. Die beiden Grundansätze sind:

- Peer-Review und Gruppenzusammenarbeit
- Automatisiertes Feedback durch objektive, Online-Bewertungen, z.B. Quiz und Prüfung. Die maschinelle Bewertung schriftlicher Arbeiten wird ebenfalls mit Hilfe von KI-Techniken (KI: Artificial Intelligence) durchgeführt.

Um der Tatsache entgegenzuwirken, dass das Studium eines MOOCs im Grunde genommen eine einsame Aufgabe ist, die meist asynchron ist und dazu verleitet, den Lernrhythmus zu verlieren, wurden MOOC Meetups in vielen Großstädten weltweit eingerichtet (Hagel, Wooll, Brown, Mathew, & Tsu, 2014, S. 14).
Unternehmen experimentieren - in der laufenden Entwicklung von MOOCs und anderen digitalen Lernprozessen - mit Meetups, um die Rolle der sozialen Lernumgebung zu erfüllen, die ein Merkmal der traditionellen Hochschulerfahrung ist. Meetup, gegründet 2002, ist ein Online-Portal für soziale Netzwerke, das Offline-Gruppentreffen an verschiedenen Orten auf der ganzen Welt ermöglicht. Der Online-Bildungsanbieter edX hat über 40 Meetup-Communities auf der ganzen Welt, während Udacity 18 hat. Fast 220 weitere Meetups gibt es für Kategorien wie "MOOCs" und "Online-Lernen". MOOC Meetups umfassen die ganze Welt mit Konzentrationen in New York, London, Bangalore und San Francisco sowie neueren Gruppen in Peking und Hyderabad.

Diese Meetups schaffen eine physische Umgebung, in der die Lernenden die Inhalte sammeln und gemeinsam nutzen können. Stadt- und Universitätsbibliotheken können in diesem Zusammenhang eine zukünftige Rolle spielen; in der Tat nichts anderes als ihre historische Rolle in den "Humanwissenschaften", die heute typischerweise eher auf die Exakt- und Ingenieurwissenschaften zutrifft. KMU und größere Unternehmen sollten in Betracht ziehen, dies in ihren Ausbildungs- oder F&E-Abteilungen zu organisieren.

7.4.1.3.3 Wo Sie Ihr MOOC finden können

Einige der größten MOOC-Plattformen im Jahr 2018 sind:

- Coursera (https://www.coursera.org/)
- edX (https://www.edx.org/)
- Unvermögen (https://eu.udacity.com/)
- FutureLearn (https://www.futurelearn.com/)

Tabelle MOOCprovider diskutiert eine Reihe von Geschäftsmodellen, Preisklassen, Angeboten, Anzahl der Anmeldungen, etc. einiger MOOC-Plattformen (Hagel et al., 2014, S. 20).

	Ort	Gestartet	Geschäftsmodell	Kurspreisspanne	Kursangebot	Anzahl der Studenten
Khan-Akademie	Mountain View, CA	2006	- Nicht gewinnorientiert - Hoher Mitteleinsatz aus Stiftungen und Spenden - Mission ist es, "eine kostenlose Bildung von Weltklasse für jedermann und überall" anzubieten.	Kostenlos	- Personalisiertes Lern-Dashboard, mehr als 100000 Übungsprobleme und mehr als 4500 Mikrovorträge/Video-Tutorials zu einem breiten Themenspektrum.	10 Millionen Schüler pro Monat
Ödeme	San Francisco, CA	2010	- "iTunes® of instruction" - erlaubt es jedem, Kurse zu schreiben und zu posten. - Der Autor besitzt IP und legt den Preis fest. - Unternehmen können Udemy als Lernsystem erwerben, um verfügbare Inhalte zu nutzen oder eigene Inhalte hinzuzufügen.	$0-$399 (Preis wird vom Kursautor festgelegt)	- 9000 Kurse, hauptsächlich fachspezifische Programme für berufliche Zwecke. - 5-18 Lektionen lang	1 Million

Coursera	Mountain View, CA	2012	- Die meisten Kurse sind kostenlos. - Unterschriftenprogramm ($100/Kurs) bestätigt die Identifikation des Studenten. - Partner mit Universitäten und nimmt einen Prozentsatz der Einnahmen aus dem Kurs ein.	Kostenlos für die meisten Kurse $49+ für die Option zur ID-Verifizierung	- Mehr als 600 akademische Kurse werden angeboten: Die Fächer reichen von Informatik bis hin zu Musik, Film und Audio. - 5-15 Wochen lang	5,9 Mio.
Unvermögen	Mountain View, CA	2012	- Entwickelt Inhalte gegen Gebühr - Teilt die Einnahmen mit Partnern (kürzlich eine Partnerschaft mit AT&T und Georgia Tech eingegangen, um einen vollständigen Master-Abschluss in Informatik anzubieten). - Bietet kostenlosen Zugriff auf die Kursunterlagen oder auf einen kompletten Kurs für ein Abonnement.	$0 oder $150 für College Credits mit ID-Verifizierung	- ~30 Kurse insgesamt - Die Probanden sind alle STEM-basiert. - Technische Kurse - 5-16 Lektionen lang	1,6 Millionen
edX	Cambridge, MA	2012	- Gegründet als gemeinnütziger Verein - Partnerschaften mit Universitäten, um Kurse auf Open-Source-Plattform anzubieten. - Universitäten zahlen eine Vorauszahlung und teilen sich zukünftige Einnahmen. - Formales Partnerschaftsprogramm für Firmenschulungen	$0 für die meisten Kurse Zusätzliche Gebühr für die Option der ID-Verifizierung	- Derzeit werden ~150 Kurse in einem breiten Spektrum von akademischen Fächern angeboten, von der Stadtplanung über Finanzen bis hin zur Kochwissenschaft. - 6-12 Wochen lang	1,6 Millionen
NovoEd	San Francisco, CA	2013	- Gewinnfreies Risikokapital - Partner mit Institutionen und ermöglicht es ihnen, ihre eigene Online-Community-Marke aufzubauen, wobei	$0-999, je nach Kurs	- Breites Spektrum an Studienfächern - Fokussiert auf unternehmerische Inhalte	170000+

			NovoEd im Hintergrund läuft.		- Unterschiedliche Kurslängen	

Tabelle 9: MOOC-Anbieter

Es gibt MOOCs, die "Industrie 4.0" (fast) direkt in ihrem Titel tragen, z.B.

- Industrie 4.0: Wie Sie Ihr Unternehmen revolutionieren können (https://www.edx.org/course/industry-4-0-how-revolutionize-business-hkpolyux-i4-0x)
- Digital Manufacturing & Design Technology Spezialisierung (https://www.coursera.org/specializations/digital-manufacturing-design-technology)

Die unter "Was ist zu trainieren" behandelten Themen gehören alle zu den neuen Top-Themen der MOOCs. Für theoretischere Grundlagen der Zukunftstechnologien gibt es also eine große Auswahl und viele Möglichkeiten.

Da die meisten Schritte in Richtung Smart Industry stark von Ingenieurkursen und -technologien abhängen, fehlen die praktischen Übungen und das Design sowie der Kontakt zu den eigentlichen Industrieanlagen. Dies wird im nächsten Abschnitt kurz erläutert.

7.4.2 Formate für die praktische Aus- und Weiterbildung

Die Wahl des Formats der praktischen Aus- und Weiterbildung - und auch der zuvor diskutierten traditionellen Lernformen, OCW, MOOCs, E-Learning im Allgemeinen, etc. - hängt stark von der Zielgruppe ab. Pfeiffer (Pfeiffer, 2015) stellt eine detaillierte Untersuchung der Auswirkungen, Anforderungen und Perspektiven auf die berufliche Aus- und Weiterbildung (Vocational Education and Training) einschließlich des lebenslangen Lernens für berufliche Funktionen in Österreich vor. On-the-job-Training - im Rahmen des lebenslangen Lernens - und Langzeitpraktikum - während der Erstausbildung - sind gängige Praktiken für die berufliche Bildung in z.B. Deutschland und Österreich.

Für theoretischere Kurse und Ausbildungen ist der traditionelle Präsenzlehrbetrieb mit viel Interaktion zwischen Lernenden und Lehrenden die bevorzugte Methode für die berufliche Ebene. Gleiches gilt für die Master-Ebene, mit der Tendenz, auch OCW oder MOOCs zu verwenden.

Da die typischen Themen für Smart Industry STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) sind und somit viele Übungen, Hands-on-Sessions und Projektarbeit erfordern, haben wir einige Optionen aufgelistet:

- Langzeitpraktika in der beruflichen Erstausbildung.
- On-the-job-Training - einmal am Arbeitsplatz - eignet sich für kurze Schulungen, Einarbeitung in neue Geräte und Webtools, etc. Es ist für alle Ebenen geeignet.
- Praktische Schulungen und Laborversuche zu neuen Technologien werden in vielfältiger Weise angeboten:
    - Interne Schulungsabteilungen - typischerweise in größeren Unternehmen - oder firmeneigenen "Universitäten" (z.B. ArcelorMittal University) bieten praktische Schulungen und Kurse an, teils vor Ort, teils in enger Zusammenarbeit mit lokalen Bildungspartnern oder Universitäten.
    - Private Unternehmen (z.B. ATS (NL, BE) und Fachverbände (z.B. VDMA, ie-net, etc.) bieten - oft herstellerabhängig - Schulungen an.
    - Als Verbreitung oder als tatsächlicher Output bieten EU- und nationale Forschungsprojekte manchmal kostenlose praktische Kurse zu Forschungsergebnissen oder zu Demonstratoren, die während des Projekts entwickelt wurden, an. So hat beispielsweise das i-MOCCA Interreg 2 Seas Projekt in Flandern in 3

Jahren mehr als 250 Unternehmen erreicht: Mehr als 750 Ingenieure besuchten zwischen einem halben Tag und 4 Tagen praktische Kurse (Knockaert, De Lepeleer, Stevens, & Saey, 2014).

- Nutzung von Augmented Reality & Virtual Reality. Z.B.: Practeria - ein britisches Unternehmen - bietet eine Mischung aus virtueller Erfahrung, Multimedia-Inhalten und Expertencoaching zur Schulung von CNC-Bedienern an (Abbildung 39: VRAR: Virtual Reality für CNC-Ausbildung und Augmented Reality für Robotik-Ausbildung., Practeria: http://practeria-web.azurewebsites.net/).
- Einsatz von "Gamification" als "on-the-job"-Training. So nutzt Accenture beispielsweise Virtual Reality als "Gamifikation" des On-the-Job-Trainings und macht es realistischer und anspruchsvoller als "serious games".
- Lernfabriken können nicht nur für multidisziplinäre Forschung und Open Innovation, sondern auch für die Ausbildung genutzt werden. Dieses Training kann technische Fähigkeiten, Transformationsfähigkeiten (z.B. Veränderungen in allen Phasen des Produktionssystems vorschlagen und realisieren; lernen, Transformationsprinzipien in ihren Heimatwerken anzupassen) oder auch soziale Fähigkeiten (z.B. Teamarbeit, Wissenstransfer, Wissenserwerb, Zusammenarbeit zur Synchronisation von Prozessen und Lieferterminen sowie zur Fehleranalyse) beinhalten..

Abbildung 39: VRAR: Virtual Reality für CNC-Ausbildung und Augmented Reality für Robotik-Ausbildung.

Abbildung 40: Praktische Schulung in der Instandhaltung von Fertigungszellen.

7.4.3 Schlüssel zum Erfolg / Fallstricke

Wie man die Schlüssel zum Erfolg in der "Lernendenzufriedenheit" und im "Lerntransfer" findet: Vorbereitung der Lernenden auf E-Learning durch Stärkung der Selbstwirksamkeit von Computern und Technologien und Umsetzung neuer Erkenntnisse.

In einer exzellenten Studie beschreiben Charlotte Gunawardena et. al. [Gunawardena2010] die Schwerpunkte für betriebliche Online-Bildungsprogramme, um sowohl bei der "Zufriedenheit der Lernenden" als auch beim "Transfer von Lernen" Erfolge zu erzielen. Diese gut dokumentierte Studie zeigt, dass für die Zufriedenheit der Lernenden die "Online-Selbstwirksamkeit5" bei weitem der entscheidende Faktor ist. Von untergeordneter Bedeutung - einige haben fast keinen Einfluss auf die Zufriedenheit des Lernenden - sind das Kursdesign (siehe Kapitel 7.4.1) und z.B. der VR-Kurs über CNC (vorheriger Abschnitt) und die Interaktion zwischen dem Lernenden, anderen Lernenden und dem Ausbilder. Bei letzteren wird die Interaktion zwischen Lernenden und Lernenden als am wenigsten wichtig bewertet.

[5] Das Selbstvertrauen und die Vorkenntnisse des Lernenden - hauptsächlich in Computer- und Softwarewerkzeugen - bei der Nutzung von Technologien zur Teilnahme an Schulungen.

Für einen effizienten Lern-/Wissenstransfer sind die kollegiale Unterstützung (Akzeptanz der Umsetzung neuer Erkenntnisse) und die organisatorische Unterstützung (Ressourcen und angemessene Arbeitsbelastung) am wichtigsten. Die Unterstützung der Manager und die organisatorischen Anreize sind weniger einflussreich (unterschiedlich oder nicht).

Quellenverzeichnis

Anderl, R., Eigner, M., Sendler, U., & Stark, R. (2012). *Smart Engineering: Interdisziplinäre Produktentstehung*. Springer-Verlag.

Angoso-Gonzalez, J., Betz Beylat, J., Gyorkos, J., Curley, M., Pegman, G., Helberger, N., … Lehrmann-Madsen, O. (2014). Internet of Things ⅛– The next revolution. A strategic reflection about an European approach to Internet of Things,. Retrieved April 9, 2018, from EU website: http://ec.europa.eu/transparency/regexpert/index.cfm?do=groupDetail.groupDetailDoc&id=17867&no=1

Annunziata, M. (2014a). Annunziata, M. The Value of Interconnectedness: Toward a new kind of industrial company. Retrieved April 4, 2018, from http://files.gecompany.com/gereports/MMWhitePaper2.pdf

Annunziata, M. (2014b). The Value of Interconnectedness: Toward a new kind of industrial company. Retrieved April 4, 2018, from http://files.gecompany.com/gereports/MMWhitePaper2.pdf

Arntz, M. (2016). *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis*.

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

Bauer, W., & Horváth, P. (2015). Industrie 4.0 - Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. *Controlling*, *27*(8-9), 515-517.

Baun, C., Kunze, M., Nimis, J., & Tai, S. (2011). *Cloud Computing*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Becker, H. P., Himpel, F., & Kuß, A. (2004). *Gablers Wirtschaftswissen für Praktiker: Zuverlässige Orientierung in allen kaufmännischen Fragen*. Springer-Verlag.

Berger, R. (2018). *Industry 4.0 – Challenge for the F&B industry in Greece, advantage or competitive disadvantage? ; presentation on Siemens F&B Day Greece 2016*. Presented at the Siemens F&B Day Greece, Greece.

Biesel, H., & Hame, H. (2018). *Vertrieb und Marketing in der Digitalen Welt. So schaffen Unternehmen die Business Transformation in der Praxis*. Springer Gabler, Wiesbaden.

Bonin H, G. (2015). Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. Retrieved 2015, from ftp://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/Kurzexpertise_BMAS_ZEW2015.pdf website: https://paperpile.com/app/p/e555d397-6737-0337-bb7c-e9bfda38b3df

Borgmeier, A., Grohmann, A., & Gross, S. F. (2017a). *Smart Services und Internet der Dinge: Geschäftsmodelle, Umsetzung und Best Practices: Industrie 4.0, Internet of Things (IoT), Machine-to-Machine, Big Data, Augmented Reality Technologie*. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG.

Borgmeier, A., Grohmann, A., & Gross, S. F. (2017b). *Smart Services und Internet der Dinge: Geschäftsmodelle, Umsetzung und Best Practices: Industrie 4.0, Internet of Things (IoT), Machine-to-Machine, Big Data, Augmented Reality Technologie*. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG.

Borgmeier, A., Grohmann, A., & Gross, S. F. (2017c). *Smart Services und Internet der Dinge: Geschäftsmodelle, Umsetzung und Best Practices: Industrie 4.0, Internet of Things (IoT), Machine-to-Machine, Big Data, Augmented Reality Technologie*. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG.

Bousonville, T. (2016). *Logistik 4.0: Die digitale Transformation der Wertschöpfungskette*. Springer-Verlag.

Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *World Academy of Science, Engineering and TEchnology*, *8*(1). Retrieved from https://waset.org/publications/9997144/how-virtualization-decentralization-and-network-building-change-the-manufacturing-landscape-an-industry-4.0-perspective

Bruce, A., & Jeromin, C. (2016). *Agile Markenführung Wie Sie Ihre Marke stark machen für dynamische Märkte* (pp. 61–122). Springer Gabler, Wiesbaden.

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W. W. Norton & Company.

Burghardt, M. (2018). *Projektmanagement: Leitfaden für die Planung, Überwachung und Steuerung von Projekten*. John Wiley & Sons.

Cadac Group-Create, manage, & Information, S. D. (2017). Wat is Configure to Order? De voordelen van CTO - Cadac Group. Retrieved April 4, 2018, from Cadac Group website: https://www.cadac.com/nieuws/wat-is-configure-to-order-cto/

Cernavin, O., Schröter, W., & Stowasser, S. (2017). *Prävention 4.0: Analysen und Handlungsempfehlungen für eine produktive und gesunde Arbeit 4.0*. Springer-Verlag.

Chesbrough, H. (2002). The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies. *Industrial and Corporate Change*, *11*(3), 529–555.

Christian Arnold, D. K. (n.d.). *How Industry 4.0 changes business models in different manufacturing industries*. Presented at the Porto, Portugal. International Society for Professionl Innovation Management (ISPIM).

Compagnucci, S., Della Porta, M. R., Marcotullio, G., & Massaro, G. (2016). Internet of Things & 5G Revolution. The Highway for the future of EU Services and Industry: Energy, Healthcare and manufacturing,. Retrieved April 9, 2018, from astrid website: http://www.astrid-online.it/static/upload/stud/studio-i-com_internet_5g_.pdf

Cooper, R. G. (1980). *Project NewProd: What Makes a New Product a Winner? : an Empirical Study of Successful Versus Unsuccessful Industrial Product Innovation*. Quebec Industrial Innovation Centre = Centre québécois d'innovation industrielle.

Courtney, H., Kirkland, J., & Viguerie, P. (1997). Strategy under uncertainty. *Harvard Business Review*, *75*(6), 66–79.

Cyber-Physical Systems (CPS) (nsf10515). (2010, March 11). Retrieved July 23, 2018, from US National Science Foundation website: https://www.nsf.gov/pubs/2010/nsf10515/nsf10515.htm

Davies R, C. (2017). Review of Socio-technical Considerations to Ensure Successful Implementation of Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, *11*, 1288–1295.

De, B. (2018, February 4). Traditional Learning Vs. Online Learning - eLearning Industry. Retrieved June 25, 2019, from eLearning Industry website: https://elearningindustry.com/traditional-learning-vs-online-learning

Deges, F. (2017). *Retourenmanagement im Online-Handel: Kundenverhalten beeinflussen und Kosten senken*. Springer-Verlag.

Delaney, K. J. (2017). The robot that takes your job should pay taxes, says Bill Gates. Retrieved from https://qz.com website: https://qz.com/911968/bill-gates-the-robot-that-takes-your-job-should-pay-taxes/

Deloitte. (2017). Industry 4.0 engages customers. Retrieved April 22, 2018, from https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cn/Documents/cip/deloitte-cn-cip-industry-4-0-engages-customer-en-170224.pdf

Delvaux, M. (2017). *Rise of the robots: Mady Delvaux on why their use should be regulated*. Retrieved from http://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20170109STO57505/rise-of-the-robots-mady-delvaux-on-why-their-use-should-be-regulated

Dengel, A. (2011a). Künstliche Intelligenz in Anwendungen. *KI - Künstliche Intelligenz*, *25*(4), 317–319.

Dengel, A. (2011b). Künstliche Intelligenz in Anwendungen. *KI - Künstliche Intelligenz*, *25*(4), 317–319.

Digital Genius. (2017). Retrieved January 10, 2018, from Telekom website: https://www.telekom.com/en/company/details/digital-genius-363578

Digital Marketing Definition. (2018). Retrieved August 8, 2018, from Financial Times Lexicon website: http://lexicon.ft.com/Term?term=digital-marketing

Dumitrascu, A.-E., & Nedelcu, A. (2012). Project Costs and Risks Estimation Regarding Quality Management System Implementation. In *Total Quality Management and Six Sigma*.

Eibl, M., Gaedke, M., & Gesellschaft für Informatik e. V. (GI) Gesellschaft für Informatik e. V. (GI) Bonn. (2017). *GI Edition Proceedings Band 275 INFORMATIK 2017: 25.- 29. September 2017 Chemnitz, Deutschland*. Gesellschaft für Informatik e.V. (GI).

Eidodata, G. (n.d.-a). EIDOdata. Retrieved April 22, 2018, from EIDOdata website: http://www.eidodata.de/produkte

Eidodata, G. (n.d.-b). EIDOdata. Retrieved April 22, 2018, from EIDOdata website: http://www.eidodata.de/produkte

Ellermann, H., Kreutter, P., & Messner, W. (2016). *The Palgrave Handbook of Managing Continuous Business Transformation*. Springer-Verlag GmbH.

Emmrich V, Döbele M, Bauernhansl T, Paulus-Rohmer D, Schatz A, Weskamp M. (2015). Geschäftsmodell-Innovation durch Industrie 4.0: Chancen und Risiken für den Maschinen- und Anlagenbau. Retrieved from http://publica.fraunhofer.de website: http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn_nbn_de_0011-n-3397337.pdf

European Commission. (2016). Digitising European Industry reaping the full benefits of a digital Single Market. Retrieved 2016, from https://ec.europa.eu/ website: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/communication-digitising-european-industry-reaping-full-benefits-digital-single-market

European Commission. (2017). BUILDING A EUROPEAN DATA ECONOMY. Retrieved 2017, from Eur-lex.europa.eu website: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2017%3A9%3AFIN

European Commission. (2018). *Capitalising on the benefits of the 4th industrial revolution*. European Commission.

Fitzgerald, J., Larsen, P. G., & Verhoef, M. (2014). *Collaborative Design for Embedded Systems: Co-modelling and Co-simulation*. Heidelberg: Springer.

Fleisch, E., Weinberger, M., & Wortmann, F. (2014). Geschäftsmodelle im Internet der Dinge. *HMD Praxis Der Wirtschaftsinformatik*, *51*(6), 812–826.

Foidl, H., & Felderer, M. (2016). Research Challenges of Industry 4.0 for Quality Management. In *Lecture Notes in Business Information Processing* (pp. 121–137).

Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, *114*(C), 254–280.

Friedewald, M., Raabe, O., Georgieff, P., Koch, D. J., & Neuhäusler, P. (2010a). *Ubiquitäres Computing*.

Friedewald, M., Raabe, O., Georgieff, P., Koch, D. J., & Neuhäusler, P. (2010b). *Ubiquitäres Computing*.

Gandomi, A., & Haider, M. (2015). Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. *International Journal of Information Management*, *35*(2), 137–144.

Geertsma, P. (n.d.). Wat is een interface en waarvoor wordt een interface gebruikt? | TechnischWerken. Retrieved April 4, 2018, from http://www.technischwerken.nl/kennisbank/techniek-kennis/wat-is-een-interface-en-waarvoor-wordt-een-interface-gebruikt/

Gehrke, L., Kühn, A. T., Rule, D., Moore, P., Bellmann, C., Siemes, S., … Standley, M. (2015). *Industry 4.0: A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future. A German and American Perspective*. Retrieved from VDI; ASME website: https://m.vdi.eu/fileadmin/vdi_de/redakteur/karriere_bilder/VDI-ASME__2015__White_Paper_final.pdf

Geisberger, E., & Broy, M. (2012a). *agendaCPS: Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems*. Springer-Verlag.

Geisberger, E., & Broy, M. (2012b). Cyber-Physical Systems: Visionen, Charakteristika und Neue Fähigkeiten. In *acatech STUDIE* (pp. 29-68).

Geisberger, E., & Broy, M. (2012c). Cyber-Physical Systems: Visionen, Charakteristika und Neue Fähigkeiten. In *acatech STUDIE* (pp. 29-68).

Gleich, W. M. (2015). *Vergeltung für Wettbewerbsangriffe auf den Kernmarkt*.

Graetz G, M. G. (2015). Robots at work: the impact on productivity and jobs. Retrieved 2015, from Centre for Economic Performance website: http://cep.lse.ac.uk/pubs/download/cp447.pdf

Grote, K.-H., Engelmann, F., Beitz, W., Syrbe, M., Beyerer, J., & Spur, G. (2014). *Das Ingenieurwissen: Entwicklung, Konstruktion und Produktion*. Springer-Verlag.

Grundig, C.-G. (2018). *Fabrikplanung: Planungssystematik - Methoden - Anwendungen*. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG.

Guido Lobrano, Patrick Grant, Dr Heiko Willems, Dr Peter Bräutigam, Christiane Hinerasky. (2017). Legal issues of digitalisation in Europe - BusinessEurope. Retrieved 2017, from Business Europe website: https://www.businesseurope.eu/sites/buseur/files/media/reports_and_studies/2017-09-29_legal_issues_of_digitalisation_in_europe.pdf

Hagel, J., Wooll, M., Brown, J. S., Mathew, R., & Tsu, W. (2014, October 27). The lifetime learner. A Journey Through the Future of Postsecondary Education. Retrieved June 25, 2019, from Deloitte Insights website: https://www2.deloitte.com/insights/us/en/industry/public-sector/future-of-online-learning.html

Hecklau F, Galeitzke M, Flachs S, Kohl H. (2016). Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0. Retrieved 2016, from Procedia CIRP, 54, 1-6 website: https://fardapaper.ir/mohavaha/uploads/2017/11/Holistic-approach-for-human-resource-management-in-Industry.pdf

Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016a). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*. https://doi.org/10.1109/hicss.2016.488

Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016b). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. *2016 49th Hawaii International Conference*

on System Sciences (HICSS). https://doi.org/10.1109/hicss.2016.488

Herrmann, N., Pentek, T., & Otto, B. (2016). *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios*. Presented at the Hawaii International Conference on System Sciencea (HICSS), Kauai, Hawaii, U.S.A.

Horvath, S. (2012). Aktueller Begriff. Internet der Dinge. Retrieved April 9, 2018, from https://www.bundestag.de/blob/192512/cfa9e76cdcf46f34a941298efa7e85c9/internet_der_dinge-data.pdf

Huber, R. (1985). *Überwindung der strategischen Diskrepanz und Operationalisierung der entwickelten Strategie*.

Ibarra, D., Igartua, J. I., & Ganzarain, J. (2017). BUSINESS MODEL INNOVATION IN INDUSTRY 4.0: THE CASE OF A UNIVERSITY-INDUSTRY EXPERIENCE IN SMES. *INTED2017 Proceedings*. https://doi.org/10.21125/inted.2017.1374

Industry 4.0: Building the digital enterprise. (2016). Retrieved April 4, 2018, from PwC website: https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf

ITU. (2017). Internet of Things Global Standards Initiative. Retrieved April 9, 2018, from ITU website: http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx

Jara, A. J., Parra, M. C., & Skarmeta, A. F. (2012). Marketing 4.0: A New Value Added to the Marketing through the Internet of Things. *2012 Sixth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing*, 852–857. ieeexplore.ieee.org.

Karnouskos, S. (2011). Cyber-Physical Systems in the SmartGrid. *2011 9th IEEE International Conference on Industrial Informatics*, 20–23.

Katal, A., Wazid, M., & Goudar, R. H. (2013). Big data: Issues, challenges, tools and Good practices. *2013 Sixth International Conference on Contemporary Computing (IC3)*, 404–409. IEEE.

Kern, C. (2006). *Anwendung von RFID-Systemen*. Springer Science & Business Media.

Khan A, T. K. (2016). A Survey of Current Challenges in Manufacturing Industry. *Springer*. Retrieved from https://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloaddocument/9783319336084-c2.pdf?SGWID=0-0-45-1564143-p179960859

Knockaert, J., De Lepeleer, G., Stevens, T., & Saey, P. (2014). Industry and engineering education interacting in an interregional project: a Flanders' perspective. *42nd Annual Conference (SEFI - 2014)*. Retrieved from https://biblio.ugent.be/publication/5673276

Knowledge Alliance for Upskilling Europe's SMEs to Meet the Challenges of Smart Engineering. (2018). *Learning and Business Consultant Needs Of Europe's SMEs in Smart Engineering* (No. 1). Retrieved from http://smeart.eu/en/results/learning-and-

business-consulting-needs/SMEART-Needs-of-engineering-SMEs.pdf

Košmrlj, K., Širok, K., & Likar, B. (2015). *The Art of Managing Innovation Problems and Opportunities*.

Kotler, P. (2016, December 9). Weekend Reading: "Marketing 4.0" by Philip Kotler | Marketing Insider Group. Retrieved August 8, 2018, from Marketing Insider Group website: https://marketinginsidergroup.com/strategy/marketing-4-0-philip-kotler/

Kotler, P., Kartajaya, H., & Setiawan, I. (2010). *Die neue Dimension des Marketings: Vom Kunden zum Menschen*. Campus Verlag.

Kouiss, K., Pierreval, H., & Mebarki, N. (1997a). Using multi-agent architecture in FMS for dynamic scheduling. *Journal of Intelligent Manufacturing*, *8*(1), 41–47.

Kouiss, K., Pierreval, H., & Mebarki, N. (1997b). Using multi-agent architecture in FMS for dynamic scheduling. *Journal of Intelligent Manufacturing*, *8*(1), 41–47.

KPMG. (2016). The factory of the future. Industry 4.0 – The challenges of tomorrow and the solutions for tomorrow. Retrieved from https://assets.kpmg.com website: https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/es/pdf/2017/06/the-factory-of-the-future.pdf

Kreutzer, R. T. (2013). *Praxisorientiertes Online-Marketing | SpringerLink* (Vol. 3.). Springer Gabler, Wiesbaden.

Kumar, E. (2008). *Artificial Intelligence*. I. K. International Pvt Ltd.

Kwakman, F. E., Rudolph Johannes Antonius, Smeulders, R., & Moerman, J. (2017). *Groot innovatie modellenboek: 47 innovatiemodellen voor het versterken van ondernemerschap bij bedrijfsleven en overheid*.

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014a). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, *6*(4), 239–242.

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014b). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, *6*(4), 239–242.

Lauer, T. (2014). *Change Management: Grundlagen und Erfolgsfaktoren*. Springer-Verlag.

Lewin, K. (1947). Frontiers in Group Dynamics: Concept, Method and Reality in Social Science; Social Equilibria and Social Change. *Human Relations; Studies towards the Integration of the Social Sciences*, *1*(1), 5–41.

Lies, J. (2017). *Die Digitalisierung der Kommunikation im Mittelstand*. Springer Gabler, Wiesbaden.

Likar, B., & Fatur, P. (2007). *Managing innovation and R&D processes in EU environment*. Korona plus-Institute for Innovation and Technology.

Likar, B., Fatur, P., Mrgole, U., Chovan, C., Kullbjer, A., Medova, S., … Petrov, V. (2013). *Innovation Management* (B. Likar, P. Fatur, & U.

Mrgole, Eds.). http://www.inovativnost.net/materiali/clanki/InnovationManagement.pdf: Korona plus d.o.o., Institute for Innovation and Technology, Slovenia.

Li, S., & Lin, B. (2006). Accessing information sharing and information quality in supply chain management. *Decision Support Systems*, *42*(3), 1641-1656.

Locke, E. A., & Latham, G. P. (1990). *A Theory of Goal Setting & Task Performance*.

Lubiewa-Wielezynsk, P. A. (n.d.). Innovation: What is Open Innovation? Retrieved November 30, 2018, from Escuela de organización idustrial website: https://www.eoi.es/blogs/piotradamlubiewa/2012/02/07/innovation-what-is-open-innovation/

Man, J. C. de, de Man, J. C., & Strandhagen, J. O. (2017). An Industry 4.0 Research Agenda for Sustainable Business Models. *Procedia CIRP*, *63*, 721-726.

Martin. (2017). Industry 4.0: Definition, Design Principles, Challenges, and the Future of Employment. Retrieved 2017, from Cleverism website: https://www.cleverism.com/industry-4-0/

Mattern, F., & Flörkemeier, C. (2010a). Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge. *Informatik-Spektrum*, *33*(2), 107-121.

Mattern, & Flörkemeier. (2010b). Die technische Basis für das Internet der Dinge. *Informatik Spektrum*, (33), 107-121.

Mattern, & Flörkemeier. (2010c). Die technische Basis für das Internet der Dinge. *Informatik Spektrum*, (33), 107-121.

Matthyssens, P., & Vandenbempt, K. (2010). Service addition as business market strategy: identification of transition trajectories. *Journal of Service Management*, *21*(5), 693-714.

Meier, C. (2011). *Time-cost Tradeoffs in Product Development Processes*.

Melnik, V. (2017, January 10). SEO: Die 37 wichtigsten Rankingfaktoren. Retrieved August 8, 2018, from SEO: Die 37 wichtigsten Rankingfaktoren website: https://www.chimpify.de/marketing/rankingfaktoren/

Mettler, T., & Rohner, P. (2009). Situational maturity models as instrumental artifacts for organizational design. *Proceedings of the 4th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology - DESRIST '09*. https://doi.org/10.1145/1555619.1555649

Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, *56*(3), 1118-1136.

Mollemeier, A. (1997). Produktionsplanung und -steuerung bei getakteter Variantenfließfertigung. In *Integrierte Steuerung getakteter Variantenfließlinien* (pp. 3-27).

Monostori, L., Váncza, J., & Kumara, S. R. T. (2006a). Agent-Based Systems for Manufacturing. *CIRP Annals*, *55*(2), 697-720.

Monostori, L., Váncza, J., & Kumara, S. R. T. (2006b). Agent-Based Systems for Manufacturing. *CIRP Annals*, *55*(2), 697–720.

Müller, J. M., Maier, L., Veile, J., & Voigt, K.-I. (2017). *Cooperation Strategies Among SMEs for Implementing Industry 4.0*.

Nicolai, C. (2017). *Betriebliche Organisation*. UTB.

Nnorom, I. C., & Osibanjo, O. (2008). Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations, and their poor applications in the developing countries. *Resources, Conservation and Recycling*, *52*(6), 843–858.

Nordhaus, W. D. (2015). Are We Approaching an Economic Singularity? Information Technology and the Future of Economic Growth. Retrieved 2015, from Nber.org website: http://www.nber.org/papers/w21547.pdf

[No title]. (n.d.-a). Retrieved April 4, 2018, from https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf

[No title]. (n.d.-b). Retrieved August 6, 2018, from https://www.kvk.nl/download/Go%20Smart%20Industry%20-%20publicatie%20-%20Kamer%20van%20Koophandel_tcm109-404207.pdf

[No title]. (n.d.-c). Retrieved July 11, 2018, from https://www.smartindustry.nl/wp-content/uploads/2018/02/SI-implementatieagenda-2018-DEF-LR.compressed.pdf

[No title]. (n.d.-d). Retrieved August 6, 2018, from https://www.smartindustry.nl/wp-content/uploads/2018/02/SI-implementatieagenda-2018-DEF-LR.compressed.pdf

[No title]. (n.d.-e). Retrieved August 7, 2018, from https://www.pwc.com/id/en/CIPS/assets/industry-4.0-building-your-digital-enterprise.pdf

Ohlhorst, F. J. (2012). *Big Data Analytics: Turning Big Data into Big Money*. Wiley.

Ohmae, K. (1982). The strategic triangle: A new perspective on business unit strategy. *European Management Journal*, *1*(1), 38–48.

Operational Excellence is uit – CEX is in - Logistiek. (n.d.). Retrieved April 4, 2018, from Logistiek website: http://www.logistiek.nl/supply-chain/blog/2017/6/operational-excellence-uit-cex-101156530

Osterwalder. (2013). *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers with Wlyetxc Set*.

Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2011). *Business Model Generation: Ein Handbuch für Visionäre, Spielveränderer und Herausforderer*. Campus Verlag.

Osterwalder, A., Pigneur, Y., Bernarda, G., & Smith, A. (2015). *Value Proposition Design*. Campus Verlag.

Parasam. (2016, May 19). IoT (Internet of Things): A Short Series of Observations: Sensors, Actuators & Infrastructure. Retrieved April 9, 2018, from IoT website: https://parasam.me/2016/05/19/iot-internet-of-things-a-short-series-of-observations-pt-2-sensors-

actuators-infrastructure/

Partners, A. S. (February 1., 2018). *EU Compass for Smart Engineering Initiatives and Policies*. SMEaRT.

Pfeiffer, S. (2015). Effects of Industry 4.0 on vocational education and training. *Vienna: Institute of Technology Assessment*. Retrieved from http://www.voced.edu.au/content/ngv:78324

Pfeiffer, S., Lee, H., Zirnig, C., & Suphan, A. (2016). *Industrie 4.0 – Qualification 2025 (Management Summary)*. Retrieved from VDMA website: https://bildung.vdma.org/documents/14969637/23826425/Englische+Kurzfassung+Management+Summary+Industrie+4.0+Qualification+2025.pdf/18ae1602-6aa3-40f0-a204-097c74a2781e

Plattform Industrie 4.0. (2018, April 9). Retrieved April 9, 2018, from Plattform Industrie 4.0 website: https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Home/home.html

Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press.

Porter, M. E. (1996). *What is Strategy?*

Project RockEU. (2016). Retrieved 2016, from https://eu-robotics.net/ website: https://eu-robotics.net/eurobotics/about/projects/2013-2016-rockeu.html

Provost, F., & Fawcett, T. (2013). Data Science and its Relationship to Big Data and Data-Driven Decision Making. *Big Data*, *1*(1), 51–59.

PWC. (2014). Industry 4.0: opportunities and challenges of the industrial internet. Retrieved from https://www.pwc.nl/en/assets/documents/pwc-industrie-4-0.pdf

PWC. (2016a). Industry 4.0: Building the digital enterprise. Retrieved April 4, 2018, from https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf

PWC. (2016b). Industry 4.0: Building the digital enterprise. Retrieved April 4, 2018, from https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf

PWC. (2016c). Industry 4.0: Building the digital enterprise. Retrieved April 4, 2018, from https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf

Quizworks B.V. (2018). Synchronous vs Asynchronous Learning: what's the difference? | Easy LMS. Retrieved June 25, 2019, from https://www.easy-lms.com/knowledge-center/lms-knowledge-center/synchronous-vs-asynchronous-learning/item10387

Rad, C.-R., Hancu, O., Takacs, I.-A., & Olteanu, G. (2015). Smart Monitoring of Potato Crop. A Cyber-Physical System Architecture

Model in the Field of Precision Agriculture. *Conference Agriculture for Life*, 73-79.

Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., & Madsen, E. S. (2014). The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions. *Procedia Engineering*, *69*, 1184-1190.

Raps, A. (2017). *Erfolgsfaktoren der Strategieimplementierung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Raymundo, O. (2014, October 28). Richard Branson: Companies Should Put Employees First. Retrieved August 6, 2018, from Inc.com website: https://www.inc.com/oscar-raymundo/richard-branson-companies-should-put-employees-first.html

Reinhart, G. (2017). *Handbuch Industrie 4.0: Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik*. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG.

Richardson, J. E. (2005). The Business Model: An Integrative Framework for Strategy Execution. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.932998

Richter, D. (2017, November 15). ROPO-Kaufverhalten: Recherche online – kaufen offline - Hyper Local Marketing. Retrieved August 29, 2018, from Hyper Local Marketing website: http://www.local-marketing.news/ropo-kaufverhalten-recherche-online-kaufen-offline/

Rizk, A. (2016). Industry 4.0: the urgency of data standardization. Retrieved 2016, from https://www.manufacturingglobal.com website: https://www.manufacturingglobal.com/lean-manufacturing/industry-40-urgency-data-standardisation

Rojko, A. (2017). Industry 4.0 Concept: Background and Overview. *International Journal of Information Management*, *11*(5).

Roth, A. (2016a). *Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0: Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis*. Springer-Verlag.

Roth, A. (2016b). *Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0: Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis*. Springer-Verlag.

Russell, S. J., Russell, S. J., & Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall.

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, *9*(1), 54-89.

Sandhusen, R. (2000). *Marketing*. Barron's Educational Series.

Schallmo, D. R. A. (2016). *Jetzt digital transformieren: So gelingt die erfolgreiche Digitale Transformation Ihres Geschäftsmodells*. Springer Fachmedien Wiesbaden.

Schallock, B., Rybski, C., Jochem, R., & Kohl, H. (2018). Learning Factory for Industry 4.0 to provide future skills beyond technical training. *Procedia Manufacturing*, *23*, 27-32.

Schebek, L., Kannengießer, J., & Campitelli, A. (2017a). *Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0: Potenziale für KMU des verarbeitenden Gewerbes*.

Schebek, L., Kannengießer, J., & Campitelli, A. (2017b). *Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0: Potenziale für KMU des verarbeitenden Gewerbes*.

Schneider, P. (2016). Welche Auswirkungen hat Industrie 4.0 auf KMU? Das Geschäftsmodell als Analyseinstrument. *ZfKE – Zeitschrift Für KMU Und Entrepreneurship*, *64*(4), 253–279.

Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, *52*, 161–166.

Shah, D. (2017, April 25). MOOCs Started Out Completely Free. Where Are They Now? — Class Central. Retrieved June 25, 2019, from Class Central's MOOC Report website: https://www.classcentral.com/report/moocs-started-completely-free-now/

Shemwell, D. J., Yavas, U., & Bilgin, Z. (1998). Customer-service provider relationships: an empirical test of a model of service quality, satisfaction and relationship-oriented outcomes. *International Journal of Service Industry Management*, *9*(2), 155–168.

Siebe, A. (2018). *Die Zukunft vorausdenken und gestalten: Stärkung der Strategiekompetenz im Spitzencluster it's OWL*. Springer-Verlag.

SI Implementatieagenda 2018, NL. (n.d.). Retrieved July 11, 2018, from https://www.smartindustry.nl/wp-content/uploads/2018/02/SI-implementatieagenda-2018-DEF-LR.compressed.pdf

Smart Industry heeft als ambitie dat Nederland in 2021 het meest flexibele en het beste digitaal verbonden productienetwerk van Europa heeft. - Smart Industry. (2018a). Retrieved April 4, 2018, from Smart Industry website: https://www.smartindustry.nl/

Smart Industry heeft als ambitie dat Nederland in 2021 het meest flexibele en het beste digitaal verbonden productienetwerk van Europa heeft. - Smart Industry. (2018b). Retrieved April 4, 2018, from Smart Industry website: https://www.smartindustry.nl/

Smart Systems. (n.d.). Retrieved April 9, 2018, from Wikipedia website: https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_system

Smit, J., Kreutzer, S., Moeller, C., & Carlberg, M. (2016). *Industry 4.0 – Study for the ITRE Committee* (No. IP/A/ITRE/2015-02). Policy Department of the European Parliament.

Song, H., Fink, G. A., & Jeschke, S. (2017a). *Security and Privacy in Cyber-Physical Systems: Foundations, Principles, and Applications*. John Wiley & Sons.

Song, H., Fink, G. A., & Jeschke, S. (2017b). *Security and Privacy in Cyber-Physical Systems: Foundations, Principles, and Applications*. John Wiley & Sons.

Stehr, C., & Struve, F. (2017). CSR und Marketing. In C. Stehr & F. Struve (Eds.), *CSR und Marketing. Nachhaltigkeit und Verantwortung richtig kommunizieren* (pp. 3-11). Springer Gabler, Berlin, Heidelberg.

Stepponat, M. (2018). *Entwicklung und Test einer Internet of Things-Anwendung: Erfassung und Analyse von Bilddaten* (Bachelor of Art; M. Leisenberg, Ed.). FHM Bielefeld.

Stewart, D. W., & Zhao, Q. (2000). Internet Marketing, Business Models, and Public Policy. *Journal of Public Policy & Marketing*, *19*(2), 287-296.

Strassner, M. (2005). *RFID im Supply Chain Management: Auswirkungen und Handlungsempfehlungen am Beispiel der Automobilindustrie*. Deutscher Universitätsverlag.

Stubbs, W., & Cocklin, C. (2008). Conceptualizing a "Sustainability Business Model." *Organization & Environment*, *21*(2), 103-127.

Symonds, M. (2018). Why tech is the bright future for business schools. *Forbes*. Retrieved from https://www.forbes.com/sites/mattsymonds/2018/02/28/why-technology-is-the-bright-future-for-business-schools/#743839381054

Talk:Henry Ford - Wikiquote. (n.d.). Retrieved August 6, 2018, from https://en.wikiquote.org/wiki/Talk:Henry_Ford#%22If_I%E2%80%99d_asked_people_what_they_wanted,_they_would_have_asked_for_a_better_horse%22

The Triple-A Supply Chain. (2004, October 1). Retrieved August 7, 2018, from Harvard Business Review website: https://hbr.org/2004/10/the-triple-a-supply-chain

Toffler, A. (1983). *Die dritte Welle, Zukunftschance: Perspektiven für des 21. Jahrhunderts* (Vol. 21). Goldman, München.

Tupa, J., Simota, J., & Steiner, F. (2017). Aspects of Risk Management Implementation for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, *11*, 1223-1230.

University of Duisburg. (2018, June 1). Smart Engineering https://www.uni-due.de/iw/en/research/psp3.php. Retrieved February 4, 2018, from University of Duisburg website: https://www.uni-due.de/iw/en/research/psp3.php

US Dpt. of Agriculture University. (2016). Differences Between Coaching, Counseling, Managing, Mentoring, Consulting and Training. Retrieved April 13, 2018, from Office of Human Resources Management USDA Virtual University website: https://www.dm.usda.gov/employ/vu/coaching-diff.htm

van Ede, J. (2017a, August 30). Smart Industry: Introductie. Retrieved April 4, 2018, from Procesverbeteren.nl website: https://www.procesverbeteren.nl/smart_industry/Smart_Industry_Introductie.php

van Ede, J. (2017b, August 30). Smart Industry: Introductie. Retrieved April 4, 2018, from Procesverbeteren.nl website: https://www.procesverbeteren.nl/smart_industry/Smart_Industry_Introductie.php

van Looy, B., Gemmel, P., & Dierdonck, R. (2003). *Services Management: An Integrated Approach*. Pearson Education.

Vikram, A. (2016, September 10). The rise of PROsumers (And what it means for CONsumer companies). Retrieved August 8, 2018, from Medium website: https://medium.com/@aditya.vikram/the-rise-of-prosumers-and-what-it-means-for-consumer-companies-26d408325934

Vogel-Heuser, B., Bauernhansl, T., & ten Hompel, M. (2016a). *Handbuch Industrie 4.0 Bd.1: Produktion*. Springer-Verlag.

Vogel-Heuser, B., Bauernhansl, T., & ten Hompel, M. (2016b). *Handbuch Industrie 4.0 Bd.1: Produktion*. Springer-Verlag.

Vogt, A., Dransfeld, W., & Landrock, H. M. (2016). *Industrie 4.0 / Internet of Things, Vendor Benchmark* (Experton Group AG, Ed.). Munich: Experton Group AG.

Wat kan servitization jouw bedrijf opleveren? - MT.nl. (2017, December 18). Retrieved April 4, 2018, from MT.nl website: https://www.mt.nl/dossiers/made-in-nl/wat-kan-servitization-jouw-bedrijf-opleveren/547587

WC. (2016). Industry 4.0: Building the digital enterprise. Retrieved April 4, 2018, from https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf

Weinberger, M., Bilgeri, D., & Fleisch, E. (2016). 20 Linsen auf digitale Geschäftsmodelle. In *Digitale Transformation im Unternehmen gestalten* (pp. 65-70).

Weiser, M. (1995). The Computer for the 21st Century. In *Readings in Human-Computer Interaction* (pp. 933-940).

White, D., & Fortune, J. (2002). Current practice in project management — an empirical study. *International Journal of Project Management*, *20*(1), 1-11.

Wikipedia. (2016). Industry 4.0. Retrieved April 9, 2018, from Wikipedia website: https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_4.0 (accessed 02 02, 2017)

Wikipedia contributors. (2018a, October 20). Open innovation. Retrieved November 30, 2018, from Wikipedia, The Free Encyclopedia website: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Open_innovation&oldid=864887723

Wikipedia contributors. (2018b, November 30). Online learning. Retrieved June 25, 2019, from Wikipedia, The Free Encyclopedia website: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Online_learning&oldid=871352599

Wikipedia contributors. (2019, May 29). Massive open online course. Retrieved June 25, 2019, from Wikipedia, The Free Encyclopedia website: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Massive_open_online_course&oldid=899425391

Wilhelmus Adrianus Franciscus, & Timmer, J. W. (2016). *De wereldwijde opmars van Smart Industry*.

Wolf, S., Dollinger, C., Hees, A., & Reinhart, G. (2017). Der Mensch in Interaktion mit autonomen Planungs- und Steuerungssystemen für Cyber-Physische Produktionssysteme. In *Zukunft der Arbeit – Eine praxisnahe Betrachtung* (pp. 123–132).

Xiaomin, L., Di, L., Wan, J., Athanasios, V., & Chin-Feng, L. (2017). A review of industrial wireless networks in the context of Industry 4.0. *Wireless Networks*, *23*(1), 23–41.

Yaqin, M. (2016). Welke soorten (big) data kan je analyseren? – Marya Yaqin. Retrieved April 4, 2018, from http://www.maryayaqin.com/soorten_data/

Zamfirescu, C.-B., Pârvu, B.-C., Schlick, J., & Zühlke, D. (2013). Preliminary Insides for an Anthropocentric Cyber-physical Reference Architecture of the Smart Factory. *Studies in Informatics and Control*, *22*(3). https://doi.org/10.24846/v22i3y201303

Design, 2018. https://ecapo.wordpress.com/tag/design-thinking. Accessed Nov.24 2018Design thinking, 2018. https://www.interaction-design.org/literature/article/design-thinking-getting-started-with-empathy. Accessed Nov.26 2018.

Design thinking-wiki, 2018. https://en.wikipedia.org/wiki/Design_thinking. Accessed Nov.24 2018.

Empathy methods, 2018. https://webdesign.tutsplus.com/articles/techniques-of-empathy-interviews-in-design-thinking--cms-31219. Accessed Nov.24 2018.

Likar, B., Fatur, P., Mrgole, U., Chovan, C., Kullbjer, A., Medova, S., … Petrov, V. (2013). *Innovation Management*. (B. Likar, P. Fatur, & U. Mrgole, Eds.). · https://www.researchgate.net/publication/292127499_Innovation_management

: Korona plus d.o.o., Institute for Innovation and Technology, Slovenia.

Open_innovation, 2018. https://en.wikipedia.org/wiki/Open_innovation. Accessed Nov.26 2018.

Schober, P. et all, 2015. http://2inno.eu/en