

Generisches Vorgehensmodell zur Einführung von Industrie 4.0 in mittelständischen Unternehmen der Serienfertigung

Abschlussbericht des Fachgebietes Datenverarbeitung in der Konstruktion des Projektes CypIFlex
24. November 2015



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



C Y P I F L E X

Industrie 4.0 im Mittelstand



HessenAgentur

HA Hessen Agentur GmbH



EUROPÄISCHE UNION:
Investition in Ihre Zukunft
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Generisches Vorgehensmodell zur Einführung von Industrie 4.0 in mittelständischen Unternehmen der Serienfertigung

Abschlussbericht des Fachgebietes Datenverarbeitung in der
Konstruktion des Projektes CypIFlex
24. November 2015



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



C Y P I F L E X

Industrie 4.0 im Mittelstand



HessenAgentur

HA Hessen Agentur GmbH



EUROPÄISCHE UNION:
Investition in Ihre Zukunft
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Verzeichnis der beteiligten Projektpartner



Sanner GmbH
Schillerstraße 76
64625 Bensheim
Tel.: +49 6251 938 0
Fax: +49 6251 7467 2



Fachgebiet DiK, TU Darmstadt
Otto-Berndt-Straße 2
64287 Darmstadt
Tel.: +49 6151 16 21791
Fax: +49 6151 15 21793



axxessio GmbH
Kurfürstenallee 5
53177 Bonn
Tel.: +49 228 7636 310
Fax: +49 228 7636 313



Eckel-mann AG
Berliner Straße 161
65205 Wiesbaden
Deutschland
Tel.: +49 611 7103 0
Fax: +49 611 7103 133



Software AG
Uhlandstraße 12
64297 Darmstadt
Tel. : +49 6151 92 0
Fax: +49 6151 92 1191



IT FOR WORK
Rheinstraße 89
64295 Darmstadt
Tel.: +49 6151 871 270



Automatisierungsregion
Rhein Main Neckar
Rheinstraße 89
64295 Darmstadt
Tel. : +49 6151 871 284

Die Mitarbeiter des CypIFlex Projektes bedanken sich bei den Förderern



Im Rahmen des operationellen Programms für die Förderung der regionalen Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung in Hessen ist das Projekt aus Landesmitteln und aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), das durch die WiBank vertreten ist, finanziert worden.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	II
Vorwort.....	III
Management Summary	1
1 Einleitung	2
2 Die Herausforderungen der deutschen mittelständischen Serienfertigung	3
3 Das Generisches Vorgehensmodell zur Einführung der Industrie 4.0	4
3.1 Kurzbeschreibung und Aufbau der einzelnen Phasen.....	4
3.2 Vorbereitung zur Einführung der Industrie 4.0	4
3.3 Analyse des Unternehmens	9
3.4 Ideengenerierung für das Unternehmen	14
3.5 Bewertung der Handlungsfelder	19
3.6 Umsetzung der Handlungsempfehlung	21
4 Reflexion des Projektes CypIFlex.....	22
4.1 Projektprofil.....	22
4.2 Validierung des Generischen Vorgehensmodells bei Sanner GmbH.....	23
5 Zusammenfassung	25
6 Literaturverzeichnis	27

Abbildungsverzeichnis

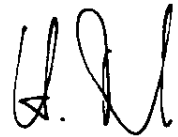
Abbildung 3.1: Generisches Vorgehensmodell zur Einführung der Industrie 4.0	5
Abbildung 3.2: Entwicklungsrichtungen der Industrie 4.0 (Heinrich et al. 2015)	7
Abbildung 3.3: Anwendungsebene - Integration von Sensoren / Aktoren	11
Abbildung 3.4: Anwendungsebene - Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M)	12
Abbildung 3.5 Anwendungsebene - Transporteinheit als Informationsträger	12
Abbildung 3.6: Anwendungsebene - Transportsystem	12
Abbildung 3.7: Anwendungsebene - Mensch-Maschine-Schnittstellen.....	13
Abbildung 3.8: Anwendungsebene - Lagersystem	13
Abbildung 3.9: Werkzeugkasten Industrie 4.0 – Intralogistik	15
Abbildung 3.10: Übersicht St. Gallen Business Modell Generator (Gassmann 2013).	17
Abbildung 3.11: Übersicht des Business Model Canvas (Osterwalder und Pigneur 2011)	18
Abbildung 3.12: Bewertung der Handlungsfelder (HF) in einer BCG-Matrix (Hutzschenreuter 2009)	20
Abbildung 4.1: CypIFlex-Projektphasen	22

Vorwort



Der Beitrag der industriellen Fertigung ist die wichtigste Stabilitätsstütze für das Bruttoinlandsprodukt Deutschlands. Es ist damit eine vorrangige unternehmerische Aufgabe, Fertigung in Deutschland zu halten und auszubauen. Die Technologien, die sich unter dem Schlagwort Industrie 4.0 versammeln, bieten dazu sehr vielfältige Ansätze.

Mit dem Projekt CyplFlex hat die Sanner GmbH sich dieser Aufgabe, mit dem besonderen Fokus auf die Serienfertigung, gestellt. Die erarbeiteten Ansätze bieten ausreichend Potential, um nachhaltige Verbesserungen zu planen und zu realisieren. Mittels des generischen Modells sollten andere Unternehmen einen guten Einstieg in dieses insgesamt komplexe Thema erhalten.



Holger Frank
CEO
Sanner GmbH



Die interdisziplinären Entwicklungen in Industrie 4.0 besitzen eine hohe Komplexität. Kleine und mittlere Unternehmen in Deutschland stehen vor der Herausforderung diese Technologie in ihre Produkte, Produktion, Prozesse und Geschäftsmodelle zu bringen. Jedes Unternehmen muss für sich die passende Lösung finden sowie einzuführende Technologien nach dem gebotenen Nutzen auswählen. Das Generische Vorgehensmodell bietet einen Einstieg in das Thema Industrie 4.0 für den Mittelstand. Damit bekommen Unternehmen eine Anleitung nach dem sie Industrie 4.0 Handlungsfelder identifizieren, um Industrie 4.0 schrittweise in das Unternehmen einzuführen.



Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl
Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK),
TU Darmstadt



Gemeinsam mit den Projektbeteiligten von CypIFlex haben wir bewiesen, dass aus einer Idee ein Erfolg werden kann. Das generische Vorgehensmodell wird mittelständischen Unternehmen als Grundlage dienen um sich fundiert auf den strukturellen sowie technischen Wandel im Rahmen der Industrie 4.0 vorbereiten zu können. Die im Laufe des Projektes gewonnen Erfahrungswerte trugen dazu bei, dass das axxessio Industrie 4.0-Beratungsprodukt für KMUs entstand. Hiermit werden wir künftig mit einem neuen Geschäftsfeld unser Angebot erweitern.

Goodarz Mahbobi

Goodarz Mahbobi
Managing Director
axxessio GmbH



Industrie 4.0 ist für Eckelmann kein Zukunftsthema, die intelligente Vernetzung von Personen, Dingen und Maschinen hat für uns als Automatisierer längst begonnen. Wir betrachten Industrie 4.0 als Revolution in evolutionären Schritten. Anhand des gemeinsam mit den Projektpartnern entwickelten generischen Vorgehensmodells zur Einführung von Industrie 4.0 bei mittelständischen produzierenden Serienfertigern haben wir mehrere konkrete Lösungsszenarien für eine umfangreiche Intralogistik und durchgehend vernetzte Produktion der Firma Sanner erarbeitet. Um die Szenarien zu validieren und zu bewerten, kamen moderne Simulationswerkzeuge zum Einsatz. In enger Kooperation mit Sanner wurden dafür die Produktionsabläufe sowie der Material- und Warenfluss detailliert analysiert. Das Projekt bot uns eine einzigartige Chance, mögliche Industrie 4.0 Lösungen ergebnisoffen „durchzuspielen“ und etablierte Automatisierungskonzepte in Frage zu stellen. Wir haben neue und interessante Ansätze kennengelernt und freuen uns darauf, diese verwirklicht zu sehen. Das CypIFlex Vorgehensmodell wird uns sicher auch künftig bei anderen Projekten ein guter Berater und Leitfaden sein, um gemeinsam mit unseren Kunden den riesigen Lösungsraum Industrie 4.0 methodisch zu erkunden und sinnvoll zu erschließen.

J. Stelter

Dr.-Ing. Johannes Stelter
Leiter Entwicklung Anlagenautomation
Eckelmann AG



Das CypIFlex Projekt zeigt das Potential von Industrie 4.0 anhand des Anwendungsfalles eines typischen mittelständischen Unternehmens aus dem Bereich der Serienfertigung. Das Projekt kann anderen Mittelständlern den Einstieg in Industrie 4.0 deutlich erleichtern. Die Erkenntnisse aus dem Projekt und das daraus abgeleitete generische Vorgehensmodell sind aber auch für die Software AG sehr wichtige Resultate, um die eigene Technologie noch besser auf dieses Einsatzgebiet auszurichten.

Dr. Harald Schöning
Vice President Research
Software AG



Das im Projekt CypIFlex erarbeitete generische Vorgehensmodell ist ein wichtiger Baustein für die IT- und Automatisierungs-Unternehmen in Hessen. Es bietet eine gute Grundlage für beide Branchen, um mittelständischen produzierenden Unternehmen ein wertvoller Partner bei der Einführung von Digitalisierungs- und Industrie 4.0 Technologien zu sein.

Sascha Peters
Geschäftsführer IT FOR WORK e.V.

Richard Jordan
Geschäftsführer Automatisierungsregion e.V.

Management Summary

Weltweit entwickeln sich Produktionsunternehmen im Zuge der Automatisierung und Digitalisierung kontinuierlich weiter. In Deutschland wird diese Entwicklung als Industrie 4.0 bezeichnet. An dieser Entwicklung sind nicht nur globale Konzerne beteiligt sondern kleine und mittelständische Unternehmen in Deutschland möchten hieran auch partizipieren. Hierbei sind technologische Lösungen einzusetzen, um die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zu sichern sowie weiter auszubauen. Jedoch fällt es den Unternehmen schwer den richtigen Einstieg in die Thematik Industrie 4.0 zu finden.

Mit dem Generischen Vorgehensmodell wird kleinen und mittelständischen Unternehmen eine Anleitung gegeben, Industrie 4.0 frühzeitig angehen zu können, um unternehmensspezifische technologische Lösungen zu identifizieren. Industrie 4.0 ist für kleine und mittelständische Unternehmen immer noch mit großen Investitionen und Herausforderungen verbunden. Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit hat die Umsetzung der Industrie 4.0 nur, wenn die neuen Möglichkeiten, die sich mit der Digitalisierung des Unternehmens ergeben, auch vom Unternehmen genutzt werden können.

Das Generische Vorgehensmodell ist im Rahmen des Forschungsprojektes CypIFlex entwickelt worden. Von der Vorbereitung bis zur Umsetzung werden Vorgehensweise, Methoden und das zu erreichende Ergebnis vorgestellt, die eine schrittweise Anleitung darstellt. Das Forschungsprojekt ist mit allen Teilnehmern besetzt gewesen, die auch bei einem industriellen Projekt mit der Einführung von Industrie 4.0 in einem Unternehmen beauftragt gewesen wären. Aufgrund des interdisziplinären Charakters von Industrie 4.0 sind Repräsentanten aus Produktion, Automatisierung, IT-Beratung und Software-Infrastruktur im Forschungsprojekt eingebunden. Während die Entwicklung zukunftsfähiger Lösungen global betrachtet wurde, sind spezifische Lösungen in der Intralogistik erarbeitet worden. Zur Validierung des Generischen Vorgehensmodells ist das Unternehmen Sanner GmbH herangezogen worden.

Je mehr Unternehmensbereiche im Rahmen der Industrie 4.0 gleichzeitig betrachtet werden, desto schneller steigt die Komplexität. Um dieser Herausforderung meistern zu können, ist der Fokus der Betrachtungen auf die Bereiche Produkte, Produktion, Intralogistik und Geschäftsmodelle eingeschränkt worden. Neben der technologischen Betrachtung sind die strategischen Unternehmensentscheidungen mit einbezogen worden. Diese sind auf Markt- und Kundenbedürfnisse ausgerichtet, sodass der Nutzen für das Unternehmen im Fokus stand. Die Validierung hat ergeben, dass das Generische Vorgehensmodell von jedem Unternehmen genutzt werden kann, um den Industrie 4.0 bei sich im Unternehmen einzuführen.

1 Einleitung

Die vierte industrielle Revolution tritt zunehmend in das industrielle Umfeld des deutschen Mittelstands ein. Die Entwicklungen von Industrie 4.0 werden sowohl von international operierenden deutschen Großkonzernen als auch von deutschen mittelständischen Unternehmen vorangetrieben. Viele fungieren dabei als Innovationstreiber und entwickeln ihre Produkte und Technologien kontinuierlich weiter, sodass sie maßgeblich ihren Beitrag zum deutschen Wirtschaftswachstum leisten.

Um die Lösungen durch Industrie 4.0 in den mittelständischen Unternehmen einzusetzen, bedarf es einer zunehmenden Anpassung und Weiterentwicklung bestehender Techniken. Aus diesem Grund ist das Projekt Cyber-physische Intralogistiksysteme zur Flexibilisierung der mittelständischen Serienfertigung (CypIFlex) vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (HMWEVL) bewilligt worden. Das Projekt ist im Rahmen des operationellen Programms für die Förderung der regionalen Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung in Hessen aus Landesmitteln und aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), das durch die WiBank vertreten ist, finanziert worden. CypIFlex besteht aus einem Konsortium mit mehreren Unternehmen aus dem IT-, Automatisierungs- und Fertigungsbereich und dem Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK) der Technischen Universität Darmstadt.

Das Ziel des Projektes liegt darin, dass mittelständische Serienfertigungsunternehmen spezifische Lösungen im Rahmen der Industrie 4.0 entwickeln und diese erfolgreich einführen, um entlang der Wertschöpfungskette einen quantifizierbaren Mehrwert zu erzeugen. Hierzu ist das entwickelte Vorgehensmodell exemplarisch in einer prototypischen Validierung in einem realen Produktions- und Intralogistikumfeld durchgeführt worden. Die Herausforderung liegt darin, die Akzeptanz für das Thema der Verknüpfung von Produktionstechnologie mit Informations- und Kommunikationstechnologien zu schaffen sowie die beteiligten Wertschöpfungspartner zu überzeugen. Der Grund zur Entwicklung eines Generischen Vorgehensmodells liegt zum einen darin, dass Industrie 4.0 die Flexibilität und Wettbewerbsfähigkeit sowie die Entwicklung der Unternehmen fördern soll. Zum anderen sollen die Technologien der Industrie 4.0 auf handliche Anwendungen vereinfacht werden.

Darüber hinaus gilt es zu prüfen, inwiefern Industrie 4.0 für mittelständische Unternehmen geeignet ist und inwiefern die Lösungen und Methoden der Vision Industrie 4.0 auf mittelständische Serienfertigungsunternehmen zu adaptieren sind. CypIFlex dient als Leuchtturmprojekt zum Auf- und Ausbau der Kompetenz von mittelständischen Serienfertigungsunternehmen über Industrie 4.0.

2 Die Herausforderungen der deutschen mittelständischen Serienfertigung

Die Produktion der deutschen mittelständischen Serienfertigung entwickelt sich kontinuierlich weiter. Viele Auftragsformen haben sich dahin weiterentwickelt, dass sich die Losgrößen von der Serienfertigung bis hin zur Losgröße Eins vermindern. Seit vielen Jahren müssen sich deutsche Hersteller mit der Thematik der kleinen Losgrößen befassen.

Aus der Verminderung der Produktionsmengen über die Variantenvielfalt zur Individualisierung geht die Vergrößerung der Produktionsvorgangszahlen einher. Unternehmen stehen hierbei vor der Herausforderung, die Minimierung der Produktionskosten voranzutreiben, jedoch zugleich den Anforderungen der Individualisierung gerecht zu werden, sowie ihre Produktionsvorgangszahlen zu optimieren.

Mit der Einführung der Automatisierung und der elektronischen Steuerungssysteme und IT-Systemen in der Produktion hat die Bedeutung der Informations- und Kommunikationstechnik im Maschinenbau und in der Arbeitsvorbereitung, Entwicklung und Konstruktion zugenommen. Die Verarbeitung von Produktdaten stellt bis heute eine Herausforderung dar. Sie einheitlich, aber auch formal spezifiziert zu verstehen, ist Aufgabe der virtuellen Produktentwicklung, Informationsmodellierung sowie virtuelle Produktentstehung. Verteiltes und kooperatives Arbeiten führen ihren Erfolg auf die digitale Datenstruktur, Standardisierung einheitlicher Datenformate sowie der Vermeidung der Datenredundanz zurück. Die Bildung dieser Grundstrukturen ist eine Herausforderung, die sich Unternehmen der deutschen mittelständischen Serienfertigung stellen müssen. Zugleich folgen Anstrengung, rechnergestützte Methoden im Bereich der Produktherstellung zu fokussieren, um Produktionsprozesse sowie einzelne Abteilungen digital aufzubereiten.

Unternehmen der deutschen mittelständischen Serienfertigung stehen vor der Herausforderung einer neuen Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten. Zukünftige Produkte und Produktionsmittel werden kommunikationsfähig und flexibel vernetzt sein. Inwiefern diese Herausforderung unter Zuhilfenahme sogenannter Cyber-physischer Systeme, die bezogen auf moderne Steuerungssysteme, eingebettete Softwaresysteme und moderne Internet-technologien den Weg in die vierte industrielle Revolution, Industrie 4.0, einleitet, wird im weiteren Verlauf ein Generisches Vorgehensmodell erläutert, das eine schrittweise Einführung der Industrie 4.0 verfolgt.

3 Das Generisches Vorgehensmodell zur Einführung der Industrie 4.0

Dieses Kapitel beschreibt das Generische Vorgehensmodell zur Einführung der Industrie 4.0. Es ist in fünf Abschnitten gegliedert. In jedem Abschnitt werden jeweils einzelne Phasen des Generischen Vorgehensmodells vorgestellt. Die Gestaltung des Generischen Vorgehensmodells sowie der Aufbau der einzelnen Phasen werden zunächst zur strukturellen Übersicht vorgestellt. Die wesentlichen Merkmale des Generischen Vorgehensmodells werden anschließend in weiteren fünf Abschnitten erläutert.

3.1 Kurzbeschreibung und Aufbau der einzelnen Phasen

Das Generische Vorgehensmodell zur Einführung der Industrie 4.0 beginnt mit der Vorbereitungsphase. Hierbei liegt der Fokus in der Bildung einer einheitlichen Wissensbasis zu Industrie 4.0. An der zweiten Stelle folgt die Analysephase zur Kompetenz des Unternehmens. Auf den Erkenntnissen der Unternehmenskompetenz aufbauend erfolgt die Ideengenerierungsphase. Ideen zur Optimierung vorhandener Prozesse sowie zur Weiterentwicklung des eigenen Geschäftsmodells werden in dieser Phase erarbeitet. Nach Erarbeitung der Ideen folgt die Bewertungsphase. In der Bewertungsphase werden die Ergebnisse für künftige Geschäftsentwicklungen aufbereitet, so dass diese in der Umsetzungsphase vom Unternehmen umgesetzt werden können. In Abbildung 3.1 ist eine Übersicht des Generischen Vorgehensmodells zur Einführung der Industrie 4.0 dargestellt.

Um die Informationen im Modell eindeutig abzubilden, wird in jedem Abschnitt dieses Kapitels ein einheitliches Darstellungsschema zur Beschreibung jeder Phase verwendet. Jede einzelne Phase weist Merkmale auf, die sich in Merkmale der Vorgehensweise, Merkmale der Methoden sowie Merkmale der Ergebnisse einordnen lassen. Im Folgenden werden die einzelnen Phasen des generischen Vorgehensmodells näher erläutert.

3.2 Vorbereitung zur Einführung der Industrie 4.0

Vorgehensweise der Vorbereitungsphase

Industrie 4.0 verändert die strategische Unternehmenspositionierung auf dem Markt für alle Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette. Dies macht es nötig, sich über mögliche Veränderungen rechtzeitig Gedanken zu machen. Ein gutes Verständnis über Industrie 4.0 sowie die Entwicklung der dazu gehörenden Technologien dient als Ausgangspunkt für das Generische Vorgehensmodell. Für die Anpassung der Wertschöpfungsprozesse können neue Ideen entwickelt sowie bekannte Ideen eingesetzt werden.

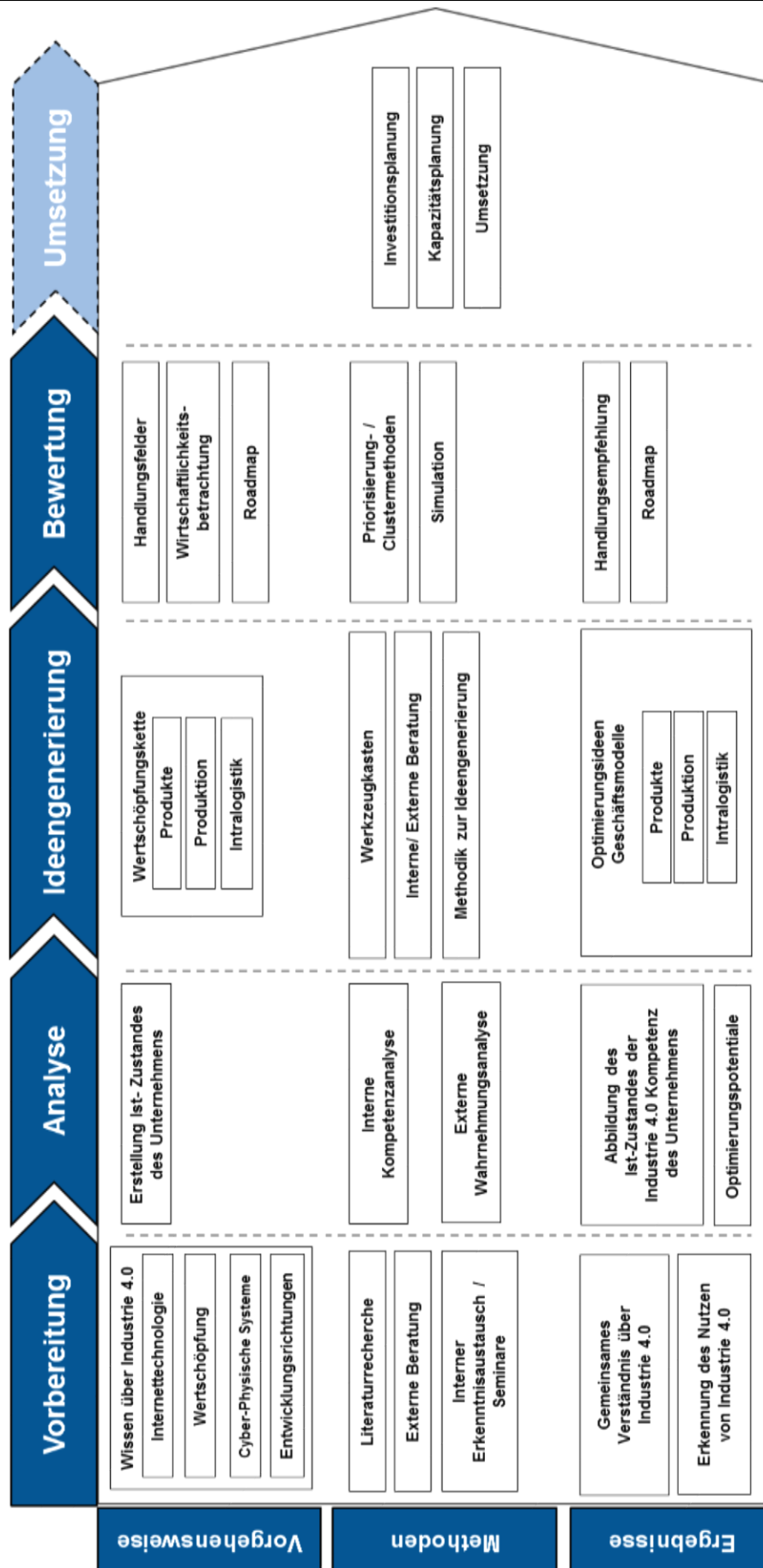


Abbildung 3.1: Generisches Vorgehensmodell zur Einführung der Industrie 4.0

Internettechnologie dient als wesentliche Voraussetzung für Industrie 4.0. Seit seiner Veröffentlichung in den neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts ist das Internet grundlegend für die Wirtschaft geworden. Bezogen auf das World Wide Web wurde eine Technologie zum Dokumentaustausch über das Internet entwickelt, die als Hyper-Media Technologie bezeichnet wird. Dokumente konnten erstmalig weltweit großflächig vernetzt werden. Danach wurden vernetzte Dokumente in Richtung der Multimedien weiterentwickelt. In diesem Zusammenhang ist die Multi-Media Technologie herangezogen worden, die eine Vernetzung der Multimedien wie Bilder, Audio oder Video ermöglicht. In dieser Zeit haben sich Technologien wie Java¹, UML² sowie XML³ erfolgreich etabliert. Anschließend haben Unternehmen sowie Internetkonzerne ihre Geschäftsmodelle darauf gerichtet, neue Geschäftsmodelle zu Social-Media zu entwickeln. Hierbei hat sich die Vernetzung der Multimedien auf die Vernetzung der Menschen weiterentwickelt. Webservice-Technologien sind in den Vordergrund gerückt. Mit dem Einzug der App-Technologie in den Alltag haben Unternehmen das Potential der sozialen Medien erkannt, sodass auch vernetzte Unternehmen hieraus resultiert sind. Ausgehend von der Vernetzung der Dokumente über die Vernetzung der Unternehmen ist die Vernetzung gegenwärtig zur Vernetzung der Systeme mittels Cyber-physische Medien angekommen. Die Entwicklung der Vernetzung sowie ihre Technologien bilden die Grundlagen der Industrie 4.0.

Zur Realisierung der Industrie 4.0 spielen dabei **Cyber-physische Systeme** eine zentrale Rolle. In den modernen mechatronischen und adaptronischen Systemen wird ein eingebettetes Softwaresystem in das mechanische System integriert. Der Kern solcher Systeme ist ein Regelkreis, in dem Daten über Sensoren aufgenommen und vom eingebetteten Softwaresystem verarbeitet werden, um Aktoren anzusteuern. Die verborgenen Perspektiven dieser Technologie, dass ein Steuerungs- und Regelungszyklus alte Sensordaten überschreibt, sind mittels Cyber-physische Systemen zu erheben. Cyber-physische Systeme können über Internetadressen Daten speichern sowie über Internet-schnittstellen sowohl Produkte als auch Produktionsmittel flexibel vernetzen. Ausgehend von der Funktionsintegration von mechanischen über mechatronischen zu adaptronischen Systemen entwickelt sich die **Wertschöpfung** von der Funktionsintegration zur Schöpfung neuer Werte mit dem Einsatz von Cyber-physischen Systemen weiter.

Über die Cyber-physischen Systeme wird das gesamte System in dessen Funktion erweitert. Somit lassen sich Funktionalitäten neu definieren. Zustandsüberwachung und Objektverfolgung sind zwei Fähigkeiten der vielen neuen Perspektiven, die in der zukünftigen Produktion voranstehen. Mit diesen neuen Fähigkeiten wird die gegenwärtige Industrielwelt weiterentwickelt, sodass neue Konzepte für die verschiedenen Anwendungsbereiche der Smart Factory, Smart Grid, Smart Logistis, Smart City oder Smart

¹ Java: Objektorientierte Programmiersprache

² UML: Unified Modeling Language

³ XML: Extensible Markup Language

Products⁴ entstehen, worin Cyber-physische Systeme einen entscheidenden Beitrag in der Wertschöpfungskette der kommunizierenden selbststeuernden Systeme leisten.

Die Einführung der Industrie 4.0 ist in zwei **Entwicklungsrichtungen** zusammenzufassen. Zum einen existiert eine Entwicklungsrichtung der informationstechnisch orientierten Unternehmen, zum anderen liegt die Entwicklungsrichtung der produktionstechnisch orientierten Unternehmen vor. Die Automatisierungspyramide wird hierbei zur Beschreibung der beiden Entwicklungsrichtungen herangezogen, die in vier Schichten aufgebaut ist. In Abbildung 3.2 sind die Automatisierungspyramide sowie beide Entwicklungsrichtungen der Industrie 4.0 dargestellt.

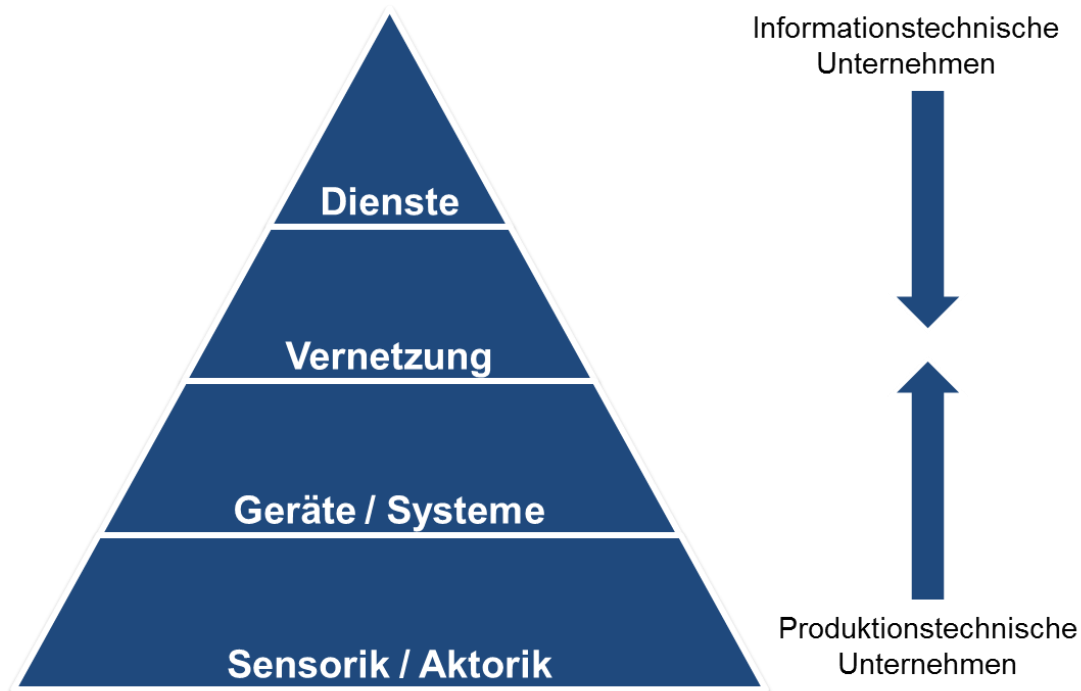


Abbildung 3.2: Entwicklungsrichtungen der Industrie 4.0 (Heinrich et al. 2015)

Das Fundament der Automatisierungspyramide setzt sich aus der Schicht der Sensorik und Aktorik zusammen. Über dieser Schicht siedelt sich die Schicht der Geräte und Systeme an. Darüber befindet sich die Schicht der Vernetzung. Die oberste Schicht ist die Schicht der Dienstleistungen.

Die Schicht der Dienstleistungen sowie die Schicht der Vernetzung sind von den informationstechnischen Unternehmen überwiegend besetzt. Vom Hauptaugenmerk der informationstechnisch orientierten Unternehmen ausgehend, welche Daten, Informationen und Wissen mittels Vernetzung sowie Internettechnologie zur Schöpfung ihrer

⁴ Smart: Der Begriff „smart“ wird als Attribut gebraucht und bedeutet so viel wie intelligent, klug und pfiffig. Übertragen auf innovative Produkte zielt „smart“ auf die Integration von Logik (z.B. als eingebettete Systeme) in Produkte. Ergänzt mit Internetadressen führt dies zu Vernetzung und Kommunikationsfähigkeit und der Steuerung des Produktverhaltens.

Werte nutzen, entwickelt sie sich zu der Richtung hin, ihr Hauptaugenmerk auf Systeme sowie auf die Feldebene der Sensorik und Aktorik zu erweitern.

In der werkstattnahen Betrachtung sind produktionstechnisch orientierte Unternehmen der Automatisierungs- oder Produktionstechnik anzutreffen, die in die Schichten der Geräte und Systeme sowie der Feldebene der Sensorik und Aktorik einzuordnen sind. Der wissenschaftliche Ansatz der Entwicklungsrichtung der produktionstechnischen orientierten Unternehmen zur Verbindung der realen und digitalen Welt obliegt zwei Kernaspekten:

“– Physicalize the Cyber – ... – Cyberize the Physical –” (Edward A. Lee 2010).

Einerseits sind durch vermehrte Anwendung von Informationstechnik die realen Produktionsumgebungen intelligenter und flexibler zu gestalten, andererseits sind die virtuellen Vorbereitungen der Produktion realitätsgetreuer auszulegen. Die Herausforderung dieses Ansatzes liegt darin, Daten, Informationen und Wissen in ihrem Lebenszyklus nicht nur zu erfassen sowie zu verwalten, sondern auch zu bewerten sowie im weiteren Wertschöpfungsprozess anzuwenden. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen zuerst IT-Kompetenzen über das gesamte Unternehmen geschaffen werden. An erster Stelle sind die informationstechnischen Rahmenbedingungen zu gewährleisten. Diese Basisstruktur ermöglicht eine Prozessoptimierung sowie die Entwicklung neuer Funktionen, Integration und Schöpfung neuer Werte mit dem Einsatz von Cyber-physischen Systemen.

Industrie 4.0 ist eine technologiegetriebene Evolution und eröffnet die Möglichkeit, über neue Geschäftsmodelle nachzudenken. Im Kontext von Industrie 4.0 wandelt sich die traditionelle Wertschöpfung, beispielsweise durch Verkauf der Leistung anstatt der Produkte oder Produktion, zur datengetriebenen Wertschöpfung. Das Generische Vorgehensmodell setzt sich vor, Industrie 4.0 in die Produktion und Produkte einzubringen sowie neue Geschäftsmodelle zu gestalten. Sie beabsichtigt, die Wertschöpfung eines Unternehmens zu erweitern sowie neue Gestaltungsmöglichkeiten zu eröffnen.

Methoden der Vorbereitungsphase

In der Vorbereitungsphase sind Literaturrecherchen, externe Beratungen sowie interner Erkenntnisaustausch als Methoden heranzuziehen. Im Folgenden werden die Methoden der Vorbereitungsphase erläutert.

Eine tiefgründige **Literaturrecherche** über den Stand der aktuellen Forschungen und Anwendungsszenarien bildet sowohl den Grundstein für wissenschaftliche Diskussionen als auch praktische Erfahrungsaustausch. Meinungsführer sind hierbei in den Fokus der Literaturrecherche zu betrachten (Lehmann 2008). Die Referenzliteratur zur *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0* sowie *Umsetzungsstrategie Industrie 4.0* ist hierbei hervorzustellen (Kagermann et al. 2013; BITKOM e.V. et al. 2015).

Die Erweiterung der eigenen Wissensbasis kann durch **externe Beratungen** gewonnen werden. Besichtigungen umgesetzter Anwendungsbeispiele und -szenarien verschiedener Forschungsinstituten und Unternehmen fördern die Kreativität. Hierbei dienen Vorträge und Symposien zum Aufzeigen neuer Wege und Erfolge.

Gleichzeitig zur Literaturrecherche und externe Beratungen ist der **interne Erkenntnisaustausch** in einem Projektteam förderlich. Ein Projektteam ist interdisziplinär zu bilden, um sich in die Thematik einzuarbeiten. Eine frühzeitige Einbindung der Geschäftsführung fördert die Bildung einer unternehmensinternen Ausrichtungsstrategie. Externe Berater können diesem Projektteam angehören, sodass ihre fachlichen Kompetenzen den Erkenntnisaustausch fördern.

Ergebnisse der Vorbereitungsphase

Industrie 4.0 ist ein Erfolg für den Mittelstand, wenn der Nutzen von Industrie 4.0 erkannt ist. Unternehmen müssen Projekte aus eigener Initiative heraus starten, um ihre eigenen Innovationskraft zu motivieren, sodass erste Projekte den Nutzen der Industrie 4.0 widerspiegeln. Die Entwicklungsrichtungen weisen das Potential von Industrie 4.0 aus, sodass eine frühzeitige Sensibilisierung unentdecktes Potential des Unternehmens aufgedeckt und der Beginn der Umsetzung erster Projekte die Zukunft des Unternehmens sichert.

3.3 Analyse des Unternehmens

Vorgehensweise der Analysephase

Das Generische Vorgehensmodell sieht im Rahmen der Analysephase vor, dass ein Projektteam alle notwendigen Aspekte des Ist-Zustandes des Unternehmens hinsichtlich seiner Kompetenzen zu Industrie 4.0 analysiert. Hieraus erschließen sich anschließend Optimierungspotentiale. Um die Ausgangslage und die Marktposition des Unternehmens bezüglich Industrie 4.0 und seiner Optimierungspotentiale zu identifizieren, sind die Analysen sowohl zwischen allen Unternehmensbereichen, als auch aus der Sicht der Akteure im Unternehmensumfeld durchzuführen.

Eine systematische Vorgehensweise ist bei der Erstellung des Ist-Zustandes des Unternehmens zu gewährleisten. Unter Zuhilfenahme der Wissensbasis zu Industrie 4.0 ist zur **Erstellung des Ist-Zustandes eines Unternehmens** hinsichtlich seiner Kompetenzen zu Industrie 4.0 zunächst eine Systemgrenze der Analyse zu definieren. Dabei ist zu beachten, dass die Analyse jeden Geschäftsbereich erfasst und interdisziplinäre Sichtweisen einbezieht. Anhand der Systemgrenze sind Randbedingungen und Variablen zu berücksichtigen, die im System agieren. Hierfür wird der Ansatz des Werkzeugkastens Industrie 4.0 des *Leitfadens Industrie 4.0* herangezogen (Anderl et al. (2015)). Der Werkzeugkasten Industrie 4.0 bildet eine Matrix, worin die Zeilen als Anwendungsebene und Spalten als Entwicklungsstufen bezeichnet werden. Während der Werkzeugkasten Industrie 4.0 des Produktes die Definition der Systemgrenze des Bereiches des Produktes umfasst, umschließt der Werkzeugkasten Industrie 4.0 der Produktion die

Definition der Systemgrenze des Bereiches der Produktion. Die Anwendungsebenen des Werkzeugkastens Industrie 4.0 reflektieren die Variablen des jeweiligen Systems. Der dynamische Verlauf der Variable ist in den einzelnen technologisch aufeinander aufbauenden Entwicklungsstufen einer Anwendungsebene verzeichnet, die sich von der Industrie 4.0 fernen Technologie zu der Technologie der Vision der Industrie 4.0 entwickelnd erstreckt. In Abbildung 3.9 ist eine Übersicht des Werkzeugkastens Industrie 4.0 der Intralogistik dargestellt.

Die Entwicklung weiterer Werkzeugkästen ermöglicht die Ausdehnung der Analysen auf zusätzliche Bereiche. Die Erstellung des Ist-Zustandes des Unternehmens bildet die Grundlage der Erschließung des Optimierungspotentials des Unternehmens.

Methoden der Analysephase

In der Analysephase ist die externe Wahrnehmungsanalyse sowie interne Kompetenzanalyse als Methoden heranzuziehen. Im Folgenden werden die Methoden der Analysephase erläutert.

Die **externe Wahrnehmungsanalyse** legt den Schwerpunkt darauf, produktbezogene Bereiche des Produktportfolios hinsichtlich seiner Industrie 4.0 Kompetenzen zu analysieren. Die öffentliche Darstellung, die Aufnahme der Wahrnehmung aus Sicht der Kunden und Zulieferer sowie die Vermarktung der Industrie 4.0 der Wettbewerber sind in den Vordergrund dieser Analysen zu setzen.

Im Gegensatz zu der externen Wahrnehmungsanalyse fokussiert sich die **internen Kompetenzanalyse** nicht nur auf produktbezogene Bereiche, sondern produktionsbezogene Bereiche hinsichtlich der vorhandenen Kompetenzen im Unternehmen zu Industrie 4.0 werden in den Analysen als Schwerpunkte auch einbezogen. Die Zuhilfenahme weiterer entwickelter Werkzeugkästen ermöglicht die Ausdehnung der Analyse auf zusätzliche Bereiche.

Mit dem Werkzeugkasten Industrie 4.0 einhergehend unterstützen Fragebögen die Analyse der internen Kompetenzanalyse. Jedem Bereich der internen Kompetenzanalyse ist ein Fragebogen zugeordnet. Analog zur Vorgehensweise der Erstellung des Ist-Zustandes des Unternehmens richtet sich der Aufbau des Fragebogens an dem zugehörigen Werkzeugkasten. Leitfragen zu jeder Anwendungsebene bieten Antwortmöglichkeiten an, welche die technologisch aufeinander aufbauenden Entwicklungsstufen widerspiegeln. Anhand des Fragebogens ist ein Profil des Unternehmens hinsichtlich seiner Kompetenzen zu Industrie 4.0 im Werkzeugkasten erstellbar.

Der Werkzeugkasten Industrie 4.0 ist ein zentrales Element im Generischen Vorgehensmodell. Er ist ein wichtiges Werkzeug zur Analyse des eigenen Unternehmens und zur

Generierung neuer Ideen. Das Fachgebiet DiK hat Werkzeugkästen für die Bereiche Produkte, Produktion und Intralogistik entwickelt.⁵ Der Werkzeugkasten Industrie 4.0 der Intralogistik ist im Rahmen des Forschungsprojektes CypIFlex erarbeitet worden. Im Generischen Vorgehensmodell dient er neben dem Werkzeugkasten Industrie 4.0 des Produkt und der Produktion als Methode in der Analysephase.

Der Werkzeugkasten Industrie 4.0 der Intralogistik enthält sechs Anwendungsebenen. Diese Anwendungsebenen verlaufen vertikal im Werkzeugkasten und beschreiben Themenfelder, die im Umfeld der Intralogistik genutzt werden. Dabei ist es für die intendierende Funktionalität von Industrie 4.0 entscheidend, Anwendungsebenen zu kombinieren. Die Entwicklungsstufen verlaufen horizontal im Werkzeugkasten und beschreiben den technologischen Fortschritt einer Anwendungsebene in Bezug auf Industrie 4.0. Jede Anwendungsebene besitzt fünf aufeinander aufbauende Entwicklungsstufen. Dabei stellt die jeweils höchste Stufe das Optimum und damit die Vision von Industrie 4.0 dar. Dieser Werkzeugkasten ermöglicht eine analytische Betrachtung der unternehmensspezifischen Intralogistik und gibt Anreize diese zu verbessern. Er ist untergliedert in die Anwendungsebenen: Integration von Sensoren / Aktoren, Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M), Transporteinheit als Informationsträger, Transportsystem, Mensch-Maschine-Schnittstellen und Lagersystem.

Integration von Sensoren / Aktoren:

Die Integration von Sensoren und Aktoren in der Intralogistik kann die Effizienz des Intralogistiksystems um ein Vielfaches steigern. Die Entwicklungsstufen verlaufen hierbei von Intralogistik gänzlich ohne Aktoren oder Sensoren bis hin zu einem Logistiksystem, das eigenständig auf Basis der gewonnenen Daten reagieren kann.

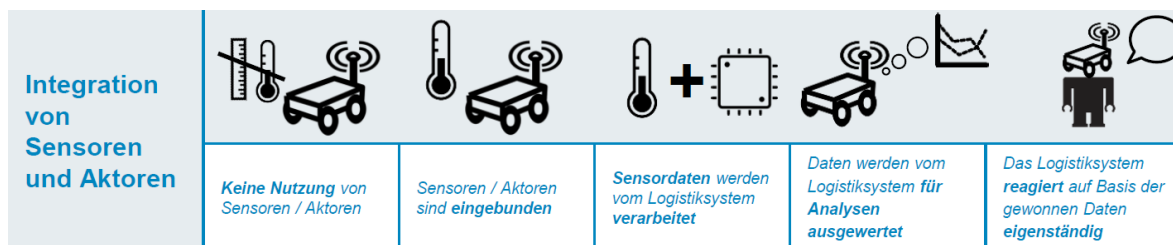


Abbildung 3.3: Anwendungsebene - Integration von Sensoren / Aktoren

Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M):

Auch in der Intralogistik bildet die Kommunikation zwischen den Maschinen (M2M) eine wichtige Grundlage für Industrie 4.0. Die automatische Kommunikation zwischen einzelnen Maschinen verläuft über Schnittstellen und bildet eine wichtige Grundlage

⁵ Für Informationen bezüglich des Werkzeugkastens Industrie 4.0 der Bereiche Produkt und Produktion ist die weiterführende Literatur *Leitfaden Industrie 4.0. Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand* zu empfehlen (Anderl, 2015).

für viele Anwendungen der Industrie 4.0. Mögliche Schnittstellen sind: Feldbus-, Industrial Ethernet- und Internetschnittstellen. Anwendungen mit Webdiensten und Internetschnittstellen ermöglichen dabei eine Trennung von Informationen und Standort.

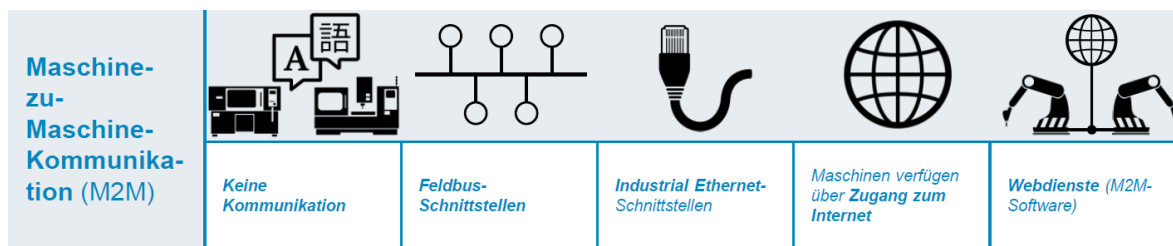


Abbildung 3.4: Anwendungsebene - Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M)

Transporteinheit als Informationsträger:

Transporteinheiten als Informationsträger ermöglichen neue innovative Anwendungen. Dabei kann die Transporteinheit eine Möglichkeit zur eindeutigen Identifikation oder Speicherung von Systemzuständen geben. Des Weiteren können vordefinierte Handlungsanweisungen durchgeführt oder ein autonom reagierendes Transportsystem geschaffen werden.



Abbildung 3.5 Anwendungsebene - Transporteinheit als Informationsträger

Transportsystem:

Eine Verbesserung des Transportsystems mithilfe von Industrie 4.0 Technologien beschleunigt den Transport und spart Personalkosten. Das Entwicklungsspektrum des Transportsystems reicht von manuellem Transport über maschinellen und automatischen Transport bis hin zum autonomen Transport.

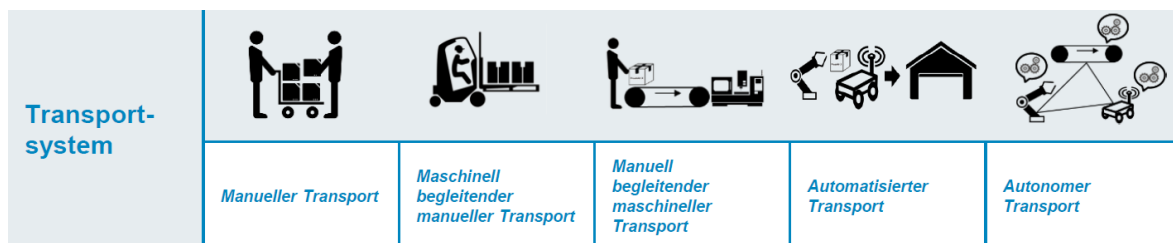


Abbildung 3.6: Anwendungsebene - Transportsystem

Mensch-Maschine-Schnittstellen:

Anwendungsgerechte Mensch-Maschine-Schnittstellen rücken aufgrund immer komplexer werdenden Maschinen mehr und mehr in den Fokus. Sie führen in der Intralogistik zur Entlastung der Mitarbeiter und Steigerung der Produktionseffizienz. Diese erfolgen neben dem Einsatz lokaler Anzeigegeräte über Produktionsüberwachung und -steuerung sowie Einsatz mobiler Geräte bis hin zu erweiterten und assistierten Realitäten.

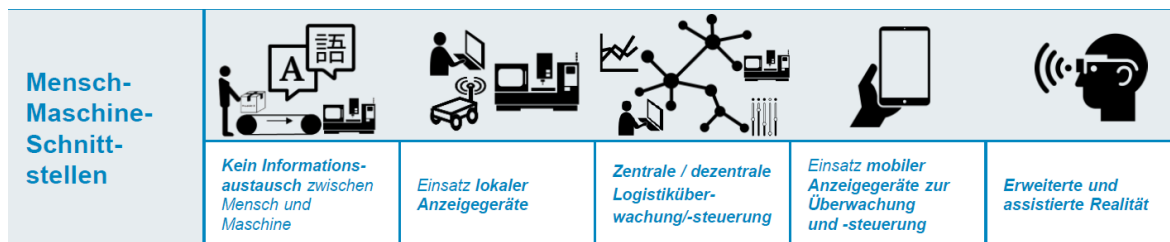


Abbildung 3.7: Anwendungsebene - Mensch-Maschine-Schnittstellen

Lagersystem:

Das Lagersystem bietet Potential für Technologien der Industrie 4.0. Hierbei können Lagerplätze eindeutig identifiziert werden, Lagerbestände gespeichert, vordefinierte Handlungsanweisungen durchgeführt und auf der höchsten Entwicklungsstufe ein autonomes, flexibles Lagersystem geschaffen werden.

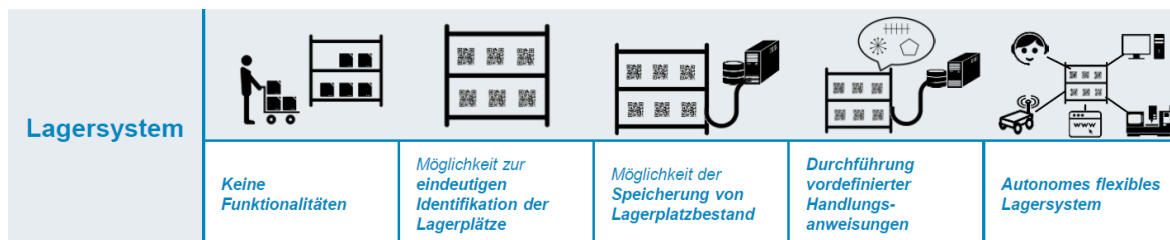


Abbildung 3.8: Anwendungsebene - Lagersystem

Ergebnisse der Analysephase:

Nach der Durchführung der Analysephase erkennt das Unternehmen aufgrund der externen Wahrnehmungsanalyse die eigene Marktposition sowie anhand der internen Kompetenzanalyse die Optimierungspotentiale in Bezug auf Industrie 4.0. In den einzelnen Werkzeugkästen ist ein Profil der Kompetenzen zu Industrie 4.0 im Unternehmen erkennbar, die die Abbildung des Ist-Zustandes der Industrie 4.0-Kompetenzen widerspiegelt. Aufbauend auf der einheitlichen Wissensbasis über Industrie 4.0 und den Ergebnissen über die eigene Unternehmenssituation aus der Analysephase folgt im Generischen Vorgehensmodell die Ideengenerierungsphase.

3.4 Ideengenerierung für das Unternehmen

Vorgehensweise der Ideengenerierungsphase

Mit der Kombination aus der einheitlichen Wissensbasis zu Industrie 4.0 und der Kenntnisse der eigenen Unternehmenssituation eröffnet die Ideengenerierung die Möglichkeit vom Ist-Zustand des Unternehmens ausgehend Ideen für die Optimierung der Wertschöpfungsprozesse zu generieren, um daraus bestehende Geschäftsmodelle weiterzuentwickeln sowie neue Geschäftsmodelle zu erschließen.

Die Ideengenerierungsphase ist in zwei Abschnitten unterteilt. Der erste Abschnitt befasst sich mit erschlossenen Optimierungspotentialen der Analysephase. Auf Basis des Abbildes des Ist-Zustandes des Unternehmens erfolgt die Erstellung eines Zielprofils.

Für das Optimierungspotential jeder Anwendungsebene des Werkzeugkastens jedes Bereiches sind zunächst Ideen zu entwickeln. Hierbei ist die Kreativität und Innovationskraft aus der Wissensbasis zu Industrie 4.0 und Kenntnisse der eigenen Unternehmenssituation zu schöpfen. Gleichzeitig ist zu erörtern, inwiefern das Erreichen der nächsten Entwicklungsstufe einer Anwendungsebene einen Nutzen für das Unternehmen generiert. Denn nicht immer ist das Erreichen der höchsten Entwicklungsstufe einer Anwendungsebene für das Unternehmen erstrebenswert. Der hieraus generierte Nutzen ist als Schwerpunkt zu betrachten.

Der zweite Abschnitt bearbeitet die Weiterentwicklung bestehender Geschäftsmodelle sowie Erschließung neuer Geschäftsmodelle, dessen Basis die Vorgehensweise des ersten Abschnittes der Ideengenerierungsphase sowie dessen Ergebnisse bildet. Folgende Impulse dienen hierfür zur weiteren Inspiration:

- Wissen und Informationen sind aus Daten eines Produktionsprozesses ableitbar.
- Die zentralisierte Planung wird sich in eine Dezentralisierung und Vernetzung wandeln.
- Die Lagerhaltung weist einen Wandel in Richtung Produktion nach Bedarf auf. Dies führt zur vermehrten Forderung der Individualisierung der Produktion.
- Die Individualisierung erfolgt durch Variantenvielfalt und führt zu mehr Kundeninteraktionen, zu neuen Formen der Kundenbindung, aber auch zu neuen Kooperationsformen.
- Die Differenzierung durch die Produktqualität tritt in Richtung einer neuen Differenzierung ein, welche Produktqualität durch Dienstleistungsqualität ergänzt. Die Internettechnologie unterstützt Unternehmen zu neuen Dienstleistungsangeboten, die an den Produktschwerpunkt gebunden sind.

Unter Zuhilfenahme obiger Impulse zur Weiterentwicklung bestehender Geschäftsmodellen sowie Erschließung neuer Geschäftsmodellen sind Methoden zur Geschäftsmo-
dellgenerierung durchzuführen.

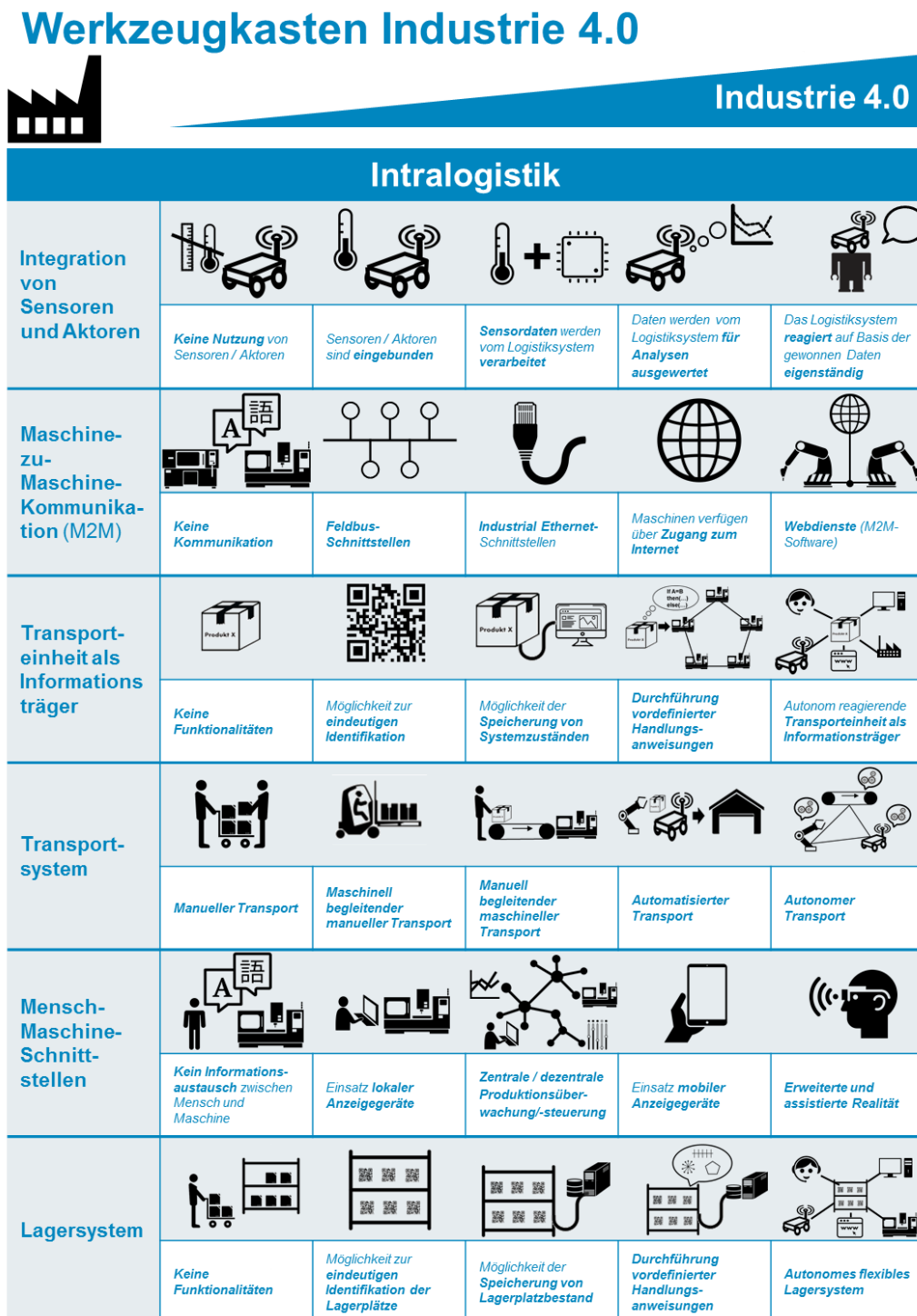


Abbildung 3.9: Werkzeugkasten Industrie 4.0 – Intralogistik

Methoden der Ideengenerierungsphase

Die Ideengenerierungsphase kann für jedes Unternehmen sehr unterschiedlich verlaufen und benötigt demnach einen starken Input der Mitarbeiter aus unterschiedlichen Disziplinen und Hierarchieebenen. In internen Seminaren fördern Einzel- und Gruppenarbeit die Kreativität und Innovationskraft der Ideengenerierung. Zudem können externe Moderationen mittels Workshops oder Beratungen die Ideengenerierung unterstützen. Im Folgenden werden Methoden der Ideengenerierungsphase zur Optimierung vorhandener Prozesse und zur Weiterentwicklung des eigenen Geschäftsmodells sowie zur Erschließung neuer Geschäftsmodelle erläutert.

Kata-Coaching ist eine Methode, die aus *Lean Production* entstammt (Rother 2013). Ein Vorsatz der *Lean Production* ist das Erreichen von Aufgeschlossenheit der Mitarbeiter für tägliche Verbesserungen im Unternehmen (Imai 1994, 1997). An diesen Vorsatz knüpft das Kata-Coaching an, um das *Lean Production* Prinzip systematisch in das Unternehmen einzuführen. Kata-Coaching sucht nach den Optimierungspotentialen in allen Prozessen des Unternehmens. Hierbei sind fünf Leitfragen zu beantworten, um eine Optimierung voranzutreiben. Nachdem die Fragen nach Zielzustand und Ist-Zustand beantwortet sind, ist die Frage der Klärung der Hindernisse auf dem Weg zum Zielzustand zu erarbeiten. Abschließend ist die Frage nach Aufgaben und Ergebnisse der einzelnen Schritte sowie den Nutzen der Optimierung zu resümieren. Analog hierzu ist diese Methode im Kontext von Industrie 4.0 für das Unternehmen heranzuziehen (Rother 2013).

Der **St. Gallen Business Modell Generator** ermöglicht einem Unternehmen, seine Ideen und Optimierungspotentiale zu Geschäftsmodelle weiterzuentwickeln, indem das Unternehmen mit seiner Unterstützung Ideen differenziert betrachtet. Die Analyse und Beantwortung von vier Leitfragen ist hierbei notwendig. Die Leitfragen sind in die Kategorien Kunde, Nutzerversprechen, Wertschöpfungskette und Ertragsmechanik eingeteilt (Gassmann 2013). Im Folgenden werden diese Leitfragen vorgestellt.

Kunde – Wer sind die Zielkunden?

Der Kern eines Geschäftsmodells befasst sich mit dem Kunden, sodass die Kategorie Kunde im Zentrum des St. Gallen Business Modell Generators steht. Ein Unternehmen muss das Verständnis besitzen, welche Zielkunden sowie welches Kundensegment angesprochen werden sollen.

Nutzerversprechen – Was wird dem Kunden angeboten?

Mit dem Kunden einhergehend beschäftigt sich die zweite Leitfrage mit den Bedürfnissen des Kunden, die zufrieden gestellt werden müssen. In der Kategorie Nutzerversprechen sind die Leistungen eines Produktes oder einer Dienstleistung beschrieben, die der Kunde anfordert und dem Kunden von Nutzen ist.

Wertschöpfungskette – Wie wird die Leistung hergestellt?

Mit dem Nutzenversprechen einhergehend befasst sich die dritte Leitfrage mit den Prozessen und Aktivitäten, die ein Unternehmen zur Erfüllung seines Nutzenversprechens aufbringt. In Verbindung hierfür sind Ressourcen hinsichtlich der Wertschöpfungskette des Unternehmens zu koordinieren.

Ertragsmechanik – Wie wird der Nutzen für das Unternehmen erzielt?

Die letzte Kategorie handelt von der Ertragsmechanik und dem Potential des Geschäftsmodells. Hierbei ist das Geschäftsmodell hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit zu prüfen sowie die Kostenstruktur und Umsatzmechanismen zu analysieren. Der Kern liegt in der Schöpfung der Werte für das Unternehmen (Gassmann 2013).

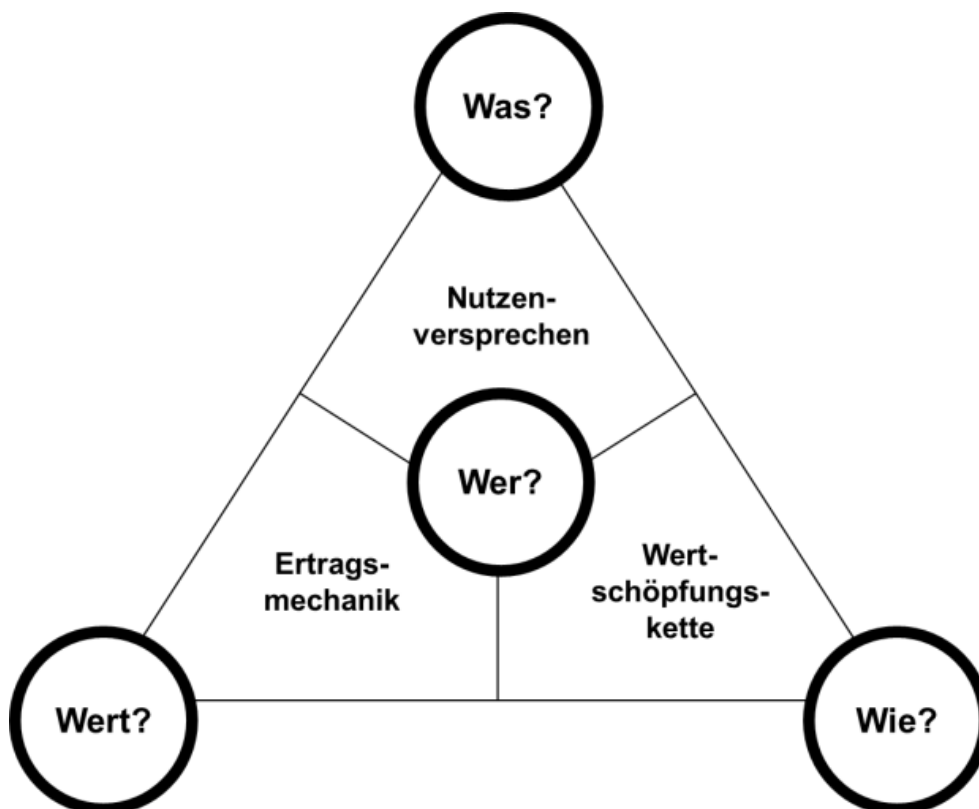


Abbildung 3.10: Übersicht St. Gallen Business Modell Generator (Gassmann 2013)

Das **Business Model Canvas** dient dazu ein Geschäftsmodell zu definieren und dessen Innovation mit der Anzahl der sich geänderten Eigenschaften zu beschreiben. Bei der Weiterentwicklung bestehender Geschäftsmodelle sowie der Generierung neuer Geschäftsmodelle werden neun Eigenschaften eines Geschäftsmodells betrachtet. Jede Eigenschaft beinhaltet vier Merkmale eines Unternehmens: Kunden, Angebot, Infrastruktur und Finanzierbarkeit (Osterwalder und Pigneur 2004, 2011). Im Folgenden werden die einzelnen Eigenschaften des Business Model Canvas näher erläutert. In Abbildung 3.11 ist eine Übersicht des Business Model Canvas dargestellt.

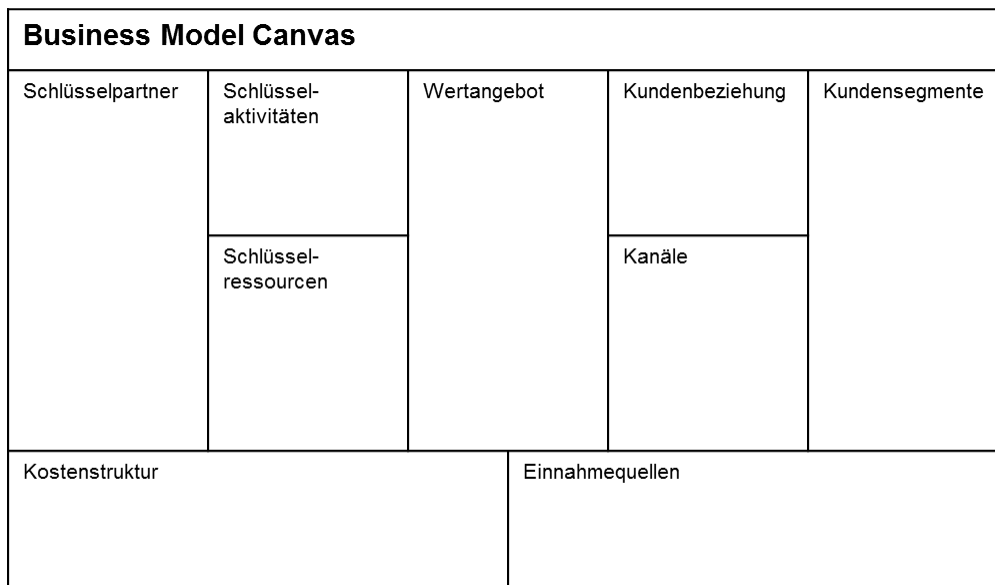


Abbildung 3.11: Übersicht des Business Model Canvas (Osterwalder und Pigneur 2011)

Ein Unternehmen definiert *Kundensegmente* nach Zielgruppen, die es erreichen will. Zielgruppen sind Personen und Unternehmen, die in Massenmarkt, Nischenmarkt, Segmentiert, Diversifiziert und *Multi-sided Platforms*⁶ unterteilt sind. Das *Wertangebot* beschreibt die Produkte und Dienstleistungen, die einen Mehrwert für ein spezielles Kundensegment besitzen. Nach dem Wertangebot entscheiden sich Kunden für ein bestimmtes Unternehmen. Ein Wertangebot kann als die Sammlung von Nutzen für den Kunden verstanden werden, die ein Unternehmen anbietet. Das können innovative, revolutionäre Angebote sein oder bekannte Angebote mit zusätzlichen Funktionen und Eigenschaften. Die *Kanäle* beschreiben, wie ein Unternehmen seine Kundensegmente erreicht und mit ihnen kommuniziert. Es existieren fünf Kanalphasen mit unterschiedlichen Kanaltypen. Diese bilden die Schnittstellen zum Kunden. Die *Kundenbeziehung* beschreibt die Art der Beziehung zu einem Kundensegment. Diese erstreckt sich auf einer Bandbreite von sehr persönlich bis vollautomatisiert. Die *Einnahmequellen* zeigen den generierten Umsatz aus den Kundensegmenten. Ein Unternehmen muss sich fragen, für welches Wertangebot ein Kunde wirklich bereit ist zu bezahlen. Jede Einnahmequelle hat einen anderen Preismechanismus. Die *Schlüsselressourcen* nennen alle notwendigen Ressourcen, die ein Geschäftsmodell benötigt. Dazu gehören physische, intellektuelle, menschliche und finanzielle Ressourcen. Die *Schlüsselaktivitäten* beschreiben die wichtigsten Aktivitäten eines Unternehmens für das erfolgreiche Betreiben eines Geschäftsmodells. Dabei sind Schlüsselaktivitäten wie Produktion, Problemlösung, Unternehmensnetzwerke aufzulisten. Die *Schlüsselpartner* bilden das Netzwerk an Zulieferern und Partnern für ein Geschäftsmodell. Die Motivation dieser Partnerschaften

⁶ Multi-sided Platforms: Multi-sided Platforms ermöglichen die Kontakte und Interaktionen zwischen den unterschiedlichen Kundengruppen über Netzwerkeffekt (Osterwalder und Pigneur 2011).

kann sehr unterschiedlich sein: Optimierung und Mengenvorteile, Risiko- und Unsicherheitsminimierung, Akquise bestimmter Ressourcen und Aktivitäten. Die *Kostenstruktur* beschreibt alle Kosten, die mit dem Betrieb eines Geschäftsmodells verbunden sind. Dazu gehören insbesondere die Kosten für Schlüsselressourcen, Schlüsselaktivitäten und Schlüsselpartner (Osterwalder und Pigneur 2011).

Ergebnisse der Ideengenerierungsphase

Nachdem die vorgestellten Methoden in beiden Abschnitten durchgeführt sind, sind für den ersten Abschnitt Ideen zur Optimierung vorhandener Prozesse im Unternehmen generiert worden. Unter Einbeziehung dieser Ergebnisse liegen nun im zweiten Abschnitt Ideen zur Weiterentwicklung bestehender Geschäftsmodelle sowie Generierung neuer Geschäftsmodelle vor.

Nach der Durchführung der Ideengenerierungsphase erkennt das Unternehmen nicht nur die Herausforderung einer neuen Stufe der Organisation des Unternehmensnetzwerks und der Steuerung der Wertschöpfungskette, sondern hat mit den Ergebnissen dieser Phase einen weiteren Schritt der Einführung der Industrie 4.0 beschritten.

3.5 Bewertung der Handlungsfelder

Vorgehensweise der Bewertungsphase

Das Ergebnis der Vorbereitungsphase weist aus, dass ein Unternehmen Projekte aus eigener Initiative heraus starten muss. Mit diesem Ansatz und den Ergebnissen der Analysephase sind **Handlungsfelder** zu definieren, die sich aus den Ergebnissen der Ideensammlung der Ideengenerierungsphase gebildet haben. Hierbei erfolgt eine detaillierte Beschreibung jedes Handlungsfeldes in einzelne Handlungsempfehlung. Neben der Definition von Handlungsfeldern ist gleichzeitig dessen **Wirtschaftlichkeitsbetrachtung** in Verbindung mit einer Nutzwertanalyse durchzuführen. Anschließend ist eine Erstellung einer **Roadmap** zur schrittweisen Umsetzung der definierten Handlungsfelder notwendig, die die Umsetzung der Industrie 4.0 im Unternehmen begleitet.

Methode der Bewertungsphase

In der Bewertungsphase sind Clustern und Priorisierung der Ergebnisse der Ideengenerierungsphase nach der BCG-Matrix ⁷ sowie die Durchführung einer Simulation als Methoden heranzuziehen. Im Folgenden werden die Methoden der Bewertungsphase erläutert.

Die Einordnung der Ergebnisse beider Abschnitte der Ideengenerierungsphase ist mittels der **BCG-Matrix** durchzuführen. Während die vertikale Achse das Marktpotential einer Idee bemaßt, beschreibt die horizontale Achse die aufzuwendenden Ressourcen eines Unternehmens zur Umsetzung dieser Idee. Die BCG-Matrix ist in vier Quadranten

⁷ BCG-Matrix: Boston Consulting Group Matrix

eingeteilt. Handlungsfelder, die sich im Quadranten *stars* befinden, zeichnen sich dadurch aus, dass sie mit geringem Ressourcenaufwand umzusetzen sind. Gleichzeitig besitzen diese Handlungsfelder ein hohes Marktpotential. Diagonal gegenüberliegend befindet sich der Quadrant *poor dogs*. Handlungsfelder mit geringem Marktpotential und großem Ressourcenaufwand zu ihrer Umsetzung sind dort anzutreffen. Im Quadranten *cash cows* sind Handlungsfelder mit sowohl geringem Marktpotential als auch geringem Ressourcenaufwand zu ihrer Umsetzung aufgetragen. Analog hierzu sind im Quadranten *question marks* Handlungsfelder aufzutragen, dessen Marktpotential zwar hoch einzuschätzen ist, jedoch auch ein großer Ressourcenaufwand zu ihrer Umsetzung benötigt wird (Hutzschenreuter 2009). In Abbildung 3.12 ist eine Übersicht der BCG-Matrix dargestellt.

Eine weitere Methode in der Bewertungsphase ist die Zuhilfenahme von Berechnungs- und Simulationswerkzeugen. Zur Validierung der Ideen ist die Berechnung und **Simulation** in den Bereichen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, der Geometrie und Funktion eines Produktes oder einer Fabrik anzuwenden. Der Aufbau eines Berechnungs- und Simulationsmodells bildet die Grundlage. Die Definition der Systemgrenze, der Randbedingungen sowie der Variablen der Simulation entscheiden über den Umfang und Güte einer Simulation. Schließlich werden reale Daten benötigt, um den Start einer Simulation einzuleiten.

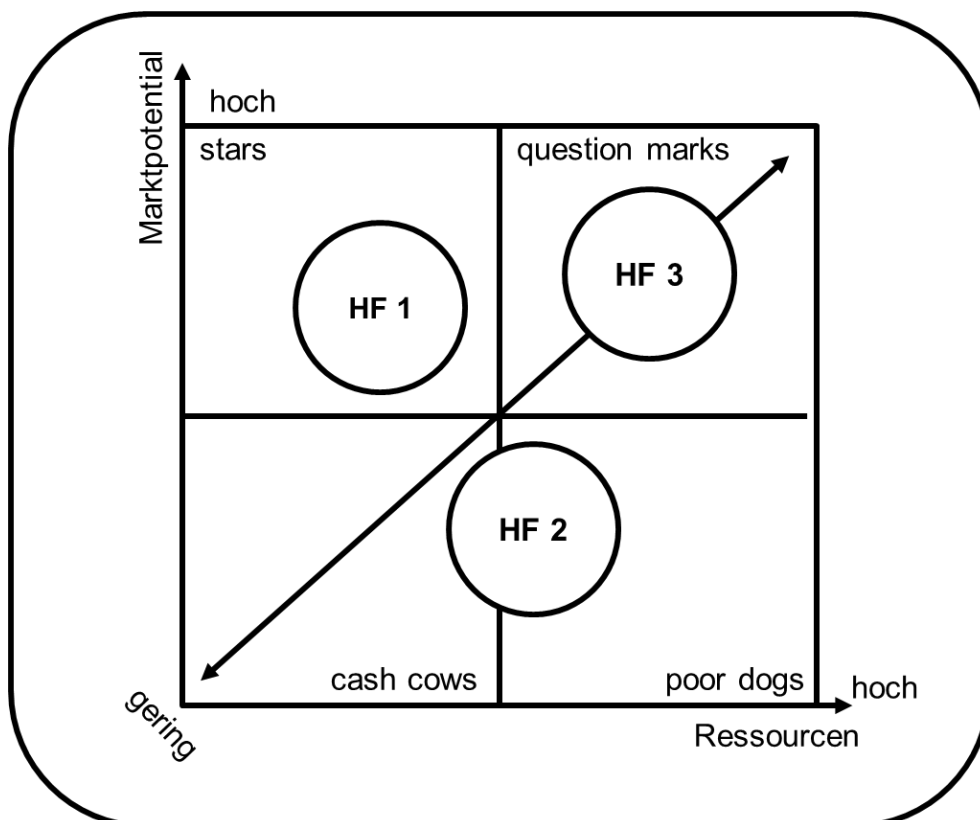


Abbildung 3.12: Bewertung der Handlungsfelder (HF) in einer BCG-Matrix (Hutzschenreuter 2009)

Ergebnisse der Bewertungsphase

Nach der Durchführung der Bewertungsphase ist die Spezifizierung der Umsetzung der Industrie 4.0 in Form von Handlungsempfehlungen für das Unternehmen festgelegt. Die Befürwortung der Inhalte der Handlungsempfehlungen wird durch die Ergebnisse der Simulationen und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen gestärkt. Eine Roadmap zur Umsetzung der Industrie 4.0, die aus den Inhalten dieser Dokumente hervorgeht, liegt dem Unternehmen nun vor.

3.6 Umsetzung der Handlungsempfehlung

Mit Beginn der Umsetzungsphase endet das Generische Vorgehensmodell zur Einführung von Industrie 4.0 in einem Unternehmen. Nachdem der Nutzen von Industrie 4.0 erkannt worden ist sowie die Vorbereitungen der Umsetzung mittels der Handlungsempfehlungen gelegt sind, leitet eine Vorstandsentscheidung der Unternehmensleitung den Start der Umsetzungen ein. Um die Vorstandsentscheidung zu erhalten, ist der Unternehmensleitung eine Ausarbeitung eines Businessplans vorzulegen, der eine Investitions- und Kapazitätsplanung sowie einen Projektverantwortlichen beinhaltet. Ein frühzeitiger Beginn der Umsetzung erster Projekte sowie ein erfolgreicher *proof of concept* der Handlungsempfehlungen sichert die Zukunft des Unternehmens.

4 Reflexion des Projektes CypIFlex

Die Herausforderungen der Serienfertigung für die deutschen mittelständischen Unternehmen sind identifiziert und das Generische Vorgehensmodell zur Einführung der Industrie 4.0 sind im Rahmen des Projektes CypIFlex erstellt worden. Nachdem das Ziel des Projektes zur Einführung der Industrie 4.0 für deutsche mittelständischen Unternehmen vorgestellt ist, wird in diesem Kapitel der Verlauf sowie die gewonnenen Erfahrungen des Projektes erläutert.

4.1 Projektprofil

Das Konsortium besteht aus sieben Projektpartnern. Die Sanner GmbH ist Konsortialführer, Antragsteller und Use Case. Die Axxessio GmbH übernimmt die Projektleitung für den IT-Bereich und die Eckelmann AG die Projektleitung für den Automatisierungs- und Fertigungsbereich. Wissenschaftlich ist das Projekt von der TU Darmstadt begleitet worden. Die Software AG hat als assoziierter Partner Software und Expertise für das Projekt bereitgestellt. Die beiden Cluster IT FOR WORK und Automatisierungsregion haben bei der Projektleitung, der Koordination, Administration und Kommunikation des Gesamtprojektes unterstützt.

Die Projektdurchführung ist in fünf Projektphasen aufgebaut. In der ersten Projektphase sind eine Anforderungsanalyse und eine Anforderungskatalog zu erstellen. In der zweiten Projektphase sind Lösungen zu analysieren, zu erfassen und zu bewerten. Die dritte Projektphase sieht eine Entwicklung eines generischen Einführungskonzeptes vor. In der vierten Projektphase erfolgt die Validierung des generischen Einführungskonzeptes am Anwendungsfall Sanner GmbH. Die Verifikation und Eigenschaftsabsicherung des entwickelten Konzeptes bildet die fünfte Projektphase ab, die einen rekursiven Prozess darstellt, sodass sie im Projekt CypIFlex in allen vier vorherigen Projektphasen begleitend durchzuführen ist. In Abbildung 4.1 ist die Übersicht aller fünf Projektphasen dargestellt.

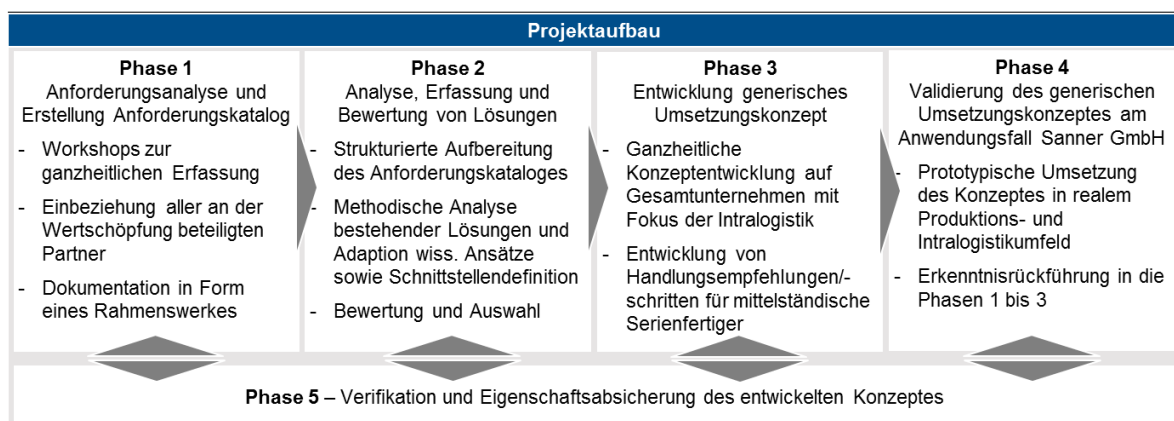


Abbildung 4.1: CypIFlex-Projektphasen

Das Generische Vorgehensmodell zur Einführung der Industrie 4.0 stellt das Ergebnis der Arbeiten der ersten drei Projektphasen dar. Im weiteren Abschnitt wird die Validierung des generischen Einführungskonzeptes am Anwendungsfall Sanner GmbH erläutert.

4.2 Validierung des Generischen Vorgehensmodells bei Sanner GmbH

Die vierte Projektphase dient zur Validierung und unternehmensspezifischen Umsetzung des Projektes. Als Anwendungsfall ist die Sanner GmbH für eine prototypische Umsetzung des Konzeptes in realem Produktions- und Intralogistikumfeld herangezogen worden.

Die Sanner GmbH ist ein mittelständisches Unternehmen mit Hauptsitz in Deutschland, die international mehrere Vertriebs- und Produktionsstandorte besitzt. Am Hauptsitz in Bensheim werden mit Kunststoffspritzgussmaschinen in zwei Fertigungshallen Kunststoffprodukte für die Pharmaindustrie hergestellt.

Für das Unternehmen liegt die Herausforderung der Einführung von Industrie 4.0 darin, neue Stufen der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette des Lebenszyklus ihrer Produkte zu erkennen. Im Rahmen von CypIFlex ist der Einsatz von modernsten Produktions- und Prozesstechnologien am deutschen Standort Bensheim zu erforschen. Hierbei sind Anforderungen eines Serienfertigers zu definieren sowie Technologien und Prozesse auszuwählen, die eine Vernetzung, Flexibilisierung und Kommunikationsfähigkeit zukünftiger Produkte und Produktionsmittel berücksichtigen. Somit ist Sanner für Kunden ein zuverlässiger und innovativer Partner, indem das Unternehmen an der Spitze des technologischen Fortschrittes forscht und in allen Bereichen zeitgemäße Kommunikationsformen und Informationstechnologien einsetzt.

Industrie 4.0 ist ein Erfolg für die Sanner GmbH, da das Unternehmen dessen Nutzen in der Vorbereitung zur Einführung der Industrie 4.0 erkannt hat. Mittels der Analyse des Unternehmens hat die Sanner GmbH Ideen für die Optimierung seiner Wertschöpfungsprozesse geschaffen. Diese Ergebnisse haben die Grundlage gebildet, bestehende Geschäftsmodelle weiterzuentwickeln sowie neue Geschäftsmodelle zu erschließen. Die ganzheitliche Konzeptentwicklung der Sanner GmbH gliedert sich in die Bereiche der effizienten Gestaltung der wertschöpfenden Geschäftsprozesse, Flexibilisierung der Produktionsprozesse und Optimierung der Intralogistik. Hieraus eigeninitiierte Projekte der Industrie 4.0 stehen bereit, umgesetzt zu werden.

Die Spezifizierung der Umsetzung der Industrie 4.0 Projekte liegen der Sanner GmbH in Form von Handlungsempfehlungen für das Unternehmen vor. Zusammen mit den Projektpartnern Eckelmann AG und Axxessio GmbH sind zum einen produktionstechnische Handlungsempfehlungen erarbeitet, zum anderen informationstechnische Handlungsempfehlungen zusammengetragen worden. Einen ergänzenden Beitrag leistet eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Handlungsempfehlungen. Hinzu kommt, dass

die Ergebnisse einer Ist-/Soll-Simulationen der Produktion die Handlungsempfehlungen zur Flexibilisierung der Produktionsprozesse und Optimierung der Intralogistik insofern unterstützen, indem die Ziele der Simulation als

- Veranschaulichung des aktuellen Produktionsablaufes,
- Erkennung von Engpässen,
- Identifikation der Bereiche, die durch etwaige Automatisierungsmaßnahmen das größte Potential zur Erhöhung der Produktivität und Verringerung der Produktionskosten haben
- sowie einen Ausgangspunkt für den Vergleich mit den Ergebnissen der Soll-Simulationen

gesetzt sind. Die Simulation ermöglicht, Aussagen über Kosten und Nutzen zu treffen sowie mittels Analysen den Nutzen geplanter Projekte für Industrie 4.0 virtuell vorherzusagen.

Für den Projekterfolg ist eine parallel laufende Eigenschaftsabsicherung während der Durchführung der ersten vier Projektphasen erforderlich gewesen. Sowohl dieser Aspekt als auch die Verifikation des entwickelten Generischen Vorgehensmodells ist Inhalt der fünften Projektphase.

Nachdem der Konzeptionierungsfortschritt fortlaufend anhand des spezifizierten Lösungskonzepts und der Anforderungen nach Abschnitt 3.2 überprüft worden ist, damit die tatsächlichen mit den gewünschten Systemeigenschaften nach Abschnitt 3.3 sowie Abschnitt 3.4 übereinstimmen, ist ein mehrtägiger Workshop zur Verifikation und Eigenschaftsabsicherung des entwickelten Generischen Vorgehensmodells nach den ersten drei Projektphasen durchgeführt worden. Im Workshop sind die Inhalte des vorgestellten Generischen Vorgehensmodells sowie dessen Eigenschaften und Merkmale kompakt validiert worden. Bei dieser Validierung sind alle Projektbeteiligten nach Abschnitt 3.5 eingebunden worden, sodass im Anschluss die Ergebnisse des Workshops einerseits die Handlungsfelder der produktionstechnischen Handlungsempfehlungen ergänzt haben, andererseits die Handlungsfelder der informationstechnischen Handlungsempfehlungen weiter ausgebaut haben. Abschließend obliegt der Sanner GmbH die Handlungsempfehlungen im Unternehmen nach Abschnitt 3.6 umzusetzen, sodass erste Projekte für Industrie 4.0 den Nutzen und Erfolg der Industrie 4.0 widerspiegeln.

5 Zusammenfassung

Die Industrielandschaft in Deutschland ist hoch automatisiert und hat sich so dem internationalen Wettbewerb gestellt. Neben Entwicklungs- und Forschungsstandort ist Deutschland als Produktionsstandort erhalten und hat damit über lange Wertschöpfungsketten hinweg, enge Kompetenznetzwerke gebildet.

In den letzten Jahrzehnten sind weltweit kostengünstige Produktionsorte erwachsen und gefährden die globale Führungsposition der deutschen Industrieunternehmen. Zugleich streben deutsche Unternehmen, insbesondere mittelständische Unternehmen Lösungen an, um bei hohen Lohnkosten eine Fertigung in Deutschland zu garantieren, sodass Arbeitsplätze in Deutschland gesichert werden können. Um die Wettbewerbsfähigkeit auszubauen und den Produktionsstandort in Deutschland aufrecht zu erhalten, sind deutsche Serienfertiger gefordert stets innovative Produkte zu entwickeln und ihren Kunden individualisierte Lösungen in geringeren Stückmengen anzubieten. In diesem Kontext steht die deutsche Industrie vor der Herausforderung, die nächste Stufe der Verzahnung von IT und Produktion vorzubereiten und die Informationstechnologien in ihre Produktion einzuführen. Die Unternehmen, die diese Herausforderung und Entwicklung erfolgreich meistern, werden in der Zukunft im Wettbewerb weiter bestehen und sich erfolgreich weiterentwickeln.

Die Vision Industrie 4.0 stellt die Entwicklungsrichtung vor, die Unternehmen befähigen soll, im Wettbewerb weiter zu bestehen. Vorgestellt werden Cyber-Physische Systeme, das Internet der Dinge und Dienste und deren Vernetzung. Diese Zukunftstechnologien müssen Unternehmen verstehen und beherrschen. Die interdisziplinären Entwicklungen in Industrie 4.0 haben eine hohe Komplexität. Kleine und mittelgroße Unternehmen in Deutschland stehen vor der Herausforderung, mittels dieser Technologie ihre Prozesse weiter zu automatisieren und optimieren sowie ihre Produkte und bestehenden Geschäftsmodelle weiter zu entwickeln. Deutsche Unternehmen müssen den richtigen Eintritt in die Entwicklungen der Industrie 4.0 meistern. Jedes Unternehmen ist gefordert, für sich selbst die passende technologische Lösung zu finden sowie nach dem gebotenen Nutzen auszuwählen.

Das Generische Vorgehensmodell bietet einen Einstieg in das Thema Industrie 4.0 für den Mittelstand. Damit erhalten Unternehmen eine Anleitung, nach der sie Handlungsfelder der Industrie 4.0 identifizieren, die zu ihrem Unternehmen passen. Das kann in den Produkten, Wertschöpfungsprozessen oder Geschäftsmodellen liegen. Hierfür werden Methoden vorgestellt, die dem Unternehmen ermöglicht, ihr Unternehmen im Kontext der Industrie 4.0 zu verstehen und eigenständig Lösungen zu entwickeln.

Das Generische Vorgehensmodell zur Einführung von Industrie 4.0 stellt das Ergebnis des Projektes CypIFlex dar. Die Validierung des Generischen Vorgehensmodells sowie dessen Vorgehensweisen und Methoden sind zusammen mit allen Projektpartnern unterschiedlicher Spezialisierungen im Unternehmen Sanner GmbH durchgeführt worden.

Die Sanner GmbH hat den Nutzen der Industrie 4.0 erkannt. Eine einheitliche Wissensbasis über Industrie 4.0 ist entstanden. Die eigene Unternehmenssituation hinsichtlich der Kompetenzen der Industrie 4.0 ist aus verschiedenen Analysen erarbeitet. Unentdecktes Potential des Unternehmens ist aufgedeckt. Ideen für die Optimierung der Wertschöpfungsprozesse sind generiert, sodass Ideen bestehender Geschäftsmodelle weiterentwickelt sowie Ideen neuer Geschäftsmodelle in Form von Handlungsempfehlungen der Sanner GmbH erschlossen vorliegen. Der Beginn der Umsetzung erster Projekte weist das Potential von Industrie 4.0 aus, spiegelt den Nutzen der Industrie 4.0 wieder und sichert auch zukünftig die Perspektiven des Unternehmens.

6 Literaturverzeichnis

Anderl, Reiner; Picard, André; Wang, Yübo; Fleischer, Jürgen; Dosch, Steffen; Klee, Benedikt; Bauer, Jörg ((2015)): Leitfaden Industrie 4.0. Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand. Frankfurt a. M.: VDMA Forum Industrie.

BITKOM e.V.; VDMA e.V; ZVEI e.V (Hg.) (2015): Umsetzungsstrategie Industrie 4.0. Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0.

Edward A. Lee (Hg.) (2010): CPS Foundations. DAC'10. Anaheim, California, USA., 13-18. Juni. 2010.

Gassmann, Oliver (2013): 55 pattern cards St. Gallen business model navigator. St. Gallen Business Model Navigator. [St. Gallen]: BMI Lab AG.

Heinrich, Berthold; Linke, Petra; Glöckler, Michael (2015): Grundlagen Automatisierung. Sensorik, Regelung, Steuerung. Wiesbaden: Springer Vieweg. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-05961-3>.

Hutzschenreuter, Thomas (2009): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. Grundlagen mit zahlreichen Praxisbeispielen ; [Bachelor geeignet!]. 3., überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Gabler (Lehrbuch).

Imai, Masaaki (1994): Kaizen. Der Schlüssel zum Erfolg der Japaner im Wettbewerb. Ungekürzte Ausg., 6. Aufl. Berlin [u.a.]: Ullstein (Ullstein-Buch Management, Nr. 35332).

Imai, Masaaki (1997): Gemba-Kaizen. Permanente Qualitätsverbesserung, Zeitersparnis und Kostensenkung am Arbeitsplatz. München: Wirtschaftsverl. Langen Müller/Herbig.

Kagermann, Henning; Helbig, Johannes; Hellinger, Ariane; Wahlster, Wolfgang (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern ; Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Berlin, Frankfurt/Main: Forschungsunion; Geschäftsstelle der Plattform Industrie 4.0.

Lehmann, Günter (2008): Wissenschaftliche Arbeiten. Zielwirksam verfassen und präsentieren ; mit Layout-Vorschlägen auf CD-ROM. 2., überarb. Aufl. Renningen: expert-Verl. (Forum Eipos, 13).

Osterwalder, Alexander; Pigneur, Yves (2004): An ontology for e-business models. In: *Value creation from e-business models*, S. 65–97.

Osterwalder, Alexander; Pigneur, Yves (2011): Business model generation. Ein Handbuch für Visionäre, Spielveränderer und Herausforderer. Frankfurt: Campus.

Rother, Mike (2013): Die Kata des Weltmarktführers. Toyotas Erfolgsmethoden. 2., erw. Aufl. s.l.: Campus Verlag (Business 2013). Online verfügbar unter http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783593421384.