

Lean Production und die digitalisierte Produktion

Lean Management im Zeitalter von Industrie 4.0

Masterarbeit
zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Arts in Business

Fachhochschule Vorarlberg
Studiengang Betriebswirtschaft Master, Vertiefung Business Process Management

Betreut von
Dipl.-Wi.-Ing. Julia Schneider, MSc

Vorgelegt von
Nicole Amann, BA (FH)

Dornbirn, 08.07.2021

Danksagung

Als erstes möchte ich mich bei meiner Betreuerin Frau Dipl.-Wi.-Ing. Julia Schneider bedanken, die mich im Schreibprozess dieser Arbeit optimal unterstützt und ihre Zeit für mich geopfert hat.

Ebenfalls möchte ich mich bei den zwei Personen bedanken, die sich meiner Rechtschreibung angenommen haben und sich die Zeit genommen haben meine Arbeit Korrektur zu lesen.

Der größte Dank gilt aber meiner Familie und meinem Partner, die alle unermüdlich während des ganzen Studiums eine große Stütze für mich waren. Danke das ihr mich in den zwei Jahren des Studiums ermutigt und an mich geglaubt habt.

Kurzreferat

Lean Production und die digitalisierte Produktion

Lean Management im Zeitalter von Industrie 4.0

Der technologische Wandel, der in den letzten Jahren stattgefunden hat, führte zu einer neuen industriellen Revolution. Die vierte industrielle Revolution baut auf cyber-physischen Systemen auf, die mechanische Komponenten durch die Internetkommunikation miteinander vernetzt und dadurch die Steuerung von komplexen Systemen, wie Fertigungsanlagen, ermöglicht. Dies hat zu einem Fortschritt in der Industrie geführt und den Möglichkeiten in der Produktion.

Dem gegenüber steht der altbewährte Lean Production Ansatz, der bereits seit 1970 in den produzierenden Unternehmen dieser Welt, ein fester Bestandteil ist. Darin enthalten sind Methoden, die zum Beispiel zur Verschwendungsminimierung, Prozessverschlan-
kung sowie Produktionssteuerung beitragen.

Obwohl die beiden Produktionsphilosophien auf den ersten Blick nicht in Korrelation zueinanderstehen, sind sie in der realen Produktionswelt kaum voneinander trennbar. Sie queren sich nicht nur in ihren Prinzipien und Leitgedanken, sondern auch in den Methoden selbst. Dabei können sie in vielen Punkten als ergänzend angesehen werden und teilweise auch als aufeinander aufbauend.

Der Hauptteil der vorliegenden Arbeit beschäftigt sich damit, inwiefern Industrie 4.0 einen Einfluss auf die altbewährten Lean Methoden hat und wie diese zwei Themen im Verhältnis zueinanderstehen. Dabei werden die Grundprinzipien, die hinter diesen beiden Begriffen stehen erläutert und zueinander in Relation gestellt. Ebenfalls findet ein direkter Methodenvergleich statt, bei dem ausgewählte Lean Methoden mit Industrie 4.0 verglichen werden. In den Kapiteln werden nicht nur die Gemeinsamkeiten behandelt, sondern natürlich auch die Gegensätze, die diese zwei Prinzipien innehaben. Im anschließenden Kapitel wird weiters definiert, ob Lean Management die Voraussetzung für Investitionen in Industrie 4.0 darstellt, oder ob Industrie 4.0 diverse Lean Methoden sogar obsolet macht.

Den Abschluss der Arbeit bildet eine Analyse des neuen Begriffes Lean 4.0, der bereits in diversen Publikationen vorgestellt wurde. Ebenfalls werden noch drei Modelle vorgestellt, die einen Leitfaden für die Einführung von Industrie 4.0 darstellen und eine eindeutige Stellungnahme dazu nehmen, ob Lean die Voraussetzung für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0 im Unternehmen ist.

Abstract

Lean Production and the digitized factory

Lean Management in the age of Industry 4.0

The technological shift that happened in the last few years, led to the next industrial revolution. The fourth industrial revolution is based on cyber-physical systems. These Systems integrate mechatronic components with the internet and lead to an interconnected system, where, for example, the control of production facilities is possible. These circumstances led to a shift in the industry and the possibilities in the production itself.

On the opposite side is the classical Lean Production approach, which is a well-established production philosophy since the 1970 in producing companies. It contains methods, who support the approach of minimizing waste in processes, supports process efficiency, and helps to control the production processes.

Even if these two production philosophies do not correlate at the first glance, they are almost inseparable in the real production world. They do not only cross in their principles and guiding ideas, but also in their methods. They can be seen as complementary in many ways, but also as approaches which build up on each other.

The main part of this master thesis engages with the topic, if industry 4.0 has an influence on lean management, and if yes, in which way. The basic principles of both approaches will be compared with another, and the relationship of these principles will be defined. There will also be a direct method comparison, where selected lean management methods will be compared with the technology that comes with industry 4.0. Not only the commonalities will be worked out in the chapters, but also the opposites. In the following chapter will be defined if lean management represents the base for investments in industry 4.0 technology and if some lean management methods are even obsolete because of the new possibilities that come with the new technologies.

The conclusion of the thesis contains an analysis of the term Lean 4.0, which is already used in various publications. Three methods will be represented which contain a step-by-step guideline for implementing industry 4.0 technology in a company. These methods also contain a clear opinion, if lean is the requirement for a successful implementation of industry 4.0 technologies.

Vorwort

Das Interesse an diesem Thema erwuchs durch die berufliche Teilnahme an einem Lean Zirkel in Vorarlberg. An diesem Lean Zirkel nehmen namhafte Vorarlberger Unternehmen teil und tauschten sich alle 4-5 Wochen über ein definiertes Thema im Lean Production Bereich aus.

Auffallend war, dass oft bei Besichtigungen der teilnehmenden Firmen, die Digitalisierung und Automatisierung von den Lean Themen kaum zu trennen war. Aus Diskussionen mit anderen Teilnehmern und Teilnehmerinnen kam hervor, dass die Rolle, die die zwei Produktionskonzepte Industrie 4.0 und Lean Management gemeinsam spielen, nicht klar definiert und abgegrenzt ist. Was aber allen recht schnell klar war: Eine Trennung der zwei Themen im Unternehmen ist nicht möglich, sie beeinflussen sich gegenseitig.

Die Lean Methoden, die in dieser Masterarbeit ausgewählt wurden, wurden aufgrund meines beruflichen Interesses ausgesucht. Dies sind alle Methoden, für die ich in meiner Position im Unternehmen verantwortlich bin und somit ein großes Interesse am Zusammenspiel mit Industrie 4.0 habe.

Inhaltsverzeichnis

Tabellen- und Darstellungsverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	X
1. Einleitung	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Zielsetzung	1
1.3 Aufbau	2
2. Industrielle Revolution	4
2.1 Historische Entwicklung Industrie 1.0 – Industrie 3.0	4
2.1.1 Industrie 1.0	4
2.1.2 Industrie 2.0	4
2.1.3 Industrie 3.0	5
2.1.4 Gemeinsamkeiten der ersten bis zur dritten industriellen Revolution	5
2.2 Industrie 4.0	6
2.2.1 Abgrenzung und Definition Industrie 4.0 und Digitalisierung	8
2.2.2 Treiber der Digitalisierung	9
2.3 Bestandteile Industrie 4.0	10
2.3.1 Internet der Dinge	10
2.3.2 Cyber-physische Systeme	11
2.3.3 Smart Factory	13
2.3.4 Big Data	13
2.3.5 Additive Fertigungstechnik	15
2.3.6 Auto-ID	15
2.3.7 Digitaler Zwilling	16
2.3.8 Automated guided vehicles (AGV)	16
2.3.9 Robotik	17
2.3.10 AR Technology	17
2.4 Bedeutung und Herausforderungen von Industrie 4.0 für Unternehmen	17
3. Lean Management	21
3.1 Grundgerüst von Lean Management	22
3.2 Lean Production	22
3.3 Geschichtliche Entwicklung	23
3.4 Grundsätze	25
3.4.1 Wert	25
3.4.2 Wertstrom	25
3.4.3 Flow	25
3.4.4 Pull	26

3.4.5	Perfektion anstreben	26
3.5	Methoden von Lean Management	26
3.5.1	Kaizen	26
3.5.2	Just in time	27
3.5.3	Jidoka	27
3.5.4	Wertstromanalyse	28
3.5.5	5S	28
3.5.6	Kanban	28
3.5.7	Milkrun	29
3.5.8	SMED	29
3.5.9	Poka-Yoke	29
3.5.10	Total Productive Maintenance	30
3.5.11	OEE	30
3.5.12	Shopfloor Management	30
3.6	Herausforderungen von Lean Management	31
4.	Methodik	33
5.	Gegenüberstellung Lean Production und Industrie 4.0	35
5.1	Gemeinsamkeiten von Lean Production und Industrie 4.0	35
5.1.1	Flussprinzip	35
5.1.2	Transparenz	36
5.1.3	Produktivität	37
5.1.4	Kunden- sowie Kundinnenfokus	38
5.1.5	Qualität	39
5.2	Unterschiede zwischen Lean Production und Industrie 4.0	40
5.2.1	Pull Prinzip	40
5.2.2	Mitarbeiter- und Mitarbeiterinnenfokus	41
5.2.3	Flexibilität	41
5.3	Zusammenfassende Darstellung der Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede	42
5.4	Methoden Vergleich	44
5.4.1	JIT und Industrie 4.0	44
5.4.2	Kanban und Industrie 4.0	45
5.4.3	Jidoka und Industrie 4.0	46
5.4.4	SMED und Industrie 4.0	47
5.4.5	TPM und Industrie 4.0	47
5.4.6	Kaizen und Industrie 4.0	48
5.4.7	Poka-Yoke und Industrie 4.0	49
5.4.8	5S Methodik und Industrie 4.0	49
5.4.9	Milkrun und Industrie 4.0	51
5.4.10	Wertstromanalyse und Industrie 4.0	52
5.4.11	OEE und Industrie 4.0	52
5.4.12	Shopfloor Management und Industrie 4.0	53

5.5	Zusammenfassende Darstellung	53
6.	Relevanz von Lean Management in Zeiten von Industrie 4.0	57
6.1	Zusammenspiel Lean Management und Industrie 4.0	57
6.2	Modelle zur stufenweisen Einführung von Industrie 4.0	59
6.3	Lean 4.0	63
6.4	Beispiele für Umsetzung von Lean 4.0 in Unternehmen	66
7.	Conclusio	68
7.1	Erörterung Ergebnisse	68
7.2	Beantwortung Forschungsfrage	70
7.3	Ausblick und weiterer Forschungsbedarf	70
	Literaturverzeichnis	72
	Eidesstattliche Erklärung	77

Tabellen- und Darstellungsverzeichnis

Abbildung 1: Kondratjew-Zyklen im Zeitverlauf.....	6
Abbildung 2: Die vier Phasen der industriellen Revolution.....	7
Abbildung 3: Treiber von Industrie 4.0.....	10
Abbildung 4: Internet of things and services	11
Abbildung 5: Das Prinzip cyber-physische Systeme: Zusammenwirken von Mechatronik und Internetkommunikation	12
Abbildung 6: KDD-Prozess.....	14
Abbildung 7: Eigene Abbildung in Anlehnung an Marion Steven "Industrie 4.0"	18
Abbildung 8: Das kategoriale Grundgerüst des Lean Managements	22
Abbildung 9: House of Toyota Production System.....	23
Tabelle 1: PDCA	27
Tabelle 2: Implementierungsstufen bei der Umsetzung von TPM.....	30
Abbildung 10: Lean-Management.....	31
Tabelle 3: Suchbegriffe für die Literaturrecherche	33
Tabelle 4: Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Lean Management und Industrie 4.0 in Anlehnung an Marion Steven "Industrie 4.0"	44
Abbildung 12: Incorporation of Industrie 4.0 approaches in lean production	58
Abbildung 13: Die sechs Stufen zur Industrie 4.0	60
Abbildung 14: Typische Horizonte der Lean-Entwicklung in Unternehmen und digitaler Ausblick	61
Tabelle 5: Schritte zur Implementierung von Lean-Prinzipien und Industrie 4.0.....	62
Abbildung 15: Gegenüberstellung der Produktionskonzepte Lean Management, Industrie 4.0 und Lean 4.0.....	64
Abbildung 16: Lean 4.0 Produktionssystem.....	65

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AGV	Automated guided vehicles
AR	Augmented reality
BI	Business Intelligence
CPS	Cyber-physische Systeme
CPPS	Cyber-physisches Produktionssystem
I4.0	Industrie 4.0
IoT	Internet of Things
IIoT	Industrial Internet of Things
JIT	Just-in-Time
KI	Künstliche Intelligenz
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
OEE	Overall equipment effectiveness (Gesamtanlageneffektivität)
PDCA	Plan, Do, Check, Act
PdM	Predictive Maintenance
SFM	Shopfloor Management
SWOT Analyse	Analysis of strengths, weakness, opportunities, and threats
TPM	Total Productive Maintenance
WMS	Warehouse Management System

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage

Der Begriff Industrie 4.0 ist in aller Munde. Die Digitalisierung, Automatisierung und Vernetzung von Produktionsprozessen ermöglicht es Unternehmen, ihre Prozesse wertschöpfender und flexibler zu gestalten.¹ Aufgrund der gestiegenen Wettbewerbssituation und des stetigen Wandels, ist es inzwischen notwendig, dass Unternehmen ihre Prozesse in einen optimalen und verschwendungsfreien Zustand bringen. Genau diese Anforderung wird durch die Philosophie Lean Management im Produktionsbereich unterstützt.²

Ein Beleg aus dem Buch „Digitalisierung und Industrie 4.0“ welches Thomas L. Friedman zitiert, beschreibt die aktuelle Situation in den produzierenden Unternehmen sehr passend:

„Every morning in Africa, a gazelle wakes up. It knows it must run faster than the fastest lion or it will be killed. Every morning a lion wakes up. It knows it must outrun the slowest gazelle or it will starve to death. It doesn't matter whether you are a lion or a gazelle. When the sun comes up, you better start running.“³

Die Globalisierung, aber auch die rasant wachsenden technologischen Möglichkeiten führen zu einem starken Wandel in den Unternehmen. Die bisher produzierten Produkte, die Prozesse, die dahinterstecken und auch das ganzheitliche Geschäftsmodell, ist im stetigen Veränderungsprozess.⁴

Um auf die aktuellen Herausforderungen optimal reagieren zu können, müssen Unternehmen in Informations- und Kommunikationstechnologie investieren, um so ihre Produktionssysteme wettbewerbsfähig gegenüber anderen Unternehmen zu halten.⁵

Diesem Wandel gegenüber steht eine Produktionsphilosophie, die bereits viele Jahre erfolgreich in den Unternehmen angewendet wird – Lean Management. Die beiden Produktionsansätze Industrie 4.0 und Lean Management, treffen nun in den Unternehmen aufeinander. Obwohl die beiden Prinzipien auf den ersten Blick unterschiedlich zu sein scheinen, sind sie doch untrennbar in den produzierenden Unternehmen. Die Korrelation dieser zwei Begriffe in den Unternehmen, soll in dieser Arbeit herausgearbeitet werden.

1.2 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist es einen Einblick zu geben, auf welche Art und Weise die Digitalisierung, Automatisierung und Vernetzung, die mit Industrie 4.0 einhergeht, einen Einfluss auf die Lean Production Prinzipien und Ansätze hat. Dabei sollen die Grundsätze und Leitgedanken beider Produktionsphilosophien verglichen werden, sowie auch die Methoden, die dahinterstehen. Es werden nicht nur die Gemeinsamkeiten, sondern auch die Gegensätze der beiden Produktionsphilosophien behandelt. Herausgearbeitet werden soll, wie sich

¹ Vgl. Pistorius 2020, S. 1.

² Vgl. Bertagnolli 2018, S. V.

³ Hanschke 2018, S. 1.

⁴ Vgl. Hanschke 2018, S. 1.

⁵ Vgl. Helmold 2021, S. 183.

die zwei Ansätze gegenseitig beeinflussen und ob Lean Management eine Voraussetzung für Investitionen im Industrie 4.0 Bereich darstellt.

Folgende Forschungsfrage wurde definiert:

„Welche Konsequenzen erwirken die Ideen und Ansätze, die hinter dem Begriff Industrie 4.0 stehen, in Bezug auf die altbewährten Lean Production Methoden?“

Der Fokus der Arbeit bezieht sich auf die Lean Philosophie im Produktionsbereich. Bereiche, wie zum Beispiel die Administration, werden nicht behandelt.

Die Zielgruppe dieser Arbeit sind Personen in Unternehmen, die sich mit Themen wie Lean Management, Prozessoptimierung aber auch Digitalisierung und Automatisierung beschäftigen. Die Begriffe und Methoden zu Lean Management und Industrie 4.0 werden nur sehr grob und oberflächlich erklärt, weshalb ein gewisses Grundwissen zu diesen Themen nötig ist, um die vorliegende Arbeit vollumfassend zu verstehen.

1.3 Aufbau

Zu Beginn der Arbeit wird ein Einblick in das Thema Industrie 4.0 gewährt. Hier wird die genaue Begriffsdefinition erarbeitet, aber auch die geschichtliche Entwicklung, die dahintersteht. Ausgewählte Industrie 4.0 Technologien werden vorgestellt, um für den weiteren Verlauf der Arbeit das nötige Wissen bereitzustellen. In kurzen Worten wird außerdem die Bedeutung für die Unternehmen in der aktuellen Zeit erwähnt.

Als nächstes folgt die Beleuchtung von Lean Management. Zuerst werden die Grundbausteine erläutert und ebenfalls die geschichtliche Entwicklung des Begriffes. Es werden ausgewählte Methoden vorgestellt und ein kurzer Einblick über eine definierte Herausforderung gegeben, die mit diesem Ansatz einhergeht.

Im nächsten Kapitel wird die Methodik dieser Arbeit vorgestellt, nämlich die Literaturrecherche.

In Kapitel 5 ist schlussendlich der Hauptteil der Arbeit zu finden. Hier werden zu Beginn die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der zwei Produktionsansätze ausgearbeitet und verglichen. Eine tabellarische Aufstellung am Schluss dieses Abschnittes soll einen zusammenfassenden Überblick darüber geben.

Als nächstes folgt der Methodenvergleich. In diesem Kapitel werden ausgewählte Lean Methoden aufgezählt und anschließend erläutert, welchen Einfluss Industrie 4.0 auf diese Ansätze hat. Ebenfalls wird darauf eingegangen, inwiefern Industrie 4.0, Lean Management für eine erfolgreiche Einführung und Verbesserung des Unternehmens benötigt.

Im letzten inhaltlichen Abschnitt der Arbeit wird nochmals die Relevanz von Lean Management im Zeitalter von Industrie 4.0 erläutert. Der Begriff Lean 4.0, der bereits in diversen Publikationen zur Anwendung kommt, wird eingeführt und beschrieben. Es werden unterschiedliche Modelle vorgestellt, die eine stufenweise Anleitung für Investitionen in Industrie 4.0 bieten. Den Abschluss dieses Kapitels bildet ein Einblick in die Realität der beiden Themen in Kombination in Unternehmen.

Der Schluss der Arbeit besteht aus einer kurzen Zusammenfassung der Ergebnisse sowie der Beantwortung der Forschungsfrage. Ebenfalls wird noch ein Ausblick über weiteren Forschungsbedarf gegeben.

2. Industrielle Revolution

Um den aktuellen Herausforderungen in den Unternehmen gerecht zu werden, die zum Beispiel durch die Globalisierung entstanden sind, ist es notwendig Prozesse sowie die Gedankensätze dahinter auf den Prüfstand zu stellen und an die neuen Gegebenheiten anzupassen. Aus diesen Veränderungen sind unterschiedliche Entwicklungen in der Industrie in den letzten Jahren entstanden, die im nächsten Kapitel vorgestellt werden.

2.1 Historische Entwicklung Industrie 1.0 – Industrie 3.0

In diesem Kapitel soll die geschichtliche Entwicklung erläutert werden, die bis zu Industrie 4.0 geführt hat.

2.1.1 Industrie 1.0

Die erste industrielle Revolution fand im 18. Jahrhundert statt, begonnen um das Jahr 1750. Ein Merkmal dieser Zeit war die Einführung von mechanischen Fertigungsanlagen, die durch Wasser sowie durch Dampf betrieben wurden. Die Mechanisierung von Arbeit führte schlussendlich dazu, dass der Besitz von Arbeitsmitteln und die Arbeit selbst irgendwann zwangsweise getrennt wurden. Handwerkende hatten nicht die finanziellen Mittel diese neuen Fertigungsmaschinen anzuschaffen, die durch die erste industrielle Revolution entstanden sind. Somit war dies die Geburtsstunde der bezahlten Arbeit, sprich der Verkauf der eigenen Arbeitskraft an andere Personen.⁶ Somit gab es ab sofort Arbeiter und Arbeiterinnen sowie auch Arbeitgeber und Arbeitgeberinnen. Nutznießer dieser Entwicklung waren auch die Landwirtschaft sowie das Transportwesen. Das Ergebnis daraus resultierte in einem Anstieg der Produktivität bei der Herstellung von Grundbedarfsnahrungsmitteln. Aus dieser Entwicklung heraus, ergab sich ein starker Bevölkerungsanstieg in der Gesellschaft. Doch auch hier bildeten sich Schattenseiten, die durch diese Entwicklung entstanden sind. Arbeiter- und Arbeiterinnenausbeutung sowie Kinderarbeit waren eine Erscheinung der damaligen Zeit. Dieser Zustand führte schlussendlich auch zu einer Revolution unter den Menschen selbst und auch zur Weiterentwicklung zur zweiten industriellen Revolution.⁷

2.1.2 Industrie 2.0

Die zweite Phase der industriellen Revolution fand Anfang des 20. Jahrhunderts statt. Ein Hauptbestandteil dieser Revolution war die Zusammenführung von Mechanik und der Betriebswirtschaftslehre.⁸ Gegenstand dieser Revolution war der Taylorismus Gedanke, sowie ein von Henry Ford erfundenes Auto, welches unter dem Namen „T-Modell“ bekannt geworden ist.⁹ Ebenfalls wurden elektrische Antriebe sowie Verbrennungsmotoren zu dieser Zeit entwickelt. Der Rohstoff Erdöl gewann eine immer größer werdende Bedeutung, ins-

⁶ Vgl. Schönfelder 2018, S. 10.

⁷ Vgl. Bauernhansl, 2017, S. 1.

⁸ Vgl. Barthelmäs; Flad; u. a. 2017, S. 39.

⁹ Vgl. Becker; Ulrich; Botzkowski 2017, S. 9.

besondere als Kraftstoff für den Automobilsektor. Somit war die zweite industrielle Revolution gekennzeichnet durch die Massenproduktion mit Unterstützung von elektrischer Energie. Diese Entwicklungen ermöglichten die Produktion von kostengünstigen Produkten, was der stetig wachsenden Gesellschaft förderlich war. Prof. Dr.-Ing. Bauernhansl (2017) betont in dem Buch „Handbuch Industrie 4.0“, dass dies die Anfänge der konsumorientierten Wohlstandsgesellschaft waren, die wir heute kennen.¹⁰

2.1.3 Industrie 3.0

Während der Fokus der ersten und zweiten industriellen Revolution auf der Mechanisierung der Produktion lag, steht Industrie 3.0, im Gegensatz dazu, für die Automatisierung der Produktion.¹¹

Die dritte industrielle Revolution ist in den 60er beziehungsweise Anfang 70er Jahren einzuordnen. Der technische Fortschritt in der Elektronik, Informations- sowie Kommunikationstechnologie gab den Unternehmen die Möglichkeit, die Unternehmensprozesse zu digitalisieren. Dadurch wurde eine variantenreichere Produktion ermöglicht und die Unternehmen konnten auf individuellere Kunden- und Kundinnenwünsche eingehen. In den 80er Jahren gab es einen Umschwung vom Verkäufer zum Käufermarkt. Das Konsumbedürfnis der Gesellschaft war befriedigt und somit wurden die Wünsche der Kunden sowie Kundinnen auch immer individueller und die Unternehmen mussten flexibler darauf reagieren. Die Qualität der Produkte, sowie die Individualität rückte in den Vordergrund.¹²

Fortschritte im Bereich des Transportwesens, wie zum Beispiel die der Eisenbahn, hat durch die Erschließung neuer Gebiete zu neuen Möglichkeiten geführt. Unternehmen hatten somit die Chance den eigenen Markt zu erweitern.¹³ Eine weitere Entwicklung, die in dieser Zeit stattgefunden hat, war die Weiterentwicklung der Marktwirtschaft. Der Fall des Eisernen Vorhangs, hat zu einem starken Wachstum der Globalisierung geführt.¹⁴

Zu dieser Zeit entstand auch der IT-Sektor. Es wurden Produkte wie der Personal Computer, das Mobiltelefon sowie das Internet erfunden. Diese Errungenschaften haben der Globalisierung zu einem weiteren Wachstumsschub verholfen.¹⁵

2.1.4 Gemeinsamkeiten der ersten bis zur dritten industriellen Revolution

Zusammenfassend ist erkennbar, dass den bisher erwähnten Revolutionen immer ein technologischer Wandel zur Entstehung verholfen hat. Diese neuen Errungenschaften, hatten Auswirkungen auf verschiedene Bereiche des alltäglichen Lebens, wie zum Beispiel die Arbeit, Verkehr und die Energieversorgung. Somit haben diese industriellen Revolutionen alle zu einem Gesellschaftswandel geführt. Resultate dieses Gesellschaftswandels waren

¹⁰ Vgl. S. 1–3.

¹¹ Vgl. Schönfelder 2018, S. 11.

¹² Vgl. Bauernhansl 2017, S. 3.

¹³ Vgl. Hierzer 2017, S. 34.

¹⁴ Vgl. Bauernhansl 2017, S. 3.

¹⁵ Vgl. Barthelmäs; Flad; u.a. 2017, S. 40.

zum Beispiel Bevölkerungswachstum, sinkende Produktionskosten und die Vernetzung der Gesellschaft.¹⁶

1926 hat der Ökonom Nikolaj Kondratjew erforscht, inwieweit die Weltkonjunktur das Entstehen von technologischen Innovationen fördert. Aus dieser Untersuchung entstand schlussendlich der Kondratjew-Zyklus, der in Abbildung 1 zu sehen ist.

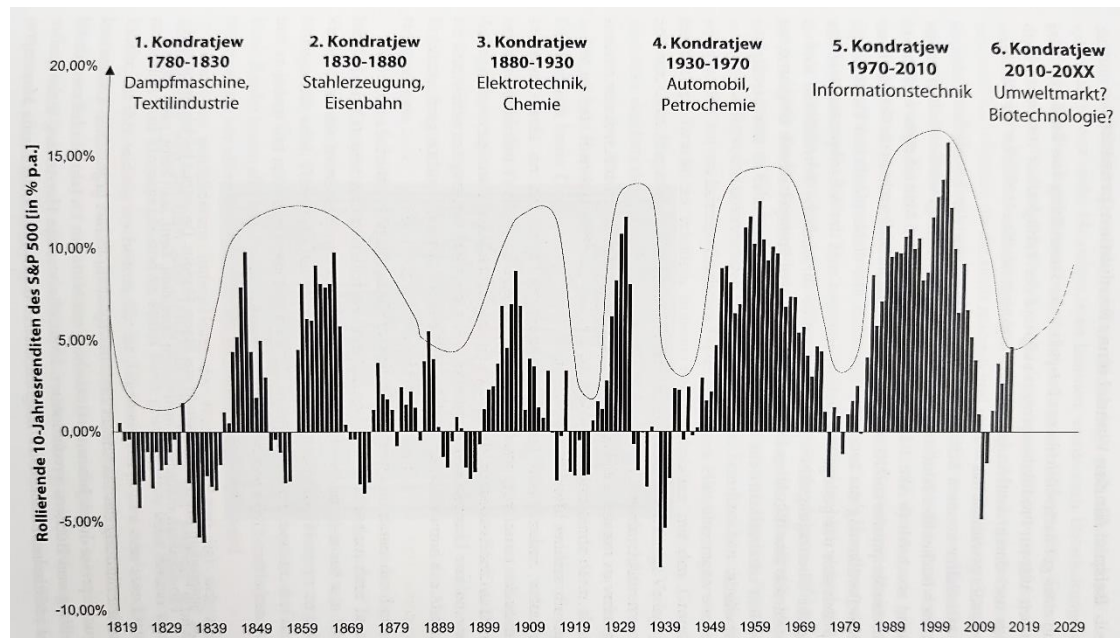


Abbildung 1: Kondratjew-Zyklen im Zeitverlauf¹⁷

Der Zyklus veranschaulicht, dass alle 40 – 50 Jahre eine Konjunkturschwankung auftritt. Vor jeder dieser Schwankungen gab es ein Bedürfnis der Gesellschaft, das befriedigt werden wollte. Durch das Befriedigen dieses Bedürfnisses wurde ein Konjunkturaufschwung ausgelöst, der, nachdem nicht mehr genug Umsätze mit der neuen Technologie erwirtschaftet werden konnte, wieder abflacht. Durch neue Innovationen werden, wie in der Grafik sichtbar, wieder neue Aufschwünge generiert. Die erste industrielle Revolution ist im ersten Kondratjew Zyklus zu verorten. Der dritte Zyklus ist der Beginn der zweiten Revolution und die dritte industrielle Revolution korrespondiert mit dem fünften Kondratjew-Zyklus.¹⁸

2.2 Industrie 4.0

Der Begriff ‚Industrie 4.0‘ fiel das erste Mal auf dem internationalen IT-Gipfel der deutschen Bundesregierung am Hasso-Plattner-Institut im Jahre 2006. Das Ziel, das hinter diesem Begriff stand, war eine Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit des Landes in IT-Themen. Im Jahre 2011 wurde der Begriff schließlich auch der Öffentlichkeit präsentiert, nämlich auf der

¹⁶ Vgl. Barthelmäs; Flad; u.a. 2017, S. 40–41.

¹⁷ Steven 2019, S. 25.

¹⁸ Vgl. Steven 2019, S. 23–24.

Hannover Messe in Deutschland. Damals wurde unter diesem Begriff ein Zukunftsprojekt verstanden, das den Einsatz von IP-Netzwerken in der Produktion sowie Fertigung vorgesehen hat.¹⁹

Abbildung 2 zeigt eine kurze Zusammenfassung über die Entwicklung von Industrie 1.0 zu Industrie 4.0. In dieser Abbildung ist der Übergang vom Fokus der Mechanisierung zur Digitalisierung und Automatisierung gut erkennbar. Ebenfalls in dieser Entwicklung zu erkennen ist der Anstieg, der Komplexität der Neuerungen, die stattgefunden haben.

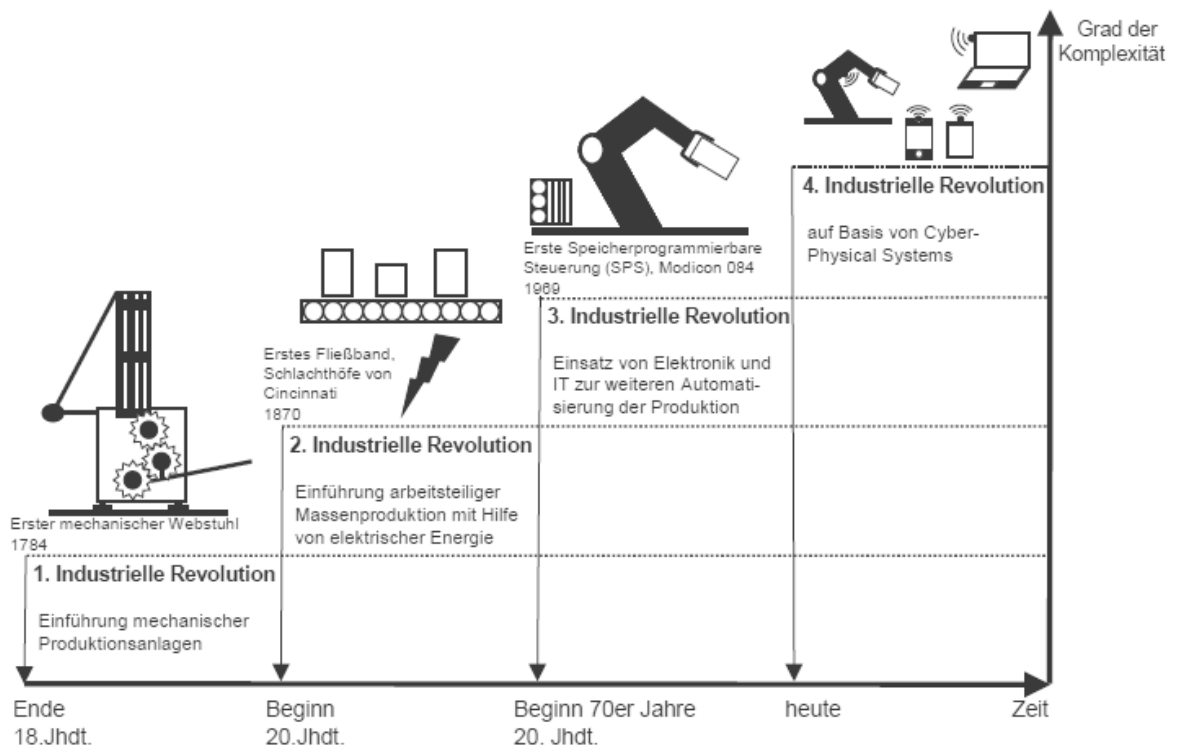


Abbildung 2: Die vier Phasen der industriellen Revolution²⁰

Pistorius (2020) betont in seinem Buch „Industrie 4.0: Schlüsseltechnologien für die Produktion“ die zunehmende Relevanz von Industrie 4.0 aufgrund des steigenden Wettbewerbs- und Kostendrucks. Erhöhte Anforderungen der Kunden und Kundinnen an die Produktion bezüglich Qualität, Geschwindigkeit sowie Flexibilität sind die Konsequenzen, die durch diese Entwicklung entstanden sind.²¹

Industrie 4.0 baut auf die Digitalisierung auf, die bereits in der dritten industriellen Revolution stattgefunden hat. Der Fokus liegt nun allerdings auf der Automatisierung und der Vernetzung in der Produktion.²²

¹⁹ Vgl. Becker; Ulrich; Botzkowski 2017, S. 7.

²⁰ Becker; Ulrich; Botzkowski 2017, S. 8.

²¹ Vgl. S. 5.

²² Vgl. Pistorius 2020, S. 5.

2.2.1 Abgrenzung und Definition Industrie 4.0 und Digitalisierung

Industrie 4.0 sowie Digitalisierung sind Begriffe, die in unterschiedlichen Publikationen nicht immer eindeutig abgegrenzt werden. In diesem Kapitel sollen einige Definitionen zu diesen Begriffen gegenübergestellt und zum besseren Verständnis, verglichen werden.

Autor Robert Obermaier (2017) pointiert, dass unter dem Begriff Industrie 4.0 die Vernetzung von industrieller Infrastruktur zu verstehen ist. Dazu gehören zum Beispiel Maschinen, Produkte und Menschen. Diese Vernetzung findet durch cyber-physische Systeme statt.²³

Die drei großen deutschen Industrieverbände, Bitkom²⁴, VDMA²⁵ und ZVEI²⁶ haben folgende Definition für den Begriff Industrie 4.0 festgelegt:

„Der Begriff Industrie 4.0 steht für die vierte industrielle Revolution, einer neuen Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten. Dieser Zyklus orientiert sich an den zunehmend individualisierten Kundenwünschen und erstreckt sich von der Idee, dem Auftrag über die Entwicklung und Fertigung, die Auslieferung eines Produktes an den Endkunden [...], einschließlich der damit verbundenen Dienstleistungen.“²⁷

Während Obermaier sich auf die Definition des Begriffes selbst fokussiert, haben sich die deutschen Industrieverbände auf eine Definition geeinigt, die die Bedeutung und Auswirkung von Industrie 4.0 in den produzierenden Unternehmen betonen soll.

Hanschke (2018) definiert den Begriff Industrie 4.0 als eine effiziente und flexible Fabrik, die die Produkte der Zukunft erzeugt. Alle Prozesse organisieren sich weitestgehend selbst und verfolgen dabei aber gleichzeitig einen Optimierungsgedanken. Das Internet der Dinge und cyber-physische Systeme sind Bestandteile dieser vernetzten Fabrik.²⁸ Diese beiden Begriffe werden in den nächsten Kapiteln genauer erläutert.

Eine andere Definition von Industrie 4.0 betont, dass die Digitalisierung die Grundlage für Industrie 4.0 und der dazugehörigen Vernetzung der beteiligten Stellen ist. Ebenfalls ist die stetige Verfügbarkeit von notwendigen Informationen ein wichtiger Bestandteil dieser Vernetzung.²⁹

Hanschke (2018) erklärt den Begriff Digitalisierung als Wandel in der Geschäftswelt, der durch die Entwicklungen in der Informations- und Kommunikationstechnik stattfindet. Digitale Daten, automatisierte Prozesse und die Vernetzung von Gegenständen untereinander und mit Menschen, ist Bestandteil dieser Digitalisierung.³⁰

Weitere Definitionen für Digitalisierung bewegen sich in die gleiche Richtung. Im Buch „Digitale Transformation von Geschäftsmodellen“ wird die Digitalisierung als Vernetzung von

²³ Vgl. S. 3.

²⁴ Bitkom = Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien

²⁵ VDMA = Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau

²⁶ ZVEI = Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie

²⁷ Pistorius 2020, S. 6.

²⁸ Vgl. S. 3.

²⁹ Vgl. Czichos 2019, S. 345.

³⁰ Vgl. S. 3.

unterschiedlichen Bereichen definiert. Ebenfalls wird betont, dass das Sammeln und Analysieren von generierten Daten ein Bestandteil davon ist. Oft wird der Begriff digitale Transformation als Synonym dazu verwendet.³¹

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der grundsätzliche Unterschied zwischen den Begriffen Digitalisierung und Industrie 4.0 auf dem Fokus liegt. I4.0 fokussiert sich speziell auf die Entwicklungen in der Industrie sowie der Produktion und der Vernetzung dieser, wobei der Begriff Digitalisierung keinen definierten Schwerpunkt innehat. Bei Industrie 4.0 kommt allerdings auch noch der Grundgedanke der Selbststeuerung hinzu – eine smarte Produktion soll sich größtenteils eigenständig steuern können. Für diese Arbeit werden beide Begriffe verwendet, da Digitalisierung und Automatisierung einen Teil von Industrie 4.0 darstellen.

2.2.2 Treiber der Digitalisierung

Einer der größten Treiber der Digitalisierung ist die Durchdringung des World Wide Webs im privaten sowie auch in den Unternehmensbereichen. Durch den Preisverfall der neuen Technologie, ist der Zugang zu dieser Technologie für alle beteiligten Schnittstellen vereinfacht worden.³²

Der Wettbewerb und die Märkte haben sich in den letzten Jahren stark verändert. Als gutes Beispiel kann hier der Smart Home Bereich genannt werden. Inzwischen können Haushaltsgeräte, wie zum Beispiel ein Kühlschrank, oder ein Backofen von überall aus mit dem Handy über eine App gesteuert werden. Dies hat zu neuem Marktdruck bei den Herstellern geführt, bei diesem Wandel mitziehen zu müssen, um wettbewerbsfähig zu bleiben.³³

Die Kunden und Kundinnen fordern immer individuellere Produkte, die speziell auf ihre Wünsche und Bedürfnisse zugeschnitten sind. Dieser Umstand führt zu komplexeren Prozessen in den Unternehmen und zu einer höheren Variantenvielfalt, die sich weg von der Massenproduktion bewegt. Eine weitere Anforderung der Kundschaft ist die Transparenz über die getätigte Bestellung: der Status des Auftrags sollte in Echtzeit eingesehen werden können.³⁴

³¹ Vgl. Schallmo; Rusnjak 2017, S. 3.

³² Vgl. Hanschke 2018, S. 7.

³³ Vgl. Hanschke 2018, S. 7.

³⁴ Vgl. Sobotta 2020, S. 37.

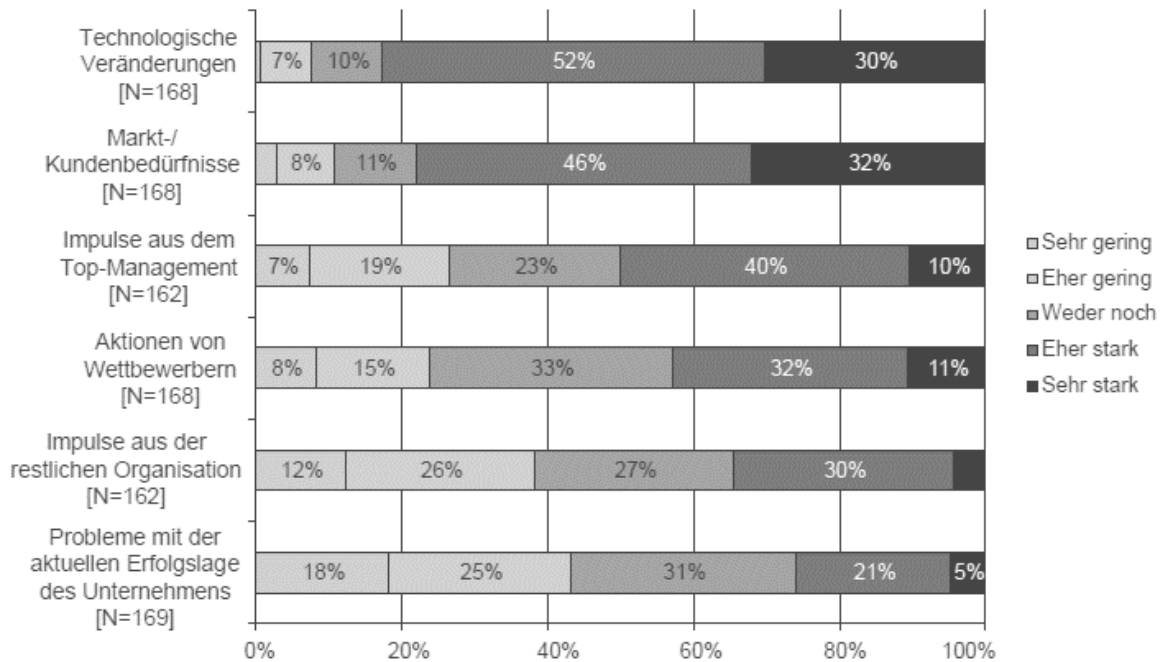


Abbildung 3: Treiber von Industrie 4.0³⁵

Abbildung 3 zeigt das Ergebnis einer empirischen Studie, bei der die unterschiedlichen Treiber für Industrie 4.0 mittels geschlossen-skalierten Fragen eruiert wurden. Aus dieser Untersuchung ergab sich, dass die primären Treiber für I4.0 die technologischen Veränderungen sowie die Markt- und Kunden- sowie Kundinnenbedürfnisse sind. Gründe, die vergleichsweise als geringerer Auslöser für I4.0 angesehen werden, sind Impulse aus dem Top-Management und der technologische Fortschritt von Wettbewerbern.³⁶

Das Ergebnis dieser Studie deckt sich größtenteils mit den vorab besprochenen Treibern der Digitalisierung und Automatisierung. Der einzige nennenswerte Unterschied befindet sich darin, dass Autorin Hanschke die Wettbewerbssituation zwischen Unternehmen als wesentlichen Treiber für die Digitalisierung definiert hat. Im Vergleich dazu, hat die oben erwähnte Studie Kunden- und Kundinnenbedürfnisse und technologische Änderungen als relevanteste Treiber identifiziert.

2.3 Bestandteile Industrie 4.0

Um ein genaueres Bild des Begriffs Industrie 4.0 zu erhalten, werden in diesem Kapitel die Bestandteile dieses Zukunftsprojektes beschrieben.

2.3.1 Internet der Dinge

Ein Begriff, der öfter erwähnt wird, sobald von I4.0 gesprochen wird, ist das Internet der Dinge oder auch Internet of Things (IoT) genannt. Die Grundidee hinter diesem Schlagwort

³⁵ Becker; Ulrich; Botzkowski 2017, S. 70.

³⁶ Vgl. Becker; Ulrich; Botzkowski 2017, S. 69–70.

wurde bereits 1991 von Mark Weiser geboren. Er sprach damals von dem Begriff „Ubiquitous computing“. Unter diesem Begriff verstand er eine Umgebung, in der elektronische Geräte wie Computer und Tablets, miteinander kommunizieren können.³⁷

Hinter dem Wort ‚Internet der Dinge‘ steckt die Verknüpfung von physischen Objekten mit dem Internet. Jedes Objekt, das im IoT zu finden ist, ist durch eine eigene Internetadresse gekennzeichnet und hat die Möglichkeit, eigenständig mit anderen Teilnehmern und Teilnehmerinnen zu interagieren. Diese Fähigkeit wird dazu genutzt, Prozesse intelligenter und flexibler zu gestalten. Für Unternehmen bietet diese Entwicklung, also die Digitalisierung und Automatisierung, die Möglichkeit neue potenzielle Geschäftsfelder zu etablieren und zu festigen.³⁸

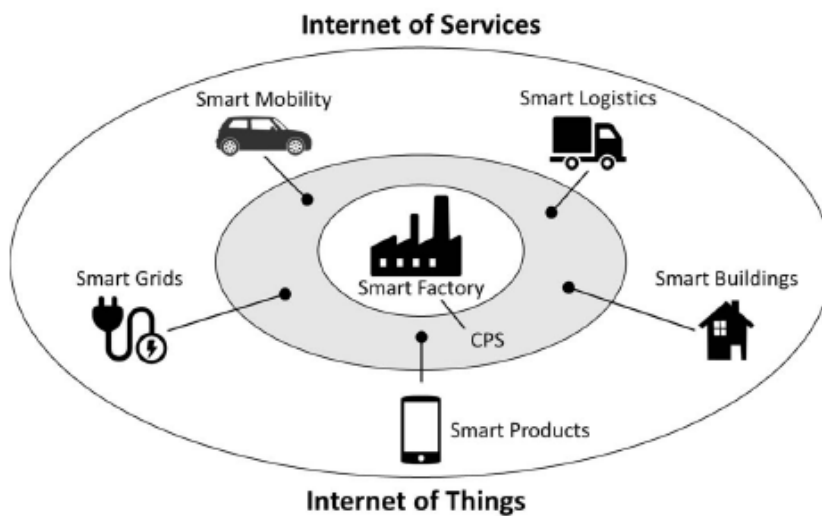


Abbildung 4: Internet of things and services³⁹

Abbildung 4 zeigt, dass das Internet der Dinge den Rahmen dafür stellt, dass Maschinen, Gegenstände und auch Menschen, miteinander kommunizieren können.⁴⁰ Als Beispiel können hier die Smart Products genannt werden. Dazu zählen vernetzte Produkte, die zum Beispiel mit Sensoren ausgestattet sind und dadurch Daten sammeln können, die anschließend ausgewertet werden können. Diese smarten Produkte können nicht nur mit Menschen kommunizieren, sondern auch mit anderen Maschinen. Durch die technologischen Möglichkeiten besitzen diese Produkte die Möglichkeit, Probleme selbst zu lösen und können auch eigenständig Entscheidungen treffen, wenn dies gewünscht ist.⁴¹

2.3.2 Cyber-physische Systeme

Cyber-physische Systeme (CPS) sind eingebettete Systeme, die mithilfe von Sensoren Daten generieren. Durch diese gesammelten Daten können die Systeme mithilfe von Aktoren,

³⁷ Vgl. Hänisch 2017, S. 12.

³⁸ Vgl. Pistorius 2020, S. 9.

³⁹ Wagner; Herrmann; Thiede 2017, S. 126.

⁴⁰ Vgl. Wagner; Herrmann; Thiede 2017, S. 126.

⁴¹ Vgl. Hanschke 2021, S. 124.

reale Vorgänge beeinflussen. Ebenfalls bieten CPS die Möglichkeit der Steuerung der Schnittstelle zwischen Menschen und Maschinen.⁴²

Sensoren dienen dazu Informationen über physikalische Größen, wie zum Beispiel Kräfte und Temperaturen, zu sammeln und sie einem System zur Verfügung zu stellen. Weiters sammeln sie auch Daten aus den systemeigenen Bewegungsanlagen.⁴³

Unter Aktoren versteht man Antriebe, die für die Erzeugung, von zum Beispiel Bewegung verantwortlich sind. Es kann allerdings auch als Ausgabeelement für Kräfte und Momente verstanden werden.⁴⁴

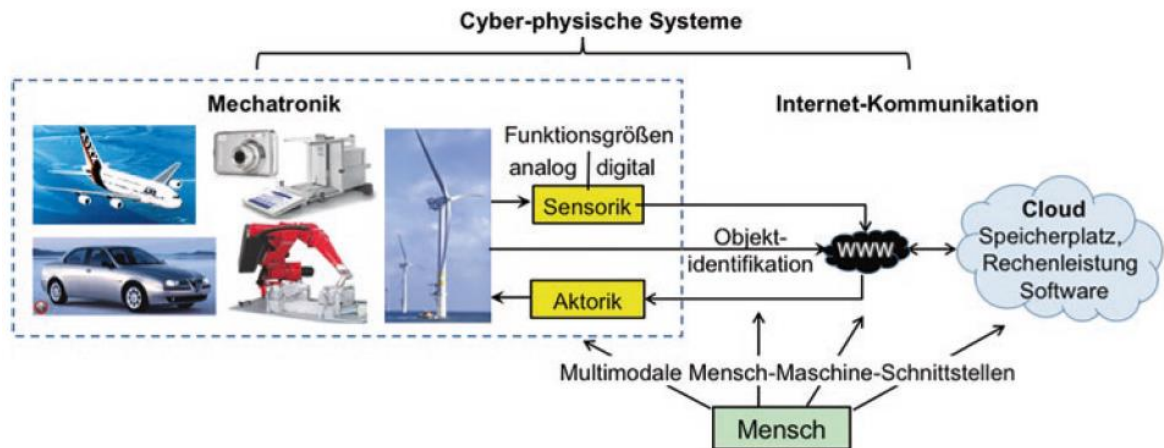


Abbildung 5: Das Prinzip cyber-physische Systeme: Zusammenwirken von Mechatronik und Internetkommunikation⁴⁵

Abbildung 5 zeigt eben erwähntes Zusammenspiel zwischen Sensoren und Aktoren noch einmal übersichtlich auf. Ebenfalls wird der Zusammenhang verdeutlicht, dass es die Komponente Internetkommunikation braucht, um aus mechatronischen Systemen, ein cyber-physisches System zu erzeugen.⁴⁶

Bestandteil von CPS kann auch Cloud Computing sein. Cloud Computing bedeutet das Bereitstellen von Infrastruktur, ohne, dass diese auf dem jeweiligen Gerät installiert sein muss. Sprich, die Dienste sind nicht an einen bestimmten Rechner gebunden, sondern im Internet verfügbar.⁴⁷

Ein Vorteil von CPS ist der hohe Grad an Vernetzung. Durch diese Vernetzung sind eine große Menge an Daten verfügbar, die, nach Auswertung, zu einer höheren Transparenz führen können, und es den Unternehmen somit ermöglicht, Entscheidungen auf einer bes-

⁴² Vgl. Pistorius 2020, S. 10.

⁴³ Vgl. Roddeck 2019, S. 158.

⁴⁴ Vgl. Roddeck 2019, S. 214.

⁴⁵ Czichos 2019, S. 334.

⁴⁶ Vgl. Czichos 2019, S. 334.

⁴⁷ Vgl. Czichos 2019, S. 334–335.

seren Datenbasis zu treffen. Ein weiterer positiver Aspekt ist, dass sich die steigende Komplexität besser beherrschen lässt und eine höhere Flexibilität in der Produktion ermöglicht wird.⁴⁸

Der Begriff CPPS steht für cyber-physische Produktionssysteme und beschreibt die Integration von Fertigungsanlagen zu cyber-physischen Systemen. Die Anlagen sind dann in der Lage auf Störungen und Signale zu reagieren und haben die Möglichkeit zur Echtzeitdatensammlung. Aufgrund dieser Daten kann das CPPS in weiterer Folge Entscheidungen treffen und zum Beispiel, einen Service einleiten.⁴⁹

2.3.3 Smart Factory

Unter dem Begriff Smart Factory wird ein Teilbereich von Industrie 4.0 verstanden. Eine smarte Fabrik zeichnet sich durch die Digitalisierung und Automatisierung der Anlagen aus. Maschinen, Werkzeuge und Transportmittel werden zu cyber-physischen Systemen vernetzt. Die Arbeitsmittel haben die Möglichkeit untereinander zu kommunizieren, aber auch direkt mit den Menschen.⁵⁰

2.3.4 Big Data

Durch die Verschmelzung der physischen Welt mit der Digitalen, gibt es einen rasanten Anstieg an Daten im Internet. Durch dieses Wachstum haben sich Daten zu einem wertvollen Rohstoff für Unternehmen entwickelt. Doch der Besitz der Daten selbst, birgt noch keinen Mehrwert. Unternehmen müssen Informationen daraus ziehen und diese auch verwenden, um einen wirtschaftlichen Nutzen daraus generieren zu können.⁵¹

Somit wird unter Big Data die Ansammlung von großen Datenmengen in unterschiedlichen Formaten, zu unterschiedlichen Zeitpunkten und deren Verarbeitung verstanden.⁵²

Eine weitere Definition von Big Data sagt aus, dass das Speichern, Filtern und schlussendlich auch das Bereitstellen von Daten unter diesem Begriff zu verstehen ist.⁵³

Ein gutes Beispiel für die Verwendung der Daten und dem Generieren von Mehrwert daraus, hat die Supermarktkette Target aufgezeigt. Sie haben erkannt, dass wenn sie ihre schwangeren Kundinnen dazu bewegen können, die Windeln ihrer Kinder bei ihnen zu erwerben, diese dann auch den Rest der alltäglich benötigten Güter in ihrem Supermarkt einkaufen. Die verantwortlichen Personen im Unternehmen gingen aber noch weiter. Sie begnügten sich nicht damit Mütter zu werben, sondern erstellten ein Modell, dass aufgrund von sich änderndem Kaufverhalten der Kundschaft eine Vorhersage trifft, ob eine Person schwanger sein könnte oder nicht.⁵⁴

⁴⁸ Vgl. Steven 2019, S. 86.

⁴⁹ Vgl. Steven 2019, S. 86.

⁵⁰ Vgl. Steven; Dörseln 2020, S. 10.

⁵¹ Vgl. Pistorius 2020, S. 27.

⁵² Vgl. Steven 2019, S. 73.

⁵³ Vgl. Hänisch 2017, S. 11.

⁵⁴ Vgl. Hänisch 2017, S. 10.

2.3.4.1 Data Mining

Unter dem Begriff Data Mining versteht man das Untersuchen von großen Datenbeständen, um dabei Zusammenhänge und Muster darin zu finden. Die Vielfalt an Daten, die heutzutage verfügbar sind, übersteigt die Kapazität, die von Menschen verarbeitet werden kann, weshalb es hierzu digitale Anwendungen braucht, die dabei unterstützen. Durch die Technik werden auch Vorhersagen für die Zukunft ermöglicht.⁵⁵

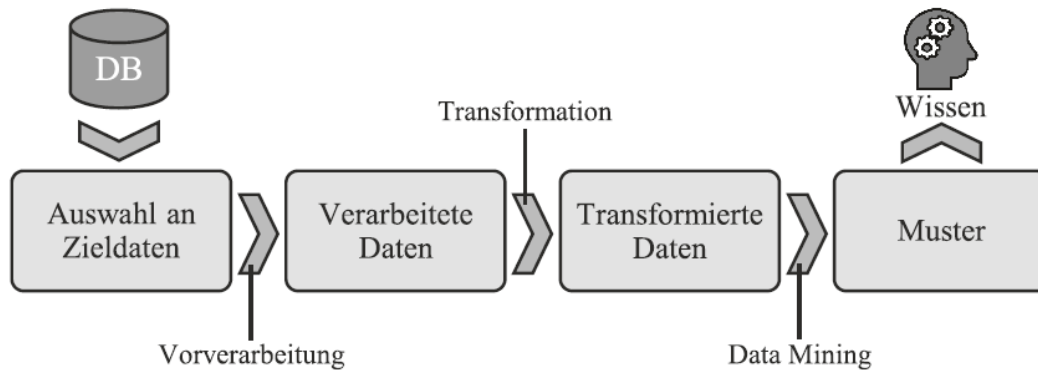


Abbildung 6: KDD-Prozess⁵⁶

Abbildung 6 zeigt einen Prozess, der zur Wissensgenerierung dient. Dies stellt einen Teilbereich von Data Mining dar. Der Beginn des Prozesses stellt die Auswahl von geeigneten Datenbeständen dar. Im nächsten Schritt findet eine Vorverarbeitung statt, um eine Analyse durch Data Mining möglich zu machen. Der nächste Schritt ist die Auswahl der Methode, des Algorithmus und der passenden Parameter (Aufgrund der Komplexität wird hier keine genauere Beschreibung dazu stattfinden). Nach Anwendung der definierten Kriterien lassen sich Muster erkennen und interpretieren, was dann zur Generierung von neuem Wissen dienen kann.⁵⁷

2.3.4.2 Advanced Analytics

Als Vorläufer zu Advanced Analytics kann Business Intelligence (BI) angesehen werden. Unter BI versteht man die Sammlung, Analyse und schlussendlich die grafische Darstellung von Daten. Diese Auswertungen werden für die Führung im Unternehmen und zur Strategieentwicklung verwendet. Aufgrund der Analyse von Vergangenheitsdaten, kann BI ebenfalls zur Entscheidungsfindung und Trendanalyse herangezogen werden. Advanced Analytics verfolgt dieselben Ansätze wie BI, mit dem Unterschied, dass hier nicht nur aus Vergangenheitsdaten Analysen gemacht werden, sondern auch Vorhersagen für die Zukunft erstellt werden können. Advanced Analytics gibt Zukunftsszenarien vor, aus denen dann Maßnahmen abgeleitet werden können. Hierzu gehören auch Methoden wie Predictive Analytics und Simulationen.⁵⁸ Der Unterschied zu Data Mining ist, dass bei Predictive Analytics auch Methoden wie maschinelles Lernen zum Einsatz kommen. Darunter versteht

⁵⁵ Vgl. Pistorius 2020, S. 28.

⁵⁶ Pistorius 2020, S. 28.

⁵⁷ Vgl. Pistorius 2020, S. 28–29.

⁵⁸ Vgl. Jodlbauer 2018, S. 44.

man die Möglichkeit, dass Computer durch Daten selbstständig lernen können, ohne dass diese vorab programmiert werden mussten. Dieser Lernprozess baut dabei auf komplexen Algorithmen auf.⁵⁹

Eine Teilkategorie von Predictive Analytics ist Predictive Maintenance (PdM), auf Deutsch, vorrausschauende Wartung. Unter diesem Begriff versteht man das Monitoring von Prozessen und Produktionsanlagen. Die Daten, die bei diesem Monitoring generiert werden, werden dazu verwendet Prognosen zu erstellen. Eine Prognose kann zum Beispiel beinhalten, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass ein bestimmtes Problem bei einer Anlage zu einem bestimmten Zeitpunkt eintreten wird. Aufgrund von Abweichungen in den Daten lässt sich somit der Zeitpunkt erkennen, wann eine Wartung der Maschine nötig wird.⁶⁰

2.3.5 Additive Fertigungstechnik

Viele der aktuellen Fertigungsprozesse in Unternehmen sind inzwischen standardisiert und mit einem hohen Perfektionsgrad etabliert. Allerdings führt dieser Umstand zu starren Prozessen, wobei aktuell eine flexible Produktion einen Wettbewerbsvorteil darstellen kann. Aber auch hohe Stückkosten bei Einzelfertigung und der hohe Zeitaufwand der eintritt, wenn Fertigungsschritte geändert werden müssen, führen zu relativ unflexiblen Fertigungsprozessen. Aus diesen Umständen heraus, ist die Notwendigkeit einer Neuerung in der Produktion entstanden – ein Beispiel dieser Neuerung, die dadurch entstanden ist, ist die additive Fertigungstechnik.⁶¹

Unter dem Begriff additive Fertigung wird ein Verfahren zur Herstellung von Teilen verstanden, bei dem das Material Schicht für Schicht aufgetragen wird. Somit entsteht ein dreidimensionales Produkt. Dieses Verfahren ermöglicht das Erstellen von individuell geformten Komponenten und erschafft somit neue Möglichkeiten in der Fertigung. Bekannt ist diese Fertigungstechnik bei vielen unter dem Namen 3D Druck, bei dem auf Basis von Polymeren und Keramiken neue Komponenten geschaffen werden. Der 3D Druck ist allerdings kein Überbegriff der additiven Fertigung, sondern nur eine Unterkategorie davon. Weitere Verfahren wie Laserauftragsschweißen, selektives Lasersintern oder Stereolithografie gehören ebenfalls zur Kategorie der additiven Fertigung.⁶² Die weiteren Verfahren werden allerdings in diesem Kapitel nicht genauer erläutert.

2.3.6 Auto-ID

Für den Einsatz von cyber-physischen Systemen benötigt es eine stetige Datenverfügbarkeit in den Prozessen, dies kann durch Auto-ID erreicht werden. Unter diesem Begriff versteht man die Identifizierung von Objekten durch zum Beispiel RFID Chips, die dann Standort- oder sonstige Daten übertragen können. RFID Chips ermöglichen eine kontaktlose

⁵⁹ Vgl. Pistorius 2020, S. 31.

⁶⁰ Vgl. Lughofer; Sayed-Mouchaweh 2019, S. 1.

⁶¹ Vgl. Brückner; Leyens; u.a. 2020, S. 144.

⁶² Vgl. Brückner; Leyens; u.a. 2020, S. 144–153.

Funkübertragung von Daten, die über ein Lesegerät ausgelesen werden können. Die Lesegeräte senden ein Signal aus, das von umliegenden Transpondern aufgenommen wird und eine automatische Antwort generiert.⁶³

2.3.7 Digitaler Zwilling

Der Begriff „digitaler Zwilling“ wurde 2010 das erste Mal von der NASA⁶⁴ aufgegriffen. Sie hatten damals ein Modell erschaffen, welches ein Raumfahrzeug und dessen Verhalten simulierte, um somit eine bevorstehende Mission zu verbessern.⁶⁵

„Allgemein versteht man unter dem Digitalen Zwilling ein virtuelles Abbild von Produkten, Dienstleistungen oder Prozessen. Sie sind in der Lage, materielle als auch nicht materielle Dinge zu beschreiben. Dabei spielt es keine Rolle, ob das Gegenstück bereits in der Realität vorhanden oder erst in Planung ist. Ziel ist es, dass ein Zwilling möglichst alle Informationen über sein Spiegelbild enthält.“⁶⁶

Die Simulation, die dadurch ermöglicht wird, kann mit Echtzeitdaten gespeist und somit permanent an die aktuellen Gegebenheiten angepasst werden. Ein Vorteil dieser Technologie ist die Verkürzung der Einföhrungsdauer von neuen Produkten, aber auch von Prozessen. Dadurch entstehen Geschwindigkeitsgewinne, die einen Wettbewerbsvorteil darstellen können.⁶⁷

2.3.8 Automated guided vehicles (AGV)

Automated guided vehicles, auf Deutsch auch fahrerlose Transportsysteme (FTS) genannt, sind automatisch gesteuerte Fahrzeuge, deren Hauptaufgabe der Transport von Material in Unternehmen ist.⁶⁸

FTS gibt es bereits seit den 1950er Jahren und wird seither in Unternehmen angewendet. Damals allerdings noch mit recht primitiver Spurfölgertechnik und Sensoren, die zum Schutz der Mitarbeitenden dienen.⁶⁹

In der heutigen Zeit sind einige zusätzliche Funktionen hinzugekommen. Als Beispiel kann die Möglichkeit der präzisen Vermessung durch Laserscanner oder 3D-Kameras erwähnt werden. Ein weiteres Beispiel ist das Erkennen von Geräuschen und deren Lokalisierung, sowie das Berücksichtigen von Geschwindigkeiten und Absichten, die andere Verkehrsteilnehmer und Verkehrsteilnehmerinnen haben. Dies sind nur einige der technischen Errungenschaften, die hinzugekommen sind.⁷⁰

⁶³ Vgl. Pistorius 2020, S. 13.

⁶⁴ NASA = National Aeronautics and Space Administration. Zivile US-Bundesbehörde für Raumfahrt und Flugwissenschaft.

⁶⁵ Vgl. Pistorius 2020, S. 47–48.

⁶⁶ Pistorius 2020, S. 48.

⁶⁷ Vgl. Pistorius 2020, S. 48–49.

⁶⁸ Vgl. Pistorius 2020, S. 62.

⁶⁹ Vgl. Ullrich; Albrecht 2020, S. 2.

⁷⁰ Vgl. Ullrich; Albrecht 2020, S. 27.

Die Vorteile der heutigen FTS sind, dass sie flexibel einsetzbar sind und in bereits bestehende Infrastrukturen nachträglich eingebunden werden können. FTS optimieren den innerbetrieblichen Materialfluss (auch außerbetrieblich möglich) und haben dadurch beispielsweise einen positiven Einfluss auf die Maschinenauslastung.⁷¹

2.3.9 Robotik

Unter dem Begriff Robotik versteht man den Einsatz von Robotern, die abgespeicherte Aktivitäten wiederholend durchführen können. Die Roboter zeichnen sich durch eine hohe Präzision und Fehlerfreiheit aus und können durch die Möglichkeit des Abspeicherns von mehreren definierten Abläufen schnell auf veränderte Kunden- und Kundinnenbedürfnisse reagieren. Eine weitere Einsatzmöglichkeit ist die Kombination mit fahrerlosen Transportsystemen, was den Unternehmen die Möglichkeit bietet, die Roboter flexibel einzusetzen. Die Roboter dienen dabei als Unterstützung für die Mitarbeitenden - insbesondere kollaborative Roboter sind dabei vorteilhaft, da sie keinen Schutzzaun benötigen und somit eine direkte Interaktion mit Menschen ermöglichen. Durch die technologischen Fortschritte, können inzwischen auch mehrere Roboter miteinander über die Cloud kommunizieren und somit, zum Beispiel auch eigenständig Optimierungen vornehmen.⁷²

2.3.10 AR Technology

AR steht für Augmented Reality und ist eine Technologie, die es Nutzenden ermöglicht die Realität mit virtuellen Objekten in Echtzeit zu ergänzen. Dabei wird über eine Kamera eine Aufnahme über die Umgebung gemacht, die die anwendende Person aktuell sieht. Durch diese Koordinateninformation, kann das System die virtuellen Elemente der benutzenden Person anzeigen. Den Ursprung hat diese Technologie im Gaming Bereich, inzwischen wird sie aber auch stark im Produktionsbereich angewendet. Für die Montage von Produkten kann diese Technologie sinnvoll angewendet werden. Dem Personal können über die AR Technologie Zusatzinformationen zu Arbeitsschritten angezeigt werden, wodurch sich die Geschwindigkeit der Bearbeitung und die Qualität erhöhen kann. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit ist, dass sich Mitarbeitende den Status von Maschinen in der Fertigung in Echtzeit anzeigen lassen können, wenn sie zum Beispiel gerade beim Shopfloor stehen.⁷³

2.4 Bedeutung und Herausforderungen von Industrie 4.0 für Unternehmen

Die Wirtschaft in Europa hat mit diversen Herausforderungen zu kämpfen, die sich durch den globalen Wettbewerb ergeben haben. Hierzu zählen nicht nur die Konkurrenz zu anderen Unternehmen, sondern auch die sinkenden Margen auf Stammprodukte. Ebenfalls wird von den Kunden und Kundinnen eine stärkere Integration in den Produktionsprozess gefor-

⁷¹ Vgl. Pistorius 2020, S. 62–63.

⁷² Vgl. Pistorius 2020, S. 59–60.

⁷³ Vgl. Pistorius 2020, S. 45–46.

dert. Eine weitere Herausforderung für Unternehmen ist die kürzere Lebensdauer von Produkten und damit zusammenhängend die notwendige Beschleunigung des Produktinnovationsprozesses.⁷⁴

Marion Steven (2019) hat in ihrem Buch „Industrie 4.0“ eine SWOT Analyse zum Thema Industrie 4.0 veröffentlicht, die die Potentiale dieses Zukunftsprojektes darstellen soll.⁷⁵ Ausgewählte Punkte dieser Analyse sind in Abbildung 7 aufgelistet.

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> - Hohe Bereitschaft der Unternehmen in Industrie 4.0 zu investieren - Staat fördert Investitionen in Industrie 4.0 - Hoher technologischer Standard bereits vorhanden, dies ermöglicht eine einfache Einführung von Industrie 4.0 Technologien 	<ul style="list-style-type: none"> - Hohe Investitionen nötig - Oft fehlende oder ungenügende Internet-Breitbandinfrastruktur - Fehlende/Wenige Qualifikations- und Weiterbildungsmöglichkeiten im Industrie 4.0 Bereich
Chancen	Risiko
<ul style="list-style-type: none"> - Produktivitätssteigerung - Mögliche Überwachung der Produktions- sowie auch der Logistikprozesse - Erhöhung der Flexibilität im Unternehmen (Bsp. Produktinnovationsprozess) 	<ul style="list-style-type: none"> - Gefahr der Ressourcenverschwendung - Insellösungen bringen nicht die erwünschten Effekte - Datenschutz und Datensicherheit - Offene Haftungsthemen (Bsp. Wer haftet nach einem Unfall mit einem selbstfahrenden Auto?)

Abbildung 7: Eigene Abbildung in Anlehnung an Marion Steven "Industrie 4.0"⁷⁶

Die Innovationen, die mit Industrie 4.0 einhergehen, verändern nicht nur die von Unternehmen produzierten Produkte, sondern auch die bestehenden Geschäftsmodelle und aktuell angebotenen Dienstleistungen.⁷⁷

Aus ökonomischer Sicht ist die Steigerung der Ressourcenproduktivität und auch der Effizienz, eines der Chancen von Industrie 4.0. Ein weiterer großer Vorteil ist die Kostenreduktion die dadurch entstehen kann. Somit können die in Kapitel 2.3 angesprochenen individuelleren Produkte für die Kundschaft, für einen ähnlichen Preis produziert werden, wie Massenware. Auch das Entgegensteuern des Fachkräftemangels ist einer der Vorteile, der durch die Digitalisierung und Automatisierung entsteht.⁷⁸

Aber auch aus ökologischer Sicht ergeben sich Vorteile durch Investitionen in I4.0. Die schonendere Nutzung von Ressourcen, wie zum Beispiel durch das frühzeitige Erkennen

⁷⁴ Vgl. Steven 2019, S. 45.

⁷⁵ Vgl. S. 61–64.

⁷⁶ Vgl. Steven 2019, S. 61–64.

⁷⁷ Vgl. Kagermann 2017, S. 235.

⁷⁸ Vgl. Kagermann 2017, S. 239.

von Problemen bei einer Maschine und dadurch das Verringern von Ausschuss, ist nur ein Beispiel für eine Chance, die durch eine Investition in diesem Bereich entsteht. Auch die Transparenz, die durch eine Digitalisierung entsteht, kann zu einem besseren Einsatz von vorhandenen Mitteln führen.⁷⁹ Ebenfalls ergeben sich kleinere, wenn auch nicht weniger bedeutendere ökologische Vorteile, wie zum Beispiel die Reduzierung von Papier und Druckkosten in Unternehmen.⁸⁰

Durch die Automatisierung und Digitalisierung werden auch Arbeitsplätze in Hochlohnländern wie Deutschland und Österreich gesichert. Aber auch die Arbeitssicherheit und der Arbeitskomfort, werden durch die Unterstützung von neuen Technologien verbessert. Die steigende Komplexität, die damit einhergeht, wird durch die mögliche Unterstützung durch, zum Beispiel Assistenzsysteme, wieder ausgeglichen.⁸¹

Eine weitere Folge von Industrie 4.0 ist die Flexibilisierung die sich für den Arbeitsort sowie die Arbeitszeit ergeben hat. Personen in bestimmten Berufen haben somit die Möglichkeit bekommen von Zuhause aus zu arbeiten und können Teamarbeiten und Projekte auch in Onlineterminen durchführen, ohne vor Ort sein zu müssen. Wissensarbeit in Unternehmen wurde durch die Digitalisierung von Informationen vereinfacht und bringt dadurch große Vorteile.⁸²

Die Digitalisierung birgt allerdings auch Schattenseiten. Arbeitnehmer und Arbeitnehmerinnen sind durch die neuen Technologien stets erreichbar, was für Unternehmen im ersten Moment positiv zu sein scheint, für die betroffenen Personen aber negative gesundheitliche Auswirkungen haben kann. Burnout ist eine Krankheit, die in den letzten Jahren immer öfter in den Medien auftaucht und in schlimmen Fällen zu Arbeitsunfähigkeit führen kann. Diese stetige Erreichbarkeit der Mitarbeitenden, kann dementsprechend in weiterer Folge auch negative Folgen für ein Unternehmen haben.⁸³

Die Veränderungen, die mit Industrie 4.0 einhergehen, betreffen auch aktuelle Jobprofile. Die Lernfähigkeit von Arbeitnehmer und Arbeitnehmerinnen wird in Zukunft immer mehr gefordert werden. IT-Kompetenzen sind inzwischen in vielen Jobs gefordert und müssen immer wieder aktualisiert werden. Dies heißt nicht nur für Unternehmen, dass sie die Mitarbeitenden stets weiterbilden müssen, sondern auch für die Personen selbst, dass sie den Willen dazu haben müssen. Die Möglichkeit zur Weiterbildung sollte auch durch den Staat ermöglicht und gefördert werden.⁸⁴

Durch den verstärkten Einsatz von Internet, Computern, mobilen Endgeräten und der Möglichkeit des Sammelns von Daten ergibt sich eine ganz neue Herausforderung für Unternehmen. Nämlich das Thema Sicherheit. Unternehmen engagieren zwischenzeitlich Personen, um Schwachstellen in ihrer IT-Struktur zu finden, bevor dies durch zum Beispiel, einen Hacker Angriff passieren kann. Aber nicht nur die Gewährleistung der Sicherheit, dass keine externen Personen zugreifen können, ist relevant in der aktuellen Zeit, auch die

⁷⁹ Vgl. Fallenbeck; Eckert 2017, S. 140.

⁸⁰ Vgl. Bauer; Hofmann 2018, S. 3.

⁸¹ Vgl. Kagermann 2017, S. 240.

⁸² Vgl. Bauer; Hofmann 2018, S. 4–5.

⁸³ Vgl. Bauer; Hofmann 2018, S. 10.

⁸⁴ Vgl. Bauer; Hofmann 2018, S. 11–12.

Datensicherheit selbst und das Schützen des geistigen Eigentums des Unternehmens. Daten über die Kundschaft und betriebliches Knowhow muss vor Datendiebstahl geschützt werden.⁸⁵

⁸⁵ Vgl. Butschek 2018, S. 154.

3. Lean Management

Der Begriff Lean Management wurde Ende der 1980er Jahre etabliert. John F. Krafcik hat den Begriff als erstes in einer amerikanischen Management Zeitschrift verwendet. Er war Mitarbeiter am MIT⁸⁶ und erforschte die Produktivität von Automobilherstellern.⁸⁷

Der Öffentlichkeit wurde der Begriff dann das erste Mal im Buch von Womack et al. vorgestellt, mit dem Titel „The machine that changed the world“. Das Hauptaugenmerk dieser Philosophie liegt auf der Vermeidung von Verschwendung und der Optimierung von Prozessen, um den Kunden- und Kundinnenoutput zu verbessern.⁸⁸

Der Lean Ansatz ist grundsätzlich auf den Menschen fokussiert. Die Methoden, die dahinterstehen, müssen von den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen verstanden und durchgeführt werden. Somit wird durch organisatorische Veränderung und Personalengagement eine kontinuierliche Verbesserung in den wertschöpfenden Prozessen erreicht.⁸⁹

Lean Production, auf Deutsch auch schlanke Produktion genannt, hat zum Ziel die Verschwendung in (Produktions-)Prozessen zu vermeiden, beziehungsweise zu eliminieren.⁹⁰ Dieser Begriff wird in Kapitel 3.2 noch einmal genauer erläutert. Lean Management ist die Ausdehnung des Begriffes Lean Production auf den administrativen Bereich in einem Unternehmen und fokussiert sich ebenfalls darauf, wie das Unternehmen gesteuert wird. Der Begriff Lean Thinking wiederum beschreibt die Philosophie, die dahintersteckt und das Ziel die Lean Grundsätze in das Gedankengut der Mitarbeitenden so zu verankern, dass sie Verschwendung von selbst erkennen können.⁹¹

⁸⁶ MIT = Massachusetts Institute of Technology

⁸⁷ Vgl. Zollondz 2013, S. 5.

⁸⁸ Vgl. Weinreich 2016, S. 17.

⁸⁹ Vgl. Prinz; Kreggenfeld; Kuhlenkötter 2018, S. 22.

⁹⁰ Vgl. Bleher 2014, S. 25.

⁹¹ Vgl. Bleher 2014, S. 11.

3.1 Grundgerüst von Lean Management

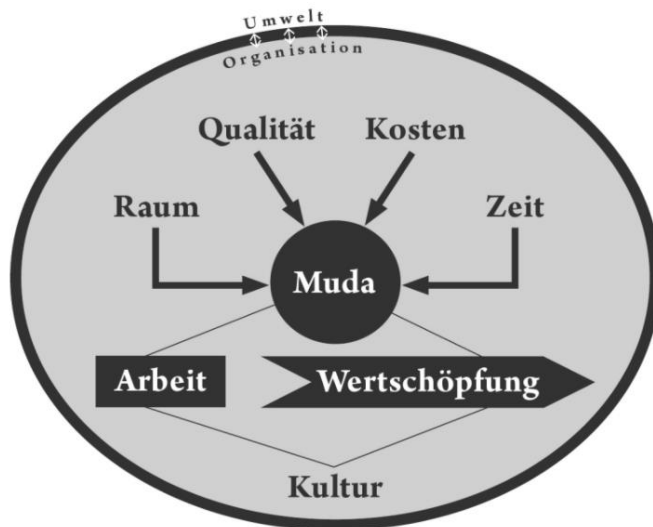


Abbildung 8: Das kategoriale Grundgerüst des Lean Managements⁹²

Abbildung 8 zeigt die Grundgedanken, die hinter dem Begriff Lean Management stehen. In der Mitte der Grafik befindet sich der Begriff ‚Muda‘, der ‚Verschwendung‘ bedeutet. In der Lean Philosophie ist Verschwendung zu vermeiden, um dadurch eine Reduktion der Produktionskosten zu erreichen. Das heißt, alle Aktivitäten und deren Einflussnehmer (Raum, Qualität, Kosten und Zeit) sollen darauf ausgerichtet sein, Verschwendung zu reduzieren oder gänzlich zu vermeiden. Die Möglichkeit Muda zu erkennen bietet der Wertschöpfungsprozess und die Analyse der Arbeit, die dahintersteht. Ebenfalls einen Einfluss auf Muda, sowie auf die Wertschöpfung, hat die Organisation selbst und alles was außerhalb passiert, also in der Umwelt des Unternehmens.⁹³

3.2 Lean Production

Als Produktionstätigkeiten werden alle Arbeitsschritte verstanden, die direkt zur Erstellung von Produkten beitragen. Der Begriff Lean Production wurde im Jahr 1970 von der Firma Toyota Motor Corporation etabliert. Hinter diesem Begriff stehen Methoden und Ansätze, die zum Ziel haben, unnötige Verschwendung und Kosten in Produktionsprozessen zu reduzieren und somit den Profit zu steigern.⁹⁴

Bei Lean Production wird ebenfalls die Kundschaft in den Fokus gestellt. Kunden- und Kundinnenanforderungen, wie beispielsweise die definierte Qualität, schnell und zu akzeptab-

⁹² Zollondz 2013, S. 9.

⁹³ Vgl. Zollondz 2013, S. 9.

⁹⁴ Vgl. Wagner; Herrmann; Thiede 2017, S. 126.

len Kosten zu erhalten, sind Teil dieser Produktionsphilosophie. Doch nicht nur die Anforderung der Kundschaft selbst steht im Mittelpunkt, sondern auch diesen Wünschen so verschwendungsfrei wie möglich nachzugehen.⁹⁵

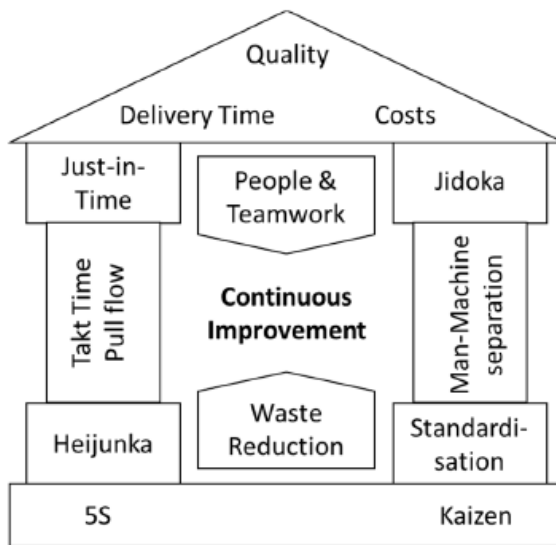


Abbildung 9: House of Toyota Production System⁹⁶

Abbildung 9 zeigt das Toyota Haus, das die Grundsätze der schlanken Produktion, die oben erwähnt wurden, abbildet. Die genauen Methoden und Ansätze, die hinter dieser Abbildung stehen, werden in Kapitel 3.5 genauer erläutert. Grundsätzlich steht im Toyota Haus aber die Vermeidung von Verschwendung sowie auch der Mensch selbst, im Fokus.

Die Grundsäulen des Toyota Produktionssystems bestehen aus den zwei Methoden Just-in-Time (JIT) und Jidoka. Taiichi Ohno definierte, dass Jidoka dazu beitragen soll, dass der einzelne Mitarbeitende so effizient wie möglich arbeiten kann. JIT wiederum trägt dazu bei, dass die Schnittstelle zwischen zwei Prozessen so optimal wie möglich verlaufen soll. Das Produktionshaus basiert auf dem Grundsatz, dass die Produktion auf den Kundentakt ausgelegt, eine Produktionsglättung erreicht werden soll und Standards fest verankert werden sollen. Das Fundament bildet die kontinuierliche Verbesserung.⁹⁷

Als Kundentakt wird die Zeit definiert, die ein Produkt benötigt, bis es den Auftraggebenden ausgeliefert werden kann. Für die Berechnung wird die definierte Produktionszeit, durch die Kunden- oder Kundinnenauftragsmenge dividiert. Das Ergebnis dieser Rechnung bildet den Takt, an dem sich die Produktion orientieren sollte.⁹⁸

3.3 Geschichtliche Entwicklung

Ein Teilbereich des Lean Managements wurde bereits Anfang des 19. Jahrhunderts durch Henry Ford etabliert. Er führte das erste Unternehmen, welches alle Prozesse im Fluss

⁹⁵ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 4.

⁹⁶ Wagner; Herrmann; Thiede 2017, S. 127.

⁹⁷ Vgl. Bleher 2014, S. 40–41.

⁹⁸ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 71.

angeordnet und eine Massenproduktion am Fließband ermöglicht hat.⁹⁹ Die Durchlaufzeit wurde damit stark reduziert, allerdings litt auch die Varianz unter dieser Produktionsorganisation.¹⁰⁰

Ein berühmtes Zitat von Henry Ford lautet wie folgt:

„Ein Kunde kann jede Autofarbe bekommen, solange diese Schwarz ist.“¹⁰¹

Die Wurzeln des heute bekannten Lean Managements sind bereits vor der Geburt des Begriffes in den 1980er Jahren entstanden. Begonnen hat es mit dem Japaner Sakichi Toyoda, der 1897 den ersten elektrischen Webstuhl entwickelte und damit die Arbeit seiner Familie erleichterte. 1926 wurde diese Maschine schließlich auch auf dem Markt verkauft. Dieser Webstuhl integrierte die ersten Lean Prinzipien und war somit der Vorreiter. Die Maschine hatte einen Mechanismus, der den Arbeitsvorgang bei Problemen oder Fehlern stoppte. Dies führte zu einer höheren Qualität in der Produktion und wird heute unter dem Lean Begriff „Jidoka“ geführt.¹⁰²

Aber auch andere Lean Methoden, oder zumindest die Ansätze davon, werden Sakichi Toyoda zugeschrieben. Die „5 Why's Methode“ zur Ursachenfindung oder auch die stetige Verbesserung (Kaizen), haben ihren Ursprung in Toyodas Gedankengut, auch wenn dies nicht offiziell dokumentiert ist.¹⁰³

1929 verkaufte Toyoda seine Patente für den Webstuhl, weil er Potential in der Automobilbranche erkannt hatte. Er gründete mit seinem Sohn Kiichiro die Toyota Motor Corporation. Inspiriert durch die Ansätze von Henry Ford, erkannte Kiichiro, dass das Just in Time Prinzip wesentlich sein wird, um die Kosten gering zu halten und wettbewerbsfähig zu sein. Ebenfalls wurden bereits erste Ansätze der Vermeidung von Verschwendung (Muda) geboren.¹⁰⁴ Nach dem zweiten Weltkrieg war die japanische Wirtschaft sehr angeschlagen, was zu einer Ressourcenknappheit führte. Eiji Toyoda, der damalige Vorgesetzte von Taiichi Ohno, entwickelte gemeinsam mit ihm, aufgrund der Notsituation, das Toyota Produktionssystem. Das Ziel dieses Produktionssystems war es, die knappen Ressourcen so sinnvoll als möglich einzusetzen, Verschwendung zu vermeiden und dadurch eine höhere Produktivität zu erreichen.¹⁰⁵

Im Vorwort des Buches „Toyota Production System“ von Taiichi Ohno (1988) steht, dass der Grundsatz des Toyota Produktion Systems die Vermeidung von Verschwendung ist. Er betont, dass bei Massenproduktionen immer wieder eine hohe Anzahl an Verschwendungen auftreten wird und dass es darum nötig ist, ein Produkt nach dem anderen zu produzieren. Ebenfalls wird erwähnt, dass auf die Kunden- sowie Kundinnenwünsche eingegangen werden muss und auch deshalb individuellere und kleinere Losgrößen produziert werden sollten.¹⁰⁶

⁹⁹ Vgl. Zollondz 2013, S. 63–64.

¹⁰⁰ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 201.

¹⁰¹ Bertagnolli 2018, S. 201.

¹⁰² Vgl. Zollondz 2013, S. 75.

¹⁰³ Vgl. Zollondz 2013, S. 75.

¹⁰⁴ Vgl. Zollondz 2013, S. 76–77.

¹⁰⁵ Vgl. Bleher 2014, S. 40.

¹⁰⁶ Vgl. S. xiii.

3.4 Grundsätze

Lean Management baut auf definierten Grundsätzen auf, die in den folgenden Abschnitten erläutert werden.

3.4.1 Wert

Den Ausgangspunkt von Lean Management stellt der Wert des produzierten Gutes oder der Dienstleistung für die Kunden und Kundinnen dar. Das Unternehmen erzeugt den Wert für die Kundschaft, was somit auch gleichzeitig die Existenzberechtigung des Unternehmens bildet.¹⁰⁷

Der Begriff Wertschöpfend beinhaltet die Schritte, bei denen ein Nutzen und ein Wert für die Kundschaft erzeugt wird. Dies ist der Output, für den die Kundschaft bereit ist zu zahlen.¹⁰⁸ Das bestellte Produkt muss den Anforderungen entsprechend, in der richtigen Qualität, zur richtigen Zeit am richtigen Ort bereitgestellt werden und dies möglichst verschwendungsarm.¹⁰⁹

3.4.2 Wertstrom

Unter dem Begriff Wertstrom werden alle erforderlichen Arbeitsschritte verstanden, die ein Produkt von der Entwicklung bis hin zur Auslieferung durchläuft. Die Identifikation des gesamten Wertstromes aller Produkte in einem Unternehmen, bildet die Basis von Lean Aktivitäten. Durch die Aufnahme dieses Wertstroms, werden Verschwendungen in Prozessschritten sichtbar gemacht. Im Wertstrom wird dabei zwischen drei Leistungen unterschieden. Aktivitäten die eindeutig wertschöpfend sind, werden als Nutzleistung betitelt. Unter den Begriff Scheinleistung fallen Tätigkeiten, die keinen direkten Mehrwert schaffen aber aufgrund der gegenwärtigen Prozesse notwendig sind, wie zum Beispiel Qualitätskontrollen. Die letzte Kategorie wird als Blindleistung bezeichnet und beinhaltet Schritte, die keinen Wert erzeugen, vermeidbar wären und somit eliminiert werden sollten.¹¹⁰

3.4.3 Flow

Durch die Kenntnisse, die durch den Wertstrom erzeugt wurden, können nicht wertschöpfende Tätigkeiten eliminiert werden. Die Prozessschritte, die noch benötigt werden, um den Wert für den Kunden sowie die Kundinnen zu erzeugen, sollten durch das Unternehmen fließen. Dieser Ansatz erfordert das Denken außerhalb von Abteilungsgrenzen und das Vermeiden von sturem Abarbeiten von Aufgaben. Bereits Henry Ford wählte 1913 diesen Ansatz für die Produktion von Automobilfahrzeugen und reduzierte damit die Durchlaufzeit der Produkte um 90%. Der genannte Ansatz funktioniert jedoch nur bei gleichbleibenden Produkten, die in großen Stückzahlen gefertigt werden. Taiichi Ohno hat allerdings erkannt,

¹⁰⁷ Vgl. Womack; Jones 2013, S. 24.

¹⁰⁸ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 24–25.

¹⁰⁹ Vgl. Zollondz 2013, S. 196.

¹¹⁰ Vgl. Womack; Jones 2013, S. 28–29.

dass eine individuellere Produktion in der Zukunft wettbewerbsentscheidend sein wird und hat somit durch die Reduzierung, von zum Beispiel Rüstzeiten, das Tor für eine Fließfertigung von kleinen Losgrößen geöffnet.¹¹¹

3.4.4 Pull

Nach der erfolgreichen Einführung des Flussprinzips in einem Unternehmen, muss auch die Steuerung der Logistik sowie des Materialflusses zwischen den Prozessen genauer betrachtet werden. Das Pull Prinzip, was so viel bedeutet wie das Ziehen von Arbeit, ist ein entscheidender Erfolgsfaktor und löst das Push Prinzip in der Produktion ab. Der Auslöser der Pull Aktivität ist die Bestellung der Kundschaft. Das heißt, es werden nur Produkte erzeugt, für die es am Ende der Prozesskette einen Abnehmer oder eine Abnehmerin gibt. Durch dieses Prinzip soll eine Überproduktion vermieden werden.¹¹²

In der Produktion nach Pull Prinzip, können Kanban Systeme als Unterstützung dienen. Sie helfen dabei, den Materialfluss mit dem Informationsfluss zu verknüpfen und ermöglichen die durchgängige Ausführung dieses Prinzips.¹¹³

Die Vorteile des Pull Prinzips, schlagen sich auch in den Unternehmenskennzahlen nieder. Die Anwendung trägt beispielsweise zur Senkung von variablen Kosten (Beispiel Roh- und Betriebsstoffe) und Lagerkosten bei und kann somit den Deckungsbeitrag und die Umsatzrendite erhöhen.¹¹⁴

3.4.5 Perfektion anstreben

Ein wesentliches Ziel im Lean Management ist die Vermeidung von Fehlern im Produktionsprozess. Das heißt nicht, diese mit Qualitätsprüfvorgängen abzufangen bevor sie bei der Kundschaft auftreten, sondern diese Fehler erst gar nicht zu erzeugen. Eine Methode, um dies zu bewerkstelligen ist die Lean Methode Jidoka, die auch ein fester Bestandteil des Toyota Produktionssystems darstellt.¹¹⁵

3.5 Methoden von Lean Management

Für die Implementierung von Lean Management im Unternehmen, gibt es diverse Tools die eingesetzt und von den Mitarbeitenden angewendet werden können.

3.5.1 Kaizen

Kaizen ist der Ansatz zur stetigen Verbesserung. Eine Technik dieser kontinuierlichen Verbesserung oder auch kurz KVP genannt, ist der PDCA Zyklus. Dieser Begriff steht für die vier Begriffe: Plan, Do, Check, Act. Was so viel bedeutet wie Planen, Ausführen, Überprüfen

¹¹¹ Vgl. Womack; Jones 2013, S. 30–32.

¹¹² Vgl. Bertagnolli 2018, S. 85.

¹¹³ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 83–85.

¹¹⁴ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 312–313.

¹¹⁵ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 119.

und Verbessern. Der PDCA Zyklus hat einen zyklischen Charakter – heißt, er wird immer wieder durchlaufen und wiederholt.¹¹⁶

Plan	Der Zyklus beginnt mit einer Ist-Analyse des definierten Problems oder Prozesses. Informationen sollen zusammengetragen und aufbereitet werden und daraus ein Plan erstellt werden, wie es verbessert werden kann.
Do	Wird auch als Pilotphase bezeichnet. Der vorher definierte Plan wird in einem festgelegten Umfeld getestet.
Check	Diese Phase dient der Analyse des vorangegangenen Tests. Hier ist zu überprüfen, ob alles wie geplant gelaufen ist, oder ob es Problemen gegeben hat. Die Ursachen dieser Probleme sollen auch erläutert werden.
Act	Der letzte Punkt dient dazu den neuen Prozess in den Standard aufzunehmen und den erreichten Zustand auch in Zukunft zu halten.

Tabelle 1: PDCA¹¹⁷

3.5.2 Just in time

JIT steht für Just in Time, dieser Begriff beschreibt die verschwendungsarme Produktion des richtigen Materials, zur richtigen Zeit und in der benötigten Menge. Durch diese Produktionsphilosophie sollen die Lagerbestände im Unternehmen reduziert werden. Teil von JIT ist das Pull Prinzip, sprich, es werden nur die benötigten Teile an einen Arbeitsplatz geliefert. Was auf den ersten Blick einfach klingt, ist ein komplexes Zusammenspiel. Die Unternehmen sind nicht nur von den eigenen Prozessen abhängig, sondern müssen auch externe Lieferfirmen miteinbeziehen. JIT steht allerdings nicht allein, sondern wird durch Methoden wie zum Beispiel Kanban, unterstützt.¹¹⁸

3.5.3 Jidoka

Hinter dem Wort Jidoka steht das Wort autonome Automation. Es bedeutet, dass ein automatisierter Prozess angehalten wird, sobald eine Abweichung eintritt. Der Vorteil dieser Methode ist, dass Maschinen nicht mehr permanent überwacht werden müssen, um Fehler zu erkennen und zu vermeiden. Somit haben die Mitarbeitenden die Möglichkeit mehrere Maschinen gleichzeitig zu bedienen. Dieses Prinzip gehört, neben JIT, zu den beiden Hauptsäulen des Toyota Produktionssystems, das in Abbildung 9 ersichtlich ist.¹¹⁹

Neben der Mehrmaschinenbedienung ermöglicht Jidoka auch noch das sofortige Erkennen von Fehlern. Dies führt dazu, dass Fehler nicht bis zum Schluss mitgezogen werden und somit nicht noch zusätzliche Wertschöpfung verloren geht. Ebenfalls ermöglicht das sofortige Erkennen von Abweichungen, das direkte Zuordnen des Problems und somit auch die Möglichkeit der Ursachenfindung.¹²⁰

¹¹⁶ Vgl. Zollondz 2013, S. 281–282.

¹¹⁷ Vgl. Zollondz 2013, S. 283–284.

¹¹⁸ Vgl. Zollondz 2013, S. 128–129.

¹¹⁹ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 122.

¹²⁰ Vgl. Zollondz 2013, S. 138.

3.5.3.1 Andon

Andon kann als Teil von Jidoka angesehen werden. Es ist optisches und/oder akustisches Signalelement, das es ermöglicht Probleme im Prozess zu erkennen. Dies kann zum Beispiel durch Lampen realisiert werden, die direkt am Arbeitsplatz angebracht sind und bei Fehlern oder Problemen aufleuchten. Wenn mehrere solcher Lampen an einem Ort zusammengeschlossen werden, kann dies als Übersicht für die Produktion dienen und dann in weiterer Folge beispielsweise im Shopfloor Management, integriert werden.¹²¹

3.5.4 Wertstromanalyse

Unter Wertstromanalyse versteht man die Aufnahme von Produktionsprozessen im Unternehmen. Es wird der Gesamtprozess betrachtet, also von der Anlieferung des Rohmaterials bis hin zu zur Auslieferung des Endproduktes an die Kundschaft. Dabei werden die aufgenommenen Prozessschritte grafisch dargestellt, um so einen Gesamtüberblick zu erhalten. Wichtig zu erwähnen ist, dass alle Prozessschritte aufgenommen werden, die wertschöpfenden sowie auch die nicht wertschöpfenden Tätigkeiten.¹²²

3.5.5 5S

Hinter dem Begriff 5S steht ein dauerhaft standardisierter, sauberer und aufgeräumter Arbeitsplatz.¹²³ Die 5S stehen für folgende Begriffe:

- Seiri: Aussortieren von unnötigen Gegenständen
- Seiton: Aufräumen und Gegenständen einen festen Platz zuweisen
- Seiso: Sauberkeit am Arbeitsplatz einhalten
- Seiketsu: Arbeitsplatz standardisieren durch wiederholte Anwendung
- Shitsuke: Definiertes Beibehalten und stetige Verbesserungen durchführen¹²⁴

Die Verantwortung hinter diesem Prinzip liegt bei den Mitarbeitenden selbst. Sie sind für die Sauberkeit ihres Arbeitsplatzes zuständig. Die Vorteile, die durch 5S entstehen sind vielfältig, so steigen beispielsweise die Produktivität und die Qualität der Arbeit. Der Platzbedarf wird außerdem auf das nötigste minimiert und die Arbeitsgeschwindigkeit steigt aufgrund von weniger Suchaufwand.¹²⁵

3.5.6 Kanban

Der japanische Begriff Kanban steht für das Wort „Karte“. Diese Karte dient zur Kommunikation zwischen Prozessen, zum Beispiel in der Produktion. Die Kanban Karte kann ein Bestellauslöser für das Auffüllen eines Bestandes in einem Lager sein und kann mit internen sowie externen Lieferfirmen angewendet werden. Die Komponenten, die meist in Behältern mit definierter Menge gelagert werden, besitzen je eine Kanban Karte, auf der die

¹²¹ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 123.

¹²² Vgl. Bertagnolli 2018, S. 104.

¹²³ Vgl. Zollondz 2013, S. 279.

¹²⁴ Vgl. Zollondz 2013, S. 279–280.

¹²⁵ Vgl. Zollondz 2013, S. 280–281.

relevanten Informationen verfügbar sind. Der Prozess muss nicht zwingend über eine Karte gesteuert werden, er kann auch mit Behältern oder digital etabliert sein.¹²⁶

3.5.7 Milkrun

Milkrun ist eine weitere Methode, um den Materialfluss im Unternehmen zu steuern. Unter diesem Begriff versteht man die Versorgung der Produktion zu festgelegten Zeiten über definierte Routen. Bei diesen Fahrten wird nicht nur Produktionsmaterial transportiert, sondern auch Leerbehälter an ihren Bestimmungsort gebracht. Die Milkrun Methode kann sowohl innerbetrieblich als auch außerbetrieblich angewendet werden.¹²⁷

3.5.8 SMED

SMED steht für den englischen Begriff „Single-minute exchange of dies“ und bedeutet Rüsten im Minutenbereich. Unter Rüsten wird der Prozess verstanden, den es benötigt, um eine Maschine für ein neues Fertigungsprodukt einzurichten. Dazu gehört das Auswechseln von Werkzeug, aber auch ein Materialwechsel kann Teil davon sein. Shigeo Shingo hat das Prinzip SMED aufgestellt, um diesen Prozess zu verkürzen und dabei auch die Verschwendung zu minimieren.¹²⁸

Der Rüstvorgang wird dabei in zwei Prozesse gegliedert: Rüstaktivitäten, die während eines laufenden Produktionsschrittes getätigt werden können und Rüstvorgänge, bei denen ein Stillstand der Maschine nötig ist. Das Ziel ist es, so viele Aktivitäten wie möglich durchzuführen, solange die Maschine produktiv läuft. Die Bereitstellung der benötigten Werkzeuge sowie Materialien in der Nähe des Rüstpersonals, ist eine der möglichen Zeitersparnisse, die durch SMED generiert werden können.¹²⁹

3.5.9 Poka-Yoke

Der aus Japan stammende Begriff, steht für die Vermeidung von ungeplanten Fehlern. Grundsätzlich geht es hierbei um Fehlerkontrollvorrichtungen um unbeabsichtigte Fehler zu vermeiden. Dies können technische oder mechanische Vorrichtungen sein, die einen Fehler von Menschen gar nicht zulassen. Somit trägt Poka-Yoke zur Qualitätssicherung in einem Unternehmen bei und dadurch auch zur Vermeidung von Verschwendung.¹³⁰

Ein Grundprinzip von Poka-Yoke ist es, dass es absolut unmöglich gemacht werden soll, Fehler zu machen – sprich eine 100% Prüfung, durch zum Beispiel Vorrichtungen und definierte Prozesse. Ebenso wichtig ist, dass in diesem Prinzip alle Fehler als vermeidbar angesehen und nicht als gegeben hingenommen werden. Ein Ziel dabei ist auch die eigent-

¹²⁶ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 86.

¹²⁷ Vgl. Hänggi; Fimpel; Siegenthaler 2021, S. 122–126.

¹²⁸ Vgl. Zollondz 2013, S. 178–179.

¹²⁹ Vgl. Zollondz 2013, S. 179.

¹³⁰ Vgl. Zollondz 2013, S. 173.

liche Ursache des Problems herauszufiltern. Bei der Suche nach Lösungen zur Fehlervermeidung wird eine Erfolgswahrscheinlichkeit die höher als 50% ist, als ausreichend eingestuft und kann somit umgesetzt werden.¹³¹

3.5.10 Total Productive Maintenance

Unter diesem Begriff wird ein ganzheitlicher Ansatz verstanden, der die Vermeidung von Verschwendung und Verlusten auf Produktionsanlagen zum Ziel hat. Das Ziel ist die Erhaltung einer hohen Produktivität der Anlagen sowie das Produzieren einer definierten Qualität. Total Productive Maintenance (TPM) ist in unterschiedliche Implementierungsstufen unterteilt, die in Tabelle 2 ersichtlich sind.

Stufe	Schritte
1a	5S
1b	Reinigung und Pläne, Mängel beseitigen
2	Verschmutzungen vermeiden, Reinigen und Wartung erleichtern
3	Vereinheitlichen von Betriebsmitteln (Beispiel Schmiermittel), Wartungs- und Inspektionspläne
4	Training der Mitarbeitenden für Wartung und Instandhaltung
5	Selbstständige Wartung und Inspektion der Mitarbeitenden
6	Erfassen von aufwendigen Instandhaltungsmaßnahmen
7	Autonome Planung des Instandhaltungsprogrammes

Tabelle 2: Implementierungsstufen bei der Umsetzung von TPM¹³²

3.5.11 OEE

Die Abkürzung OEE steht für Gesamtanlageneffektivität, dabei wird die Effektivität der Produktionsanlage aufgenommen und ausgerechnet. OEE wird als Teil von TPM angesehen. Aufgrund dieser Ergebnisse können potenzielle Verluste und Verschwendungen analysiert werden. Zur Berechnung wird die Anzahl an produzierten Gutteilen im Verhältnis zur verfügbaren Maschinenkapazität gestellt. Diese Kennzahl hilft den Unternehmen eine höhere Transparenz in ihren Produktionsprozessen zu erreichen.¹³³ SMED ist ein Beispiel für eine Lean Methode, die zur Steigerung der Anlageneffektivität beitragen kann.¹³⁴

3.5.12 Shopfloor Management

Shopfloor Management ist ein Instrument zur Führung von Mitarbeitenden am Ort der Wertschöpfung, also zum Beispiel in der Produktion. Bestandteile dieser Führung sind die Visu-

¹³¹ Vgl. Sondermann 2019, S. 120–121.

¹³² Bertagnolli 2018, S. 184.

¹³³ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 181.

¹³⁴ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 177.

alisierung, insbesondere durch Kennzahlen, anzustrebende Verbesserung sowie die Prozesskontrolle. SFM dient der Verbesserung der Kommunikation zwischen Mitarbeitenden und Führungskräften.¹³⁵

Die Prozesskennzahlen sind ein wichtiger Bestandteil von SFM. Bei Abweichungen dieser Kennzahlen, können direkt Maßnahmen beim Treffen besprochen werden.¹³⁶ Die Lösungsfindung zu den Abweichungen, können durch andere Lean Management Methoden unterstützt werden, wie zum Beispiel PDCA oder die 5 Warum Fragen.

3.6 Herausforderungen von Lean Management

Die Aufzählung der Prinzipien und Methoden lässt Lean Management wie ein Baukastensystem wirken, das durch die Anwendung dieser definierten Regeln und Methoden zum Erfolg führt. Aber auch hier ist es nicht ganz so einfach. Nicht die Schulung der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen in den Methoden allein führt zum Erfolg, Lean Management als Führungsaufgabe ist mindestens genauso relevant für eine erfolgreiche Implementierung und Durchführung. Die Beteiligung der Mitarbeitenden ist erfolgsentscheidend für die Anwendung von Lean in den Unternehmen. Die Grundgedanken, die dahinterstecken, müssen ein Teil der Unternehmenskultur werden, um nachhaltig wirklich eine Verbesserung generieren zu können.¹³⁷

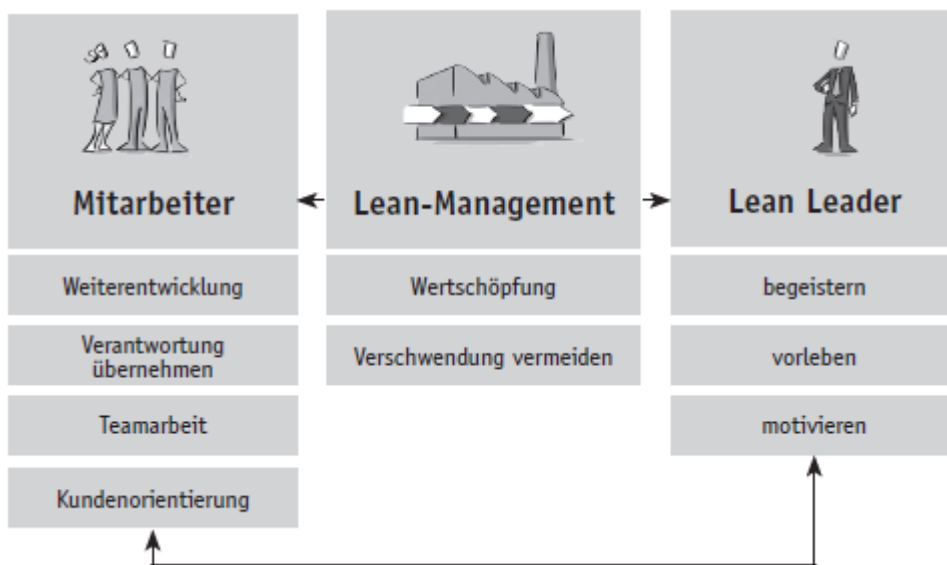


Abbildung 10: Lean-Management¹³⁸

Abbildung 10 verdeutlicht die Relevanz, die die Führungskräfte sowie die Mitarbeitenden beim Gelingen von Lean Management in den Unternehmen haben. Lean kann nur funktionieren, wenn die Mitarbeitenden Verantwortung übernehmen und im Team arbeiten. Dies

¹³⁵ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 329–330.

¹³⁶ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 332.

¹³⁷ Vgl. Hurtz; Best 2014, S. 11.

¹³⁸ Claushues; Hurtz 2017, S. 19.

muss durch die Führungskraft gefordert und gefördert werden. Somit brauchen die Unternehmen Führungskräfte, die ihren Mitarbeitenden die Lean Prinzipien vorleben und sie auch coachen und dabei unterstützen sich weiterzuentwickeln.¹³⁹

„Lean umzusetzen setzt voraus, dass sich das gesamte Management begeistert mit Lean beschäftigt und die Lean-Kultur vorlebt. Das gehört auch, das coachende Führen von der Geschäftsführung bis zum Teamleiter zu etablieren und konsequent umzusetzen.“¹⁴⁰

Wichtig zu erwähnen ist auch, dass Lean Management keine Aktivität ist, die nebenbei durchgeführt werden kann. Wenn sich Unternehmen nur Teilaspekte und Methoden herausuchen und etablieren wollen, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass sie daran scheitern werden. Lean Management ist ein ganzheitlicher Ansatz der entweder ganz oder gar nicht eingeführt werden sollte. Auch Insellösungen, wie beispielsweise das Einführen von Lean allein im Produktionsbereich, werden sehr wahrscheinlich erfolglos bleiben. Wenn der Ansatz nicht im gesamten Unternehmen eingeführt wird, kann er nicht in die Unternehmensphilosophie übergehen und somit auch nicht ins Gedankengut der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen.¹⁴¹

¹³⁹ Vgl. Claushues; Hurtz 2017, S. 18.

¹⁴⁰ Vgl. Hurtz; Best 2014, S. 21.

¹⁴¹ Vgl. Hurtz; Best 2014, S. 17–19.

4. Methodik

Als Methodik für diese Arbeit wurde die Literaturübersichtsarbeit ausgewählt. Sprich, die aktuelle Literatur zu der definierten Fragestellung wird aufgearbeitet und gegenübergestellt. Ausgewählt wurde diese Methodik aufgrund der aktuell fehlenden zusammenfassenden Ausarbeitung der Thematik, diese Arbeit soll somit einen Überblick über den aktuellen Stand in der Literatur zu diesem Thema ermöglichen.¹⁴²

Folgende Vorgehensweise wurde durchgeführt:

- 1) Definition der Begriffe und Konzepte nach denen in der Literatur gesucht wird. Ebenfalls sollen Synonyme dazu definiert werden, um eine größtmögliche Ergebnispalette zu erreichen. Das Ergebnis der definierten Begriffe für die Literatursuche ist in Tabelle 3 einsehbar.

Grundbegriff	Verwandte Begriffe
Industrie 4.0	Smart Factory; Digitale Produktion/Fertigung; Industrial Internet of Things; digitale Transformation; vierte industrielle Revolution; künstliche Intelligenz
Lean Management	Lean Management; Lean Manufacturing; Lean Factory; Lean Production; Schlanke Produktion
Industrie 4.0 in Kombination mit Lean Management	Lean 4.0; Schlanke digitalisierte Produktion; Schlanker digitaler Wertstrom; Wertstromanalyse 4.0; Jidoka 4.0; Kanban 4.0; JIT 4.0; Shopfloor 4.0; Kaizen 4.0
Lean Prinzipien	KVP; Verschwendung; Lean Thinking; Fluss Prinzip; Pull Prinzip; TPM; FIFO; Null Fehler; Kaizen; Kanban; Poka Yoke; PDCA

Tabelle 3: Suchbegriffe für die Literaturrecherche

- 2) Definition, welche Zeithorizonte für die Literatur noch angemessen sind. Bei der allgemeinen Literatur sind ältere Werke akzeptabel, insbesondere im Lean Bereich. Bei Veröffentlichungen, die sich explizit mit Lean in Kombination mit Industrie 4.0 beschäftigen, machen nur Werke aus den letzten Jahren Sinn, um eine Aktualität der Ergebnisse zu gewährleisten.
- 3) Definition von Adressen, in denen nach passender Literatur gesucht werden kann. Aktuell definiert:
 - a. Google Scholar
 - b. FHV Bibliothek Suche
 - c. Bielefeld Academic Research (<https://www.base-search.net/>)
 - d. Verweise auf Literatur in Vorlesungsfolien der FHV

¹⁴² Vgl. Goldenstein; Hunoldt; Walgenbach 2018, S. 75.

- e. Science Gov (Für amerikanische Publikationen: <https://www.science.gov/>)
 - f. Vorarlberger Landesbibliothek
 - g. Bibliothek Universität St. Gallen, Schweiz
- 4) Strukturierung der Suche sowie Literatur in folgende Kategorien:
- a. Grundlegende Theorie und Definition zu den beiden Themen Industrie 4.0 und Lean Management. Hier vorzugsweise Fachbücher, insbesondere zum Thema Lean Management.
 - b. Suche nach Veröffentlichungen, wie sich der Lean Management Ansatz in den letzten Jahren verändert hat.
 - c. Suche nach Veröffentlichungen, die das Thema Lean Management und Industrie 4.0 und deren Synergien und Unterschiede behandelt.
- 5) Quantitatives sammeln der Literatur nach vorher definierten Begriffen und Kriterien. (Siehe Punkt 1 und 2)
- 6) Erstes qualitatives aussortieren der Literatur, die den definierten Kriterien nicht entsprechen:
- a. Literatur zu alt
 - b. Wissenschaftlichkeit nicht gegeben
 - c. Keine Relevanz zum Thema
- 7) Lesen von Zusammenfassungen der vorhandenen Veröffentlichungen und dadurch entscheiden, ob eine Eignung für das definierte Thema besteht. ¹⁴³

Oben aufgezählte Methodik ist eine Mischung aus Empfehlungen aus dem Buch „Wissenschaftliches Arbeiten in den Wirtschaftswissenschaften“ von Goldenstein et al. (2018) und eigenen Interpretationen der gelesenen Literatur.

¹⁴³ Vgl. Goldenstein; Hunoldt; Walgenbach 2018, S. 56–67.

5. Gegenüberstellung Lean Production und Industrie 4.0

Investitionen in Industrie 4.0 Technologien können ein wichtiger Schritt zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit sein. Unternehmen müssen das Thema Industrie 4.0 aus zwei Blickwinkeln betrachten: auf der einen Seite verändern die neuen Entwicklungen die Produkte sowie auch den Kunden- und Kundinnenbedarf, auf der anderen Seite kann es die Prozesse im Unternehmen verändern.¹⁴⁴ Digitalisierung und Automatisierung allein bringen ein Unternehmen noch nicht ans Ziel. Ein wichtiger Bestandteil des Erfolgs sind die Prozesse, diese müssen klar definiert, optimiert und möglichst verschwendungsarm sein.¹⁴⁵ Dies sind die Gründe, weshalb die beiden Produktionskonzepte eine große Bedeutung im aktuellen Wandel in den Unternehmen einnehmen.

5.1 Gemeinsamkeiten von Lean Production und Industrie 4.0

André Kieviet (2016) hat in seinem Beitrag im Buch „Erfolgsfaktor Lean Management 2.0“ zum Thema Lean Management und Digitalisierung folgende Aussage getroffen:

„Doch wenn man die Sache differenzierter betrachtet, was haben Digitalisierung und Lean-Management-Werkzeuge gemeinsam? Sie sollen uns helfen, eine komplexe Welt einfach und für den Menschen handhabbar zu machen.“¹⁴⁶

Diese Aussage fasst, natürlich stark vereinfacht, den Zweck dieser zwei Ansätze in kurzen Worten zusammen und betont das übergeordnete, gemeinsame Ziel. Die gestiegene Komplexität, die durch die unterschiedlichen industriellen Revolutionen entstanden ist, muss weiterhin beherrschbar für die Unternehmen bleiben.

In diesem Kapitel sollen die Gemeinsamkeiten, die diese zwei Themen miteinander teilen, aufgezählt werden. Dabei geht es nicht nur um Gemeinsamkeiten in der Vorgehensweise, sondern auch um Bindeglieder in den Zielen und Methoden.

5.1.1 Flussprinzip

Ein zentraler Bestandteil von Lean Management ist das Flussprinzip oder auch Flow genannt. Hierbei geht es um den stetigen Fluss des Wertstroms, der durch unnötige Zwischenlagerungen und Engpässe gestört werden kann. Ziel ist es, dass das Produkt von der Konstruktion bis zur Auslieferung, möglichst ohne Störung durch die Wertschöpfungskette läuft.¹⁴⁷

One piece flow bedeutet „ein Stück Fluss“ und steht für eine pufferlose ideale Fertigung mit Losgröße 1. Dabei wird das Produkt durch die einzelnen Produktionsschritte bewegt, ohne, dass zwischen diesen Schritten Bestände gebildet werden. Dies kann allerdings nur bei

¹⁴⁴ Vgl. Klotz u.a. 2017, S. 74.

¹⁴⁵ Vgl. Wiegand 2018, S. 6.

¹⁴⁶ S. 41.

¹⁴⁷ Vgl. Zollondz 2013, S. 197.

sehr reifen und optimierten Unternehmen umgesetzt werden, da hier zum Beispiel Rüstzeiten schon optimiert sein müssten, um weiterhin wirtschaftlich produzieren zu können.¹⁴⁸

Ein Risikofaktor beim Flow Prinzip ist der niedrige, beziehungsweise fehlende Lagerbestand, der Störungen, wie zum Beispiel Qualitätsprobleme, auffangen kann. Hier werden die beteiligten Personen sofort zu einer Aktion gezwungen, wenn ein unerwartetes Problem auftritt. Gleichzeitig werden aber Fehler in der Produktion nicht gleich an größere Lagerbestände weitergegeben. Obwohl hier somit Vor- und Nachteile bestehen, ist der größte positive Effekt des Flussprinzips, dass Probleme und Störungen sofort erkannt und nicht kaschiert werden, durch zum Beispiel Puffer im Lager.¹⁴⁹

Industrie 4.0 unterstützt die Strategie des Flussprinzips. Durch die neuen digitalisierten Prozesse wird eine optimale Auslastung der Wertschöpfungskette erreicht. Big Data ist eines der I4.0 Bestandteile, die einen optimalen One Piece Flow ermöglichen können.¹⁵⁰ Durch die Sammlung von Daten können Vergangenheitswerte analysiert werden, die die Möglichkeit für eine bessere Prognose für zukünftige Nachfrage bieten. Die Analyse der Daten kann eine stabilere Planung im Unternehmen erlauben und eine gleichmäßigere Auslastung der Produktion.¹⁵¹

Auch Techniken, wie die additive Fertigung unterstützen das Prinzip der Fertigung von geringen Losgrößen, bis hin zur Einzelstückfertigung. Durch die geringen Rüstzeiten ist ein schneller Produktwechsel möglich und eine wirtschaftliche Produktion ist trotz geringer Stückzahlen erreichbar.¹⁵²

5.1.2 Transparenz

Transparenz ist im Lean Management ein wichtiges Thema. Prinzipien, wie das Flussprinzip, erhöhen die Transparenz in den Material- sowie Informationsflüssen im Unternehmen.¹⁵³ Aber auch Methoden wie die Wertstromanalyse, hilft Unternehmen dabei eine Transparenz über Abteilungsgrenzen hinaus zu erreichen.¹⁵⁴ Eine weitere Chance zur Erhöhung der Transparenz, ist durch Shopfloor Management gegeben. Am Shopfloor können Kennzahlen sowie Störungen visualisiert werden, was bei der Wissensvermittlung im Unternehmen hilft und somit auch zur Erhöhung der Transparenz führt.¹⁵⁵

Industrie 4.0 im Produktionsbereich ermöglicht eine höhere Transparenz für die Mitarbeitenden, Führungskräfte, aber auch für die Kundschaft. Notwendige Informationen können durch das Sammeln und Auswerten von Daten zusammengetragen und als Basis für anstehende Entscheidungen dienen. Als Beispiel für eine erhöhte Transparenz durch I4.0, kann das sofortige Erkennen von Störungen im Produktionsprozess durch technologische Unterstützung genannt werden. Cyber-physische Systeme ermöglichen beispielsweise,

¹⁴⁸ Vgl. Zollondz 2013, S. 206–207.

¹⁴⁹ Vgl. Zollondz 2013, S. 197.

¹⁵⁰ Vgl. Steven 2019, S. 114.

¹⁵¹ Vgl. Mayr u.a. 2018, S. 624.

¹⁵² Vgl. Pistorius 2020, S. 57.

¹⁵³ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 64.

¹⁵⁴ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 104.

¹⁵⁵ Vgl. Dümpelmann 2020, S. 187.

das Erkennen von freien Kapazitäten auf Anlagen durch die Vernetzung der Maschinen in der Fertigung.¹⁵⁶

Ein weiteres konkretes Anwendungsbeispiel für die Erhöhung der Transparenz in Unternehmen durch Industrie 4.0 Technologien, stellen die fahrerlosen Transportsysteme dar. Durch die Digitalisierung und Automatisierung von Transporten im Unternehmen, haben die Mitarbeitenden die Möglichkeit, stets den aktuellen Status von Transporten und so auch von Standorten, Material und Produkten einzusehen.¹⁵⁷

5.1.3 Produktivität

Unternehmen wollen „die richtigen Dinge“ tun, aber auch „die Dinge richtig tun“ – Effektivität und Effizienz sind angestrebte Ziele. Der Begriff Produktivität fällt unter die Kategorie Effizienz. Unter Produktivität versteht man das Verhältnis zwischen einer Tätigkeit und den dazugehörigen eingesetzten Ressourcen, zu dem daraus generierten Output.¹⁵⁸

Im Buch „Der Weg aus der Digitalisierungsfalle“ wird eine gewagte Aussage getätigt, nämlich, dass die Arbeitsproduktivität in Verwaltungsberufen bei lediglich 50% liegt. Was bedeutet, dass Teamleiter und Teamleiterinnen, Techniker und Technikerinnen, Entwickler und Entwicklerinnen usw. die Hälfte ihres Tages mit nicht wertschöpfenden Tätigkeiten verbringen. Hier schlummert somit ein großes Potential, das mit diversen Methoden oder Konzepten gefördert werden könnte.¹⁵⁹

Ein Ziel der Methodik Lean Management ist die Produktivitätsverbesserung in den Prozessen. Diverse Methoden wie Kaizen oder besonders auch die Ausrichtung der Prozesse auf die Wertschöpfung, können hier der Verschwendung von Ressourcen entgegenwirken.¹⁶⁰ Aber auch Methoden, die auf den ersten Blick keine Produktivitätssteigerung mit sich bringen, wie zum Beispiel Shopfloor Management, erbringen im Nachgang ebenfalls eine Verbesserung in diesem Bereich. Durch die klare Kommunikation der Ziele und der täglichen Abstimmung, die viele Unklarheiten beseitigt, wird eine indirekte Produktivitätssteigerung erreicht.¹⁶¹

Durch die gestiegene Komplexität in den Fertigungsprozessen, ist ein klares Ziel von Industrie 4.0 Bemühungen, die Produktivität in Unternehmen zu steigern. Technologische Errungenschaften helfen dabei Prozesseffizienz zu steigern und Betriebskosten zu senken.¹⁶² Als Beispiel können folgende Effizienzsteigerungen aufgezählt werden: Verbesserung der Instandhaltung bei Maschinen, die Unterstützung von Mitarbeitenden bei ihrer täglichen Arbeit, Auftragsabwicklungsprozesse beschleunigen und logistische Abläufe automatisieren.¹⁶³

Als Beispiel für die Produktivitätssteigerung durch Industrie 4.0, kann Big Data herangezogen werden. Die Daten und Informationen die generiert werden, nutzen Unternehmen dazu,

¹⁵⁶ Vgl. Dümpelmann 2020, S. 176.

¹⁵⁷ Vgl. Pistorius 2020, S. 63.

¹⁵⁸ Vgl. Schneider; Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2020, S. 3.

¹⁵⁹ Vgl. Wiegand 2018, S. 89.

¹⁶⁰ Vgl. Wiegand 2018, S. 15.

¹⁶¹ Vgl. Kieviet 2016, S. 89.

¹⁶² Vgl. Valamede; Akkari 2020, S. 852.

¹⁶³ Vgl. Wiegand 2018, S. 18.

Verschwendung zu minimieren und dadurch eine höhere Produktivität zu erreichen. Datenanalysten sowie Datenanalytistinnen können dabei wertvolle Informationen aus den Wertschöpfungsprozessen generieren, die das Unternehmen, sowie auch die Lean Aktivitäten optimal unterstützen können.¹⁶⁴

Viele der eben aufgezählten Produktivitätsverbesserungen die durch I4.0 generiert werden, sind nur dann vollends wertschöpfend, wenn vorab bereits Lean Methoden angewendet wurden. Das Automatisieren von logistischen Abläufen ist auf den ersten Blick ein schneller Produktivitätsgewinn. Aber auch Maschinen und Roboter können ineffiziente Tätigkeiten ausführen und dadurch Ressourcen, wie zum Beispiel Strom, verschwenden, wenn die Wege, die befahren werden, nicht optimiert sind. Somit ist Lean Management teilweise eine Voraussetzung für die Optimierung der Produktivität durch I4.0. Allerdings unterstützt I4.0 auch Lean Management dabei, eine höhere Produktivität im Unternehmen zu ermöglichen.

5.1.4 Kunden- sowie Kundinnenfokus

Für beide Konzepte, sowie Lean Management als auch Industrie 4.0, ist in der Literatur der Fokus auf den Kunden sowie die Kundin als wichtiger Bestandteil vermerkt. Doch auch bei einer Philosophie wie Lean Management, eigentlich sehr stark auf die Kundschaft ausgerichtet, rücken eben diese teilweise in den Hintergrund, wenn es um Optimierung, Standardisierung und Kostensenkung in der Wertschöpfungskette geht.¹⁶⁵ Standardprozesse helfen Unternehmen dabei eine definierte Tätigkeit auf eine gleichbleibende effiziente Art durchzuführen. Wobei Standard nicht gleich statisch heißt. Auch hier können, durch die kontinuierliche Verbesserung, die im Lean Management verankert ist, Standards dynamisch angepasst werden.¹⁶⁶ Somit ist es auch hier eine Gratwanderung, wie Unternehmen Standards definieren und wie flexibel sie auf Änderungen reagieren.

Die Reduzierung von Verschwendung ist nicht immer gleichbleibend mit der Erhöhung von Wertschöpfung im Unternehmen – zumindest nicht aus Sicht der Kundschaft. Die Reduzierung von Kosten und verschwendungsreichen Aktivitäten hat keinen direkten Mehrwert für die kaufende Person. Einen direkten Wertzuwachs für die Kundschaft eines Produktes haben Aktivitäten, die eine schnellere Lieferzeit oder eine bessere Lieferfähigkeit generieren. Oft konzentrieren sich Unternehmen bei Lean Aktivitäten aber primär auf die Reduzierung von Verschwendung und dadurch auf die Senkung von Kosten.¹⁶⁷

Lean Management vertritt den Grundsatz, dass nur aufgrund eines Bedarfs eines Kunden oder einer Kundin ein Produkt gefertigt werden soll. Somit ist eine Produktion ohne einen Bedarf, als Verschwendung anzusehen und der Wert eines Produktes wird durch die Kundschaft bestimmt.¹⁶⁸

Der Kundentakt definiert auch die Taktung in der Produktion: er gibt an wie hoch die Durchlaufzeit in einem Prozess sein darf, um den Kunden- und Kundinnenbedarf optimal zu decken. Wenn die Produktionszeit geringer oder höher als der Kundentakt ist, kann der Bedarf

¹⁶⁴ Vgl. Kieviet 2016, S. 166.

¹⁶⁵ Vgl. Kieviet 2016, S. 68.

¹⁶⁶ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 132.

¹⁶⁷ Vgl. Klepzig 2018, S. 38.

¹⁶⁸ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 17.

entweder nicht gedeckt werden oder eine Überproduktion ist die Folge.¹⁶⁹ Eine Methode von Lean Management, die auf den Kundentakt ausgerichtet ist, ist die Wertstromanalyse. Hierbei wird der gesamte Prozess aufgenommen, von der Bestellung des Rohmaterials, bis zur Auslieferung bei der Kundschaft. Diese Methode kann helfen, mögliche Potentiale zu erkennen und dadurch eine Optimierung, auch prozessübergreifend, zu erreichen.¹⁷⁰

Die heutigen Anforderungen, die durch die Kundschaft gestellt werden, wie zum Beispiel die Möglichkeit den Status einer Bestellung im Produktionszyklus und Auslieferprozess einsehen zu können, kann durch die bestehenden Lean Methoden nicht erreicht werden. Hier können Industrie 4.0 Technologien helfen, um die aktuellen Kunden- sowie Kundinnenwünsche zu befriedigen.¹⁷¹

Als weiteres Beispiel für den Kunden- sowie Kundinnenfokus durch I4.0 können die neuen Fertigungsmethoden, wie zum Beispiel die additive Fertigung, erwähnt werden. Durch die Flexibilität und den geringen Rüstaufwand bei dieser Technologie, wird eine innenindividuellere Produktion mit geringen Stückzahlen ermöglicht.¹⁷²

Steven (2019) ist in ihrem Buch „Industrie 4.0“ der Meinung, dass der Kunden- und Kundinnenfokus eine klare Gemeinsamkeit der zwei Produktionsphilosophien ist. Begründet wird diese Aussage mit dem Fakt, dass ein Auslöser für die Etablierung von Lean Management damals die Notwendigkeit einer individuelleren Produktion war. Weg von der damals geltenden Massenproduktion, hin zu individuelleren Produkten und kleineren Losgrößen. Bei Industrie 4.0 kann eine Kunden- und Kundinnenintegration bereits im Produktionsprozess stattfinden – durch die technologischen Möglichkeiten, kann die Kundschaft das gewünschte Produkt aktiv mitgestalten.¹⁷³

5.1.5 Qualität

Ein Grundsatz von Lean Management ist das Erzeugen und Erhalten einer festgelegten Qualität in der Produktion. Qualität bedeutet das Erschaffen einer definierten Beschaffenheit zum Beispiel, eines Produktes oder eines Prozesses.¹⁷⁴ Qualität ist ein fester Bestandteil von Lean Management und ist deshalb auch im kategorialen Grundgerüst von Lean Management angeordnet. Durch Methoden wie Kaizen, Andon und Poka-Yoke wird die Qualität der Produktion in einem Unternehmen unterstützt und erhöht.

Das Thema Qualität ist auch bei Industrie 4.0 ein fester Bestandteil. Durch den Zugang zu relevanten Informationen und der Vernetzung der Prozesse im Unternehmen, ist ein hohes Potential für die Verbesserung von Prozess- und Produktqualität vorhanden.¹⁷⁵

Als Beispiel zur Unterstützung der Qualität durch Industrie 4.0 Technologien kann die AR Technologie genannt werden. Durch AR bekommen die Anwender sowie Anwenderinnen

¹⁶⁹ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 71.

¹⁷⁰ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 104.

¹⁷¹ Vgl. Bauer u.a. 2018, S. 149.

¹⁷² Vgl. Dümpelmann 2020, S. 174.

¹⁷³ Vgl. S. 113.

¹⁷⁴ Vgl. Zollondz 2013, S. 10.

¹⁷⁵ Vgl. Pistorius 2020, S. 6.

Informationen und Objekte in der aktuellen Umgebung angezeigt, die zum Beispiel bei Montageschritten von Produkten hilfreich sein können.¹⁷⁶

Auch Techniken wie Auto-ID können eine Verbesserung der Qualität im Unternehmen unterstützen. Durch die Verfügbarkeit von aktuellen Daten und Informationen, wird es möglich Prozessschritte nachzuvollziehen und für eine Fehlersuche zu verwenden, um somit eine nachhaltige Verbesserung einleiten zu können.¹⁷⁷ Aber auch ein aktuelles Erkennen von Abweichungen wird durch diese Daten ermöglicht. Der Automobilhersteller BMW erfasst Daten von standardisierten Prozessen und überprüft diese automatisch. Sobald das System eine Abweichung von Standarddaten registriert, werden die betroffenen Mitarbeitenden informiert und können somit rasche Maßnahmen ergreifen.¹⁷⁸

Das Unternehmen Siemens, investierte in eine eigene App Lösung, die zur Steigerung der Qualität in der Produktion beitragen soll. Die Mitarbeitenden haben die Möglichkeit über ein mobiles Endgerät auf diese App zuzugreifen und bei Defekten von Maschinen, oder bei Material, dessen Qualität nicht ausreichend ist, eine Meldung abzugeben und erhalten dann sofort über das Gerät einen Lösungsansatz präsentiert.¹⁷⁹ Dadurch wird eine schnellere Abarbeitung von Qualitätsthemen und Störungen ermöglicht.

5.2 Unterschiede zwischen Lean Production und Industrie 4.0

Die zwei Ansätze Lean Management und Industrie 4.0, unterscheiden sich in gewissen Philosophien und Prinzipien. In diesem Kapitel soll eine Übersicht zu diesen Unterschieden aufgezeigt werden.

5.2.1 Pull Prinzip

Ein wichtiger Bestandteil von Lean Management ist das Pull Prinzip. Dieses Prinzip beinhaltet den Gedanken, dass Aufträge erst aufgrund eines effektiven Kunden- sowie Kundinnenbedarfs im Unternehmen ausgelöst werden sollen. Auch der weitere Prozessverlauf im Unternehmen, wird durch das Pull Prinzip gesteuert, um eine Überproduktion zu verhindern.¹⁸⁰ Miteinhergehend bei Lean Management ist der Gedanke der zentralen Planung. Sprich, eine zentrale Stelle im Unternehmen, die die Produktionsplanung und Steuerung koordiniert und das Gesamtwissen dazu besitzt.¹⁸¹

Im Gegensatz dazu forciert Industrie 4.0 eine dezentrale Planung. Die Material- und Informationsflüsse können dezentral gesteuert werden und die Prozesse können durch mehrere Stellen betreut werden.¹⁸² Im Fokus von I4.0 steht die Vernetzung über Unternehmensgrenzen hinaus und eine dynamische aktuelle Planung. Im Lean Management ist die Planung, wie bereits erwähnt, sehr statisch und zentral gesteuert.¹⁸³

¹⁷⁶ Vgl. Pistorius 2020, S. 46.

¹⁷⁷ Vgl. Pistorius 2020, S. 15.

¹⁷⁸ Vgl. Pistorius 2020, S. 30.

¹⁷⁹ Vgl. Pistorius 2020, S. 44.

¹⁸⁰ Vgl. Zollondz 2013, S. 116.

¹⁸¹ Vgl. Dümpelmann 2020, S. 175.

¹⁸² Vgl. Dümpelmann 2020, S. 175.

¹⁸³ Vgl. Steven 2019, S. 114–115.

Durch schwankende Nachfrage und unterschiedliche Produkte mit unterschiedlichen Arbeitsschritten ist das Pull Prinzip, also die Orientierung am Kundentakt, nicht immer einfach. Industrie 4.0 kann durch die technologischen Möglichkeiten die Flexibilisierung von Arbeitsplätzen erwirken und durch die verfügbaren Daten, Engpässe frühzeitig erkennen und somit ein Gegensteuern ermöglichen.¹⁸⁴

Der Dezentralisierungsgrundsatz von Industrie 4.0 ist ein wichtiger Faktor für die Gewinnung von Flexibilität und Transparenz im Produktionsprozess. Durch das Verteilen von Wissen an die betroffenen Stellen, kann schneller auf Störungen oder Veränderungen im Kunden- sowie Kundinnenbedarf reagiert werden und somit grundlegende Kosten- sowie Zeitersparnisse erreicht werden.

5.2.2 Mitarbeiter- und Mitarbeiterinnenfokus

Während bei den Lean Ansätzen das Thema Sicherheit der Mitarbeitenden und deren Motivation ein fixer Bestandteil sind, sind diese bei Industrie 4.0 Aktivitäten nicht explizit vorhanden. I4.0 ist technologiefokussiert, was eine fixe Einbindung von Menschen nicht zwingend vorsieht. Nur bei Themen wie zum Beispiel der Wartung von Maschinen, muss der Mensch die Technologie verstehen und dementsprechend reagieren können.¹⁸⁵

Enke et al. (2018) betont, dass Technologie den Wertschöpfungsfokus bei den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen, der durch die Lean Philosophie getrieben wird, nicht ersetzen kann. Die Unternehmen müssen weiterhin in ihre Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen investieren und deren Kompetenzen durch kontinuierliche Verbesserung und gute Führung fördern und verbessern.¹⁸⁶

Somit kann zusammengefasst werden, dass I4.0 zwar keinen expliziten Mitarbeiter- und Mitarbeiterinnenfokus besitzt, diesen aber auch nicht ausschließt. Die Lean Prinzipien, die sich auf die Mitarbeitenden fokussieren, können aber eine Basis für Investitionen im I4.0 Bereich bilden.

5.2.3 Flexibilität

Durch den sich stetig wandelnden Markt sind die Ansprüche an Flexibilität in Unternehmen stark gestiegen. Nicht nur müssen unterschiedliche Mengen rasch produziert werden können, auch eine höhere Individualisierungsmöglichkeit der Produkte für die Kundschaft muss ermöglicht werden.¹⁸⁷

Lean Tools beabsichtigen das Ziel, die Komplexität in einem Unternehmen durch Vereinfachung sowie Standardisierung beherrschbar zu machen. Dieser Umstand kann allerdings dazu führen, dass teilweise die erstrebte Flexibilität eingebüßt wird. Als Beispiel kann hier das Kanban System genannt werden. Das Zwei-Behälter Prinzip, das hinter diesem Begriff

¹⁸⁴ Vgl. Mosch; Prumbohm 2018, S. 16–17.

¹⁸⁵ Vgl. Enke u.a. 2018, S. 268.

¹⁸⁶ Vgl. S. 269.

¹⁸⁷ Vgl. Pistorius 2020, S. 5.

steht, ermöglicht eine hohe Verfügbarkeit von Komponenten, die allerdings durch fix definierte Stellplätze an Flexibilität einbüßt.¹⁸⁸


Der Einsatz von Industrie 4.0 Technologien ermöglicht die Erhöhung der Flexibilität in einer Produktion. Durch moderne Lösungen, wie zum Beispiel selbst fahrende Roboter und die additive Fertigung, lässt sich ein Maß an Flexibilität erreichen, das durch menschliches Zutun allein nicht möglich wäre. Durch die dezentrale Steuerung dieser Technologien, ist eine schnellere Reaktionszeit und Lösungsfindung auf Störungen möglich geworden, was wiederum ein höheres Maß an Flexibilität ermöglicht.¹⁸⁹

Wichtig zu erwähnen ist, dass die Flexibilität die beispielsweise durch eine Selbststeuerung der innerbetrieblichen Logistik einhergeht, bereits heute möglich ist. Die Transportroboter können dabei selbstständig, je nach Auslastung, alternative Routen auswählen. Die Selbststeuerung der Auftragsabwicklung selbst, bedarf allerdings weiterer Arbeit. Als Beispiel kann hier die Produktion herangezogen werden. Um auf alternativen Maschinen Werkstücke fertigen zu können, würde es auch alternative Arbeitspläne brauchen. Dabei müssen weiterführend aber auch die Qualität und die Wirtschaftlichkeit berücksichtigt werden. Hier braucht es somit definierte Szenarien, die als Unterstützung der Selbststeuerung dienen.¹⁹⁰

Flexibilität ist ein angestrebtes Ziel das nicht nur für Produktionsanlagen gilt, sondern auch die Mitarbeitenden in der Organisation und die Prozesse im Unternehmen betrifft. Wichtig im Lean Management ist, dass das Erstreben nach Flexibilität nie auf Kosten der Produktivität gehen darf.¹⁹¹

5.3 Zusammenfassende Darstellung der Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede

Tabelle 4 stellt eine Zusammenfassung der eben aufgezählten Gemeinsamkeiten und Gegensätze der beiden Produktionskonzepte dar.







Lean Management	Grad der Übereinstimmung	Industrie 4.0
One Piece Flow. Keine Unterbrechung.	Flussprinzip 	One Piece Flow. Unterstützung durch digitalen Prozess und den verfügbaren Daten (Big Data).

¹⁸⁸ Vgl. Kieviet 2016, S. 58.

¹⁸⁹ Vgl. Kieviet 2016, S. 51–52.

¹⁹⁰ Vgl. Nyhuis u.a., 2017, S. 48.

¹⁹¹ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 56.

<p>Prinzipien, wie das Flussprinzip, unterstützen die Transparenz.</p>	<p>Transparenz</p> 	<p>Digitale Technologien ermöglichen eine Transparenz, durch die ganze Wertschöpfungskette.</p>
<p>Ein Hauptziel von Lean Management.</p> <p>Prinzipien wie Kaizen fördern die Produktivität.</p>	<p>Produktivität</p> 	<p>Steigerung von Prozesseffizienz.</p> <p>Automatisierung und Digitalisierung können die Produktivität fördern.</p>
<p>Ein Grundsatz von Lean Management der durch diversere Methoden unterstützt wird (Bsp. Poka Yoke).</p>	<p>Qualität</p> 	<p>Kann durch Industrie 4.0 gesteigert werden und unterstützt den Lean Gedanken (Beispiel: AR Technologie).</p>
<p>Je nach Betrachtungsfokus – eigentlich Hauptbestandteil von Lean Management</p> <p>Kundentakt ist der Auslöser von Aufträgen.</p> <p>Aktuelle Kunden- sowie Kundinnenanforderungen, wie Prozesstransparenz, können durch Lean Methoden nicht vollends erreicht werden.</p>	<p>Kunden und Kundinnenfokus</p> 	<p>Individuellere Produktion möglich, durch zum Beispiel additive Fertigung.</p> <p>Hohe Prozesstransparenz durch vorhandene Technologien.</p>
<p>Zentrale und statische Planung.</p> <p>Kundentakt im Fokus.</p>	<p>Pull Prinzip</p> 	<p>Unternehmensübergreifende Vernetzung.</p> <p>Dezentrale und dynamische Ad-Hoc-Planung.</p>
<p>Sicherheit und Motivation von Mitarbeitenden im Fokus.</p>	<p>Mitarbeiter- und Mitarbeiterinnenfokus</p> 	<p>Kein expliziter Fokus auf den Mitarbeitenden vorhanden.</p>





Durch hohen Standardisierungsgrad wird Flexibilität eingebüßt.	Flexibilität 	Hohe Flexibilität durch Automatisierung und Digitalisierung.
 Hohe Übereinstimmung	 Mittlere Übereinstimmung	 Geringe Übereinstimmung

Tabelle 4: Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Lean Management und Industrie 4.0 in Anlehnung an Marion Steven "Industrie 4.0"¹⁹²

5.4 Methoden Vergleich

Lean Management und Industrie 4.0 haben unterschiedliche Methoden und Techniken, die sich teilweise ergänzen, sich aber auch gegenseitig verändern. In diesem Kapitel sollen ausgewählte Techniken gegenübergestellt werden.

5.4.1 JIT und Industrie 4.0

JIT steht für die Produktion des richtigen Materials, zur rechten Zeit, am richtigen Ort, zu den richtigen Kosten. Wichtig bei diesem Ansatz ist auch der Grundgedanke, dass unnötiger Lagerbestand als Verschwendung angesehen wird und zu vermeiden ist. Dies ist in der Realität, durch gewisse Gegebenheiten, natürlich nicht immer möglich. Industrie 4.0 Technologien unterstützen diesen Lean Gedanken. Ein Beispiel für die Kompatibilität dieser zwei Produktionssysteme sind FTS. Die fahrerlosen Transportsysteme ermöglichen die zeitgerechte Anlieferung von Material an den gewünschten, betroffenen Stellen. Aber auch die Echtzeitdatenverfügbarkeit, die durch I4.0 ermöglicht wird, hilft dabei den Grundsatz von JIT durchzusetzen. Diese Daten können durch Data Analytics ausgewertet werden um somit aus Daten, Informationen zu extrahieren. Durch die generierten Informationen kann eine gewisse Prozesstransparenz erreicht werden. Dies kann in weiterer Folge dazu genutzt werden, zu erkennen, an welchem Ort, welches Material, wann gebraucht wird und unterstützt die mögliche Selbststeuerung der Produktion.¹⁹³

Auch die additive Fertigung unterstützt den JIT Gedanken. Durch diese Technologie wird den Unternehmen eine Produktion in kleineren Chargen, ohne Mehraufwand, ermöglicht. Dies unterstützt wiederum das Leitmotiv, dass keine überschüssigen Materialien produziert werden sollen. Auch Grundeigenschaften der additiven Fertigung sind kompatibel mit diesem Lean Konzept, wie zum Beispiel die Geschwindigkeit, die durch diese Fertigungsmethode gewonnen wird, aber auch die vielseitige Einsetzbarkeit.¹⁹⁴

¹⁹² Vgl. Steven 2019, S. 114.

¹⁹³ Vgl. Valamede; Akkari 2020, S. 857–858.

¹⁹⁴ Vgl. Valamede; Akkari 2020, S. 858.

Grundsätzlich müssen diverse Gegebenheiten bereits vorhanden sein, damit Industrie 4.0 diese auch fördern kann. Nur wenn die Unternehmen wissen, welches Material sie zu welcher Zeit an welchem Ort benötigen, kann dies durch Automatisierung und Digitalisierung unterstützt werden. Das JIT Prinzip im Lean Management folgt dem Pull-Prinzip, sprich, der nächste Arbeitsplatz bestimmt, was der aktuelle Arbeitsplatz produzieren soll.¹⁹⁵ Das JIT Prinzip reagiert direkt auf Kunden- sowie Kundinnenbedürfnisse und fördert keine Massenproduktion, um Anlagen auszulasten.¹⁹⁶

I4.0 bietet für den Lean Gedanken JIT somit eine Erweiterung beziehungsweise auch eine Erleichterung an. Es erleichtert den Unternehmen, das richtige Material, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort bereitzustellen. Investitionen in Industrie 4.0 ersetzen hier allerdings nicht den Leitgedanken, der hinter JIT steht. Als Beispiel unterstützen FTS Unternehmen dabei, das Material an die gewünschten Arbeitsplätze zu liefern, allerdings nicht das Wissen, über den optimalen Materialversorgungsprozess bereitzustellen. Die Erweiterung, die I4.0 dabei in Zukunft noch bieten kann, ist, dass die Transportsysteme selbstständig entscheiden welches Material wo gebraucht wird, aufgrund von vorhandenen Daten – dies fördert den Grundgedanken von I4.0, dass sich die Produktion selbst steuert.

5.4.2 Kanban und Industrie 4.0

Kanban ist eine klassische Lean Methode, die in der Literatur oft in Kombination mit JIT zu finden ist. Durch die Innovationen, die mit Industrie 4.0 einhergehen, verliert die klassische Lean Methode allerdings teilweise ihre Existenzberechtigung. Dümpelmann (2020) betont, dass es durch die vernetzten Systeme, die durch das Internet ermöglicht werden, keinen Grund mehr gibt die Informationen, die aktuell auf Kanban Behältern oder Karten vermerkt sind, länger manuell festzuhalten. Die benötigten Informationen sind digital verfügbar, könnten aber auch auf RFID Chips gespeichert werden. Cyber-physische Systeme übernehmen die Kommunikation und somit die Funktion des Kanban.¹⁹⁷

Losgrößen sowie Lieferzeitpunkte können durch ein System errechnet und durch die stetig verfügbaren Daten auch durchgehend aktuell gehalten werden. Durch zum Beispiel RFID Chips, haben Unternehmen die Möglichkeit, eine Transparenz über die Materialbewegungen in der Produktion zu erreichen. Die Daten, die dadurch generiert werden, können dazu verwendet werden, unnötige Lagerbestände zu minimieren.¹⁹⁸

Auch FTS Technologien vereinfachen und automatisieren die Anlieferung von Material. Durch die automatische Anbindung kann eine Echtzeitbestückung von Material stattfinden, was wiederum dazu führt, dass weniger Lagerbestände vorrätig sein müssen. Die Verringerung des Lagerbestandes führt auch zu einem sinkenden Platzbedarf in den produzierenden Bereichen.¹⁹⁹

¹⁹⁵ Vgl. Zollondz 2013, S. 129.

¹⁹⁶ Vgl. Bertagnolli 2018, S. 84.

¹⁹⁷ Vgl. S. 181.

¹⁹⁸ Vgl. Mayr u.a. 2018, S. 624.

¹⁹⁹ Vgl. Mayr u.a. 2018, S. 625.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass es den klassischen Lean Production Kanban Ansatz in Zukunft in vollem Umfang nicht mehr brauchen wird. Industrie 4.0 liefert effizientere Ansätze, um die nötigen Informationen zwischen den Arbeitsplätzen bereitzustellen. Was bestehen bleibt ist der Grundsatz, der dahintersteht, dass das richtige Material in der richtigen Menge am Arbeitsplatz vorhanden sein muss – dieser wird allerdings durch den JIT Gedanken abgedeckt. Somit bringt I4.0 in diesem Fall nicht nur eine Weiterentwicklung des Lean Ansatzes mit sich, sondern verändert ihn auch in seinen Grundzügen.

5.4.3 Jidoka und Industrie 4.0

Der klassische Jidoka Ansatz ermöglicht es Unternehmen, Probleme und Defekte im Produktionsprozess sofort zu erkennen. Durch Industrie 4.0 kann nicht nur das Erkennen der Probleme unterstützt werden, sondern es besteht die Möglichkeit aufgrund von Daten, potenzielle Fehler zu lokalisieren, bevor diese eintreten. Das Sammeln und Auswerten von großen Datenmengen, das durch zum Beispiel RFID Chips und Sensoren möglich wird, gibt den Unternehmen einen Einblick in ihre Produktionsprozesse. Die Unternehmen nutzen die Daten, um Muster darin zu erkennen und Wissen zu generieren.²⁰⁰

Andon unterstützt das Visualisieren von Störungen im Produktionsprozess, durch zum Beispiel Lampen am Arbeitsplatz. Aufgrund der heutigen technologischen Produkte können die Mitarbeitenden, eine Mitteilung über eine Störung erhalten, auch wenn sie sich nicht in der Nähe des Arbeitsplatzes befinden. Dies kann zum Beispiel durch ein Tablet oder eine Smart Watch unterstützt werden. Aber auch die Datenauswertung von Maschinen, zum Beispiel die Möglichkeit zu Einsicht des Zustandes einer Maschine, kann den Grundgedanken des Andon Prinzips im Produktionsprozess unterstützen.²⁰¹

Der Begriff Jidoka 4.0 steht für eine neue Generation dieser Lean Methode. Dahinter steht die Erweiterung dieser Methode durch Software- und Hardwarekomponenten. Diese neue Generation von Problemerkennung eröffnet den Unternehmen das Potential, Probleme zu beheben, bevor diese überhaupt eingetroffen sind. Dies wird durch Sensoren und Advanced Analytics ermöglicht.²⁰²

Eindeutig ist, dass das Erkennen von Problemen im Produktionsprozess durch neue Technologien, wie Sensoren, auf den Grundgedanken, die hinter Jidoka stehen, aufbauen. Die Erweiterung, beziehungsweise das Registrieren von Problemen bevor diese auftreten, geht über den klassischen Jidoka Ansatz im Lean Management hinaus. Potenzielle Probleme und Störungen sollen schon vorab erkannt werden, um ein Unterbrechen der wertschöpfenden Tätigkeit auf ein Minimum zu reduzieren. Der Leitgedanke, dass dies alles zum Ziel der höchstmöglichen Qualität geschehen soll, wird weiterhin verfolgt, allerdings auf einem anderen Weg als dies durch das klassische Jidoka vorangetrieben wird.

²⁰⁰ Vgl. Deuse u.a. 2020, S. 5.

²⁰¹ Vgl. Mayr u.a. 2018, S. 626.

²⁰² Vgl. Deuse u.a. 2020, S. 900.

5.4.4 SMED und Industrie 4.0

SMED steht für eine rüstzeitoptimierende Methode. Dabei geht es nicht nur um organisatorische Maßnahmen, wie das Platzieren des benötigten Werkzeuges, sondern auch andere Aktivitäten können die Rüstzeit minimieren. Als Beispiel kann hier die Konstruktion des Produktes selbst genannt werden. Durch die Mehrfachverwendung von gleichen Bauteilen, kann es zu einer rüstoptimierten Fertigung kommen. Aber auch der Einsatz von neueren und einfacheren Maschinen, beeinflusst den Rüstvorgang positiv.²⁰³

In einem Artikel der 2020 im „The international Journal of Advanced Manufacturing Technologie“ erschienen ist, werden diverse Industrie 4.0 Technologien vorgestellt, die Lean Tools unterstützen können. Hier wird explizit auf die Möglichkeit hingewiesen durch Robotik den Hintergrundgedanken von SMED zu unterstützen. Die Firma Staubli Corp.²⁰⁴ aus den USA, haben ein System entwickelt, dass das automatische Einlegen von Material in einer Maschine bewerkstelligt. Während der neue Bauteil dann in der Maschine läuft, bereitet der Roboter bereits das nächste Teil vor.²⁰⁵ Doch um diese Tätigkeiten technisch zu unterstützen, muss vorab definiert werden, welche Tätigkeiten erledigt werden können, während die Maschine steht und welche Tätigkeiten während der laufenden Produktion möglich sind.²⁰⁶ Auch hier bietet die Automatisierung und Digitalisierung allein keinen optimalen Prozess. Das heißt auch, im Bereich der Rüstoptimierung muss der Rüstprozess zuerst effizient und effektiv gestaltet sein, bevor eine Investition in Industrie 4.0 eine Verbesserung bringen kann.

Der 3D Druck, der zur additiven Fertigung gehört, unterstützt die Vermeidung von Verschwendung im Bereich Rüsten. Im Gegensatz zu den meisten klassischen Fertigungsanlagen, kann auf solchen Druckmaschinen unterschiedliche Bauteile gefertigt werden, ohne dass ein Umrüstvorgang nötig ist. Der 3D Druck hat die Fähigkeit, mehrere Komponenten in einem Schritt zu fertigen und somit auch teilweise ganze Baugruppen. Dies erübrigt den Aufbau von mehrstufigen Fertigungslinien.²⁰⁷

5.4.5 TPM und Industrie 4.0

Durch die Digitalisierung und Automatisierung die aktuell in den Unternehmen stattfindet, steigt auch die Anzahl der zu wartenden Anlagen und Maschinen. Auch die steigende Komplexität, die durch Industrie 4.0 ausgelöst wird, steigert die Notwendigkeit die Wartung und Instandhaltung zu betrachten. Der Ausfall von Anlagen, zum Beispiel von FTS, die den Materialfluss steuern, kann zu hohen, ungeplanten Kosten führen.²⁰⁸

Technologien wie Augmented Reality unterstützen Unternehmen dabei, die Instandhaltung und Wartung der Maschinen zu vereinfachen. Durch die Möglichkeit der digitalen Anleitung von Mitarbeitenden können Zeit und Kosten für die Wartung gespart werden.²⁰⁹

²⁰³ Vgl. Zollondz 2013, S. 179–180.

²⁰⁴ <https://www.staubli.com/en-us/>

²⁰⁵ Vgl. Shahin u.a. 2020, S. 2931.

²⁰⁶ Vgl. Zollondz 2013, S. 179.

²⁰⁷ Vgl. Feldmann; Gorj 2017, S. 83–84.

²⁰⁸ Vgl. Mayr u.a. 2018, S. 625.

²⁰⁹ Vgl. Mayr u.a. 2018, S. 625.

Predictive Maintenance ermöglicht es durch die Vernetzung von Fertigungsanlagen, Wartungsintervalle effizienter zu gestalten und Ausfälle von Anlagen entgegenzuwirken.²¹⁰

Nicht nur der Leitgedanke der hinter TPM steht wird durch I4.0 unterstützt, sondern auch die Wartung der Maschinen selbst. I4.0 erweitert auch die Möglichkeiten durch Neuerungen wie Predictive Maintenance. Eine proaktive Wartung wird möglich und die potenziellen Maschinenausfälle reduziert. Durch die Komplexität und Vielfalt der Anlagen, die in einem Unternehmen zur Verfügung stehen, kann TPM als Konzept eine Strukturierung sowie Qualitätssicherung bieten, mit der anschließend durch I4.0 eine Verbesserung generiert werden kann. Sprich, auch bei diesem Konzept ist TPM die Vorarbeit zu einer Verbesserung durch die aktuellen technologischen Möglichkeiten.

5.4.6 Kaizen und Industrie 4.0

Kaizen steht für die Philosophie der kontinuierlichen und andauernden Verbesserung. Das Sammeln, Speichern und Analysieren von Daten, das durch Industrie 4.0 Technologien passiert, unterstützt diesen Grundgedanken im Unternehmen. Durch Big Data bekommen Unternehmen einen Einblick in ihre Prozesse und können daraus potenzielles Wissen generieren. Durch dieses Wissen besteht das Potential, Schwachstellen in Prozessen zu identifizieren und somit einen Anhaltspunkt zu schaffen, wo sie ansetzen müssen, um eine höhere Wertschöpfung zu generieren.²¹¹

Big Data Analytics trägt zur Verbesserung der Prozessqualität bei, was wiederum zu einer höheren Qualität der Produkte führen kann. Wenn das Endprodukt dann trotzdem nicht den Kunden- sowie Kundinnenanforderungen entspricht, kann mittels Analyse der Daten die relevanten Probleme gefunden und eine Prozessverbesserung eingeleitet werden.²¹²

Grundsätzlich ist die kontinuierliche Verbesserung in den Unternehmen auch eine Philosophie, die wie Lean Management, zuerst in die Unternehmenskultur eingebettet werden muss, bevor diese nachhaltig einen Vorteil erzeugen kann. Eine stetige Verbesserung anzustreben, muss in den Köpfen der Mitarbeitenden sowie der Führungskräfte verankert werden damit dies regelmäßig praktiziert wird.

Deutlich wird hier auch, dass die I4.0 Innovationen nur eine Hilfestellung darstellen, um Verbesserungsmöglichkeiten in den Prozessen zu identifizieren aber keine Lösung bieten, wie Verbesserungen nachhaltig eingeleitet werden können. Hier bieten Lean Management Ansätze, wie zum Beispiel die PDCA Methode, einen praktikablen Lösungsansatz.

Industrie 4.0 birgt hier allerdings großes Potential und kann durch die verfügbaren Technologien zu einer höheren Transparenz in den Produktionsprozessen führen und somit den Unternehmen einen schnelleren Einblick in verbesserungswürdige Prozesse bieten.

²¹⁰ Vgl. Dümpelmann 2020, S. 183.

²¹¹ Vgl. Valamede; Akkari 2020, S. 863.

²¹² Vgl. Dümpelmann 2020, S. 185.

5.4.7 Poka-Yoke und Industrie 4.0

Die Fehlervermeidung die hinter Poka-Yoke steckt, wird durch mechanische und technische Vorrichtungen im Produktionsprozess unterstützt. Hierzu können zum Beispiel FTS als Unterstützung verwendet werden. Die autonomen Transportroboter erkennen Fehler im Transportfluss und melden diese an eine definierte Stelle. Aber auch die Unterstützung durch FTS selbst, wirkt Fehlern entgegen. Durch die technische Unterstützung der innerbetrieblichen Transporte, können Handling-Fehler durch Transporte verringert werden.²¹³

Sensoren und RFID Chips tragen ebenfalls zur Fehlervermeidung bei. Die Daten, die durch diese Technologien gesammelt werden, können gespeichert und analysiert und so potenzielle Fehler, beziehungsweise Abweichungen im Prozess, erkannt werden.²¹⁴

Eine weitere Technologie, die zur Fehlervermeidung eingesetzt werden kann, ist „Augmented reality“ (AR). AR kann die relevanten Informationen, die das Fachpersonal für die Durchführung der Tätigkeit benötigt, in Echtzeit anzeigen. Dadurch werden nicht nur die Fehler minimiert, sondern auch die Kontrolltätigkeiten reduziert und dadurch eine schnellere Durchlaufzeit erreicht.²¹⁵

Computersimulationen des Produktionsprozesses ermöglichen es Unternehmen bereits vorab, potenzielle Fehler im Prozess zu erkennen. Sprich, anstatt wie bei Poka-Yoke die Fehler während des Produzierens zu verhindern, sollen diese bereit vor der Produktion erkannt und beseitigt werden.²¹⁶

Das Grundprinzip, das hinter Poka-Yoke steht, ist, dass die Komponenten so konstruiert werden, dass es keine Möglichkeit gibt, diese falsch einzubauen. Diese Fehlervermeidung und die Grundgedanken dahinter können nicht durch I4.0 ersetzt, sondern nur unterstützt werden. Die oben genannten Beispiele für Digitalisierung und Automatisierung von Poka-Yoke sind aufbauend auf den Grundgedanken, die hinter diesem Begriff und der Lean Methode stehen. Insbesondere Grundsätze wie, jeder Fehler ist vermeidbar, oder die Suche nach der wirklichen Ursache des Fehlers, müssen auch weiterhin in den Unternehmen gefestigt sein, um eine Fehlervermeidung nachhaltig zu betreiben. Was aber deutlich wird ist, dass die Fehlervermeidung durch Industrie 4.0 vereinfacht wird. Techniken wie RFID Chips und Pick-by-Light²¹⁷ Systeme in der Kommissionierung ermöglichen eine leichtere Erkennung von potenziellen Fehlern und können somit die Qualität der Produktion in den Unternehmen unterstützen.

5.4.8 5S Methodik und Industrie 4.0

Die 5S Methode wurde in Kapitel 3.5, Werkzeuge von Lean Management, detaillierter erläutert. Stark vereinfacht ausgedrückt ist der Zweck dieser Methode unnötige Bewegungen

²¹³ Vgl. Valamede; Akkari 2020, S. 860.

²¹⁴ Vgl. Valamede; Akkari 2020, S. 860–861.

²¹⁵ Vgl. Valamede; Akkari 2020, S. 861.

²¹⁶ Vgl. Dümpelmann 2020, S. 183.

²¹⁷ Pick by light = Lichtkegel zeigt den Mitarbeitenden den zu Entnehmenden Artikel bei einem Kommissionier Vorgang an.

und Wege durch die Optimierung des Arbeitsplatzes zu vermeiden. Passend zu dieser Methodik gibt es im Industrie 4.0 Bereich den digitalen Zwilling. Mit dieser digitalen Repräsentanz kann bei Bedarf derselbe Zweck verfolgt werden. Mit einem digitalen Zwilling können die Mitarbeitenden stets einsehen, wo sich zum Beispiel ein bestimmtes Werkzeug befindet und wie der Zustand des Objektes ist. Während 5S sehr statisch die Optimierung eines Arbeitsplatzes vorantreibt, ist es mit Innovationen, die hinter Industrie 4.0 stehen, dynamischer möglich. Der Grund dafür ist, dass alle Daten in Echtzeit auf einem Computer verfügbar sind. Als Beispiel kann das Ablegen eines Werkzeuges an seinem nächsten Bestimmungsort laut Arbeitsplan erwähnt werden. Die Mitarbeitenden können den Standort von Werkzeug digital einsehen.²¹⁸

Technologien wie RFID Chips und AR unterstützen den Grundgedanken, der hinter 5S steht. Durch RFID Chips können Werkzeuge im Produktionsumfeld lokalisiert werden und somit zur Vermeidung von Suchzeiten beitragen. AR wiederum zeigt den Anwendern und Anwenderinnen, wo welches Werkzeug platziert werden soll, und somit Fehler beim Verstauen von Arbeitsmaterialien reduzieren.²¹⁹

Es gibt allerdings auch Unterschiede zwischen 5S und dem Industrie 4.0 Gedanken. 5S basiert sehr stark auf Visualisierung und Standardisierung, die es für den Menschen einfacher machen, bestimmte Prozesse sauber durchzuführen. Durch die Digitalisierung der Informationen und das hinzufügen der dynamischen Komponente, wird diese Standardisierung teilweise abgelöst. Für den Mensch ist es dann nicht mehr sofort ersichtlich, sollte ein Werkzeug nicht an dem Ort sein, an dem es eigentlich liegen sollte.²²⁰

Was in den oben beschriebenen Absätzen deutlich wird ist, dass die Grundgedanken, die hinter 5S stehen, die Voraussetzung für eine digital Unterstützung in diesem Bereich ist. Technologien wie AR, können die Mitarbeitenden nur dann unterstützen, wenn vorab definiert wurde welche Werkzeuge an welchem festgelegten Arbeitsplatz gebraucht werden. Durch die technologischen Möglichkeiten haben Mitarbeitende die Möglichkeit den Standort von zum Beispiel Werkzeug einzusehen, was Suchzeiten reduziert. Grundsätzlich könnte es dadurch aber immer noch zu unnötigen Bewegungen kommen, weil das Werkzeug nicht direkt am Arbeitsplatz verfügbar ist. Somit ist die Methodik, die hinter 5S steht, immer noch sehr relevant und I4.0 kann hierzu als Unterstützung oder Vorarbeit dienen.

Das Thema Standardisierung von Arbeitsplätzen könnte durch I4.0 Technologien in den Hintergrund rücken, da die technologischen Möglichkeiten teilweise keine zwingenden Standards mehr nötig machen. Dies fördert die Flexibilität in Unternehmen, die durch die heutigen Herausforderungen, welche durch den Markt gegeben sind, erforderlich sind.

²¹⁸ Vgl. Kieviet 2016, S. 50.

²¹⁹ Vgl. Mayr u.a. 2018, S. 626.

²²⁰ Vgl. Kieviet 2016, S. 50.

5.4.9 Milkrun und Industrie 4.0

Automatisierung und Digitalisierung finden im Logistik Bereich schon lange statt, insbesondere im Intralogistikbereich. Bereits in den 80er Jahren haben namhafte Firmen wie Beiersdorf, automatisierte Hochregallager gebaut. Allerdings sind es bis heute oft Insellösungen, die keine durchgängigen Systeme darstellen.²²¹

Durch Techniken wie Fördertechnik, Materialflussrechner und Warehouse Management Systeme (WMS) können die Logistikprozesse in einem Unternehmen ohne menschlichen Eingriff gesteuert werden. Die hohen Investitionen, die damit verbunden sind, amortisieren sich dabei aber besonders bei Kleinteilen, die zum Beispiel durch ein automatisiertes Kleinteilelager verwaltet werden, schnell.²²²

Als explizites Beispiel für die Unterstützung durch I4.0, kann das adaptive Szenariomanagement herangezogen werden, welches zur Mithilfe bei Logistikabläufen dienen kann. Dabei entscheidet das System selbst, aufgrund von erreichten Kennzahlen und Werten, welchen Prozess- und Anlagenstatus es verwendet. So kann zum Beispiel aufgrund von Hoch- oder Niederlast, eine bestimmte Logistikroute oder Strategie automatisch vom System angesteuert werden. Dieses Szenariomanagement wird auch unter dem Begriff künstliche Intelligenz (KI) geführt, bei dem ein IT-System selbstständig Prozessanpassungen durchführt. Die weiterführende Stufe von KI wäre, wenn das System eigenständig und selbstlernend Aktionen definiert, ohne vorhandene Referenzpunkte, wie zum Beispiel Kennzahlen.²²³

Ein Paper, das auf der „Conference on Learning Factories 2019“ veröffentlicht wurde, behandelt ein Anwendungsbeispiel, welches die Digitalisierung von Milkrun Systemen beinhaltet. Dabei wird durch RFID Chips an den Arbeitsplätzen, sollten Boxen mit Komponenten ausgehen, dem System mitgeteilt, wenn neue Boxen zu der betroffenen Arbeitsstation transportiert werden müssen. Das Personal, das für die Kommissionierung dieser Teile zuständig ist, bekommt nach Abschluss des Kommissionierungsvorgangs die optimale Route zum Arbeitsplatz mitgeteilt, damit die Zustellung so effizient wie möglich abläuft. Bei Zustellung der vollen neuen Box, nehmen die Mitarbeitenden die leere Box am Arbeitsplatz mit, für die weitere Verwendung.²²⁴

Oben genannte Beispiele, sind nur ein kleiner Ausschnitt wie ein Milkrun System, oder auch allgemein die Intralogistik, durch Industrie 4.0 verändert und unterstützt werden kann. Was in diesen Beispielen allerdings deutlich wird ist, dass eine Vorarbeit trotzdem noch nötig ist. Dazu gehören das Definieren von Routen, Behältern mit Losgrößen und auch Leermitteltransporte. Deshalb baut auch hier Industrie 4.0 auf bestehende Lean Prinzipien auf und kann nur dann effizient und effektiv eingesetzt werden, wenn Vorarbeit geleistet wurde. Zu erwähnen ist hier allerdings auch, dass nicht nur Lean Management als Vorarbeit zu leisten ist. Auch grundlegende Bevorratungsstrategien, Losgrößen und Minimalbestände, haben einen Einfluss auf die Effizienzsteigerung die durch I4.0 erreicht werden kann. Somit ist I4.0

²²¹ Vgl. Helmke 2019, S. 187.

²²² Vgl. Helmke 2019, S. 187.

²²³ Vgl. Prestifilippo 2019, S. 5–6.

²²⁴ Vgl. Gotthardt u.a. 2019, S. 175–178.

eine Erweiterung von Lean Management, den Leitgedanken von Lean allerdings nicht ersetzen.

5.4.10 Wertstromanalyse und Industrie 4.0

Das Ziel der Wertstromanalyse ist es, Verschwendung in den Prozessen zu identifizieren und zu eliminieren. Dies wird durch Industrie 4.0 Technologien, wie RFID Chips, Big Data und die Analyse dieser Daten erweitert werden. Durch die technologischen Errungenschaften haben Unternehmen die Möglichkeit, laufend Echtzeitdaten aus den gesamten Prozessen zu ziehen und diese zu verwerten. Dies ermöglicht auch die digitale Darstellung des Prozessflusses durch das Unternehmen.²²⁵

Trotz der digitalen Möglichkeiten braucht es den klassischen Lean Management Wertstrom weiterhin, um die Prozesse im Unternehmen überhaupt erst zu kennen. Wenn diese Informationen vorhanden sind, können Prozesspunkte definiert werden, bei denen eine Datenaufnahme sinnvoll ist, um weitere Einsicht in den Prozess zu erhalten.²²⁶

Der große Vorteil, der durch die Digitalisierung der Wertstromdarstellung und der Echtzeit Verfügbarkeit entsteht, ist die Transparenz, die dadurch gewonnen wird. Die Unternehmen erkennen Verschwendung in den Prozessen schneller und müssen weniger Ressourcen in die Erstellung einer Wertstromanalyse investieren.²²⁷

Ein relevanter Punkt ist, dass durch die neuen Möglichkeiten die I4.0 Technologien mit sich bringen, auch neue Verschwendungsquellen entstehen können. Bezugnehmend auf die permanente Datenerfassung, können hier redundante Daten und Speicherorte als Verschwendung im Wertstrom identifiziert werden.²²⁸

5.4.11 OEE und Industrie 4.0

Die Grundlage für die Unterstützung von OEE durch I4.0 bilden Anlagen, die zumindest über Sensoren verfügen, oder eine eigene speicherprogrammierbare Steuerung besitzen. Durch diese technologischen Innovationen werden Daten über aktuelle Produktionsprozesse an den Maschinen gesammelt.²²⁹

Viele Unternehmen nehmen aktuell ihre Störgründe über eine manuelle Datenaufnahme auf. Der Einsatz von Smart Watches oder Tablets kann hier zu einer Erleichterung des Prozesses führen. Somit werden nicht nur Wege und Eingabezeiten reduziert, sondern die Technologie ermöglicht auch eine sofortige Rückmeldung an die Mitarbeitenden, nach Eingabe des Störgrundes.²³⁰

Zur Analyse von Störgründen an einer Anlage können I4.0 Technologien als Hilfestellung herangezogen werden. Auch hier ist einer der Kernansätze die Daten zu nutzen, die durch Maschinen und Anlagen generiert werden. Durch das systematische Auswerten und dem

²²⁵ Vgl. Valamede; Akkari 2020, S. 861–862.

²²⁶ Vgl. Meudt; Metternich; Abele 2017, S. 415.

²²⁷ Vgl. Mayr u.a. 2018, S. 625.

²²⁸ Vgl. Meudt; Metternich; Abele 2017, S. 414.

²²⁹ Vgl. Focke; Steinbeck 2018, S. 28.

²³⁰ Vgl. Focke; Steinbeck 2018, S. 30.

Erkennen von Mustern in Datenbeständen, können Unternehmen Wissen über potenzielle Verlustfelder identifizieren.²³¹ Aber nicht nur Vergangenheitswerte werden analysiert, auch Prognosen für zukünftige Szenarien können erarbeitet werden. Durch den Blick in die Zukunft bei den OEE Kennzahlen, kann zum Beispiel schon vorab bestimmt werden, wann ein Produkt fertig ans Lager geht. Ein weiterer Vorteil, der sich durch die Datenanbindung von Anlagen ergibt, ist die Möglichkeit sofort auf Abweichungen in Daten zu reagieren. Sollte der Rüstvorgang an einer Anlage länger als gewöhnlich dauern, kann der Schichtführer oder die Schichtführerin sofort darüber informiert werden und somit umgehend Maßnahmen eingeleitet werden. Demzufolge ergibt sich durch I4.0 die Chance unmittelbar auf Veränderungen an anlagentypischen Prozessen zu reagieren.²³²

I4.0 erleichtert es den Unternehmen ihre OEE Kennzahlen mit realistischen Echtzeitdaten anzureichern und so ein realistisches Bild ihrer Produktion zu bekommen. Das Prinzip, welches hinter OEE steht, wird dadurch allerdings nicht ersetzt, sondern nur unterstützt. Es müssen weiterhin Verbesserungen aufgrund der OEE Daten eingeleitet werden, um daraus einen Nutzen ziehen zu können. Die Aufnahme der Daten und insbesondere die Analyse der Datenbestände hat sich allerdings durch die vorhandenen technologischen Möglichkeiten, vereinfacht. Ebenfalls ist auch die Prognose von Zukunftsszenarien dazugekommen, die der klassische Lean Ansatz nicht bieten kann.

5.4.12 Shopfloor Management und Industrie 4.0

Ein Hauptbestandteil von Industrie 4.0 ist die Vernetzung. Eine Echtzeit Kommunikation im Produktionsbereich ist möglich. Die Mitarbeitenden können jederzeit über alle nötigen Informationen verfügen. Dieser Umstand führt natürlich auch zu einer höheren Transparenz der Wertschöpfungsprozesse im Unternehmen.²³³

Daten von unterschiedlichen Maschinen werden gesammelt und für die Kommunikation am Shopfloor verwendet. Auch Simulationen mit diesen Daten können gemacht werden, aufgrund derer dann Entscheidungen getroffen werden.²³⁴

Diese Echtzeitkommunikation wird zur Unterstützung bei SFM herangezogen. Aktuelle Daten über Produktionsprozesse ermöglichen es den Mitarbeitenden einen transparenten Blick über die aktuelle Situation zu bekommen und gegebenenfalls Gegenmaßnahmen einzuleiten, sollten Abweichungen auftreten. Auch die I4.0 Unterstützung von OEE, die im vorherigen Kapitel besprochen wurde, trägt zur Unterstützung von SFM bei. I4.0 erleichtert somit das Durchführen der Lean Methode SFM und erweitert diese sogar durch die technologischen Möglichkeiten.

5.5 Zusammenfassende Darstellung

Dümpelmann (2020) beschreibt in ihrem Beitrag im Buch „Smart Factory“ einen Lean Referenz Rahmen, bei dem erläutert wird, welche Lean Methoden die Zielgrößen der Smart

²³¹ Vgl. Focke; Steinbeck 2018, S. 35.

²³² Vgl. Focke; Steinbeck 2018, S. 37.

²³³ Vgl. Dümpelmann 2020, S. 180.

²³⁴ Vgl. Prinz; Kreggenfeld; Kühlenkötter 2018, S. 24.

Factory unterstützen. Dabei werden auch Lean Merkmale in den Vergleich miteinbezogen.²³⁵ Viele dieser Methoden und Merkmale wurden in den vorherigen Kapiteln vorgestellt und bereits miteinander verglichen. Dieser Referenzrahmen kann somit nochmals als Vergleich und Zusammenfassung zu den bereits ausgearbeiteten Inhalten dienen.

²³⁵ Vgl. S. 183.

Lean 4.0 Merkmale	Zielgrößen der Smart Factory				
	Flexibilität	Wirtschaftlichkeit	Qualität	Vernetzung	
Kundenwert	Erhöhung der Kundenzufriedenheit	Verbesserung der Ressourceneffizienz	Erfüllung der individuellen Kundenanforderungen	Integration des Kunden in den Wertschöpfungsprozess	
	Erhöhung der Variantenvielfalt	Vermeidung unnötiger Bestände	Nichterfüllung der individuellen Kundenanforderungen	Angebot von Produkten bzw. Dienstleistungen mit softwarebasiertem Service	
Wertstromorientierung	Entstehung kurzer Entscheidungswege	Verbesserung der Ressourceneffizienz	Verbesserung der Prozessqualität	Systemkommunikation zwischen allen an der Wertschöpfung beteiligten Akteuren	
	Entstehung von modularen Arbeits- und Maschinenorganisationen	Fokussierung auf wertschöpfende Aktivitäten	Entstehung von effizienter Ergonomie am Arbeitsplatz	Existenz von intelligenten, selbstregulierenden, flexiblen und anpassungsfähigen Systemen	
Flussprinzip	Reduktion der Durchlaufzeit	Möglichkeit der wirtschaftlich rentablen Produktion in Form von Losgröße 1	Gefahr von erhöhtem Ausschuss und Fehlern aufgrund geringer Erfahrung mit Losgröße 1	Selbstständige und individuelle Steuerung des Produktionsdurchlaufs der Werkstücke	
	Realisierung der synchronen Fertigung von individuellen Kundenaufträgen	Optimale Ausnutzung der Maschinenkapazitäten	Unübersichtlichkeit aufgrund von individuellem Produktionsdurchlauf	Selbstständige Kommunikation der Anlagen über Status und anstehende Aktivitäten	
Dezentralität	Verkürzung der Reaktionszeiten	Verbesserung der Produktivität	Möglichkeit zur Berücksichtigung kurzfristiger Qualitätsanpassungen	Entstehung eines Informationsaustauschs in Echtzeit (M2M, M2P, P2M, P2P)	
	Verfügbarkeit aller Informationen zu jedem Zeitpunkt	Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit	Verbesserung der Prozessqualität	Gefahr von Kommunikationsproblemen mit anderen Unternehmen	
Kontinuierliche Verbesserung	Kontinuierliche Weiterentwicklung von Anlagen und Prozessen	Hohe Anfangsinvestition in intelligente Systeme	Verbesserung der Produktqualität	Entstehung eines vollautomatisch ablaufenden kontinuierlichen Verbesserungsprozesses	
	Gewährleistung einer schnellen und frühzeitigen Fehleridentifikation	Realisierung von Kosteneinsparungen	Verbesserung der Prozessqualität	Entstehung einer systemseitigen Abhängigkeit	
Transparenz	Kontinuierliche Generierung von Wissen	Verbesserung der Ressourceneffizienz	Sichtbarkeit von Fehlern	Entstehung eines digitalen Abbilds der Produktion	
	Verkürzung der Reaktionszeiten	Verbesserung der Produktivität	Schärfen des Qualitätsbewusstseins	Gefahr von großen Schäden bei IT Sicherheitsproblemen	
Reaktionsfähigkeit	Verkürzung der Durchlaufzeit	Optimale Ausnutzung der Maschinenkapazitäten	Möglichkeit zur Berücksichtigung kurzfristiger Qualitätsanpassungen	Entstehung eines digitalen Informationsverarbeitungssystems	
	Erhöhung der Kundenzufriedenheit	Verbesserung der Produktivität	Erfüllung der individuellen Kundenanforderungen	Integration des Kunden in den Wertschöpfungsprozess	
Kaizen	JIT	Null-Fehler Management	TPI	TPM	Shopfloor Management

Abbildung 11: Umsetzung von Lean 4.0 anhand ausgewählter Lean 4.0-Instrumente²³⁶

Kaizen ist eines der Lean Methoden, laut dem ausgearbeiteten Referenzrahmen, die die meisten Zielgrößen von Industrie 4.0 sowie Lean Management abdeckt. Erhöhung der Kunden- und Kundinnenzufriedenheit und die Möglichkeit individuelle Wünsche zu erfüllen, sind zwei Themen, die durch Kaizen und I4.0 erfüllt werden. Insbesondere auch durch die potenzielle Datenaufnahme und der Analyse der Daten. Die Autorin erwähnt aber auch die Gefahren, die durch die Kombination der zwei Produktionsphilosophien entstehen können. Das Flussprinzip kann zu erhöhtem Potential zu Fehlern im Prozess führen, da Unternehmen anfangs wenig Erfahrung mit kleinen Losgrößen haben. Auch die Gefahr von IT-Sicherheitsproblemen, die durch die Digitalisierung entstehen können, wird erwähnt.²³⁷

Auch JIT wird als eines der wichtigen Bestandteile der Lean Methoden erwähnt. Dabei wird betont, dass die Ausrichtung der Wertschöpfungsprozesse an den Kunden sowie Kundinnen, unnötige Lagerbestände verhindert und somit einen optimalen Ressourcenbestand fördert. Aufgrund des Vernetzungsgrades von Maschinen und Menschen untereinander, sind schnelle Entscheidungen möglich und die Kapazitäten können bestmöglich ausgenutzt werden. Wie bereits im vorherigen Kapitel erwähnt, wird durch Industrie 4.0 ein intelligenter One-piece Flow im Unternehmen ermöglicht und unterstützt somit die Produktion von individuellen Produkten.²³⁸

Die Methode TPM unterstützt den Leitgedanken, der hinter Kaizen steht, nämlich die kontinuierliche Verbesserung. Auch hier wird die Wichtigkeit von Kennzahlen, wie zum Beispiel OEE erwähnt. Durch definierte Kennzahlen und Zielwerte, werden Abweichungen rasch erkannt und Lösungen eingeleitet. Die Konsequenz davon ist die Verbesserung der Qualität sowie die Senkung von Kosten.²³⁹

Auch das Shopfloor Management wird in diesem Referenzrahmen vorgestellt. Die Autorin betont, dass die Visualisierung von zum Beispiel Anlagenstatus und Kennzahlen, zur Wissensgenerierung im Unternehmen dient. Durch die Erhöhung der Transparenz, die dadurch erreicht wird, werden Reaktionszeiten reduziert und somit Kosten gesenkt.²⁴⁰

Grundsätzlich decken sich die Aussagen aus dem Referenzrahmen mit den Inhalten, die im vorherigen Kapitel erarbeitet wurden. Wobei die Autorin hier auch noch ein Augenmerk auf potenzielle Gefahren, wie zum Beispiel die IT-Sicherheit, gelegt hat. Die bereits in einem vorherigen Kapitel angesprochene Dezentralität der Planung wird in dieser Grafik ebenfalls erwähnt. Die dahinterliegenden Potentiale, wie eine höhere Flexibilität und die Verbesserung der Produktivität, sind zwei Gründe, die für diesen Lean 4.0 Ansatz sprechen. Die Abbildung zeigt übersichtlich das Zusammenspiel von Lean Methoden und Industrie 4.0 und betont die Potentiale und Möglichkeiten, die durch die Kombination dieser zwei Themen entstehen können.

²³⁶ Dümpelmann 2020, S. 184.

²³⁷ Vgl. Dümpelmann 2020, S. 185.

²³⁸ Vgl. Dümpelmann 2020, S. 185.

²³⁹ Vgl. Dümpelmann 2020, S. 186.

²⁴⁰ Vgl. Dümpelmann 2020, S. 187.

6. Relevanz von Lean Management in Zeiten von Industrie 4.0

Die Digitalisierung sowie Automatisierung, die mit Industrie 4.0 einhergeht, ist in allen Unternehmensbereichen spürbar, insbesondere jedoch in den Produktionsprozessen. Die Herausforderungen die dadurch entstehen, sind heute schon immens und werden in den nächsten Jahren stetig ansteigen.²⁴¹

Was aus Kapitel 5 recht eindeutig hervorgeht ist die Tatsache, dass Lean Management dadurch auch heute noch einen hohen Stellenwert hat – auch wenn die Einführung von Industrie 4.0 Technologien hier zu einer Veränderung und auch zu einer Verbesserung geführt hat.

Bertagnolli (2018) betont in seinem Buch „Lean Management“:

„Ja, Lean ist aktuell und sogar aktueller denn je. Schließlich wurden die neuen Methoden, wie agile Programmierung mit Scrum, aus den Lean-Methoden entwickelt und es stellt sich die Frage, wie etwas digitalisiert werden soll, das „analog“ noch nicht optimal läuft? Als Philosophie ist Lean heute nicht mehr wegzudenken. Wer Lean einsetzt, hat klare Wettbewerbsvorteile. Vielleicht sollte man den Satz umdrehen und feststellen: Wer die Lean-Prinzipien nicht nutzt, der hat einen Wettbewerbsnachteil. Lean ist die Basisarbeit, um Abläufe, Verfahren und Prozesse ideal und verschwendungsfrei zu gestalten.“²⁴²

6.1 Zusammenspiel Lean Management und Industrie 4.0

In diversen Publikationen wird die Meinung vertreten, dass Lean Aktivitäten die Voraussetzung für die Einführung von Industrie 4.0 Technologien im Unternehmen ist.

Shahin et al. (2020) zitiert in einem Paper, das im „The international Journal of Advanced Manufacturing“ veröffentlicht wurde, diverse Meinungen und Studien zu der Korrelation von Industrie 4.0 und Lean Management. Eine relevante Aussage ist, dass es nicht möglich ist Probleme, die durch falsches Management und Organisation erzeugt werden, durch technologische Investitionen zu lösen. Explizit wird in diesem Absatz empfohlen, dass der Lean Gedanke implementiert sein sollte, bevor eine Digitalisierung oder Automatisierung im Unternehmen stattfindet.²⁴³

Im selben Paper wird eine Studie angeführt, bei der 186 Unternehmen in Thailand teilgenommen haben, zum Thema Technologien in der Fertigung, sowie Lean Management und deren Auswirkung auf die operativen Wertschöpfungsprozesse. Das Ergebnis war, dass es einen positiven Effekt auf Kosten, Qualität, Durchlaufzeit und Flexibilität hatte, wenn beide Ansätze im Unternehmen verfolgt wurden. Der Autor gab schlussendlich die Empfehlung, dass Unternehmen in beide Themen, also I4.0 sowie Lean Management, investieren sollten, um nachhaltig erfolgreich zu sein. Jedoch gab es bei dieser Studie keine Empfehlung

²⁴¹ Vgl. Hierzer 2017, S. 74.

²⁴² S. 5.

²⁴³ Vgl. S. 2929.

dazu, ob etabliertes Lean Management im Unternehmen die Voraussetzung für erfolgreiche Implementation von Industrie 4.0 ist, oder nicht.²⁴⁴

In einem Paper das auf der „Conference on Learning Factories“ veröffentlicht wurde wird nicht nur betont, dass vor Einstieg in Industrie 4.0 die Prozesse bereits optimiert und die Konzepte, die hinter Lean Production stehen, etabliert sein müssen, sondern, dass die Methoden und Grundsätze auch im Mindset der Mitarbeitenden verankert sein müssen. Die Autoren und Autorinnen vermerken, dass ein Prozess, der nicht optimal modelliert ist, auch durch Daten oder Digitalisierung nicht effizienter wird.²⁴⁵

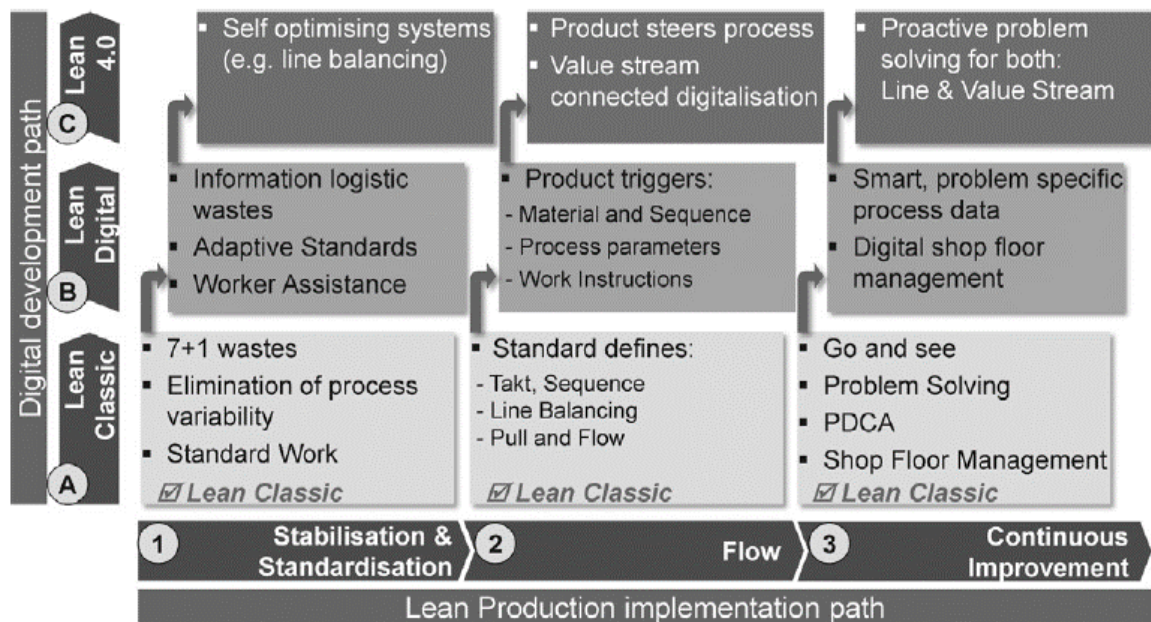


Abbildung 12: Incorporation of Industrie 4.0 approaches in lean production²⁴⁶

Abbildung 12 zeigt den Einfluss von Industrie 4.0 auf die drei Hauptmerkmale von Lean Production, nämlich die Standardisierung, den Fluss und die kontinuierliche Verbesserung. Unterschieden wird in dieser Darstellung auch noch der Digitalisierungsgrad. Deutlich erkennbar ist, dass die jeweilige Digitalisierungsstufe auf den Methoden von Lean Production aufbaut und diese nicht einfach nur ersetzt. Bestehende Prozesse werden durch die Methoden, die hinter Lean Production stehen optimiert, um eine spätere Digitalisierung zu ermöglichen. Dabei unterscheidet der Autor auch noch zwischen einer simpleren digitalen Variante von Lean Management und der nächsten Stufe, nämlich Lean in Kombination mit Industrie 4.0 und der Vernetzung, die dahintersteht.²⁴⁷

Helmold (2021) vertritt hingegen die Meinung, dass das größte Erfolgspotential gegeben ist, wenn die zwei Produktionsphilosophien ganzheitlich und gemeinsam implementiert werden. Somit wird von einer unabhängigen oder schrittweisen Implementierung abgeraten. Der Autor betont, dass dadurch Synergien, Geschwindigkeit und die Effizienz gesteigert

²⁴⁴ Vgl. Shahin u.a. 2020, S. 2929.

²⁴⁵ Vgl. Prinz; Kreggenfeld; Kuhlenkötter 2018, S. 24.

²⁴⁶ Meudt; Metternich; Abele 2017, S. 413.

²⁴⁷ Vgl. Meudt; Metternich; Abele 2017, S. 414.

werden können. Diese Aussage wird von einer Studie von Bearingpoint aus dem Jahr 2019 unterstrichen. Dabei ist eine Kernaussage die bei der Befragung erzielt wurde, dass die digitalen Technologien einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung von Lean Management Ansätzen leisten. Gleichzeitig ist Lean Management ein Erfolgsfaktor für die erfolgreiche Umsetzung von Digitalisierung und Automatisierung im Unternehmen.²⁴⁸ Diese Aussage wird auch teilweise durch die Erkenntnisse aus Kapitel 5.4 unterstrichen. Hier kann als Beispiel OEE herangezogen werden. Die Datenaufnahme und Auswertung dieser Kennzahl, wird durch I4.0 stark erleichtert und somit kann hier eine gemeinsame Einführung durchaus sinnvoll sein.

Nyhuis et al. (2017) betonen, dass bereits eingeführte Lean Prinzipien, einen Einfluss auf die Höhe der nötigen Investitionen von Digitalisierung und Automatisierung haben, sowie auch auf den Implementierungsaufwand. Allerdings erwähnen die Autoren auch, dass die Optimierung der Prozesse nicht unbedingt vorab geschehen muss, dies könne auch im Zuge der Investition in Industrie 4.0 geschehen. Denn auch Industrie 4.0 hat das Potential für weitere Optimierungen und Verschlinkungen der Prozesse und somit wäre eine Betrachtung der Prozesse im Unternehmen sowieso eine notwendige Aufgabe.²⁴⁹

Wie aus den unterschiedlichen Meinungen der Autoren sowie Autorinnen ersichtlich ist, gibt es unterschiedliche Anschauungen dazu, ob Lean Management die Voraussetzung für Investitionen im Industrie 4.0 Bereich ist, oder ob die zwei Produktionsansätze gemeinsam eingeführt werden können. Einig sind sich die Autoren und Autorinnen, dass die Leitgedanken, die hinter Lean stehen, Investitionen in Digitalisierung und Automatisierung unterstützen und, dass umgekehrt, I4.0 Lean unterstützt.

6.2 Modelle zur stufenweisen Einführung von Industrie 4.0

Im Buch „Der Weg aus der Digitalisierungsfalle“ von Wiegand (2018) beschreibt der Autor, dass Unternehmen zuerst einen gewissen Reifegrad in der Organisation erreicht haben müssen, um den Wertschöpfungsprozesse durch Industrie 4.0 zu unterstützen.²⁵⁰

Er definierte folgende Kriterien, die ein Unternehmen für den Einstieg in Industrie 4.0 qualifizieren:

- Prozessorganisation
- Kein Abteilungsdenken, Mindset muss vorhanden sein
- Lean Leadership → Klare Führungsvorbilder
- Standardisierte und modularisierte Prozesse und Produkte
- Komplexität reduziert
- Stabile Prozesse im administrativen sowie produktiven Bereich²⁵¹

Nur wenn oben erwähnte Kriterien in den Unternehmen vorhanden sind, birgt die Digitalisierung und Automatisierung diverse Effizienz- und Effektivitätspotentiale.²⁵²

²⁴⁸ Vgl. S. 239–240.

²⁴⁹ Vgl. S. 49.

²⁵⁰ Vgl. S. 11.

²⁵¹ Vgl. Wiegand 2018, S. 11–12.

²⁵² Vgl. Wiegand 2018, S. 12.

Der Autor hat ebenfalls einen Stufenplan entwickelt, der Unternehmen dabei helfen soll, oben erwähnte Kriterien zu erreichen. Der Stufenplan ist in Abbildung 13 ersichtlich.

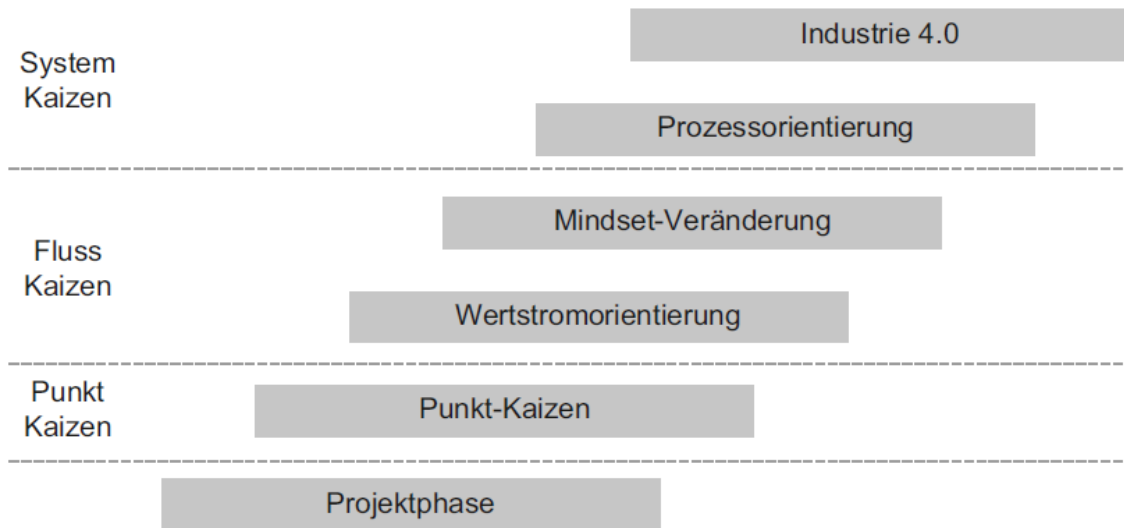


Abbildung 13: Die sechs Stufen zur Industrie 4.0²⁵³

In der ersten Stufe, der Projektphase, werden einzelne Projekte definiert, die zur Optimierung der Wertschöpfungskette beitragen sollen. Hier können Projekte wie zum Beispiel eine Rüstzeitoptimierung an einer bestimmten Engpassanlage platziert werden. In dieser Stufe werden die Projekte meist noch durch die Führungskräfte geleitet und nur wenige Mitarbeitende involviert. Wichtig dabei ist, die Projekte so zu wählen, dass auch echte und erkennbare Verbesserungen eintreten. Heißt, die Unternehmen müssen ihren Wertstrom kennen und einen Schmerzpunkt in den Prozessen identifizieren. Ebenfalls wichtig in dieser Stufe, ist das Abschließen des Projektes, um das Vertrauen der Mitarbeitenden für zukünftige Projekte zu gewinnen.²⁵⁴

Die Punkt-Kaizen Stufe beinhaltet die Integration der Mitarbeitenden in den Veränderungsprozess, der im Unternehmen stattfindet. Das Ziel ist es, durch mehrere Projekte an verschiedenen Stellen die Mitarbeitenden mit ins Boot zu holen. Voraussetzung für das Gelingen, ist das Commitment der Führungsebene und die Mitarbeitenden gezielt zu Schulen.²⁵⁵

Die nächste Stufe beinhaltet die Wertstromorientierung. Die vorherige Stufe, das Punkt-Kaizen bringt kleine Verbesserungen in den Unternehmen, die großen Sprünge werden allerdings erst mit einer Ausrichtung der Wertschöpfung auf den Kundentakt erreicht. Durch diese Neuorientierung bekommen die Unternehmen die Chance, Engpässe zu erkennen, Schnittstellenprobleme zu lösen, Verschwendung zu eliminieren und dadurch die Durchlaufzeit zu reduzieren. Die Voraussetzungen für das Gelingen dieser Phase sind dieselben Faktoren wie beim Punkt-Kaizen.²⁵⁶

²⁵³ Wiegand 2018, S. 12.

²⁵⁴ Vgl. Wiegand 2018, S. 12–13.

²⁵⁵ Vgl. Wiegand 2018, S. 13.

²⁵⁶ Vgl. Wiegand 2018, S. 15–16.

In der nächsten Stufe geht es um das Mindset der Führungskräfte sowie der Mitarbeitenden. Nur wenn alle im Unternehmen den Lean Ansatz verstanden und verankert haben, wird Lean Management nachhaltig gelingen. Das Ziel ist, dass die Führungskräfte eine Vorbildfunktion einnehmen und die Mitarbeitenden sich als Teil des Ganzen erkennen.²⁵⁷

Die letzte Stufe vor der Einführung von Industrie 4.0 beinhaltet die Prozessorientierung. Ohne eine Ausrichtung auf die Prozesse, wird es immer wieder zu Schnittstellenproblemen kommen und die Mitarbeitenden werden weiterhin das Funktionsdenken verankert haben. Eine negative Auswirkung auf das Verständnis der Führungskräfte, sowie der Mitarbeitenden für die Lean Initiative, wäre ebenfalls eine Folge davon.²⁵⁸

Wenn alle Stufen gemeistert wurden, kann damit begonnen werden Prozesse zu automatisieren und zu digitalisieren. Wie in Abbildung 13 erkennbar ist, ist der Autor der Meinung, dass Industrie 4.0 Investitionen nur dann Sinn machen, wenn die Grundgedanken, die hinter Lean Management stehen, im Unternehmen bereits etabliert sind.

In einer anderen Publikation wird ein ähnliches Stufenmodell vorgestellt, das Lean als Voraussetzung zu Digitalisierungspotentialen definiert.

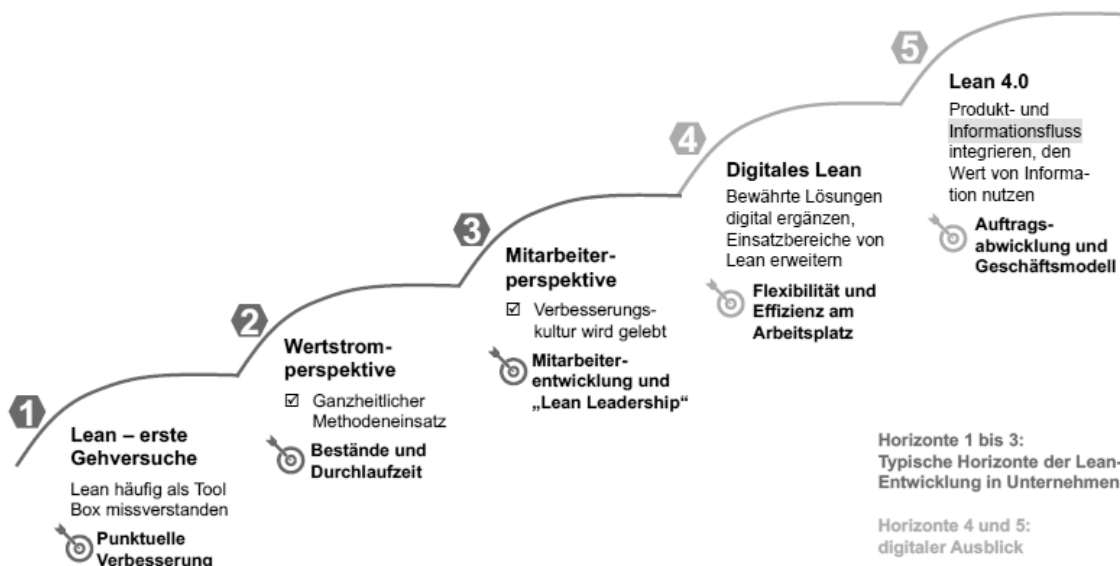


Abbildung 14: Typische Horizonte der Lean-Entwicklung in Unternehmen und digitaler Ausblick²⁵⁹

Auf der ersten Stufe wird betont, dass Lean nicht nur als Toolbox verstanden werden darf, sondern als ganzheitliches System gesehen werden muss. Als zweite Stufe, werden die Lean Prinzipien im Unternehmen etabliert, wie beispielsweise das Flussprinzip und die Ausrichtung an den Kundentakt. Die nächste Stufe beinhaltet die Mitarbeiter- und Mitarbeiterinnenentwicklung, die bereits in Kapitel 3.6 angesprochen wurde. Erst nachdem diese drei

²⁵⁷ Vgl. Wiegand 2018, S. 17.

²⁵⁸ Vgl. Wiegand 2018, S. 17–18.

²⁵⁹ Mosch; Prumbohm 2018, S. 11.

Stufen durchlaufen sind, kann durch eine punktuelle Digitalisierung eine Verbesserung erarbeitet werden. Die letzte Stufe haben die Autoren „Lean 4.0“ genannt.²⁶⁰ Diese Stufe beinhaltet folgendes:

„Damit die Digitalisierung ihr volles Potenzial im Sinne einer schnelleren und flexibleren Auftragsabwicklung entfaltet, ist eine fachbereichsübergreifende Synchronisation der Informations- und Materialflüsse notwendig. Ausgangspunkt ist dabei der Kundenwunsch und seine Integration in eigene IT-Systeme.“²⁶¹

Autor Neuhaus (2018) vertritt ebenfalls die Meinung, dass die Prozesse in den Unternehmen zuerst auf analoger Basis optimal ausgelegt sein müssen, um eine erfolgreiche Digitalisierung und Automatisierung anstreben zu können. Er definiert Lean Management als mögliches Instrument, um diesen Zustand zu erreichen. Der Autor stellt diverse Schritte vor, die er als Vorarbeit für Investitionen im Industrie 4.0 Bereich ansieht.²⁶²

Schritt	Inhalt
1	Analyse und Standardisierung der Unternehmensprozesse
2	Kennzahlen zur Wirksamkeitskontrolle der Prozesse
3	Verbesserungspotenziale durch Lean Methoden und Digitalisierung bewerten
4	Methodenschulungen für alle Mitarbeitenden
5	Methodenverantwortliche bestimmen
6	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess festigen
7	Standards auditieren, um den optimalen Prozess sicherzustellen
8	Probleme am Entstehungsort lösen
9	Problemlösungsprozess initiieren
10	Methoden und Lösungen sind im Unternehmen durch Kennzahlen und Standards verankert
11	Regelkommunikation im Unternehmen etablieren und einen durchgängigen Verbesserungsprozess zu garantieren

Tabelle 5: Schritte zur Implementierung von Lean-Prinzipien und Industrie 4.0²⁶³

Das Stufenmodell in Tabelle 5 betont die Wichtigkeit von Standards und kontinuierlicher Verbesserung in den Unternehmen, die laut dem Autor als Voraussetzung für eine erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0 anzusehen ist.

Alle drei Modelle bauen stufenweise auf etablierten Lean Prinzipien auf und führen Unternehmen dabei Schritt für Schritt zu einem möglichen Einsatz von Industrie 4.0 Technologien. Ein wichtiger Bestandteil, der in allen Stufenmodellen zu finden ist, ist die Mitarbeiter- und Mitarbeiterinnenintegration und das Mindset. Dies wurde bereits in Kapitel 3.6 genauer erläutert. Das Modell von Mosch und Prumbohm empfiehlt bei der Einführung von Industrie

²⁶⁰ Vgl. Mosch; Prumbohm 2018, S. 10–11.

²⁶¹ Mosch; Prumbohm 2018, S. 11.

²⁶² Vgl. S. 58–59.

²⁶³ Vgl. Neuhaus 2018, S. 59–60.

4.0 noch vorab die bestehenden Lean Prozesse durch Digitalisierung zu unterstützen, bevor ganz neue Ansätze durch I4.0 im Unternehmen implementiert werden.

Die vorgestellten Stufenmodelle unterstreichen die Meinung, dass Lean Management zuerst im Unternehmen etabliert sein sollte, bevor in Digitalisierung und Automatisierung investiert wird. Dies unterstützt somit den Standpunkt von Autoren wie Shahin et al., die in Kapitel 6.1. wiedergegeben wurden. Ein Stufenmodell, wie beide Prinzipien gemeinsam im Unternehmen eingeführt und etabliert werden können, wie es zum Beispiel Autor Helmold empfiehlt, wurde in der aktuellen Literatur nicht gefunden.

6.3 Lean 4.0

In einigen aktuellen Publikationen wird der Begriff Lean 4.0 eingeführt. Das Wort steht für eine Kombination aus den zwei Produktionskonzepten Lean Management und Industrie 4.0. Der Begriff vereint die Stärken beider Konzepte unter einem Dach.²⁶⁴

So auch Dümpelmann (2020) im Buch „Smart Factory“. Der Begriff Lean 4.0 wird in dieser Publikation als Produktionskonzept bezeichnet, welches eine kundenspezifische Fertigung ermöglicht, bei der aber gleichzeitig die Kosten und die Durchlaufzeit wirtschaftlich unter Kontrolle bleiben. Die Vernetzung der beteiligten Stellen in den Produktionsprozessen sowie eine dezentrale Planung sind wichtige Bestandteile dieses Konzepts. Weitere positive Effekte, die durch Lean 4.0 entstehen können, sind zum Beispiel eine kontrollierte Wertschöpfungskette, bei der Verluste leichter erkannt werden und die Möglichkeit einer Einzelstückfertigung besteht.²⁶⁵

²⁶⁴ Vgl. Dümpelmann 2020, S. 187.

²⁶⁵ Vgl. S. 177.

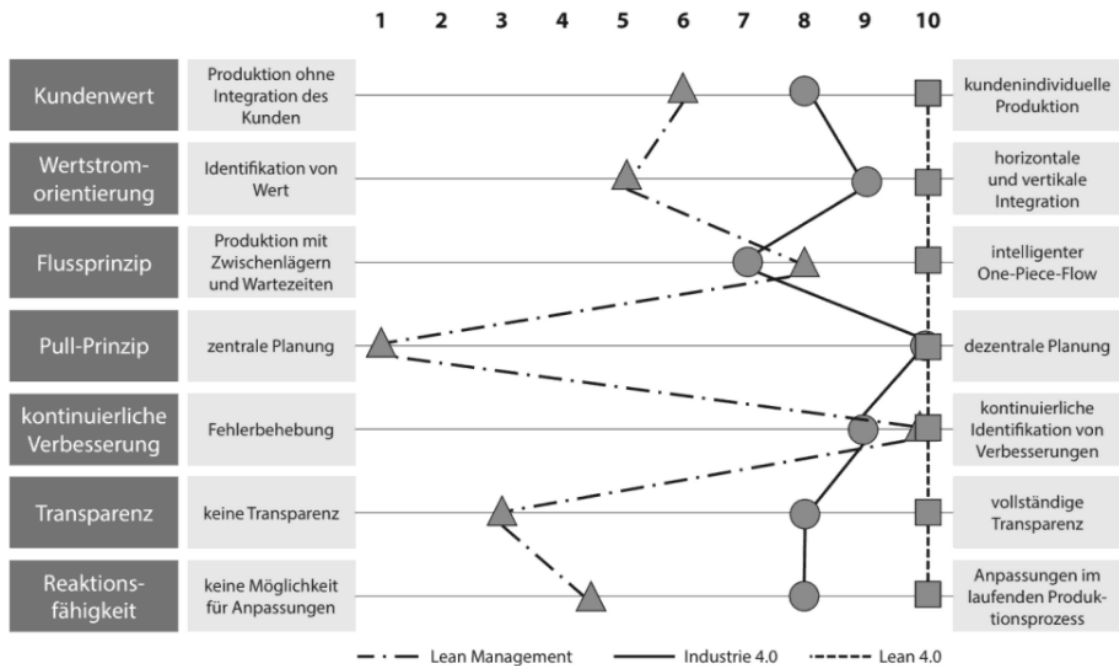


Abbildung 15: Gegenüberstellung der Produktionskonzepte Lean Management, Industrie 4.0 und Lean 4.0²⁶⁶

Abbildung 15 zeigt welche essenziellen Eigenschaften, die drei Produktionskonzepte Lean Management, I4.0 sowie die Kombination Lean 4.0 mitbringen. Einige der bereits vorab erwähnten Gegensätze, sind in dieser Grafik noch einmal aufgezeigt, wie zum Beispiel die zentrale und dezentrale Planung. Deutlich erkennbar wird, dass die Kombination der zwei Produktionskonzepte die besten Effekte zu oben ausgewählten Kriterien bringt. Insbesondere Eigenschaften wie eine schnelle Reaktionszeit und ein intelligenter One-Piece-Flow sind in der aktuellen Zeit essenziell, um wettbewerbsfähig zu bleiben.

In Kapitel 5.1.2 wurde Transparenz als Gemeinsamkeit zwischen Lean Management und I4.0 definiert. In der oben abgebildeten Grafik ist allerdings zu erkennen, dass die Möglichkeit für die Erhöhung der Transparenz bei I4.0 um einiges höher eingeordnet wurde als bei Lean Management selbst. Lean 4.0 wird mit der höchstmöglichen Einstufung von Transparenz bewertet. Transparenz ist ein entscheidender Faktor in den heutigen Unternehmen. Ohne Transparenz erkennen die verantwortlichen Personen nur schwer, wo welches Potential möglicherweise in den Produktionsprozessen steckt.²⁶⁷

Ebenfalls erkennbar ist, dass die Flexibilität bei Lean Management selbst recht niedrig eingestuft wird. Eingriffe in Produktionsprozesse sind kaum realisierbar, ohne einen Stopp des Produktionsflusses zu generieren. Durch die aktuellen Anforderungen, die an Unternehmen gestellt werden, ist dies aber eine essenzielle Eigenschaft, um wirtschaftlich stabil zu produzieren. Lean 4.0 hingegen ist geprägt von einer schnellen Reaktionsfähigkeit. Durch die Vernetzung aller am Prozess beteiligter Instanzen, wird eine flexible Reaktionsmöglichkeit

²⁶⁶ Dümpelmann 2020, S. 177.

²⁶⁷ Vgl. Dümpelmann 2020, S. 176.

auf Veränderungen ermöglicht. Dies unterstützt auch die aktuelle Anforderung, flexibler auf Kunden- und Kundinnenwünsche eingehen zu können.²⁶⁸

Was in dem Buch „Smart Factory“ fehlt, ist eine Aussage zur Einführungsreihenfolge von Lean und Industrie 4.0. Es wird zwar von den vielen Synergieeffekten gesprochen, allerdings nicht, ob die Einführungsreihenfolge dieser Produktionskonzepte einen Einfluss darauf hat.

Der Begriff Lean 4.0 wird auch in anderen Publikationen verwendet. In einem 2020 veröffentlichten Artikel wurden insgesamt 42 Berührungspunkte von Lean Management und Industrie 4.0 miteinander verglichen. Es wurden 25 Synergiepunkte definiert, die somit eine Kombination der beiden Produktionsphilosophien unterstützt. Die Autoren und Autorinnen definieren den Begriff Lean 4.0 als Verbund der zwei Themen, die eine Digitalisierung und Automatisierung in einer Lean Umgebung fördert. Ebenfalls wird betont, dass I4.0, Lean zu einem höheren Reifegrad im Unternehmen führen kann, wenn die beiden kombiniert werden.²⁶⁹

Auch das Fraunhofer Institut in Österreich verwendet den Begriff Lean 4.0, wobei sie klar den Standpunkt vertreten, dass beide Produktionsphilosophien voneinander profitieren und deshalb gemeinsam in den Unternehmen eingesetzt werden sollen. Gemeinsam würden die zwei Themen Produktivität, Qualität, Zeit, Kosten und die Sicherheit in den Unternehmen optimieren, auch wenn die Ansätze unterschiedlich sind.²⁷⁰

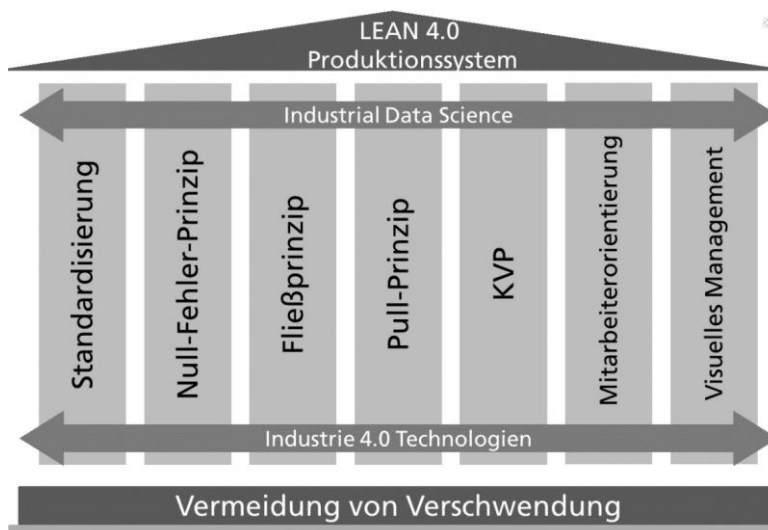


Abbildung 16: Lean 4.0 Produktionssystem²⁷¹

Abbildung 16 zeigt eine Darstellung wie das Fraunhofer Institut den Begriff einordnet. Die Lean Prinzipien bilden dabei die Basis, während Industrie 4.0 diese Säulen durchdringt und dabei optimiert und ergänzt. Die Vermeidung von Verschwendung, bildet den Grundstein für die Tätigkeiten, die hinter dem Begriff Lean 4.0 stehen.

²⁶⁸ Vgl. Dümpelmann 2020, S. 176.

²⁶⁹ Vgl. Valamede; Akkari 2020, S. 865–866.

²⁷⁰ Vgl. „Kooperationsprojekt Lean 4.0“ 2020.

²⁷¹ „Kooperationsprojekt Lean 4.0“ 2020.

6.4 Beispiele für Umsetzung von Lean 4.0 in Unternehmen

Die Chancen und Möglichkeiten, die durch Industrie 4.0 Einzug in die Firmen halten sind vielfältig. Davon betroffen sind nicht nur die Produktions- und Logistikprozesse, sondern auch die Produkte und Dienstleistungen selbst, sowie die Lieferketten und die Beziehungen zu den Kunden und Kundinnen. Die Unternehmen haben erkannt, dass eine Investition in Industrie 4.0 Technologien, in Zukunft notwendig sein wird, um wettbewerbsfähig zu bleiben.²⁷² In diesem Kapitel sollen somit praktische Umsetzungsbeispiele von Lean 4.0 in Unternehmen vorgestellt werden.

Bosch Connected Industry ist ein Softwarehaus innerhalb des Bosch Unternehmens. 2020 wurde ein Whitepaper zum Thema Lean Management und Industrie 4.0 veröffentlicht. In diesem Beitrag wurden neun Faktoren vorgestellt, die laut Bosch die Industrie 4.0 Vorhaben zum Erfolg führen. Einer der Punkte beinhaltet die Wichtigkeit der Lean Prinzipien bei der Einführung von Industrie 4.0 Technologien.²⁷³

Einige praktische Anwenderbeispiel der beiden Konzepte in den Bosch Unternehmen, werden ebenfalls in diesem Whitepaper vorgestellt. In einem Werk in Stuttgart-Feuerbach wurde ein intelligentes Transportmanagement eingeführt. Das Ziel war es, die Milkrun Systeme im Unternehmen zu automatisieren und mittels gesammelter Daten zu optimieren. Es wurde eine dynamische Tourenplanung eingeführt, die die optimale Route auswählt und dabei auch die Fahrzeugauslastung betrachtet. Das Transportsystem wurde von starren Fahrplänen, auf bedarfsorientierte Transporte umgestellt. Die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen haben die Möglichkeit über ein Tablet benötigte Fahrten auszulösen. Die Vernetzung mit dem ERP-System ermöglicht es, den Status der Fahraufträge einzusehen. Durch die bessere Fahrzeugauslastung wurde die Anzahl der benötigten Fahrzeuge reduziert und somit auch die Kosten. Die Optimierung der Fahrwege führte zu einer Erhöhung der Prozesseffizienz um 15%.²⁷⁴

Ein weiteres Beispiel für ein Unternehmen, das beide Produktionsphilosophien erfolgreich eingeführt hat, ist Siemens. Das Unternehmen gewann 2018 den Industrie 4.0 Award für das Erreichen einer Fertigungsqualität von 99,9999 Prozent aufgrund der Kombination von Lean Methoden mit Industrie 4.0 Technologie. Das Unternehmen verwendet Prädiktionsmodelle, um Prozessabweichungen zu identifizieren. Ebenfalls werden den Mitarbeitenden vor Ort Lösungsvorschläge in Echtzeit vorgeschlagen, um einen schnelleren und effizienteren Problemlöseprozess zu bewerkstelligen.²⁷⁵

Die Firma Festo Didactic SE in Denkendorf unterstützt ihre Instandhaltung im Unternehmen durch digitale Tools. Das Unternehmen hatte vorab schon TPM im Einsatz, hatte aber durch lange Laufwege, Suchzeiten von Ersatzteilen und sonstigen Problemen, noch keinen effizienten Instandhaltungsprozess etabliert. In einem Projekt wurden die Instandhalter und Instandhalterinnen mit Tablets ausgestattet und an ein zentrales Instandhaltungssystem angebunden. Über dieses Tablet wurden die zuständigen Personen über aktuelle Störun-

²⁷² Vgl. Steven 2019, S. 226.

²⁷³ Vgl. „Von Lean zur digitalen Fabrik - eine Vision wird Realität“ 2020, S. 10–11.

²⁷⁴ Vgl. „Von Lean zur digitalen Fabrik - eine Vision wird Realität“ 2020, S. 34–36.

²⁷⁵ Vgl. Kraus 2019.

gen sowie deren Dringlichkeit informiert. Die Maschinenbediener und Maschinenbedienerinnen haben dabei die Möglichkeit schon vorab den Instandhaltern sowie Instandhalterinnen zusätzliche Informationen weiterzugeben, die den Abstimmungsaufwand im Nachhinein minimieren. Auch die Dokumentation der Störungen sowie die Möglichkeit zur Aufnahme von Fotos, haben den TPM Prozess im Unternehmen erleichtert. Das Unternehmen konnte sich durch diese technologische Unterstützung 10 Minuten Zeit pro Instandhaltung einsparen. Bei 19.000 Störungen und 2.000 geplanten Wartungen, macht dies eine Einsparung von 3.500 Mannstunden pro Jahr.²⁷⁶

Oben genannte Beispiele sind nur kleine Ausschnitte aus aktuellen Anwendungen von Lean und Industrie 4.0 in den Unternehmen. Sie unterstreichen allerdings die Notwendigkeit der Lean Prinzipien beim Einsatz von I4.0. Auch in den vorliegenden Beispielen, baute I4.0 auf den Methoden und Leitgedanken von Lean Management auf.

²⁷⁶ Vgl. Mosch; Prumbohm 2018, S. 34.

7. Conclusio

In diesem Kapitel sollen die Ergebnisse dieser Arbeit nochmal kurz und übersichtlich zusammengefasst und erörtert werden.

7.1 Erörterung Ergebnisse

Die beiden Begriffe Lean Production und Industrie 4.0 weisen viele Parallelen auf. Übergeordnet verfolgen beide Ansätze dasselbe Ziel, nämlich komplexe Prozesse im Unternehmen für den Menschen beherrschbar zu machen. Sowie auch die Produktivität zu erhöhen und dabei die Kosten zu senken. Aufgrund der Entwicklungen in den letzten Jahren, gefördert durch Globalisierung, Automatisierung und Digitalisierung, ist dieses Ziel relevanter denn je.

Auch in den Grundsätzen haben beide Ansätze viele Parallelen. Themen wie Transparenz und das Flussprinzip sind gemeinsame Philosophien, die unterstützt werden. Aber auch die Steigerung der Produktivität, was immer eine aktuelle Zielsetzung von Unternehmen sein wird, wird durch beide Methoden unterstützt. Die Vermeidung von Verschwendung in den Prozessen ist bei beiden Ansätzen vorhanden, wobei auch durch Industrie 4.0 eine Verschwendung durch die permanente Datengenerierung entstehen kann.

Ein Thema, welches bei beiden Ansätzen im Fokus steht, aber nicht von beiden Ansätzen optimal bedient wird, ist der Kunden- sowie Kundinnenfokus. Heutige Kunden- und Kundinnenanforderungen wie zum Beispiel die Transparenz des Produktionsprozesses, können durch Industrie 4.0 Technologien optimal unterstützt werden. Während bei Lean Production der Kunden- sowie Kundinnenfokus durch die Standardisierung und die Minimierung von Verschwendung verloren gehen kann, aber nicht muss. Die Transparenz der Wertschöpfungsprozesse ist eines der Ziele, die bei beiden Ansätzen zu finden sind.

Ein signifikanter Unterschied der beiden Ansätze ist die Zentralität der Planungsaktivitäten. Lean Production fördert die zentralisierte Planung über eine Stelle und somit auch das Bündeln von Wissen. I4.0 hingegen strebt eine dezentrale Planung an, bei der das Wissen und die Entscheidungskompetenz dezentral gesteuert wird. Dies wird durch die Vernetzung, die durch die neuen Technologien ermöglicht wird, auch erst optimal ermöglicht. Die Vorteile, die durch diese Dezentralität entstehen sind vielfältig, hier kann beispielsweise die Erhöhung der Produktivität sowie der Flexibilität genannt werden.

Eine Quintessenz aus dem Methodenvergleich war, dass die meisten Lean Methoden durch I4.0 Technologien unterstützt, gefördert und vereinfacht werden. Als Beispiel kann hier Kaizen erwähnt werden, das für die kontinuierliche Verbesserung im Unternehmen steht. I4.0 bietet durch die Datenverfügbarkeit und der Informationsgenerierung die dahintersteht, eine einfachere Möglichkeit, Verbesserungspotential in Prozessen zu erkennen. I4.0 verändert aber auch Lean Methoden. Die Lean Methode Jidoka ändert sich durch die Digitalisierung und Automatisierung von einer Methode zur Erkennung von Problemen, wenn diese entstehen, zu einer proaktiven Methode. Probleme können durch die Datenverfügbarkeit frühzeitig erkannt und behoben werden, bevor diese überhaupt auftreten. Es gibt aber auch Lean Methoden, die teilweise obsolet werden. Hier kann als Beispiel die Kanban Methode

erwähnt werden. Durch die Daten und die Selbststeuerung der Produktion, ist es nicht mehr nötig vorab zu definieren, welches Material in welcher Menge an den Arbeitsplätzen benötigt wird. Intelligente Systeme steuern und regeln den Materialfluss, unterstützt durch FTS und Robotik, selbst.

Interessant war, dass es kaum Publikationen gab, die Lean Management Methoden durch Industrie 4.0 ersetzt sehen. Nur der klassische Kanban Ansatz wird durch Industrie 4.0 teilweise obsolet. Die anderen Lean Methoden und Ansätze, bilden teilweise die Voraussetzungen für Verbesserungen durch Industrie 4.0. I4.0 kann allerdings auch eine Erweiterung von Lean Management darstellen und dabei Lean Management sogar bei der Einführung unterstützen.

Eine Bestätigung für diese Aussage, dass Lean eine Voraussetzung für Investitionen in I4.0 ist, ist das Stufenmodell von Wiegand (2018) in Kapitel 6.2. Der Autor betont, dass eine gewisse Reife in definierten Lean Management Ansätzen vorhanden sein muss, bevor Investitionen in Industrie 4.0 einen Mehrwert für das Unternehmen bringen. Der Autor sieht auch eine Gefahr, dass höhere Investitionen im Unternehmen nötig sind, wenn Lean nicht vorab eingeführt wurde.

Spannend zu erwähnen ist allerdings auch der Ansatz von Autor Helmold, der betont, dass die größten Effekte erzielt werden, wenn die zwei Produktionsphilosophien gleichzeitig und ganzheitlich eingeführt werden. Die Begründung dafür ist, dass auch Lean Management durch Digitalisierung und Automatisierung besser etabliert werden kann. Als Beispiel kann hier die Einführung von OEE erwähnt werden, die durch die technologischen Möglichkeiten die mit I4.0 einhergehen, um einiges erleichtert wird. Die Produktivität und besonders auch die Störungen, können durch RFID Technologie oder andere Neuerungen einfacher erkannt werden und somit entsteht ein genaueres Bild der Anlageneffektivität für die Unternehmen.

Zusammenfassend kann somit gesagt werden, dass sich die Autoren und Autorinnen nicht einig sind, ob Lean Management vor Einführung von Industrie 4.0 bereits etabliert sein muss, oder ob die zwei Produktionsansätze gemeinsam eingeführt werden können. Die erwähnten Autoren und Autorinnen, stimmen allerdings darüber ein, dass sich die zwei Produktionskonzepte gegenseitig positiv beeinflussen und die Unternehmen die größten positiven Effekte haben, wenn beide Ansätze etabliert sind. Eine weitere Erkenntnis dieser Literaturrecherche war, dass Lean Management die Voraussetzung für eine erfolgreiche Verwendung von I4.0 im Unternehmen ist.

Als Abschluss der Conclusio noch eine Aussage über das Lean Management der Zukunft, von Autor Helmold (2021):

„Das Lean Management der Zukunft integriert alle Wertschöpfungspartner entlang der Wertschöpfungsketten vom Rohmateriallieferanten bis zum Endkunden mit dem Ziel, Verschwendung nachhaltig zu eliminieren. Dies erfordert eine globale Synchronisierung von ERP- und Produktionssystemen, sodass der Lean-Management-Ansatz 2030 ein holistischer sein wird. Globale Trends, Umweltbewusstsein und die COVID-19-Pandemie beschleunigen den Prozess, da nur schlanke Unternehmen langfristig am Markt bestehen werden.“²⁷⁷

²⁷⁷ S. 240.

7.2 Beantwortung Forschungsfrage

„Welche Konsequenzen erwirken die Ideen und Ansätze, die hinter dem Begriff Industrie 4.0 stehen, in Bezug auf die altbewährten Lean Production Methoden?“

Als eindeutige Erkenntnis aus dieser Literaturrecherche hervorgekommen ist, dass Industrie 4.0 Technologien, Lean Production Ansätze unterstützen, erleichtern aber auch weiterentwickeln. I4.0 ist allerdings nicht nur eine Weiterentwicklung, Lean wird auch als Voraussetzung für den sinnvollen Einsatz von I4.0 Technologien im Produktionsbereich angesehen.

Die Methoden und Ansätze, die in dieser Arbeit betrachtet wurden, waren kompatibel miteinander und haben das Potential aufeinander aufzubauen. Relevant ist allerdings oft die Einführungsreihenfolge. Wie in Kapitel 5.4 bei diversen Methoden erwähnt, braucht es oft bereits optimierte Prozesse und Lean Management Konzepte, um I4.0 als sinnvolle Ergänzung einsetzen zu können. Es gibt allerdings auch Autoren und Autorinnen, die eine gemeinsame Einführung der Produktionskonzepte befürworten, um Synergieeffekte zu nutzen.

Obwohl die Produktionskonzepte oft aufeinander aufbauen, können sie sich aber auch gegenseitig verändern. Als Beispiel kann die Lean Methode Jidoka genannt werden. Hier wird durch Industrie 4.0 ein Wechsel vom Erkennen von Problemen zum Vorhersagen von potenziellen Problemen gemacht, bevor diese überhaupt eingetreten sind.

Folgendes Zitat, fasst die erarbeiteten Erkenntnisse optimal zusammen:

„Insgesamt zeigt sich, dass einerseits die Nutzung von Lean Management ein Erfolgsfaktor für Industrie 4.0 ist, andererseits aber auch Industrie 4.0 als Treiber bei der Umsetzung von Lean Management fungieren kann.“²⁷⁸

7.3 Ausblick und weiterer Forschungsbedarf

Das Thema Industrie 4.0 steckt noch in den Kinderschuhen. Es gibt viele potenzielle Entwicklungsrichtungen, in die sich das Thema in den nächsten Monaten und Jahren entwickeln könnte. Durch den Weitergang von I4.0 wird sich auch die Relation zu Lean Management weiterentwickeln, hier wird zukünftig also sicher weiterer Forschungsbedarf entstehen.

Grundsätzlich besteht aber auch aktuell noch weiterer Forschungsbedarf. Hier wäre eine Vertiefung in die Methoden anzudenken, um genauer herauszuarbeiten, wie diverse Technologien die Lean Methoden unterstützen und verändern könnten. Diese Vertiefung, auch teilweise in technologische Gefilde, hätte den Rahmen dieser Arbeit gesprengt.

Weiters ist zu erwähnen, dass in dieser Arbeit nur ein kleiner Teil der Lean Management Methoden und I4.0 Ansätze behandelt wurde, auch hier gäbe es noch weiteres Potential für weiterreichende Inhalte. Methoden wie FMEA und Wertanalyse, sind nur zwei Beispiele

²⁷⁸ Steven 2019, S. 115.

für Lean Methoden, die ebenfalls eine Veränderung durch Industrie 4.0 erlebt haben und auch weiterhin erleben werden.

Diverse Autoren und Autorinnen haben die Aussage getätigt, dass Lean Methoden im Unternehmen eingeführt und gelebt werden müssen, bevor in Industrie 4.0 investiert werden sollte. An diesem Punkt wäre eine weiterführende Analyse interessant, welche Lean Aspekte und Methoden denn genau schon gefestigt sein müssten, bevor in Digitalisierung und Automatisierung investiert werden soll.

Literaturverzeichnis

Andelfinger, Volker P.; Hänisch, Till (Hrsg.) (2017): Industrie 4.0: wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern. Wiesbaden: Springer Gabler.

Bauer, Harald u.a. (2018): „Integration of Industrie 4.0 in Lean Manufacturing Learning Factories.“ In: Procedia Manufacturing, (= “Advanced Engineering Education & Training for Manufacturing Innovation”8th CIRP Sponsored Conference on Learning Factories (CLF 2018)) 23 (2018), S. 147–152. Online im Internet: DOI: 10.1016/j.promfg.2018.04.008

Becker, Wolfgang; Ulrich, Patrick; Botzkowski, Tim (2017): Industrie 4.0 im Mittelstand: Best Practices und Implikationen für KMU. Wiesbaden: Springer Gabler (= Management und Controlling im Mittelstand).

Bertagnolli, Frank (2018): Lean Management: Einführung und Vertiefung in die japanische Management-Philosophie. Wiesbaden: Springer Gabler (= Lehrbuch).

Bleher, Nadia (2014): Produktionssysteme erfolgreich einführen. Wiesbaden: Springer Gabler (= Springer Gabler Research).

Butschek, Michael (2018): Digitalisierung in Industrie-, Handels- und Dienstleistungsunternehmen: Konzepte - Lösungen - Beispiele. Herausgegeben von Lars Fend; Jürgen Hofmann. Wiesbaden: Springer Gabler.

Claushues, Judith; Hurtz, Albert (2017): Lean Leadership: agiles Lean gelingt nur mit den Menschen. 1. Auflage. Göttingen: BusinessVillage.

Czichos, Horst (2019): „Cyber-physische Systeme.“ In: Mechatronik: Grundlagen und Anwendungen technischer Systeme. Herausgegeben von Horst Czichos. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 333–344. Online im Internet: DOI: 10.1007/978-3-658-26294-5_16 (Zugriff am: 21.03.2021).

Deuse, Jochen u.a. (2020): „Systematic combination of Lean Management with digitalization to improve production systems on the example of Jidoka 4.0.“ In: International Journal of Engineering Business Management, 12 (2020). Online im Internet: DOI: 10.1177/1847979020951351 (Zugriff am: 03.06.2021).

Steven, Marion; Dörseln, Jan (Hrsg.) (2020): Smart Factory: Einsatzfaktoren - Technologie - Produkte. Herausgegeben von Marion Steven; Jan Niklas Dörseln. Stuttgart: Kohlhammer Verlag. Online im Internet: URL: <https://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfull-record.aspx?p=6028304> (Zugriff am: 28.03.2021).

Enke, Judith u.a. (2018): „Industrie 4.0 – Competencies for a modern production system: A curriculum for Learning Factories.“ In: Procedia Manufacturing, (= “Advanced Engineering Education & Training for Manufacturing Innovation”8th CIRP Sponsored Conference on Learning Factories (CLF 2018)) 23 (2018), S. 267–272. Online im Internet: DOI: 10.1016/j.promfg.2018.04.028

Feldmann, Carsten; Gorj, Anneliese (2017): 3D-Druck und Lean Production: schlanke Produktionssysteme mit additiver Fertigung. Wiesbaden: Springer Gabler.

Focke, Markus; Steinbeck, Jörn (2018): Steigerung der Anlagenproduktivität durch OEE-Management: Definitionen, Vorgehen und Methoden – von manuell bis Industrie 4.0. Wiesbaden: Springer Gabler (= essentials).

Goldenstein, Jan; Hunoldt, Michael; Walgenbach, Peter (2018): Wissenschaftliche(s) Arbeiten in den Wirtschaftswissenschaften: Themenfindung - Recherche - Konzeption - Methodik - Argumentation. Wiesbaden, Germany: Springer Gabler (= Lehrbuch).

Gotthardt, Sascha u.a. (2019): „Digitalized milk-run system for a learning factory assembly line.“ In: Procedia Manufacturing, (= Research. Experience. Education. 9th Conference on Learning Factories 2019 (CLF 2019), Braunschweig, Germany) 31 (2019), S. 175–179. Online im Internet: DOI: 10.1016/j.promfg.2019.03.028

Hänggi, Roman; Fimpel, André; Siegenthaler, Roland (2021): LEAN Production - Einfach und Umfassend Ein Praxisorientierter Leitfaden Zu Schlanken Prozessen Mit Bildern Erklärt. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin / Heidelberg. Online im Internet: URL: <http://public.eblib.com/choice/PublicFullRecord.aspx?p=6473594> (Zugriff am: 22.05.2021).

Hanschke, Inge (2018): Digitalisierung und Industrie 4.0 - einfach und effektiv: Systematisch und lean die Digitale Transformation meistern. München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG. Online im Internet: DOI: 10.3139/9783446452992 (Zugriff am: 02.04.2021).

Hanschke, Inge (2021): Digitaler Wandel - lean et systematisch: Disruptive und evolutionäre Innovationen ganzheitlich vorantreiben in Business et IT.

Helmke, Björn (2019): Projektmanagement in Logistik und Supply Chain Management: Praxisleitfaden mit Beispielen aus Industrie, Handel und Dienstleistung. Herausgegeben von Dirk H. Hartel. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler.

Helmold, Marc (2021): Kaizen, Lean Management und Digitalisierung: Mit den japanischen Konzepten Wettbewerbsvorteile für das Unternehmen erzielen. S.I.: GABLER.

Hierzer, Rupert (2017): Prozessoptimierung 4.0: den digitalen Wandel als Chance nutzen. 1. Auflage. Freiburg, München, Stuttgart: Haufe Gruppe.

Hofmann, Josephine (Hrsg.) (2018): Arbeit 4.0 - Digitalisierung, IT und Arbeit: IT als Treiber der digitalen Transformation. Wiesbaden: Springer Vieweg (= Edition HMD).

Hompel, Michael ten; Vogel-Heuser, Birgit; Bauernhansl, Thomas (Hrsg.) (2019): Handbuch Industrie 4.0: Produktion, Automatisierung und Logistik. Place of publication not identified: SPRINGER VIEWEG. Online im Internet: URL: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-45537-1> (Zugriff am: 03.06.2021).

Hurtz, Albert; Best, Daniela (2014): Raus aus der Lean-Falle: Lean erfolgreich zur Gewohnheit machen. 1. Aufl. Göttingen, Niedersachs: BusinessVillage.

Jodlbauer, Herbert (2018): Digitale Transformation der Wertschöpfung. 1. Auflage. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.

Kieviet, André (2016): Erfolgsfaktor Lean Management 2.0: wettbewerbsfähige Verschlan-
kung auf nachhaltige und kundenorientierte Weise. Herausgegeben von Hansjörg Künzel. Berlin Heidelberg: Springer Gabler (= Erfolgsfaktor Serie).

Klepzig, Prof. Dr. Heinz-Jürgen (2018): Lean Management in der Praxis. Hans-Böckler-Stiftung. Online im Internet: URL: https://www.boeckler.de/de/faust-detail.htm%3Fsync_id=HBS-007036 (Zugriff am: 20.05.2021).

Klotz, Anita u.a. (2017): Lean Production für die variantenreiche Einzelfertigung: Flexibilität wird zum neuen Standard. Herausgegeben von Reinhard Koether; Klaus-Jürgen Meier. Wiesbaden: Springer Gabler.

„Kooperationsprojekt Lean 4.0“ (2020): Fraunhofer Austria. Kooperationsprojekt Lean 4.0. Online im Internet: URL: <https://www.fraunhofer.at/de/schlungen-und-seminare/kooperationsprojekt-lean-4-0.html> (Zugriff am: 01.11.2020).

Kraus, Christian (2019): Produktion Online. Siemens auf dem Weg zur perfekten Fabrik. Online im Internet: URL: https://www.produktion.de/industrial_future_roi/siemens-auf-dem-weg-zur-perfekten-fabrik-113.html (Zugriff am: 20.06.2021).

Lughofer, Edwin; Sayed-Mouchaweh, Moamar (Hrsg.) (2019): Predictive Maintenance in Dynamic Systems: Advanced Methods, Decision Support Tools and Real-World Applications. 1st ed. 2019. Cham: Springer International Publishing : Imprint: Springer. Online im Internet: DOI: 10.1007/978-3-030-05645-2

Mayr, A. u.a. (2018): „Lean 4.0 - A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0.“ In: Procedia CIRP, (= 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems) 72 (2018), S. 622–628. Online im Internet: DOI: 10.1016/j.procir.2018.03.292

Meudt, Tobias; Metternich, Joachim; Abele, Eberhard (2017): „Value stream mapping 4.0: Holistic examination of value stream and information logistics in production.“ In: CIRP Annals, 66 (2017), 1, S. 413–416. Online im Internet: DOI: 10.1016/j.cirp.2017.04.005

Mosch, Dr. Christian; Prumbohm, Felix (2018): VDMA. Industrie 4.0 trifft Lean. Online im Internet: URL: <http://industrie40.vdma.org/viewer/-/v2article/render/26009125> (Zugriff am: 22.05.2021).

Nyhuis, Peter; Schmidt, Matthias; Quirico, Melissa (2017): Handbuch Industrie 4.0: Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. Herausgegeben von Gunther Reinhart. München: Hanser.

Obermaier, Robert (2017): Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe: betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen. Herausgegeben von Robert Obermaier. 2., korrigierte Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler.

Ohno, Taiichi (1988): Toyota production system: beyond large-scale production. Cambridge, Mass: Productivity Press.

Pistorius, Johannes (2020): Industrie 4.0 - Schlüsseltechnologien für die Produktion: Grundlagen • Potenziale • Anwendungen. Online im Internet: URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61580-5> (Zugriff am: 24.09.2020).

Prinz, Christopher; Kreggenfeld, Niklas; Kuhlenkötter, Bernd (2018): „Lean meets Industrie 4.0 – a practical approach to interlink the method world and cyber-physical world.“ In: Procedia Manufacturing, (= “Advanced Engineering Education & Training for Manufacturing

Innovation"8th CIRP Sponsored Conference on Learning Factories (CLF 2018)) 23 (2018), S. 21–26. Online im Internet: DOI: 10.1016/j.promfg.2018.03.155

Roddeck, Werner (2019): „Aktoren.“ In: Einführung in die Mechatronik. Herausgegeben von Werner Roddeck. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 215–262. Online im Internet: DOI: 10.1007/978-3-658-27775-8_6 (Zugriff am: 21.03.2021).

Schallmo, Daniel u.a. (Hrsg.) (2017): Digitale Transformation von Geschäftsmodellen: Grundlagen, Instrumente und Best Practices. Wiesbaden: Springer Gabler (= Schwerpunkt: Business Model Innovation).

Schneider, Henricque; Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH (2020): Das Rätsel der Produktivität Betriebs- und volkswirtschaftliche Aktualisierung eines missverstandenen Begriffs.

Schönfelder, Christoph (2018): Muße – Garant für unternehmerischen Erfolg: Ihr Potenzial für Führung und die Arbeitswelt 4.0. Wiesbaden: Springer.

Shahin, Mohammad u.a. (2020): „Integration of Lean practices and Industry 4.0 technologies: smart manufacturing for next-generation enterprises.“ In: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 107 (2020), 5, S. 2927–2936. Online im Internet: DOI: 10.1007/s00170-020-05124-0

Sondermann, Jochen Peter (2019): Poka Yoke: Prinzip und Techniken für Null-Fehler-Prozesse. Herausgegeben von Gerd F. Kamiske. 2. Auflage. München: Hanser (= Pocket Power).

Steven, Marion (2019): Industrie 4.0: Grundlagen - Teilbereiche - Perspektiven. 1. Auflage. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer (= Moderne Produktion).

Ullrich, Günter; Albrecht, Thomas (2020): Fahrerlose Transportsysteme: Eine Fibel - mit Praxisanwendungen - zur Technik - für die Planung. Place of publication not identified: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. Online im Internet: URL: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-658-27472-6> (Zugriff am: 06.06.2021).

Valamede, Luana Sposito; Akkari, Alessandra Cristina Santos (2020): „Lean 4.0: A New Holistic Approach for the Integration of Lean Manufacturing Tools and Digital Technologies.“ In: International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences, 5 (2020), 5, S. 851–868. Online im Internet: DOI: 10.33889/IJMEMS.2020.5.5.066

Vogel-Heuser, Birgit; Bauernhansl, Thomas; Ten Hompel, Michael (Hrsg.) (2017): Handbuch Industrie 4.0. Bd. 4: Allgemeine Grundlagen. 2. Auflage. Berlin: Springer Vieweg (= Springer Reference Technik).

„Von Lean zur digitalen Fabrik - eine Vision wird Realität“ (2020): Bosch Connected Industry. Von Lean zur digitalen Fabrik - eine Vision wird Realität. Online im Internet: URL: <https://www.bosch-connected-industry.com/de/de/aktuelles/entdecken-sie-unsere-nexeed-whitepaper/whitepaper-industrie-4-0-und-lean-manufacturing/> (Zugriff am: 22.05.2021).

Wagner, Rainer Maria (Hrsg.) (2018): Industrie 4.0 für die Praxis: mit realen Fallbeispielen aus mittelständischen Unternehmen und vielen umsetzbaren Tipps. Wiesbaden: Springer Gabler.

Wagner, Tobias; Herrmann, Christoph; Thiede, Sebastian (2017): „Industry 4.0 Impacts on Lean Production Systems.“ In: Procedia CIRP, (= Manufacturing Systems 4.0 – Proceedings of the 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems) 63 (2017), S. 125–131. Online im Internet: DOI: 10.1016/j.procir.2017.02.041

Weinreich, Uwe (2016): Lean Digitization: digitale Transformation durch agiles Management. Berlin Heidelberg: Springer Gabler.

Wiegand, Bodo (2018): Der Weg aus der Digitalisierungsfalle: mit Lean Management erfolgreich in die Industrie 4.0. Wiesbaden: Springer Gabler.

Womack, James P.; Jones, Daniel T. (2013): Lean Thinking: Ballast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern. 3., aktualisierte und erw. Aufl. Frankfurt am Main: Campus-Verl (= Management).

Zollondz, Hans-Dieter (2013): Grundlagen Lean Management: Einführung in Geschichte, Begriffe, Systeme, Techniken sowie Gestaltungs- und Implementierungsansätze eines modernen Managementparadigmas. München: Oldenbourg Verlag (= Edition Management).

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich vorliegende Masterarbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher noch in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Nicole A' followed by a horizontal line.

Dornbirn, am 08.07.2021

Nicole Amann