

BACHELORTHESIS
Mohamed Tahsin Thiab

Effizienzsteigerung administrativer Informationsprozesse in der Produktion: Nahtlose Integration in technische Produktionsprozesse und der Einfluss von Industrie 4.0 und 5.0

FAKULTÄT TECHNIK UND INFORMATIK
Department Informatik

Faculty of Computer Science and Engineering
Department Computer Science

Mohamed Tahsin Thiab

Effizienzsteigerung administrativer
Informationsprozesse in der Produktion:
Nahtlose Integration in technische
Produktionsprozesse und der Einfluss von
Industrie 4.0 und 5.0

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung
im Studiengang *Bachelor of Science Angewandte Informatik*
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Frau Prof. Dr. Ulrike Steffens
Zweitgutachter: Herr Prof. Dr. Rüdiger Weißbach

Eingereicht am: 30.09.2024

Mohamed Tahsin Thiab

Thema der Arbeit

Effizienzsteigerung administrativer Informationsprozesse in der Produktion: Nahtlose Integration in technische Produktionsprozesse und der Einfluss von Industrie 4.0 und 5.0

Stichworte

Effizienzsteigerung, administrative Informationsprozesse, nahtlose Integration, technische Produktionsprozesse, Industrie 4.0, Industrie 5.0, digitale Transformation, Robotic Process Automation (RPA), Cyber-Physical Systems (CPS), Industrial Internet of Things (IIoT), Mensch-Maschine-Kollaboration, Exoskelette, Diversität, Inklusion, Empowerment, agile Unternehmensstrukturen, Prozessautomatisierung, digitale Verwaltung, Innovationskraft, nachhaltige Entwicklung, IT-Sicherheit, ergonomische Gestaltung

Kurzzusammenfassung

In dieser Arbeit wird die Effizienzsteigerung administrativer Informationsprozesse in der Produktion untersucht, insbesondere durch die nahtlose Integration in technische Produktionsprozesse und den Einfluss von Industrie 4.0 und 5.0. Es wird analysiert, wie moderne Technologien wie der Industrial Business Process Twin (IBPT) und Seamless Design-to-Manufacture (SDTM) administrative und technische Abläufe optimieren können. Die Implementierung dieser Ansätze adressiert bestehende Herausforderungen und bietet zukunftsweisende Lösungen für die Produktion, wodurch die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft von Unternehmen gestärkt werden.

Mohamed Tahsin Thiab

Title of Thesis

Enhancing the Efficiency of Administrative Information Processes in Production: Seamless Integration into Technical Production Processes and the Impact of Industry 4.0 and 5.0

Keywords

Efficiency enhancement, administrative information processes, seamless integration, technical production processes, Industry 4.0, Industry 5.0, digital transformation, Robotic Process Automation (RPA), Cyber-Physical Systems (CPS), Industrial Internet of Things (IIoT), human-machine collaboration, exoskeletons, diversity, inclusion, empowerment, agile organizational structures, process automation, digital administration, innovation capability, sustainable development, IT security, ergonomic design.

Abstract

This thesis explores the enhancement of efficiency in administrative information processes within production, focusing on seamless integration into technical production processes and the impact of Industry 4.0 and 5.0. The study analyzes how modern technologies, such as the Industrial Business Process Twin (IBPT) and Seamless Design-to-Manufacture (SDTM), can optimize both administrative and technical workflows. The implementation of these approaches addresses existing challenges and provides forward-looking solutions for production, thereby strengthening the competitiveness and innovative capabilities of companies.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	viii
Tabellenverzeichnis.....	ix
Abkürzungsverzeichnis	x
1 Einleitung.....	12
1.1 Hintergrund und Motivation.....	12
1.2 Problemstellung.....	13
2 Grundlagen.....	14
2.1 Historische Entwicklung – Phasen der industriellen Revolutionen	14
2.2 Das Konzept Industrie 5.0	16
2.3 Vom digitalen Wandel zur menschlichen Zusammenarbeit: Der Weg von Industrie 4.0 zu 5.0.....	18
2.3.1 Chancen beim Paradigmenwechsel – Industrie 4.0 zu 5.0.....	18
2.3.2 Gefahren beim Paradigmenwechsel – Industrie 4.0 zu 5.0.....	20
3 Nahtlose Integration in technische Produktionsprozesse.....	21
3.1 Ziel der nahtlosen Integration.....	22
3.2 Konvergenz – Informations-Technologie (IT) und Operative Technologie (OT)	22
3.2.1 Erhöhte Risiken in der IT Sicherheit	22
3.2.2 Eliminierung der IT/OT Kommunikationsstruktur	23
3.3 Seamless Design-to-Manufacture (SDTM) als Alternative zu Computer Aided Design (CAD) und Computer Aided Manufacturing (CAM).....	26
3.4 Fazit – Nahtlose Integration in technische Produktionsprozesse	28
4 Methodik.....	29
4.1 Der Ablauf des Interviews.....	29

4.2	Der Aufbau des Interviewleitfadens	30
4.3	Experteninterview	32
5	Einfluss von Industrie 4.0 auf Produktionsprozesse	35
5.1	Einfluss von Industrie 4.0 auf administrative Produktionsprozesse	35
5.1.1	Digitale Transformation in der Verwaltung	36
5.1.2	Process Automation (RPA) in der Verwaltung	37
5.1.3	Veränderungen in der Kommunikation und Koordination	41
5.1.4	Fazit - Einfluss von Industrie 4.0 auf administrative Produktionsprozesse	41
5.2	Einfluss von Industrie 4.0 auf technische Produktionsprozesse	42
5.2.1	Veränderung der gesamten Wertschöpfungskette von Produzenten	42
5.2.2	Das Industrial Internet of Things (IIoT) und seine Abgrenzung vom Internet of Things (IoT)	43
5.2.3	Automatisierung und Robotik	44
5.2.4	Cyber-Physical Systems (CPS) und vertikale und horizontale Kommunikation	45
5.2.5	Eine sichere Architektur für Gesundheitsanwendungen auf Basis von Cyber-Physical Systems (CPS)	46
5.2.6	Fazit	48
5.3	Kapitelfazit	49
6	Einfluss von Industrie 5.0 auf Produktionsprozesse	50
6.1	Einfluss von Industrie 5.0 auf administrative Produktionsprozesse	50
6.1.1	Einfluss von Diversität, Inklusion und Empowerment im Zeitalter von Industrie 5.0	51
6.1.2	Automatisierung und Effizienzsteigerung in der Verwaltung des Gesundheitswesens	53
6.1.3	Fazit	55
6.2	Einfluss von Industrie 5.0 auf technische Produktionsprozesse	56
6.2.1	Technologische Modernisierungen - Mensch-Maschine-Kollaboration und Einsatz von Exoskeletten	56
6.2.2	Der Einfluss empathischer Technologien auf langfristige Mensch-Maschine-Interaktionen	59

6.2.3	Fazit.....	60
6.3	Kapitelfazit	61
7	Zusammenfassung und Fazit	62
7.1	Zusammenfassung.....	62
7.2	Fazit	63
8	Literaturverzeichnis	65
8.1	Abbildungen	71
8.2	Tabellen	73

Abbildungsverzeichnis

Figure 1: Entwicklung der industriellen Produktion im historischen Kontext [1].....	14
Figure 2: Chronologische Darstellung von Industrie 5.0 innerhalb der industriellen Entwicklung [2]	16
Figure 3: Historische Entwicklung der Industrie x.o [3]	17
Figure 4: Funktionsweise des Industrial Business Process Twin (IBPT) [4]	24
Figure 5: Test des IBPT am Spiel Mühle [5]	25
Figure 6: Vertikale und Horizontale Kommunikation in Cyber-Physischen Systemen [6].....	45
Figure 7: Modulare Ansicht der CPeSC3-Architektur [7]	47
Figure 8: Umsatzverteilung von Exoskeletten nach Marktsegment [8].....	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vorgefallene Cyberangriffe auf OT-Systeme [9]	23
--	----

Abkürzungsverzeichnis

IBPT	Industrial Business Process Twin
SDTM	Seamless Design-to-Manufacture
OT	Operative Technologie
IT	Informationstechnologie
IoT	Internet of Things
IIoT	Industrial Internet of Things
KI	Künstliche Intelligenz
IDS	Intrusion-Detection-Systeme
ICS	Industrial-Control-Systeme
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
IP	Internet Protocol
TCP	Transmission Control Protocol
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
AI	Artificial Intelligence
CAD	Computer-Aided Design
CAM	Computer-Aided Manufacturing
OPC UA	Open Platform Communications Unified Architecture
RPA	Robotic Process Automation

CPS	Cyber-Physical-Systems
CRM	Customer Relationship Management
SCM	Supply Chain Management
M2M	Machine-to-Machine
OOP	Once-Only-Prinzip
MRK	Mensch-Roboter-Kollaboration
HR	Human Resources
KM	Knowledge Management (Wissensmanagement)
EHR	Electronic Health Record (Elektronische Gesundheitsakte)
Cobot	Collaborative Robot (Kollaborativer Roboter)

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Effizienzsteigerung administrativer Informationsprozesse in der Produktion und untersucht dabei die nahtlose Integration dieser Prozesse in technische Produktionsabläufe im Kontext von Industrie 4.0 und Industrie 5.0. Diese beiden Paradigmen haben maßgeblichen Einfluss auf die Gestaltung moderner Produktionsumgebungen, indem sie digitale Technologien und neue Arbeitsmodelle einführen, die nicht nur die Effizienz, sondern auch die Qualität und Flexibilität der Produktion erhöhen.

1.1 Hintergrund und Motivation

Die industrielle Landschaft hat sich in den letzten Jahren rasant gewandelt, beeinflusst durch die fortschreitende Digitalisierung, Automatisierung und Vernetzung von Produktionsprozessen. Industrie 4.0 markiert den Übergang zu einer datengetriebenen, intelligenten Produktion, in der Maschinen, Systeme und Menschen eng miteinander kommunizieren und kooperieren. Diese Revolution ermöglicht es Unternehmen, Prozesse in Echtzeit zu überwachen, Entscheidungen datenbasiert zu treffen und Ressourcen effizienter zu nutzen.

Mit dem Aufkommen von Industrie 5.0 wird ein weiterer Schritt in Richtung einer menschenzentrierten Produktionsweise vollzogen. Hierbei werden nicht nur technologische Fortschritte, sondern auch soziale Aspekte wie Diversität und Inklusion in den Vordergrund gerückt. Die Integration von administrativen und technischen Prozessen wird zunehmend als Schlüssel zur Wettbewerbsfähigkeit betrachtet, da sie es Unternehmen ermöglicht, sich an die dynamischen Anforderungen des Marktes anzupassen und innovative Lösungen zu entwickeln.

Die Motivation für diese Arbeit liegt in der Erkenntnis, dass eine effektive Integration administrativer Informationsprozesse in technische Abläufe nicht nur die Effizienz steigert,

sondern auch die Innovationskraft und Anpassungsfähigkeit von Unternehmen fördern kann. Durch die Untersuchung von Methoden wie dem Industrial Business Process Twin (IBPT) und dem Seamless Design-to-Manufacture (SDTM) sollen Potenziale und Herausforderungen identifiziert werden, um Unternehmen bei der erfolgreichen Umsetzung dieser Konzepte zu unterstützen.

1.2 Problemstellung

Trotz der vielen Vorteile, die Industrie 4.0 und Industrie 5.0 bieten, stehen Unternehmen vor erheblichen Herausforderungen bei der Umsetzung. Die Digitalisierung administrativer Prozesse erfordert nicht nur technische Anpassungen, sondern auch Veränderungen in der Unternehmenskultur, den Arbeitsabläufen und den Kompetenzen der Mitarbeiter. Insbesondere die Verbindung von IT- und Betriebstechnologien (OT) birgt Risiken, da eine unzureichende Integration zu Informationssilos, ineffizienten Prozessen und letztlich zu höheren Kosten führen kann.

Darüber hinaus müssen Unternehmen sicherstellen, dass ihre Systeme sowohl sicher als auch skalierbar sind, um den Anforderungen einer vernetzten Produktionsumgebung gerecht zu werden. Fragen des Datenschutzes und der IT-Sicherheit gewinnen an Bedeutung, da die Vernetzung von Maschinen und Systemen auch neue Angriffsflächen für Cyberkriminalität schafft.

Die Problemstellung dieser Arbeit konzentriert sich auf die Identifizierung und Analyse dieser Herausforderungen sowie auf die Entwicklung von Lösungsansätzen zur Verbesserung der Effizienz administrativer Informationsprozesse. Ein besonderes Augenmerk liegt darauf, wie Unternehmen die Chancen, die sich aus der digitalen Transformation ergeben, nutzen können, um ihre Produktionsprozesse zukunftssicher zu gestalten. Diese Untersuchung soll als Grundlage für praxisnahe Empfehlungen dienen, die Unternehmen helfen, die Herausforderungen der industriellen Revolutionen erfolgreich zu meistern.

2 Grundlagen

2.1 Historische Entwicklung – Phasen der industriellen Revolutionen

Um den Begriff Industrie 4.0 zu verstehen, sollten zunächst die industriellen Revolutionsstufen verstanden werden. Man spricht von einer neuen industriellen Revolution, wenn eine Zeitspanne durch tiefgreifende Veränderungen in der industriellen Produktion geprägt ist, wodurch das alltägliche Leben grundlegende Veränderungen aufweist.

Die folgende Abbildung zeigt die vier industriellen Revolutionen, welche im Anschluss erläutert werden.

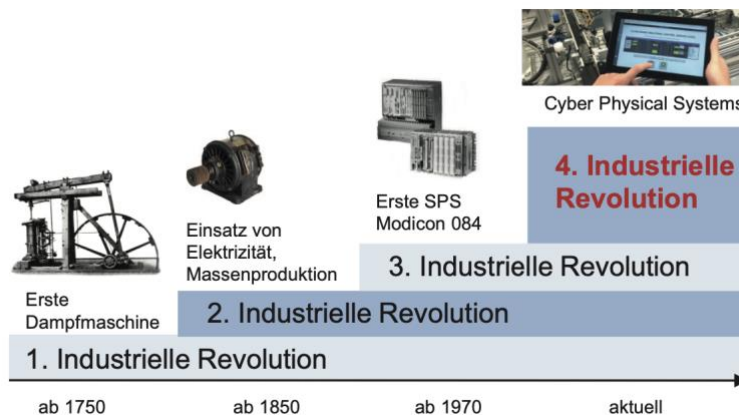


Figure 1: Entwicklung der industriellen Produktion im historischen Kontext [1]

Erste industrielle Revolution

Die erste industrielle Revolution hatte als Pionier Großbritannien, welche sich durch wichtige Erfindungen wie die der Dampfmaschine und dem mechanischen Webstuhl auszeichnete. Damit waren die Grundbausteine für eine fortschrittliche und moderne Gesellschaft geebnet.

Die Zeit von 1720 bis 1840 wurde geprägt durch die Einführung einer freien Marktwirtschaft und rechtlichen sowie unternehmerischen Fortschritten (Penprase, 2018). Außerdem wuchsen Bibliotheken in einer rapiden Geschwindigkeit. Diese waren dadurch umso schwerer zu verwalten und es brauchte Bibliothekare, welche in Vollzeit für die Verwaltung eingestellt werden.

Zweite industrielle Revolution

Die zweite industrielle Revolution wird auf einen Zeitraum von ca. 1860 bis 1914 datiert. Die Zeit war geprägt von Erfindungen, welche Elektrizität verwendeten. Beispiele hierfür sind das Telefon, die Glühbirne sowie der Verbrennungsmotor. Die Massenproduktion hatte hier ihren Ursprung, da durch den Fortschritt große Mengen der gleichen Produkte hergestellt werden konnten. Zudem wurden viele öffentlich zugängliche Bibliotheken eröffnet.

Dritte industrielle Revolution

Die dritte industrielle Revolution begann in den späten 1950er Jahren. Dabei ist es strittig, ob sie bis heute andauert. Unser heutiges Leben, geprägt durch digitale Technologien wie Computer, das Internet und mobile Kommunikationsgeräte, hat seine Wurzeln in dieser Zeit. Die Fortschrittskurve im Bereich der Informationstechnologie stieg exponentiell an. Die Art und Weise wie Informationen gespeichert werden wurde grundlegend verändert. Das zuvor erwähnte Problem, der Speicherung von Daten, wurde durch den Einsatz moderner Rechner Geschichte. Bücher wurden weltweit zugänglich, was den Wissensaustausch erheblich erleichterte. Außerdem konnten viele Prozesse durch die Erfindung von Mikroprozessoren automatisiert werden (Featherstone, 1990).

Industrie 4.0 – Die vierte industrielle Revolution?

Der Begriff Industrie 4.0 entsprang einer Empfehlung einer Forschungsunion aus Wirtschaft und Wissenschaft an die deutsche Bundesregierung. Langmann (2021) beschreibt Industrie 4.0 als „die Verschmelzung von moderner Informationstechnologie mit konventionellen Industrieprozessen“ (S. 226). Das Endziel ist dabei eine vollständig vernetzte Welt, in der Cyber-Physical Systems und das Internet of Things zusammenkommen und die industrielle Landschaft so tiefgreifend umgestalten, dass man rückblickend von einer vierten industriellen Revolution sprechen könnte. Die Vorstellung dieses Konzepts motivierte viele Unternehmen,

ihre Geschäftsprozesse anzupassen, um in der Zukunft konkurrenzfähig zu bleiben. Das Ziel einer digitalen Transformation wurde im Bereich der modernen Technik zu einem leitenden Prinzip, das von vielen als unverzichtbar angesehen wird (Langmann, 2021).

2.2 Das Konzept Industrie 5.0

Aktuell zeichnet sich für Experten eine neue Phase des technologischen Fortschritts ab. Industrie 5.0 verfolgt einen kollaborativen und menschenzentrierten Ansatz, bei dem moderne Technologien so gestaltet werden sollen, dass sie nahtlos in den Alltag der Menschen integriert werden und deren Lebensqualität verbessern.

Die folgende Abbildung ergänzt die zuvor vorgestellten vier Phasen der industriellen Revolution um eine potenziell bevorstehende fünfte Phase, die als Industrie 5.0 bezeichnet wird.

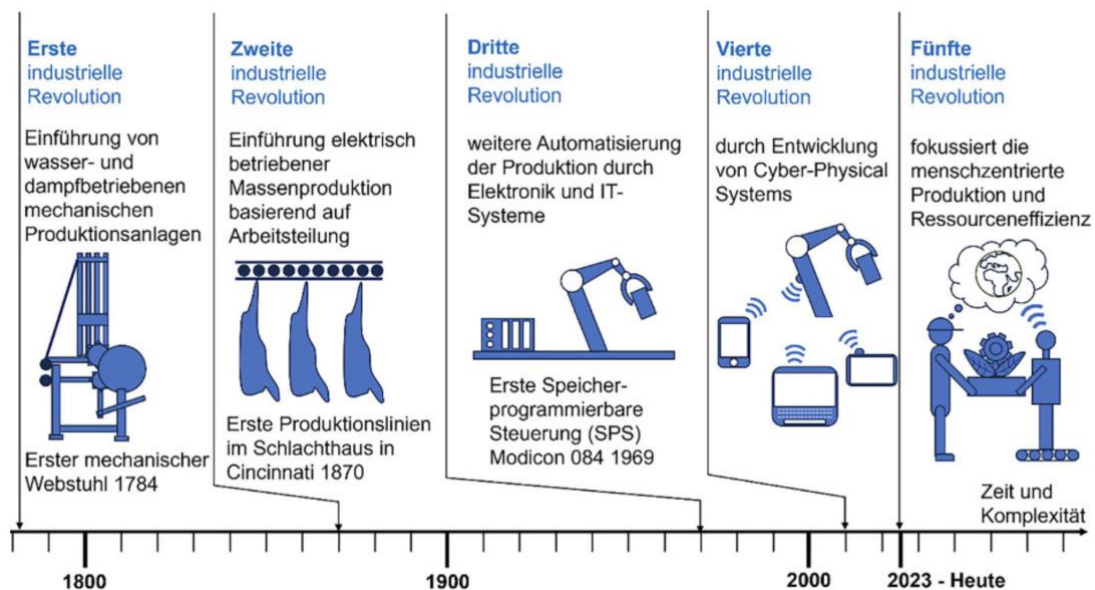


Figure 2: Chronologische Darstellung von Industrie 5.0 innerhalb der industriellen Entwicklung [2]

Im Jahr 2021 erklärte die Europäische Kommission Industrie 5.0 zum offiziellen Ziel, nachdem sich diese Entwicklung in den Jahren zuvor durch zahlreiche Diskussionen abzeichnete. Gründe für diese Zielsetzung sind unter anderem eine stärker sozial ausgerichtete und umweltfreundlichere Industrie. Mit zunehmendem technologischen Fortschritt wird es immer wichtiger, die sozialen Werte der Menschen zu achten. Die Idee von Industrie 5.0 basiert daher auf dem Prinzip, Technologien nicht blind zu entwickeln, sondern zukunftsorientierte und nachhaltige Ziele zu verfolgen und diese konsequent umzusetzen. (Xu et al., 2021)

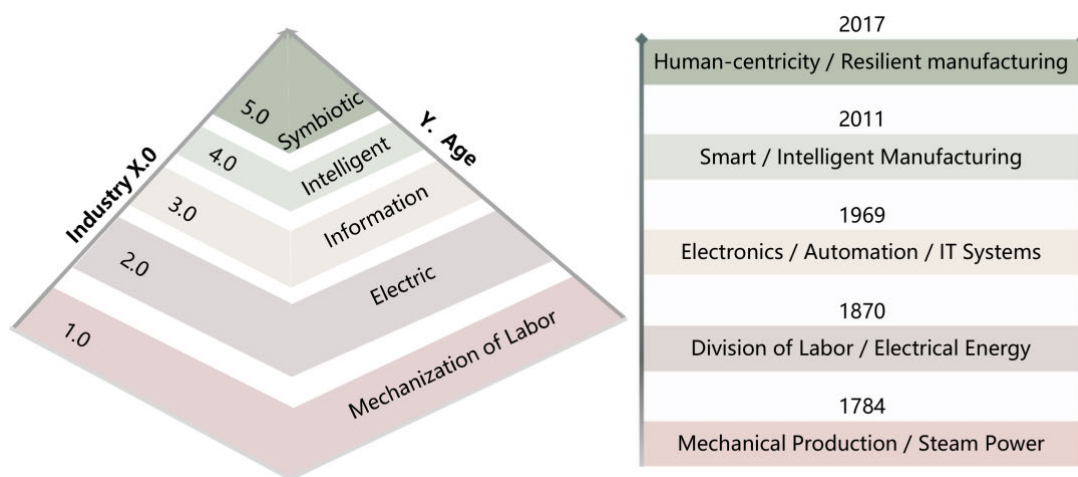


Figure 3: Historische Entwicklung der Industrie x.o [3]

Das Konzept Society 5.0

Im Jahr 2016 stellte Keidanren, einer der größten Unternehmensverbände Japans, das Konzept Society 5.0 vor. Dieses Konzept zielt darauf ab, eine Gesellschaft zu schaffen, in der moderne Technologien wie das Internet of Things, Roboter und Künstliche Intelligenz nicht primär für wirtschaftliche Zwecke, sondern vor allem zur Verbesserung des gesellschaftlichen Lebens eingesetzt werden. Dabei sollen alle Bürger die neuen Technologien als persönliche Bereicherung erleben. (Breque, 2021, S. 9)

Die Idee Industrie 5.0 aus Perspektive der Umwelt

Der 2019 angekündigte Green Deal gibt klare Vorgaben, wie eine umweltfreundliche Wirtschaft erreicht werden kann. Der Anstieg der Produktion erfordert mehr Energie und führt zu höheren CO₂-Emissionen. Industrie 5.0 hat das Potenzial, diese Emissionen zu reduzieren, indem Künstliche Intelligenz eine optimierte Materialnutzung ermöglicht. Zudem tragen verbesserte Lieferketten zu einem geringeren CO₂-Ausstoß bei. Angesichts der Umweltziele lohnt es sich, das Potenzial von Industrie 5.0 voll auszuschöpfen. (Breque, 2021, S. 26–28)

2.3 Vom digitalen Wandel zur menschlichen Zusammenarbeit: Der Weg von Industrie 4.0 zu 5.0

Bei der Entwicklung von Industrie 4.0 lag der Fokus auf der Integration neuer Technologien in bestehende Produktionsprozesse. Um Industrie 5.0 zu verwirklichen, muss dieser Ansatz jedoch um gesellschaftliche und umweltbezogene Aspekte erweitert werden (Xu et al., 2021). Während Industrie 4.0 auf Technologien wie das Internet of Things und Cloud-Computing setzt, um das Potenzial moderner Technik voll auszuschöpfen, betont Industrie 5.0 die Notwendigkeit, menschliche Fähigkeiten und Intelligenz zu fördern. Ziel ist es, Mensch und Maschine als Team zusammenarbeiten zu lassen. Dabei soll der Mensch nicht durch Technik überfordert, sondern durch sinnvolle und freudebringende Anwendungen unterstützt werden (Hassan, 2024, S. 5). Diese Entwicklung bietet jedoch nicht nur Chancen, sondern birgt auch Risiken, die bedacht werden müssen.

2.3.1 Chancen beim Paradigmenwechsel – Industrie 4.0 zu 5.0

Der Übergang von Industrie 4.0 zu Industrie 5.0 markiert einen entscheidenden Wendepunkt in der industriellen Entwicklung, der Unternehmen zahlreiche Chancen bietet, um wettbewerbsfähiger und anpassungsfähiger zu werden. Während sich viele Unternehmen noch in der Phase der digitalen Transformation befinden, zeichnet sich Industrie 5.0 bereits durch eine verstärkte Integration des Menschen in den Produktionsprozess ab. Diese neue industrielle Revolution legt den Schwerpunkt auf die Zusammenarbeit zwischen Menschen und intelligenten Maschinen, insbesondere Robotern, was den Unternehmen erlaubt, flexibler auf individuelle Kundenbedürfnisse einzugehen und personalisierte Produkte zu fertigen (Østergaard, 2018). Die Rückkehr der menschlichen Kreativität in Kombination mit der

Effizienz von Maschinen stellt eine neue Dimension der Produktgestaltung dar, die auf die wachsende Nachfrage nach maßgeschneiderten Lösungen reagiert.

Ein zentrales Merkmal von Industrie 5.0 ist die verstärkte Einbindung des Menschen in automatisierte Prozesse, was insbesondere in der Fertigungsindustrie zu neuen Möglichkeiten führt. Während die Automatisierung in Industrie 4.0 darauf abzielte, Prozesse zu standardisieren und die Produktionseffizienz zu steigern, wird in Industrie 5.0 die menschliche Fähigkeit zur Problemlösung und Kreativität betont. Maschinen übernehmen repetitive und monotone Aufgaben, während Menschen sich stärker auf kreative Tätigkeiten und die Überwachung komplexer Systeme konzentrieren (Accenture-Umfrage, 2017). Dies eröffnet den Unternehmen die Möglichkeit, ihre Produktionsabläufe weiter zu flexibilisieren und gleichzeitig die Qualität durch den "menschlichen Touch" zu verbessern (Atwell, 2017).

Darüber hinaus bringt die verstärkte Mensch-Maschine-Kollaboration in Industrie 5.0 neue Chancen für die Individualisierung von Produkten. Kunden legen zunehmend Wert auf maßgeschneiderte Produkte, die ihre Persönlichkeit und individuellen Vorlieben widerspiegeln. Unternehmen, die in der Lage sind, diese Nachfrage durch eine Kombination aus Automatisierung und menschlicher Handwerkskunst zu befriedigen, können sich entscheidende Wettbewerbsvorteile sichern (Østergaard, 2018). Dies führt nicht nur zu einer stärkeren Kundenbindung, sondern auch zu höheren Margen durch die Produktion von Premium- und Designerprodukten.

Ein weiterer Vorteil, den Industrie 5.0 mit sich bringt, ist die Reduzierung von Verschwendung in verschiedenen Bereichen der Produktion und Logistik. Der Fokus liegt hier auf der Prävention von physischen, urbanen, prozessbedingten und sozialen Abfällen. Durch optimierte Produktionsabläufe und effizientere Ressourcennutzung können Unternehmen nicht nur Kosten senken, sondern auch einen Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten (Shelzer, 2017; Rada, 2018). Dies wird in Zukunft ein wesentlicher Aspekt sein, da Verbraucher und Regierungen zunehmend auf umweltfreundliche und ressourcenschonende Produktionsmethoden achten.

Zusammenfassend eröffnet der Übergang von Industrie 4.0 zu 5.0 zahlreiche Chancen für Unternehmen. Durch die verstärkte Integration des Menschen in automatisierte Prozesse, die Individualisierung von Produkten und die Vermeidung von Verschwendung können Unternehmen ihre Wettbewerbsfähigkeit steigern und sich besser auf die Anforderungen einer

sich wandelnden Wirtschaft einstellen. Unternehmen, die frühzeitig auf diese Veränderungen reagieren und ihre Geschäftsmodelle entsprechend anpassen, haben die Möglichkeit, als Vorreiter der nächsten industriellen Revolution zu agieren (Paschek et al., 2019)

2.3.2 Gefahren beim Paradigmenwechsel – Industrie 4.0 zu 5.0

Der Übergang von Industrie 4.0 zu Industrie 5.0 bringt erhebliche technologische Fortschritte und Chancen, jedoch auch eine Vielzahl von Risiken und Herausforderungen mit sich. Während Industrie 4.0 stark auf Automatisierung, Datenintegration und den Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) setzt, um die Effizienz und Produktivität zu maximieren, geht Industrie 5.0 einen Schritt weiter und stellt den Menschen wieder ins Zentrum der Produktionsprozesse. Diese Mensch-Maschine-Kollaboration, auch bekannt als "Cobots" (kollaborative Roboter), birgt jedoch spezifische Gefahren, insbesondere im Bereich der Cybersicherheit und des Datenschutzes.

Ein zentrales Risiko bei der Einführung von Industrie 5.0 ist die erweiterte Angriffsfläche für Cyberbedrohungen, die durch die umfassende Integration des Internets der Dinge (IoT) entsteht. Die zunehmende Anzahl von vernetzten Endgeräten in Produktionsprozessen erhöht die Wahrscheinlichkeit von Angriffen auf kritische Infrastrukturen, was den Bedarf an robusten Sicherheitslösungen, wie Blockchain-basierten Zugriffskontrollsystemen und KI-gestützten Intrusion-Detection-Systemen (IDS), deutlich macht. Gleichzeitig bleibt das Thema Datenschutz eine vorrangige Herausforderung, da durch die Vernetzung und den Datenaustausch zwischen Maschinen und Menschen sensible Informationen gefährdet werden könnten.

Neben den technologischen Gefahren stellt auch die Umstellung der Arbeitskräfte auf neue Systeme eine potenzielle Hürde dar. Die menschliche Komponente spielt eine zentrale Rolle in der Industrie 5.0, weshalb der Mangel an qualifizierter Arbeitskraft oder die unzureichende Ausbildung der bestehenden Belegschaft erhebliche Schwierigkeiten bei der Implementierung neuer Technologien mit sich bringen kann. Unternehmen müssen daher sicherstellen, dass ihre Mitarbeiter nicht nur technisch geschult, sondern auch auf die ethischen und sicherheitsrelevanten Aspekte der Mensch-Maschine-Interaktion vorbereitet sind.

Ein weiteres Risiko liegt in der Resilienz von Systemen. Die wachsende Abhängigkeit von fortschrittlichen Technologien wie KI und Big Data bedeutet, dass Produktionsprozesse anfälliger für Störungen werden. Die COVID-19-Pandemie hat gezeigt, wie wichtig es ist, Systeme zu entwickeln, die auch in Krisenzeiten widerstandsfähig und flexibel bleiben. Hier gilt es, robuste Notfallpläne und flexible Produktionssysteme zu etablieren, um auf unvorhergesehene Ereignisse schnell reagieren zu können.

Insgesamt erfordert der Paradigmenwechsel von Industrie 4.0 zu 5.0 eine umfassende Risikobewertung und die Implementierung adäquater Sicherheits-, Schulungs- und Resilienzmaßnahmen, um die Vorteile dieser neuen industriellen Ära voll auszuschöpfen und gleichzeitig die damit verbundenen Gefahren zu minimieren (Hassan et al., 2022, Seiten 1- 7).

3 Nahtlose Integration in technische Produktionsprozesse

In diesem Kapitel wird die Thematik der nahtlosen Integration technischer Produktionsprozesse im Kontext der Industrie 4.0 und 5.0 umfassend beleuchtet. Der Fokus liegt auf der Verbindung und Integration von administrativen und technischen Prozessen, wobei insbesondere die Herausforderungen und Vorteile dieser Integration im Vordergrund stehen. Die Analyse beginnt mit der Definition des Ziels der nahtlosen Integration, gefolgt von einer detaillierten Untersuchung der Konvergenz von Informations-Technologie (IT) und Operativer Technologie (OT). Im weiteren Verlauf wird die Implementierung von neuen Konzepten wie dem Industrial Business Process Twin (IBPT) sowie dem Seamless Design-to-Manufacture (SDTM) als moderne Ansätze zur Effizienzsteigerung und Verbesserung der Produktionsprozesse diskutiert. Diese Betrachtung zielt darauf ab, den Einfluss von Industrie 4.0 und 5.0 auf die Optimierung administrativer Informationsprozesse und technische Produktionsabläufe zu erforschen.

3.1 Ziel der nahtlosen Integration

Im Grundlagenkapitel wurden administrative und technische Produktionsprozesse voneinander abgegrenzt. Eine zentrale Herausforderung für Unternehmen besteht darin, beide Prozesse so zu integrieren, dass eine effiziente und synergetische Verbindung entsteht. In diesem Kapitel werden die Vorteile einer solchen Integration sowie die damit verbundenen Herausforderungen untersucht.

3.2 Konvergenz – Informations-Technologie (IT) und Operative Technologie (OT)

Die Informationstechnologie (IT) umfasst den Einsatz von Computern und Netzwerken zur Verarbeitung und Verwaltung von Daten. Zentrale Komponenten sind dabei die Softwareentwicklung und Datenbankmanagementsysteme. Operative Technologie (OT) bezieht sich auf die Hardware und Software, die in Automatisierungs- und Kontrollsystemen von Infrastrukturen eingesetzt werden. OT-Netzwerke und -Systeme, einschließlich Industrial Control Systems (ICS) und Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA), werden in verschiedenen Branchen verwendet, darunter die Energieversorgung, der Öl- und Gassektor, die Wasseraufbereitung, der Transport, die Verteidigung sowie die Verkehrssteuerung. Sie spielen auch in privaten Einrichtungen eine Rolle, um Funktionen wie Heizung und Kühlung zu überwachen und zu steuern (Shahzad et al., 2016).

Ein zentrales Ziel von Industrie 4.0 ist die Zusammenführung von Informations- und Operationstechnologie. Ein bestehendes Problem besteht jedoch darin, dass viele OT-Systeme, die in den letzten Jahrzehnten entwickelt wurden, den aktuellen Anforderungen und Zielen moderner Produktionsprozesse nicht mehr gerecht werden (Murray et al., 2017, S. 149).

3.2.1 Erhöhte Risiken in der IT Sicherheit

Operational Technology (OT)-Systeme werden häufig ohne ausreichende Berücksichtigung potenzieller Cyberangriffe betrieben. Diese Schwachstelle resultiert aus der bisherigen Unabhängigkeit der OT-Systeme von IT-Systemen und der damit verbundenen Infrastruktur. Um dieser Problematik zu begegnen, ist es unerlässlich, dass bei der Weiterentwicklung von

OT-Systemen regelmäßige Software-Updates implementiert werden, um Sicherheitslücken zu schließen und die Systeme gegen Cyberbedrohungen abzusichern.

Date	Cyber-Attack Name	Industry	Location	Description	Effect
Oct 1982	Siberian Pipeline Explosion	Natural Gas	Siberia	Pipeline software programmed to reset pump speed and valve settings above the specifications of the pipeline joints and welds. Allegedly conducted by the CIA.	Explosion visible from space. Vapourised part of the Soviet Union's Trans-Siberian pipeline.
1992	Chevron Emergency System	Oil & Gas	USA	Chevron employee disabled the emergency alert system for 22 states in the USA.	Emergency occurred and no alert was issued.
2000	Maroochy Shire Sewage Spill	Sewage	Australia	Disgruntled employee spoofed controllers opening valves of the sewage system	264,000 raw sewage flooded into hotel and the surrounding parks and river.
2002	Venezuela Pipeline control system	Oil	Venezuela	Allegedly cyber criminals penetrated the SCADA system responsible for tanker loading at a marine terminal.	PLCs operating systems erased. Tankers couldn't be loaded for 8 hours.
2003	Israel Electric Corporation DoS	Electric	Israel	DoS attacks originating from Iran penetrate the Israel Electric Corporation	DoS attacks penetrated however failed to shut down the power grid
Nov 2007	Stuxnet Worm	Nuclear	Iran	Supposedly created by American/Israeli Governments to attack Iran' Nuclear Facilities.	Centrifuges and valves were sabotaged/destroyed
Nov 2011	Pump SCADA	Water	USA	Destroyed a pump remotely from gaining access through a SCADA network. Allegedly the access from gaining user names and passwords from manufacturer's customers.	Chemicals in treatment plant were changed. 2.5 million customers had data exposed to the internet.
Jan 2015	German Steel Mill	Steel Mill	Germany	Cyber criminals used Phishing emails to gain access and prevented the blast-furnace from shutting down.	Catastrophic damage to the steel mill.
Mar 2016	Ukraine Power Grid	Power	Ukraine	Cyber criminals gained access remotely and cut power to 30 substations through the installation of customer firmware.	225,000 customers without power. Deleted files from the master boot records and also shutdown telecommunications.

Table 1: Selected Disclosed OT Cyber Attacks

Tabelle 1: Vorgefallene Cyberangriffe auf OT-Systeme [9]

In der vorliegenden Tabelle sind historische Vorfälle aufgeführt, bei denen Sicherheitslücken in OT-Systemen ausgenutzt wurden und diese zum Ziel von Cyberangriffen wurden. Um kritische Angriffe zu vermeiden, ist es erforderlich, bei der Implementierung von OT-Systemen die relevanten IT-Systeme sowie die zugrunde liegende Infrastruktur angemessen zu berücksichtigen.

3.2.2 Eliminierung der IT/OT Kommunikationsstruktur

Die Integration von IT und OT im Kontext von Industrie 4.0 ist ein hochaktuelles und umfassend diskutiertes Thema. Die Autoren Hannes Waclawek, Georg Schäfer, Christoph Binder, Eduard Hirsch und Stefan Huber von der Fachhochschule Salzburg schlagen die

Nutzung eines sogenannten Industrial Business Process Twin (IBPT) vor, um eine Brücke zwischen diesen beiden separaten Teilbereichen zu schlagen.

Ein wesentliches Problem, das die Autoren identifizieren, ist die bereits etablierte Kommunikationsinfrastruktur, vertreten durch Protokolle wie IP, TCP und HTTP. Diese Protokolle erweisen sich im Bereich der OT als nur eingeschränkt hilfreich, da begrenzte Rechenkapazitäten den Einsatz fortschrittlicher Methoden des maschinellen Lernens behindern.

Die Funktionsweise des IBPT besteht darin, IT-Nutzern vereinfachte Schnittstellen bereitzustellen, indem der IBPT die komplexe Struktur der OT vereinfacht. Als bidirektionales Kommunikationsmodell wird dabei die Open Platform Communications Unified Architecture (OPC UA) verwendet. Diese Beziehung wird in der nachfolgenden Abbildung veranschaulicht.

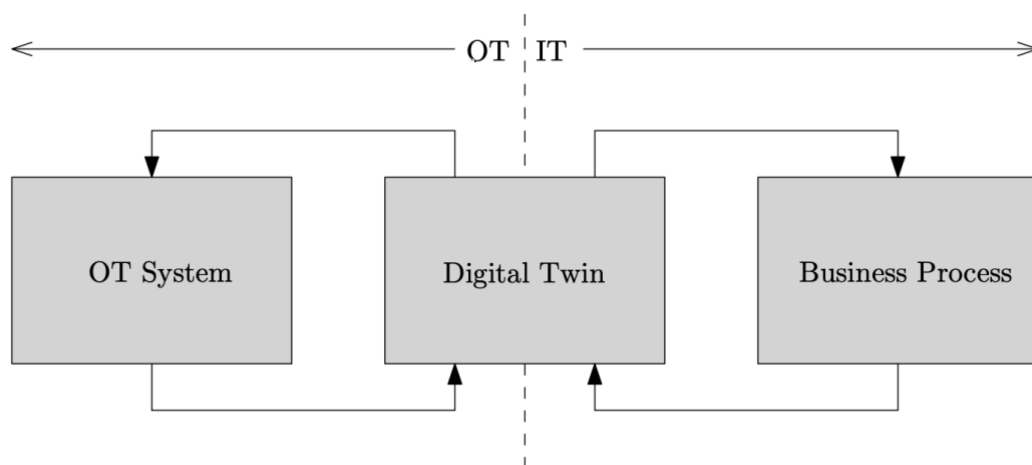


Figure 4: Funktionsweise des Industrial Business Process Twin (IBPT) [4]

Es wird eine serviceorientierte Architektur implementiert, die eine flexible und effiziente Integration ermöglicht. In diesem Zusammenhang kommt die Open Platform Communications Unified Architecture (OPC UA) als Middleware zum Einsatz. OPC UA bietet standardisierte Schnittstellen, wodurch es nicht erforderlich ist, die Software der einzelnen Komponenten anzupassen. Die Kommunikation erfolgt über die Middleware, was die Integration und Interoperabilität zwischen den Systemen vereinfacht.

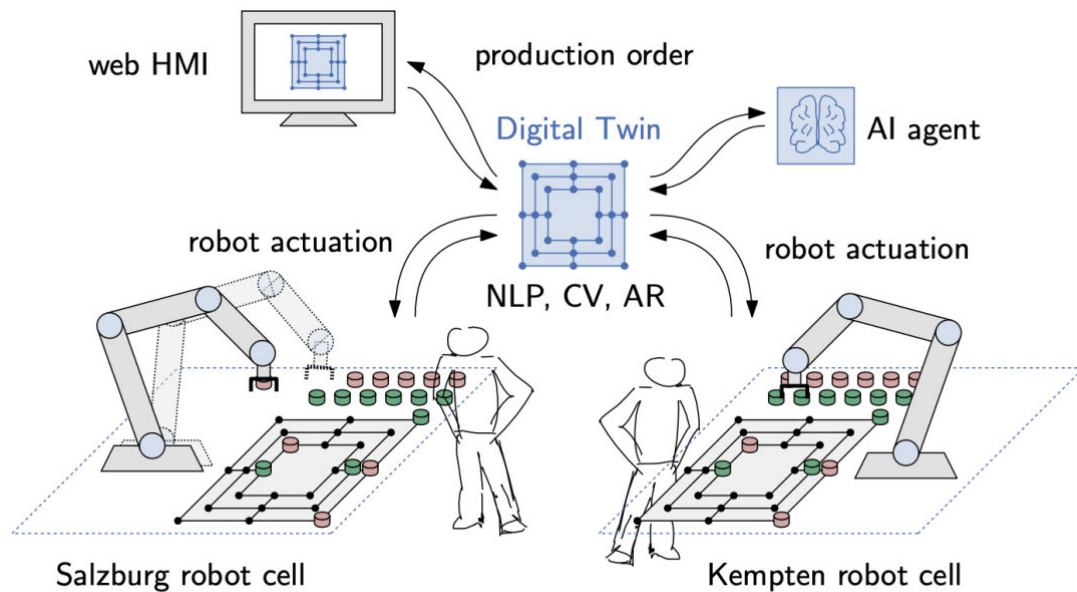


Figure 5: Test des IBPT am Spiel Mühle [5]

Testphase des Industrial Business Process Twin (IBPT) am Beispiel des Spiels Mühle

Zur Evaluation des Industrial Business Process Twin (IBPT) wurde das Brettspiel Mühle verwendet. Der Test fokussiert sich auf die Fähigkeit des IBPT, die Vernetzung und technische Unterstützung zu verbessern.

Spielüberblick:

Mühle ist ein strategisches Spiel, bei dem zwei Spieler abwechselnd Steine setzen, bewegen und springen, um ihre Gegner auf zwei Steine zu reduzieren oder sie an weiteren Zügen zu hindern.

Testaufbau:

- **IT-Komponente:** Verantwortlich für die Spielsteuerung und -logik.
- **OT-Komponente:** Repräsentiert durch Roboter, die die physischen Spielzüge ausführen.

Im Rahmen des Tests repräsentiert die IT die Spielsteuerung und -logik, während die OT die Roboteraktionen und -bewegungen darstellt. Zwei räumlich getrennte Roboterzellen mit unterschiedlichen Robotertypen führen eine Simulation des Spiels durch. Ein Spielkommando an einen Roboter entspricht einem Produktionsauftrag. Der IBPT abstrahiert die Spielzüge, um daraus entsprechende Roboteraktionen abzuleiten (Waclawek et al., 2023).

Ziel des Tests:

Der Test prüft, wie effektiv der IBPT die Spielzüge abstrahiert und in Roboteraktionen umsetzt, um die Integration von IT und OT zu verbessern.

3.3 Seamless Design-to-Manufacture (SDTM) als Alternative zu Computer Aided Design (CAD) und Computer Aided Manufacturing (CAM)

Bei der Gestaltung und Realisierung von Produkten kommen unterschiedliche Ansätze zur Anwendung. Im Kontext von Industrie 4.0 haben sich moderne Methoden herausgebildet. Im Folgenden werden herkömmliche Ansätze wie Computer-Aided Design (CAD) und Computer-Aided Manufacturing (CAM) mit dem fortschrittlichen Ansatz des Seamless Design-to-Manufacture (SDTM) verglichen. Der SDTM-Ansatz zielt darauf ab, die bestehenden Systeme erheblich zu verbessern und eine Lösung für die Herausforderung der nahtlosen Integration zu bieten.

In ihrem Artikel „Seamless Design-to-Manufacture (SDTM)“, veröffentlicht von Lawrence Zeidner und Yehonathan Hazony von der Boston University, präsentieren die Autoren eine Reihe von Vorteilen der SDTM-Methodik. Zu den hervorgehobenen Vorteilen gehören unter anderem:

Zeitersparnis bei Entwicklungszeiten

Computer-Aided Design (CAD) und Computer-Aided Manufacturing (CAM) sind bewährte Technologien, die in der Produktentwicklung weit verbreitet sind. Im Vergleich dazu verspricht der Ansatz des Seamless Design-to-Manufacture (SDTM) signifikante Zeitersparnisse. Während der herkömmliche Entwicklungsprozess, der von der Konzeptphase bis zur

tatsächlichen Produktion eines Produkts reicht, oft Wochen bis Monate in Anspruch nehmen kann, zielt SDTM darauf ab, diesen Zeitraum auf Stunden bis Tage zu verkürzen. Dieser erhebliche Fortschritt wird durch die nahtlose Integration von Design und Fertigung ermöglicht, wodurch der gesamte Prozess effizienter gestaltet wird.

Automatisierte Prozesse

Ein wesentliches Ziel von SDTM ist die umfassende Automatisierung der Design- und Fertigungsprozesse. Durch die Automatisierung werden menschliche Fehler, die unvermeidlich bei manuellen Prozessen auftreten können, erheblich reduziert. Automatisierte Systeme ermöglichen eine präzisere und konsistentere Durchführung der Design- und Fertigungsaufgaben, wodurch die Wahrscheinlichkeit von Fehlern minimiert wird. Diese Automatisierung trägt nicht nur zur Effizienzsteigerung bei, sondern verbessert auch die Gesamtharmonie zwischen den verschiedenen Phasen des Entwicklungsprozesses.

Konsistente Produktqualität

Die Reduzierung menschlicher Fehler durch Automatisierung hat einen direkten positiven Einfluss auf die Produktqualität. Mit weniger Fehlerquellen verbessert sich die Konsistenz und Zuverlässigkeit des Endprodukts. Eine geringere Fehlerquote bedeutet, dass Produkte in gleichbleibend hoher Qualität hergestellt werden können, was die Kundenanforderungen besser erfüllt und die Produktzuverlässigkeit erhöht.

Kosteneinsparungen

Fehler in der Produktentwicklung können erhebliche Kosten verursachen, da sie nicht nur zusätzliche Ressourcen für die Identifizierung und Behebung erfordern, sondern auch das gesamte System beeinträchtigen können. Daher ist es wirtschaftlich sinnvoller, in Prozessoptimierungen zu investieren, um Fehler präventiv zu vermeiden, als die Kosten für die Nachbesserung fehlerhafter Produkte zu tragen. Durch die frühzeitige Erkennung und Vermeidung von Fehlern können Unternehmen die Gesamtkosten senken und die Effizienz ihrer Produktionsprozesse steigern.

Fazit:

Zusammenfassend bietet der Seamless Design-to-Manufacture (SDTM)-Ansatz wesentliche Vorteile gegenüber traditionellen Methoden wie CAD und CAM. Durch die signifikante Reduzierung der Entwicklungszeiten, die umfassende Automatisierung der Prozesse, die Verbesserung der Produktqualität und die damit verbundenen Kosteneinsparungen stellt SDTM einen vielversprechenden Fortschritt in der Produktentwicklung dar. Die nahtlose Integration von Design und Fertigung, die SDTM ermöglicht, stellt einen bedeutenden Schritt in Richtung einer effizienteren und fehlerresistenten Produktion dar. Dieser Ansatz adressiert die Herausforderungen, die durch die herkömmlichen Systeme entstehen, und bietet eine zukunftsweisende Lösung für die Optimierung der gesamten Produktentwicklungskette. Die Implementierung von SDTM könnte somit entscheidend zur Wettbewerbsfähigkeit und Innovationsfähigkeit von Unternehmen beitragen.

3.4 Fazit – Nahtlose Integration in technische Produktionsprozesse

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die nahtlose Integration von administrativen und technischen Produktionsprozessen durch moderne Ansätze wie den Industrial Business Process Twin (IBPT) und das Seamless Design-to-Manufacture (SDTM) erhebliche Vorteile für die Effizienzsteigerung in der Produktion bietet. Die Implementierung des IBPT zeigt, wie eine verbesserte Vernetzung und technische Unterstützung zwischen IT und OT zu einer optimierten Integration führen können. Das SDTM hebt sich durch seine Fähigkeit hervor, Entwicklungszeiten erheblich zu verkürzen, Fehler durch Automatisierung zu minimieren und somit die Produktqualität sowie die Kosteneffizienz zu verbessern. Beide Ansätze adressieren die bestehenden Herausforderungen traditioneller Systeme und liefern zukunftsweisende Lösungen für eine effizientere und fehlerresistentere Produktion. In Anbetracht der Forschungsfrage zur Effizienzsteigerung administrativer Informationsprozesse und deren nahtloser Integration in technische Produktionsprozesse bieten die untersuchten Methoden einen vielversprechenden Weg, um die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft von Unternehmen zu stärken.

4 Methodik

Im folgenden Methodik-Kapitel wird eine Expertenmeinung zu den aktuellen Änderungen hinsichtlich Industrie 5.0 eingeholt. Neben einer intensiven Literaturrecherche soll durch das Interview die Forschungsfrage um eine praxisnahe Perspektive erweitert werden. Die Verzahnung von theoretischen Ansätzen und praxisbezogenen Anwendungsfällen, soll eine umfangreiche Beantwortung der Leitfrage ermöglichen.

Die Forschungsfrage lautet:

„Wie können administrative Informationsprozesse effizient in technische Produktionsprozesse integriert werden, um die allgemeine Prozesseffizienz zu steigern, und welche Rolle spielen dabei die Entwicklungen von Industrie 4.0 und 5.0?“

4.1 Der Ablauf des Interviews

Das Interview wurde in schriftlicher Form durchgeführt, wobei der Austausch mit dem Experten per E-Mail stattfand. Dies ermöglichte es, gezielt auf die gestellten Fragen einzugehen und ausführliche, durchdachte Antworten zu erhalten. Der Professor nahm sich die Zeit, Einblicke in die Herausforderungen und Chancen der Integration von administrativen und technischen Prozessen im Kontext von Industrie 5.0 zu geben. Durch das schriftliche Format konnten die Antworten gründlich ausgewertet und in die Analyse der Forschungsfrage integriert werden.

Das Interview wurde in schriftlicher Form durchgeführt, wobei der Austausch mit dem Professor per E-Mail stattfand. Das Offline-Beantworten der Fragen ermöglichte dem Experten sich Zeit zu nehmen für die Antworten. Dadurch konnten interessante Einblicke zu der Integration von administrativen und technischen Produktionsprozessen sowie zu den Chancen von Industrie 5.0 in dem Kontext gewonnen werden.

4.2 Der Aufbau des Interviewleitfadens

Teil 1	Einführung
---------------	-------------------

Ziel des Interviews

"Dieses Interview dient dazu, die Integration von administrativen und technischen Produktionsprozessen in Ihrem Unternehmen zu verstehen und wie Industrie 5.0 diese beeinflussen könnte."

Teil 2	Fragen zu administrativen und technischen Produktionsprozessen
---------------	---

Allgemeine Fragen

"Können Sie uns einen detaillierten Überblick über Ihre aktuellen Produktionsprozesse geben, einschließlich der wichtigsten Schritte und Technologien, die Sie verwenden?"

"Welche spezifischen administrativen Aufgaben sind eng mit Ihren technischen Produktionsprozessen verknüpft? Können Sie Beispiele für den täglichen Ablauf geben?"

Herausforderungen und Schwierigkeiten

"Welche spezifischen Herausforderungen haben Sie bei der Integration administrativer und technischer Prozesse festgestellt?"

"Gibt es bestimmte Phasen im Produktionsprozess, in denen diese Herausforderungen besonders auffällig sind?"

"Können Sie konkrete Beispiele für Probleme oder Schwierigkeiten an den Schnittstellen zwischen administrativen und technischen Prozessen nennen? Wie wirken sich diese auf die Effizienz und Produktivität aus?"

Verbesserungspotenzial und Maßnahmen zur Prozessintegration

"Welche Maßnahmen oder Strategien haben Sie bereits ergriffen, um die Integration von administrativen und technischen Prozessen zu verbessern?"

"Welche Maßnahmen oder Strategien halten Sie für notwendig, um die Prozessintegration weiter zu verbessern?"

"Gibt es bestimmte Technologien oder Lösungen, die Ihrer Meinung nach die Integration dieser Prozesse unterstützen könnten? Haben Sie bereits Erfahrungen mit solchen Technologien gemacht?"

Teil 3	Fragen zu Industrie 5.0
---------------	--------------------------------

Verständnis von Industrie 5.0

"Wie definieren Sie den Begriff 'Industrie 5.0' und welche Bedeutung hat er für Ihr Unternehmen im Speziellen?"

"Welche direkten Auswirkungen erwarten Sie von Industrie 5.0 auf Ihre administrativen und technischen Produktionsprozesse? Können Sie Beispiele nennen?"

Technologische und organisatorische Veränderungen
--

"Welche technologischen Veränderungen oder Innovationen im Rahmen von Industrie 5.0 sehen Sie, die Ihre Produktionsprozesse beeinflussen könnten? Haben Sie bereits Pläne zur Implementierung solcher Technologien?"

"Welche organisatorischen Anpassungen sind Ihrer Meinung nach notwendig, um die Potenziale von Industrie 5.0 voll auszuschöpfen? Wie planen Sie diese Anpassungen umzusetzen?"

"Wie planen Sie, die Interaktion zwischen menschlichen Mitarbeitern und intelligenten Maschinen zu gestalten? Welche Maßnahmen sind erforderlich, um eine nahtlose Zusammenarbeit zu gewährleisten?"

Teil 4	Abschluss
---------------	------------------

Abrunden des Interviews

"Vielen Dank für Ihre wertvollen Einblicke. Zum Abschluss möchte ich die wichtigsten Erkenntnisse aus unserem Gespräch zusammenfassen. Gibt es noch etwas, das Sie hinzufügen möchten, das wir möglicherweise nicht besprochen haben?"

4.3 Experteninterview

Für das Experteninterview habe ich Prof. Dr. rer. nat. Alfred Zimmermann ausgewählt, Forschungsdirektor am Herman Hollerith Zentrum in Böblingen, einer renommierten Institution für interdisziplinäre Forschung im Bereich der digitalen Transformation. Seine Expertise in den Bereichen digitale Wirtschaft und moderne Unternehmensarchitekturen macht ihn zu einem sehr geeigneten Experten für dieses Thema. Neben seiner Rolle als Forscher ist er auch als Mentor aktiv, insbesondere in den Bereichen Künstliche Intelligenz, Cloud Computing und Softwarearchitektur, die für meine Bachelorarbeit von besonderer Relevanz sind.

Seine internationale Ausrichtung unterstreicht zusätzlich seine Eignung. Prof. Zimmermann betreut Doktoranden von Universitäten in Stuttgart, Rostock und Leipzig und arbeitet mit Forschungseinrichtungen in Japan, den USA, Kanada und Australien zusammen. Dies verdeutlicht sein Engagement, Innovationen weltweit voranzutreiben.

Durch seine intensive Beschäftigung mit aktuellen und dynamischen Themen sowie seine internationalen Kooperationen bietet Prof. Zimmermann wertvolle Perspektiven für die in dieser Arbeit behandelten Fragestellungen.

Nachfolgend: „Professor“: Prof. Dr. Rer. Nat. Alfred Zimmermann aus der Hochschule Reutlingen

Teil 1	Einführung
Ziel des Interviews	

“Dieses Interview dient dazu, die Integration von administrativen und technischen Produktionsprozessen in Ihrem Unternehmen zu verstehen und wie Industrie 5.0 diese beeinflussen könnte.“

Teil 2	Fragen zu administrativen und technischen Produktionsprozessen
Allgemeine Fragen	

“Können Sie uns einen detaillierten Überblick über Ihre aktuellen Produktionsprozesse geben, einschließlich der wichtigsten Schritte und Technologien, die Sie verwenden?“

Professor: „Ich repräsentiere keine eigenen Produktionsprozesse, kenne jedoch einige aus der Automobilindustrie“

“Welche spezifischen administrativen Aufgaben sind eng mit Ihren technischen Produktionsprozessen verknüpft? Können Sie Beispiele für den täglichen Ablauf geben?“

Professor: „Produktionsplanung und Steuerung, Projekt-Portfoliomanagement, Strategie, Planung & Controlling“

Herausforderungen und Schwierigkeiten
--

Welche spezifischen Herausforderungen haben Sie bei der Integration administrativer und technischer Prozesse festgestellt?“

Professor: Verzahnung der Basisprozesse von / mit IT, Automatisierung z.B. KI, Prozessoptimierung, Effizienzoptimierung“

Gibt es bestimmte Phasen im Produktionsprozess, in denen diese Herausforderungen besonders auffällig sind?“

Professor: „Produktionsplanung und Optimierung“

Frage: Können Sie konkrete Beispiele für Probleme oder Schwierigkeiten an den Schnittstellen zwischen administrativen und technischen Prozessen nennen? Wie wirken sich diese auf die Effizienz und Produktivität aus?

Professor: „Integration moderner IT in Produktionsprozessen, z.B. AI, GenAI, Cloud, Digital Twins“

Verbesserungspotenzial und Maßnahmen zur Prozessintegration
--

“Welche Maßnahmen oder Strategien haben Sie bereits ergriffen, um die Integration von administrativen und technischen Prozessen zu verbessern?“

Professor: „Digital Strategy und Enterprise Architecture Management im Kontext moderner AI“

“Welche Maßnahmen oder Strategien halten Sie für notwendig, um die Prozessintegration weiter zu verbessern?“

Professor: „Ausbau der Digitalisierung, Integration neuer AI, Intelligente Plattform-Architekturen“

"Gibt es bestimmte Technologien oder Lösungen, die Ihrer Meinung nach die Integration dieser Prozesse unterstützen könnten? Haben Sie bereits Erfahrungen mit solchen Technologien gemacht?"

Professor: „Cloud Computing, Services Computing, AI, Digital Strategy, Digital Enterprise Architecture“

Teil 3	Fragen zu Industrie 5.0
--------	-------------------------

Verständnis von Industrie 5.0

"Wie definieren Sie den Begriff 'Industrie 5.0' und welche Bedeutung hat er für Ihr Unternehmen im Speziellen?"

Professor: „Von der Europäischen Kommission als Erweiterung von Industrie 4.0 angekündigt, um eine nachhaltige, auf den Menschen ausgerichtete und widerstandsfähige europäische Industrie zu schaffen“

"Welche direkten Auswirkungen erwarten Sie von Industrie 5.0 auf Ihre administrativen und technischen Produktionsprozesse? Können Sie Beispiele nennen?"

Professor: „Menschenzentriertes Design: Zusammenarbeit von Menschen und Robotern in einer gemeinsamen Umgebung“

Technologische und organisatorische Veränderungen

"Welche technologischen Veränderungen oder Innovationen im Rahmen von Industrie 5.0 sehen Sie, die Ihre Produktionsprozesse beeinflussen könnten? Haben Sie bereits Pläne zur Implementierung solcher Technologien?"

Professor: „Digitale Transformation, Menschzentrierung, Automatisierung“

"Welche organisatorischen Anpassungen sind Ihrer Meinung nach notwendig, um die Potenziale von Industrie 5.0 voll auszuschöpfen? Wie planen Sie diese Anpassungen umzusetzen?"

Professor: „Qualifikation, deutlich mehr Informatik-Know-How, AI-Personal, Investitionen in neue Plattform-Architekturen, Intelligente Assistenzsysteme, Intelligent Analytics, neue Datacenter für große Datenmengen, Cyber Security, offene Daten, etc.“

"Wie planen Sie, die Interaktion zwischen menschlichen Mitarbeitern und intelligenten Maschinen zu gestalten? Welche Maßnahmen sind erforderlich, um eine nahtlose Zusammenarbeit zu gewährleisten?"

Professor: „Integration von Mitarbeiter in menschenzentrierte Gestaltungsprozesse, Gestaltung der Herausforderungen und Probleme, soziale Integration, Ethik, Transparenz, neue regulatorische Standards Gesetze“

Teil 4	Abschluss
--------	-----------

Abrunden des Interviews

"Vielen Dank für Ihre wertvollen Einblicke. Zum Abschluss möchte ich die wichtigsten Erkenntnisse aus unserem Gespräch zusammenfassen. Gibt es noch etwas, das Sie hinzufügen möchten, das wir möglicherweise nicht besprochen haben?"

Professor: „Viel Erfolg für Ihre interessante Bachelor-Thesis !“

5 Einfluss von Industrie 4.0 auf Produktionsprozesse

Industrie 4.0, die vierte industrielle Revolution, markiert einen entscheidenden Wendepunkt in der Evolution der Produktionstechnologien. Diese Revolution geht über die mechanische und elektronische Automatisierung hinaus und umfasst umfassende digitale Transformationen in administrativen und technischen Produktionsprozessen. Im Rahmen von Industrie 4.0 eröffnen sich neue Möglichkeiten durch die Integration fortschrittlicher Technologien wie Robotic Process Automation (RPA), spezialisierte Management-Tools und Cyber-Physical Systems (CPS). Diese Technologien bieten nicht nur Potenziale zur Effizienzsteigerung und Kostenreduktion, sondern stellen auch neue Herausforderungen in Bezug auf Datenschutz, Schulung und Integration dar. Das vorliegende Kapitel untersucht die weitreichenden Auswirkungen von Industrie 4.0 auf administrative und technische Produktionsprozesse und beleuchtet sowohl die Vorteile als auch die Herausforderungen dieser digitalen Transformation.

5.1 Einfluss von Industrie 4.0 auf administrative Produktionsprozesse

Industrie 4.0, als vierte industrielle Revolution bekannt, repräsentiert einen bedeutenden Wandel in der Produktionstechnik und -organisation. Diese Entwicklung geht über die reine Automatisierung technischer Prozesse hinaus und beeinflusst ebenso die administrativen Abläufe, die essenziell für die effiziente und reibungslose Produktion sind. Die Digitalisierung und die damit einhergehende technologische Innovation bieten der Verwaltung neue Möglichkeiten, um Prozesse zu optimieren und sich besser auf die Anforderungen einer vernetzten Produktionswelt einzustellen. Dieses Kapitel untersucht die Auswirkungen der Digitalisierung auf administrative Produktionsprozesse im Rahmen von Industrie 4.0. Es beleuchtet die Rolle von Technologien wie Robotic Process Automation (RPA) und

Management-Tools sowie die damit verbundenen Herausforderungen und Chancen für eine moderne Verwaltung.

5.1.1 Digitale Transformation in der Verwaltung

Mario Martini, Inhaber des Lehrstuhls für Verwaltungswissenschaft, Staatsrecht, Verwaltungsrecht und Europarecht an der Deutschen Universität für Verwaltungswissenschaften Speyer, betont die dringende Notwendigkeit einer umfassenden digitalen Transformation im öffentlichen Verwaltungssektor. Seiner Auffassung nach ist dieser Wandel unerlässlich, um einerseits die Bürokratiekosten signifikant zu senken und andererseits den Verwaltungsapparat an moderne Erfordernisse anzupassen. Dabei verweist Martini auf die Notwendigkeit einer tiefgreifenden strukturellen Reform, die eine zeitgemäße, effiziente und technologiegestützte Organisation des Staatsapparats ermöglicht. Diese Transformation müsse weit über die bloße Einführung digitaler Werkzeuge hinausgehen und tief in die organisatorischen Strukturen eingreifen.

Ein deutliches Indiz für den Verbesserungsbedarf im deutschen Verwaltungssystem zeigt sich laut Martini in den nach wie vor langwierigen Verwaltungsabläufen, die Bürgerinnen und Bürgern viel Zeit und Geld kosten. Diese Verzögerungen und Ineffizienzen deuten darauf hin, dass es an digitalen Verwaltungsangeboten fehlt, die in modernen Gesellschaften als Grundvoraussetzung für eine zukunftsfähige Verwaltung angesehen werden. Martini kritisiert, dass Deutschland hinter seinen Möglichkeiten zurückbleibt und fordert eine proaktive Adaption digitaler Instrumente, um den Verwaltungsprozess effizienter und bürgerfreundlicher zu gestalten.

Internationale Beispiele wie Singapur und Estland verdeutlichen, wie eine gelungene digitale Transformation der Verwaltung aussehen kann. Singapur stand in den vergangenen Jahren wiederholt vor großen Herausforderungen im Bereich der Cybersicherheit, insbesondere durch Hackerangriffe, die sogar die Website des Premierministers betrafen. Als Antwort auf diese Angriffe führte Singapur im Mai 2017 eine überarbeitete digitale Infrastruktur ein, die vollständig vom Internet getrennt ist und auf einem sicheren Intranet basiert. Diese Maßnahme verdeutlicht, wie kritisch die Sicherheit digitaler Verwaltungsinfrastrukturen für moderne Staaten ist.

Auch Estland hat beeindruckende Fortschritte bei der digitalen Transformation der Verwaltung erzielt. Dort wurde ein System entwickelt, das den Großteil der klassischen Behördengänge überflüssig macht. Mithilfe einer digitalen Identifikation (ID) können estnische Bürger nahezu alle behördlichen Angelegenheiten online abwickeln. Besonders hervorzuheben ist Estlands Rolle als erstes europäisches Land, das digitale Wahlen erfolgreich implementiert hat. Diese Innovationen unterstreichen die weitreichenden Möglichkeiten, die sich durch eine konsequente Digitalisierung der Verwaltung eröffnen.

Martini hebt hervor, dass Deutschland, um in diesem entscheidenden Bereich wettbewerbsfähig zu bleiben, von Ländern wie Singapur und Estland lernen sollte. Sie dienen als Vorbilder für eine moderne, effiziente und sichere Verwaltung, die nicht nur den technologischen Anforderungen der Gegenwart entspricht, sondern auch den Bedürfnissen ihrer Bürgerinnen und Bürger gerecht wird. (Martini, 2017, S. 443-450).

Ein weiteres zentrales Element der digitalen Verwaltung in Europa ist das sogenannte "Once-Only"-Prinzip (OOP), das zu den zentralen Vorgaben des eGovernment-Aktionsplans der Europäischen Kommission für den Zeitraum 2016–2020 gehört. Dieses Prinzip soll gewährleisten, dass Bürgerinnen und Bürger sowie Unternehmen ihre Daten nur einmal an staatliche Stellen übermitteln müssen. Diese Daten sollen dann effizient zwischen den verschiedenen Behörden ausgetauscht werden können, um die Belastung für die Betroffenen zu minimieren und die Effizienz der Verwaltung zu steigern. Dies stellt einen entscheidenden Schritt hin zu einer bürgerfreundlichen, modernen Verwaltung dar, die sich durch Digitalisierung auszeichnet und bürokratische Prozesse erheblich vereinfacht (Stocksmeier, 2019, Seite 87).

5.1.2 Process Automation (RPA) in der Verwaltung

Robotic Process Automation (RPA) ist eine innovative Technologie, die es ermöglicht, repetitive und regelbasierte Aufgaben mithilfe von Software-Robotern (sogenannten „Bots“) zu automatisieren. Diese Bots simulieren menschliche Interaktionen mit digitalen Systemen und bieten eine effiziente Möglichkeit, administrative Prozesse zu optimieren. In der Verwaltung, wo viele Aufgaben manuell und fehleranfällig sind, bietet die Einführung von RPA eine entscheidende Lösung, um die Genauigkeit zu erhöhen und den Arbeitsaufwand zu

reduzieren. Besonders in Bereichen wie der Dateneingabe, Validierung und Berichtserstellung kann RPA signifikante Verbesserungen bringen. Ein anschauliches Beispiel für den Einsatz von RPA findet sich in der Schulverwaltung, die durch die Automatisierung einfacher, aber zeitaufwändiger Aufgaben profitieren kann.

Vorteile von RPA in der Verwaltung

RPA zeichnet sich durch Flexibilität und Skalierbarkeit aus. Da Bots auf der Benutzerschnittstelle agieren, ähnlich wie menschliche Benutzer, lässt sich die Technologie problemlos in bestehende IT-Systeme integrieren, ohne größere Anpassungen vornehmen zu müssen. Dies ermöglicht eine schnelle und effiziente Implementierung, die sowohl in kleineren als auch größeren Verwaltungsorganisationen anwendbar ist. Ein zentraler Vorteil liegt in der gesteigerten Genauigkeit und Konsistenz bei der Datenerfassung und -verarbeitung. Da RPA-Bots auf Basis vordefinierter Regeln arbeiten, wird das Risiko menschlicher Fehler erheblich reduziert, was zu einer höheren Datenqualität führt. Dies ist insbesondere in Bereichen wie der Personalverwaltung und der Finanzbuchhaltung von großer Bedeutung.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil von RPA liegt in den Kosteneinsparungen, die durch die Automatisierung erreicht werden können. Indem wiederkehrende, administrative Aufgaben von Bots übernommen werden, können menschliche Ressourcen für strategischere und wertschöpfendere Tätigkeiten eingesetzt werden. Die Einsparungen und Effizienzsteigerungen führen dazu, dass sich Investitionen in RPA-Systeme oft schnell amortisieren und ein positiver Return on Investment (ROI) erzielt wird.

RPA in der Schulverwaltung: Ein Beispiel

Im spezifischen Fall der Schulverwaltung untersucht das Paper von Isabella Ezinwa Okokoyo, "Robotic Process Automation in School Administration", den Einsatz von RPA zur Automatisierung administrativer Aufgaben. In Schulen fallen viele repetitive Aufgaben an, wie die Dateneingabe, die Verarbeitung von Dokumenten und die Verwaltung von Kommunikationsprozessen zwischen verschiedenen Systemen. Durch den Einsatz von RPA

können diese Aufgaben automatisiert werden, was nicht nur die Genauigkeit erhöht, sondern auch die Bearbeitungszeit erheblich verkürzt. So haben die Schulmitarbeiter mehr Zeit, sich auf ihre Kernaufgaben zu konzentrieren, die direkt mit der pädagogischen Arbeit und der Unterstützung von Schülern zusammenhängen.

Das Paper hebt mehrere Vorteile hervor, die RPA in der Schulverwaltung mit sich bringt. Dazu zählen:

- **Reduzierung manueller Arbeit:** Routineaufgaben wie die Pflege von Schülerakten oder die Bearbeitung von Abwesenheitslisten werden automatisiert, was die Effizienz steigert und Fehler minimiert.
- **Verbesserte Datenqualität:** RPA-Bots arbeiten mit hoher Präzision, was die Datenintegrität verbessert und besonders für die Verwaltung sensibler Schülerdaten wichtig ist.
- **Optimierte Ressourcennutzung:** Die frei werdenden Ressourcen können auf wertschöpfende Tätigkeiten wie die direkte Betreuung der Schüler umgelenkt werden.

Durch die Automatisierung administrativer Prozesse, wie etwa der Zeugnisverwaltung oder der Einschreibung neuer Schüler, können Schulen ihre organisatorische Effizienz erheblich verbessern. Dies führt zu einer schnelleren und präziseren Abwicklung wichtiger Verwaltungsaufgaben und unterstützt eine insgesamt bessere Schulorganisation.

Herausforderungen bei der Implementierung von RPA

Trotz der vielen Vorteile gibt es auch Herausforderungen, die bei der Einführung von RPA berücksichtigt werden müssen. Besonders wichtig sind hierbei Themen wie Datenschutz und Datensicherheit. Da RPA-Systeme oft auf große Datenmengen zugreifen, müssen sie strenge Datenschutzrichtlinien einhalten, wie beispielsweise die DSGVO in der EU. Dies ist besonders in der Schulverwaltung relevant, wo sensible personenbezogene Daten von Schülern und Lehrkräften verarbeitet werden.

Ein weiterer Aspekt ist die Schulung des Personals. Um die neuen Technologien effektiv nutzen zu können, müssen die Mitarbeiter entsprechend geschult werden. Dies erfordert Investitionen in Weiterbildung und Schulungsprogramme, um sicherzustellen, dass das Personal in der Lage ist, mit den RPA-Systemen umzugehen.

Zukünftige Entwicklungen und Potenzial von RPA

Das Paper sieht großes Potenzial für die zukünftige Entwicklung von RPA, insbesondere durch die Integration von Technologien wie künstlicher Intelligenz und Machine Learning. Dadurch könnten künftig noch komplexere Verwaltungsprozesse automatisiert werden. Im Kontext der Schulverwaltung könnte dies zu einer vollständigen Digitalisierung und Automatisierung der administrativen Vorgänge führen.

Schulen, die RPA erfolgreich implementieren, können eine Vorreiterrolle bei der digitalen Transformation des Bildungswesens einnehmen. Die Effizienzgewinne durch RPA ermöglichen nicht nur eine bessere Verwaltung, sondern auch eine verstärkte Fokussierung auf die eigentliche pädagogische Arbeit.

Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass RPA eine vielversprechende Lösung zur Transformation administrativer Prozesse in der Verwaltung darstellt. Durch die Automatisierung von Routineaufgaben werden Effizienz, Kostenreduktion und Servicequalität erheblich verbessert. Insbesondere das Beispiel der Schulverwaltung zeigt, wie RPA die tägliche Arbeit erleichtern und administrative Vorgänge optimieren kann. Trotz der Herausforderungen, die insbesondere in den Bereichen Datenschutz und Mitarbeiterschulung liegen, bietet RPA eine zukunftsweisende Möglichkeit, moderne Verwaltungsprozesse zu bewältigen.

Die fortschreitende Digitalisierung und der Druck auf Verwaltungen, effizienter zu arbeiten, machen RPA zu einer Schlüsseltechnologie für die Zukunft.

5.1.3 Veränderungen in der Kommunikation und Koordination

In der heutigen Zeit wird der Einsatz von Kollaborationstools und Plattformen zunehmend wichtiger, um eine effektive Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine zu gewährleisten. Besonders hervorzuheben sind Management-Tools, die speziell im Kontext von Industrie 4.0 entwickelt wurden. Beispiele hierfür sind Systeme wie das Kundenbeziehungsmanagement (CRM) und das Supply Chain Management (SCM). Diese Tools sind darauf ausgelegt, Prozesse zu optimieren und die Effizienz in verschiedenen Bereichen zu steigern.

Um die Vorteile dieser Technologien vollständig auszuschöpfen, ist eine gezielte Weiterbildung der Mitarbeiter von großer Bedeutung. Studien zeigen, dass organisatorische Faktoren wie die Branchenzugehörigkeit nur eine untergeordnete Rolle spielen, wenn es um die Integration neuer Technologien geht. Vielmehr ist es entscheidend, dass die Mitarbeiter individuell gefördert werden. Eine umfassende Fortbildung kann dazu beitragen, die Potenziale von Industrie 4.0 weiter auszubauen und den Mitarbeitern zu ermöglichen, die neuen Technologien effektiv zu nutzen (Nedelko, 2021, S. 1–5).

Durch eine sorgfältige und zielgerichtete Schulung können Mitarbeiter nicht nur ihre aktuellen Fähigkeiten erweitern, sondern auch neue Kompetenzen entwickeln, die für den Umgang mit fortschrittlichen Management-Tools und Plattformen erforderlich sind. Dies trägt maßgeblich dazu bei, die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens im Kontext von Industrie 4.0 zu steigern.

5.1.4 Fazit - Einfluss von Industrie 4.0 auf administrative Produktionsprozesse

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die digitale Transformation durch Industrie 4.0 weitreichende Veränderungen in der Verwaltung mit sich bringt. Robotic Process Automation (RPA) und spezialisierte Management-Tools wie CRM und SCM bieten signifikante Vorteile, darunter die Verbesserung der Effizienz, die Reduzierung von Kosten und die Steigerung der Datenqualität. Das Beispiel der Schulverwaltung verdeutlicht, wie administrative Aufgaben durch RPA automatisiert werden können, um die Genauigkeit zu erhöhen und die Bearbeitungszeiten zu verkürzen. Dennoch müssen Herausforderungen wie Datenschutz und

die Schulung des Personals beachtet werden, um die Implementierung von RPA erfolgreich zu gestalten. Die fortschreitende Digitalisierung und der steigende Druck auf Verwaltungen, ihre Prozesse zu optimieren, machen RPA zu einer entscheidenden Technologie für die Zukunft. Eine zielgerichtete Weiterbildung der Mitarbeiter ist unerlässlich, um die Potenziale von Industrie 4.0 vollständig auszuschöpfen und die Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen.

5.2 Einfluss von Industrie 4.0 auf technische Produktionsprozesse

Industrie 4.0 repräsentiert eine tiefgreifende Transformation der Produktionslandschaft, die weit über die administrative Ebene hinausgeht und besonders im Bereich der technischen Produktionsprozesse ihr volles Potenzial entfaltet. Kern dieser vierten industriellen Revolution sind die umfassende Vernetzung und Automatisierung, welche bestehende Strukturen und Abläufe in der Produktion grundlegend neu definieren. Unternehmen weltweit stehen vor der Herausforderung, diese technologischen Innovationen in ihre Produktionsprozesse zu integrieren, um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu sichern und ihre Geschäftsmodelle sowie Wertschöpfungsketten an die neuen digitalen Anforderungen anzupassen.

Die Implementierung von Industrie 4.0 ist jedoch mit erheblichen Investitionen verbunden. Allein in Deutschland wird erwartet, dass in den nächsten zehn Jahren rund 250 Milliarden Euro in diese Technologien fließen werden, was etwa 1 bis 1,5 Prozent des jährlichen Umsatzes der Unternehmen ausmacht (Rüßmann et al., 2015, S. 6). Trotz dieser Kosten sind solche Investitionen unabdingbar, um die notwendige technologische Aufrüstung zu ermöglichen, Effizienzgewinne zu realisieren und langfristige Wettbewerbsvorteile zu sichern.

Dieses Kapitel beleuchtet die zentralen technologischen Entwicklungen, die durch Industrie 4.0 die technischen Produktionsprozesse beeinflussen, darunter Automatisierung, Robotik, das Industrial Internet of Things (IIoT) und Cyber-Physical Systems (CPS).

5.2.1 Veränderung der gesamten Wertschöpfungskette von Produzenten

Im Folgenden wird dargelegt, wie industrielle Prozesse durch den Einsatz integrierter IT-Systeme schrittweise optimiert werden sollen. Das Ziel besteht darin, isolierte Fertigungszellen

durch vollständig automatisierte und integrierte Produktionslinien zu ersetzen. Diese Umstellung soll durch einen durchdachten, kollaborativen Entwicklungsprozess erfolgen, bei dem Produzenten und Zulieferer eng zusammenarbeiten, um die Notwendigkeit physischer Prototypen auf ein Minimum zu reduzieren.

Die daraus resultierenden flexiblen Produktionsprozesse werden maßgeblich durch die Interaktion kommunizierender Roboter, intelligenter Maschinen und vernetzter Produkte ermöglicht. In der Fertigung kommen zudem selbstoptimierende Systeme zum Einsatz, die in der Lage sind, ihre Parameter dynamisch an veränderte Anforderungen anzupassen (Rüßmann et al., 2015, S. 7).

5.2.2 Das Industrial Internet of Things (IIoT) und seine Abgrenzung vom Internet of Things (IoT)

Der britische Technologiepionier Kevin Ashton beschrieb das Internet of Things (IoT) ursprünglich als ein Netzwerk von Sensoren, die über das Internet verbunden sind. Eine allgemein anerkannte Definition des IoT existiert jedoch nicht, weshalb auch frühe Ansätze wie die Vernetzung von Getränkeautomaten in den 1980er Jahren an der Carnegie Mellon University in den USA als Beginn betrachtet werden können. In diesem Zusammenhang wird oft von einem über das Internet vernetzten System eindeutig identifizierbarer Objekte (wie Maschinen, Anlagen und Geräten) gesprochen, das auf Informations- und Kommunikationstechnologien basiert. Das IoT stellt eine zentrale Komponente von Industrie 4.0 dar, da es als global verteiltes System die Machine-to-Machine-Kommunikation (M2M) ermöglicht.

Das Industrial Internet of Things (IIoT) ist die industrielle Ausprägung des IoT und zielt darauf ab, die betriebliche Effizienz sowie die Verfügbarkeit von Maschinen zu steigern. Für eine erfolgreiche Nutzung der IIoT-Vorteile ist eine enge Zusammenarbeit verschiedener Technologien aus den Bereichen Software, Hardware, Kommunikation und Netzwerke erforderlich. Hierbei werden Daten von verbundenen Geräten in der Anlage bereitgestellt, um diese für weitere Verarbeitungsschritte nutzbar zu machen.

Obwohl IoT und IIoT ähnliche Technologien verwenden, lassen sich die beiden Konzepte wie folgt unterscheiden: Das IoT konzentriert sich oft auf die Interaktion zwischen Mensch und Gerät, wie beispielsweise in einem Smart Home. Im Gegensatz dazu liegt der Fokus des IIoT auf der Optimierung von Produktionsprozessen. Im weiteren Verlauf wird daher die industrielle Dimension des IIoT näher betrachtet (Langmann, 2021, S. 231–233).

5.2.3 Automatisierung und Robotik

Seit dem Jahr 2004 hat sich die Anzahl der in Europa eingesetzten Multifunktionsroboter nahezu verdoppelt. Dieser Fortschritt ist ein wesentliches Ergebnis der zunehmenden Automatisierung und Digitalisierung im Zuge von Industrie 4.0. Die moderne Robotik geht heute weit über die Ausführung einfacher, wiederkehrender Aufgaben hinaus und ermöglicht eine direkte Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine. Diese Form der Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) ist besonders in Bereichen relevant, in denen präzises und flexibles Arbeiten erforderlich ist.

Roboter wie der Bosch APAS oder der YuPi-Roboter sind beispielhaft für diese Entwicklung und zeigen, wie fortschrittliche Automatisierungslösungen dazu beitragen, betriebliche Prozesse effizienter zu gestalten. Sie ermöglichen es, komplexe Aufgaben gemeinsam mit menschlichen Arbeitskräften zu bewältigen, anstatt diese vollständig zu ersetzen. Dadurch wird nicht nur die Produktivität erheblich gesteigert, sondern auch die Kosten können durch optimierte Prozesse und geringere Fehlerquoten signifikant gesenkt werden.

Diese Roboter kommen insbesondere in Produktionsprozessen zum Einsatz, bei denen eine präzise Handhabung von Materialien, eine enge Taktung der Arbeitsabläufe sowie ein hohes Maß an Flexibilität gefordert sind. Durch ihre Fähigkeit, in Echtzeit auf wechselnde Bedingungen zu reagieren und mit menschlichen Kollegen zusammenzuarbeiten, tragen sie maßgeblich zur Effizienzsteigerung in der Fertigung bei (Mohd, 2016, S. 137–142).

Die zunehmende Integration solcher Roboter in die industrielle Produktion ist ein Schlüsselfaktor für die Wettbewerbsfähigkeit europäischer Unternehmen im globalen Markt. Indem Roboter Technologien wie künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen nutzen, können sie zudem ihre Leistung kontinuierlich verbessern und neue Einsatzbereiche erschließen, was das Potenzial für zukünftige Produktivitätssteigerungen weiter erhöht.

5.2.4 Cyber-Physical Systems (CPS) und vertikale und horizontale Kommunikation

Cyber-Physical Systems (CPS) sind vernetzte Computersysteme, die in der Lage sind, physikalische Prozesse zu überwachen und zu steuern. Sie integrieren physische Objekte und Abläufe mit informationsverarbeitenden Systemen über offene, teilweise globale Informationsnetze. Dabei ermöglichen sie eine nahtlose Verbindung zwischen der physischen und der digitalen Welt.

Eine besondere Eigenschaft von CPS ist ihre Fähigkeit zur autonomen Anpassung. Sie können ihre Betriebsparameter selbstständig modifizieren, um auf veränderte Umgebungsbedingungen oder Anforderungen zu reagieren. Die Sensoren, die zur Überwachung und Steuerung der physikalischen Prozesse eingesetzt werden, sind in der Regel über Ethernet oder ähnliche Netzwerktechnologien verbunden und gewährleisten so eine kontinuierliche und zuverlässige Kommunikation mit den informationsverarbeitenden Systemen.

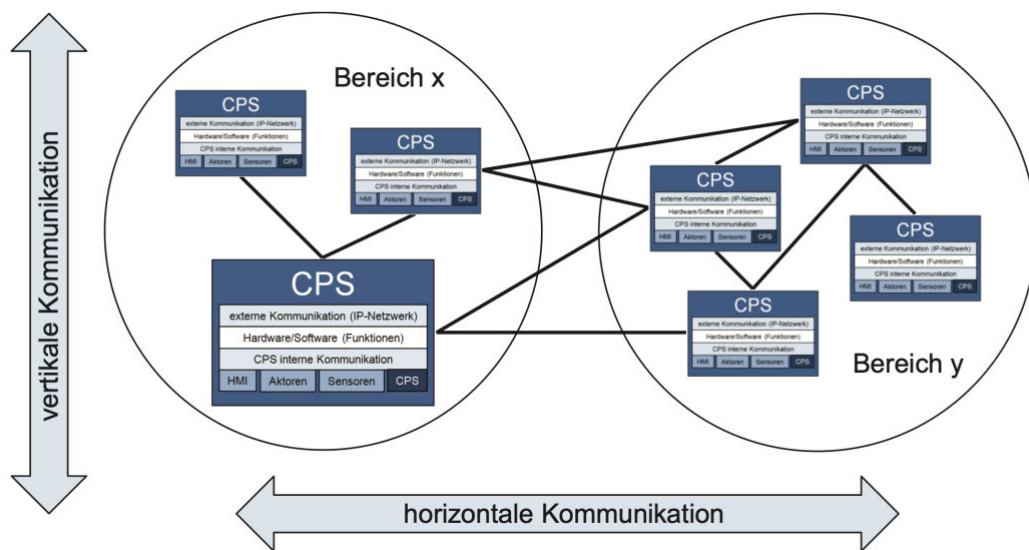


Figure 6: Vertikale und Horizontale Kommunikation in Cyber-Physischen Systemen [6]

Um sicherzustellen, dass Cyber-Physical Systems (CPS) in unterschiedlichsten Anwendungen sowie über Organisations- und Bereichsgrenzen hinweg verfügbar sind, ist eine permanente Vernetzung der Systeme erforderlich. Dabei wird zwischen zwei Kommunikationsarten unterschieden: der horizontalen und der vertikalen Kommunikation.

Die horizontale Kommunikation beschreibt den Informationsaustausch zwischen CPS auf derselben Ebene. Dies ermöglicht beispielsweise die Verbreitung von Informationen über den Bearbeitungsstand eines Produkts innerhalb eines Fertigungsprozesses.

Die vertikale Kommunikation hingegen bezieht sich auf den Austausch von Informationen zwischen CPS und über- oder untergeordneten Systemen. Auf diese Weise können Daten in verschiedenen Hierarchieebenen einer Organisation verarbeitet werden. Diese duale Kommunikationsstruktur führt zu einer verteilten Intelligenz, die durch die Zusammenarbeit mehrerer, miteinander vernetzter Einheiten erreicht wird (Langmann, 2021, S. 218–222).

5.2.5 Eine sichere Architektur für Gesundheitsanwendungen auf Basis von Cyber-Physical Systems (CPS)

In dem wissenschaftlichen Paper "A Secured Health Care Application Architecture for Cyber-Physical Systems" von Jim Wang et al. wird eine sichere Architektur für Gesundheitsanwendungen vorgestellt, die auf den Prinzipien von Cyber-Physical Systems (CPS) basiert. Das zentrale Ziel der Forschung war die effiziente Überwachung von Patienten sowie die Unterstützung durch intelligente Sensoren.

Die entwickelte Architektur, die unter der Bezeichnung CPeSC3 (Cyber Physical Enhanced Secured Wireless Sensor Networks Integrated Cloud Computing for U-Life Care) bekannt ist, wurde speziell zur Erreichung dieser Ziele konzipiert. Sie besteht aus drei wesentlichen Komponenten: dem Communication Core (Kommunikationskern), dem Computing Core (Rechenkern) und dem Resource Management and Planning Core (Ressourcenmanagement- und Planungskern). Diese Kerne arbeiten nahtlos zusammen, um ein leistungsfähiges und funktionales Gesamtsystem zu gewährleisten.

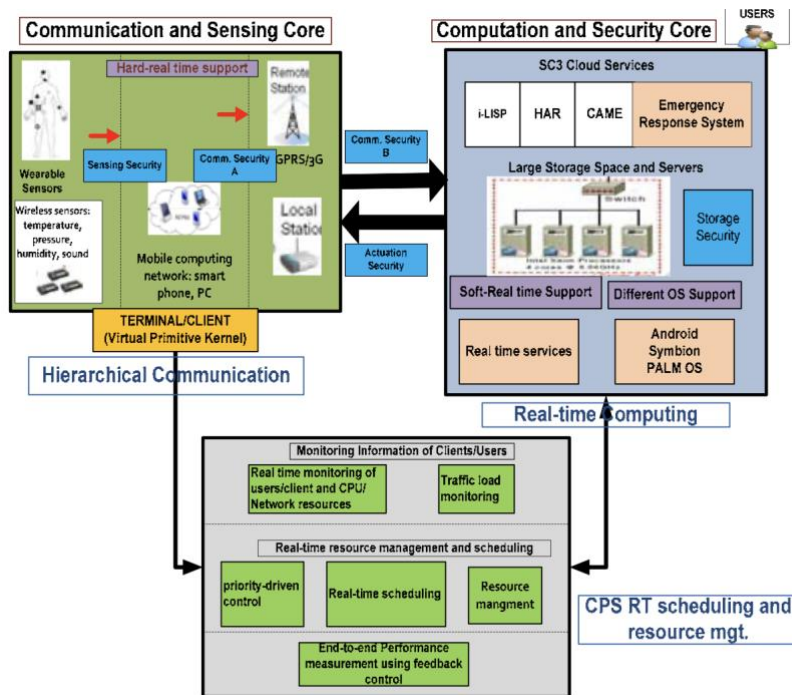


Figure 7: Modulare Ansicht der CPeSC3-Architektur [7]

Die Abbildung verdeutlicht die Komplexität des Systems, indem die Funktionen der Kommunikations-, Erfassungs- und Rechenkerne in kleinere, klar strukturierte Module unterteilt werden. Die erfassten Daten entsprechen den Gesundheitsinformationen der Patienten, wobei die Sensoren flexibel am Körper der Betroffenen oder in deren Wohnraum, beispielsweise an den Wänden, angebracht werden können. Um Bewegungsabläufe wie Gehen, Stehen, Springen oder Laufen zu registrieren, wird der Hintergrund aus den erfassten Daten extrahiert.

Der Funktionsablauf gestaltet sich wie folgt: Nach der Erfassung der Daten, beispielsweise der Vitalparameter, werden diese übermittelt und in einer Cloud verarbeitet. Intelligente Algorithmen filtern die relevanten Informationen, um den Ärzten ein anschauliches und effizientes Modell der Patientendaten zur Verfügung zu stellen. Die Bereitstellung von Echtzeit-Daten ist im medizinischen Bereich von zentraler Bedeutung. Abschließend werden

zur Sicherung der sensiblen Gesundheitsdaten entsprechende Sicherheitsprotokolle implementiert (Wang et al., 2011).

5.2.6 Fazit

Das Kapitel verdeutlicht die weitreichenden Auswirkungen von Industrie 4.0 auf technische Produktionsprozesse. Die Einführung neuer Technologien, insbesondere in den Bereichen Automatisierung, Robotik und Cyber-Physical Systems (CPS), hat die Art und Weise, wie Unternehmen weltweit produzieren, grundlegend verändert. Die Investitionen, die Unternehmen tätigen müssen, um die Digitalisierung und Automatisierung erfolgreich zu implementieren, sind beträchtlich, jedoch unerlässlich, um langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben.

Die Vernetzung und Integration von IT-Systemen ermöglicht die schrittweise Optimierung bestehender Produktionsprozesse. Diese Entwicklung wird durch Technologien wie das Industrial Internet of Things (IIoT) unterstützt, das eine zentrale Rolle in der industriellen Kommunikation und Automatisierung spielt. Der Unterschied zwischen IoT und IIoT liegt in der Zielsetzung: Während das IoT auf die Mensch-Gerät-Interaktion abzielt, ist das IIoT auf die Optimierung industrieller Prozesse fokussiert.

Die zunehmende Verbreitung von Multifunktionsrobotern und die Einführung von Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) haben zu einer erheblichen Effizienzsteigerung in der Produktion geführt. Roboter wie der Bosch APAS und der YuPi zeigen das Potenzial dieser Technologie, nicht nur Kosten zu senken, sondern auch die Produktivität und Flexibilität der Produktionslinien zu steigern.

Cyber-Physical Systems (CPS) ermöglichen durch ihre Vernetzungs- und Kommunikationsfähigkeiten eine effiziente Steuerung und Überwachung physischer Prozesse. Die Kombination aus horizontaler und vertikaler Kommunikation führt zu einer verteilten Intelligenz, die für eine flexible und anpassungsfähige Produktion unerlässlich ist.

Besonders eindrucksvoll ist der Einsatz von CPS in Gesundheitsanwendungen, wie das Beispiel der CPeSC3-Architektur zeigt. Hier werden Daten in Echtzeit erfasst, verarbeitet und

den verantwortlichen Ärzten zur Verfügung gestellt, um eine effiziente und sichere Patientenüberwachung zu gewährleisten.

Zusammenfassend zeigt dieses Kapitel, dass Industrie 4.0 die technischen Produktionsprozesse nicht nur effizienter, sondern auch flexibler und zukunftssicher gestaltet. Unternehmen, die in diese Technologien investieren, sichern sich nachhaltige Wettbewerbsvorteile in einer zunehmend digitalisierten und vernetzten globalen Wirtschaft.

5.3 Kapitelfazit

Die digitale Transformation durch Industrie 4.0 hat tiefgreifende Auswirkungen auf administrative und technische Produktionsprozesse. Die Einführung von Technologien wie Robotic Process Automation (RPA) und spezialisierte Management-Tools wie CRM und SCM bringt signifikante Vorteile in Form von Effizienzsteigerungen, Kosteneinsparungen und verbesserter Datenqualität. Diese Technologien, exemplifiziert durch ihre Anwendung in der Schulverwaltung, zeigen, wie administrative Aufgaben optimiert und Fehlerquellen reduziert werden können. Gleichzeitig ist es unerlässlich, die Herausforderungen wie Datenschutz und die Notwendigkeit umfangreicher Schulungen zu adressieren, um eine erfolgreiche Implementierung sicherzustellen.

Im Bereich der technischen Produktionsprozesse revolutionieren Automatisierung, Robotik und Cyber-Physical Systems (CPS) die gesamte Wertschöpfungskette und ermöglichen eine neue Dimension der Vernetzung und Anpassungsfähigkeit. Die Investitionen in diese Technologien sind zwar erheblich, aber sie sind entscheidend für die Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit und die Realisierung langfristiger Effizienzgewinne. Die kontinuierliche Weiterentwicklung und Integration dieser Technologien sind daher essenziell für die Zukunft der Produktion. Insgesamt zeigt sich, dass Industrie 4.0 nicht nur bestehende Prozesse verbessert, sondern auch neue Standards für eine vernetzte und automatisierte Produktionswelt setzt.

6 Einfluss von Industrie 5.0 auf Produktionsprozesse

Das fünfte Kapitel unserer Untersuchung beleuchtet den umfassenden Einfluss von Industrie 5.0 auf Produktionsprozesse, sowohl administrative als auch technische. Industrie 5.0 markiert eine evolutionäre Phase in der industriellen Entwicklung, in der der Fokus zunehmend auf der Integration von Mensch und Maschine sowie der Erhöhung der Nachhaltigkeit liegt. Durch die Kombination fortschrittlicher Technologien und menschenzentrierter Ansätze zielt Industrie 5.0 darauf ab, sowohl administrative als auch technische Prozesse in Unternehmen tiefgreifend zu transformieren. Dieses Kapitel untersucht zunächst, wie die Prinzipien von Industrie 5.0 die administrativen Abläufe durch Diversität, Inklusion und Empowerment revolutionieren. Anschließend wird die Rolle technologischer Modernisierungen in den technischen Produktionsprozessen untersucht, einschließlich der Mensch-Maschine-Kollaboration, der Nutzung von Exoskeletten und der Fortschritte in empathischen Technologien. Die folgenden Abschnitte bieten eine detaillierte Analyse der Auswirkungen dieser Entwicklungen auf die Effizienz, Nachhaltigkeit und Sicherheit in Produktionsumgebungen.

6.1 Einfluss von Industrie 5.0 auf administrative Produktionsprozesse

Im Kapitel „Einfluss von Industrie 5.0 auf administrative Produktionsprozesse“ wird untersucht, wie die Grundsätze und Entwicklungen von Industrie 5.0 die organisatorischen und

administrativen Abläufe in Unternehmen transformieren. Industrie 5.0 zeichnet sich durch einen menschenzentrierten Ansatz aus, der nicht nur technologische Innovationen, sondern auch eine tiefgreifende Umgestaltung der Unternehmensstruktur und -kultur beinhaltet. Im Mittelpunkt stehen dabei Konzepte wie Diversität, Inklusion und Empowerment, die als zentrale Elemente für eine erfolgreiche Implementierung und für die Steigerung der Unternehmensleistung angesehen werden. Diese Elemente tragen dazu bei, eine inklusive und unterstützende Arbeitsumgebung zu schaffen, die sowohl die Mitarbeiterzufriedenheit erhöht als auch die betriebliche Effizienz optimiert. Der folgende Abschnitt beleuchtet die Relevanz dieser Konzepte im Kontext von Industrie 5.0 und analysiert, wie sie zur Verbesserung administrativer Prozesse und zur Erreichung langfristiger Unternehmensziele beitragen können.

6.1.1 Einfluss von Diversität, Inklusion und Empowerment im Zeitalter von Industrie 5.0

Im Grundlagenkapitel wurde bereits beschrieben, dass Industrie 5.0 einen menschenzentrierten Ansatz verfolgt, der Unternehmen dazu anregt, tiefgreifende strukturelle Veränderungen in ihrer Organisation vorzunehmen. Die Arbeit von Cillo et al. betont die wesentliche Rolle von Human Resources (HR) und Wissensmanagement (KM) in diesem Kontext. Die zentrale Motivation für die Anpassung der Unternehmensstruktur liegt darin, das Wohl der Mitarbeiter zu verbessern und eine höhere Management-Performance zu erzielen, die sich aus einer verbesserten Arbeitsatmosphäre ableitet.

Industrie 5.0 und der Fokuswechsel von Shareholdern zu Stakeholdern

Eine detaillierte Betrachtung des Konzepts von Industrie 5.0 zeigt, dass ein rein auf Gewinnmaximierung ausgerichteter Ansatz nicht ausreichend ist. Die Autoren argumentieren für einen Paradigmenwechsel: In herkömmlichen Unternehmen stehen die Interessen der Shareholder im Vordergrund, während im Rahmen von Industrie 5.0 die Interessen der Stakeholder vermehrt in den Mittelpunkt rücken. Dies umfasst eine breitere Perspektive, die neben den finanziellen Interessen auch soziale und ethische Aspekte berücksichtigt. Dennoch bleibt es von entscheidender Bedeutung, die Umsatzentwicklung im Auge zu behalten, um die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens langfristig zu sichern. Um die Ziele von Industrie 5.0

erfolgreich umzusetzen, müssen Unternehmen verstärkt auf Konzepte wie Diversität (Diversity), Inklusion (Inclusion) und Empowerment (People Empowerment) setzen.

Begriffsklärungen und deren Relevanz für Industrie 5.0

Diversität (Diversity): Dieser Begriff bezieht sich auf die Vielfalt von Individuen innerhalb eines Unternehmens in Bezug auf Geschlecht, Alter, ethnische Herkunft, Religion und andere persönliche Merkmale. Diversität fördert eine breitere Perspektivenvielfalt und Kreativität, was zu innovativeren Lösungen und einem besseren Verständnis für unterschiedliche Kundenbedürfnisse führen kann.

Inklusion (Inclusion): Inklusion beschreibt den Prozess, durch den alle Mitarbeiter unabhängig von ihren persönlichen Eigenschaften gleichwertig behandelt und vollständig in die Unternehmenskultur integriert werden. Eine inklusive Unternehmenskultur stellt sicher, dass alle Mitarbeiter sich wertgeschätzt fühlen und aktiv am Unternehmensgeschehen teilnehmen können.

Empowerment (People Empowerment): Empowerment bezeichnet die Maßnahmen zur Motivation und Stärkung der Mitarbeiter, damit diese zu wichtigen Akteuren im Unternehmensgeschehen werden. Dies umfasst die Förderung von Eigenverantwortung, Entscheidungsfreiheit und persönlichem Wachstum, was zu höherem Engagement und besseren Leistungen führt.

Ergebnisse der Studie „Rethinking Companies’ Culture through Knowledge Management Lens during Industry 5.0 Transition“

Die Studie von Cillo et al. liefert einige wesentliche Erkenntnisse:

Wirtschaftliche Vorteile von Diversität, Inklusion und Empowerment: Unternehmen, die ihre HR-Strategien gezielt auf Diversität, Inklusion und Empowerment ausrichten, erzielen eine höhere Rentabilität. Diese Unternehmen werden von Kapitalmarkinvestoren besser bewertet, da diese Faktoren als Indikatoren für eine positive Unternehmenskultur und nachhaltige Geschäftserfolge angesehen werden.

Resilienz durch Industrie 5.0-Ansatz: Der Industrie 5.0-Ansatz, der eine enge Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine fördert, trägt zur Stärkung der Resilienz von

Unternehmen in Krisenzeiten bei. Die Studie zeigt, dass Unternehmen, die diesen Ansatz verfolgen, besser in der Lage sind, Herausforderungen wie die COVID-19-Pandemie zu bewältigen.

Wissensaustausch als Erfolgsfaktor: Investitionen des Arbeitgebers zur Förderung des Wissensaustauschs innerhalb des Unternehmens haben sich positiv auf die Unternehmensleistung ausgewirkt. Ein effektives Wissensmanagement stärkt die Zusammenarbeit und Innovationsfähigkeit der Mitarbeiter, was zu einer verbesserten Gesamtleistung führt.

Zusammengefasst zeigt die Studie, dass Unternehmen, die besonders auf Diversität, Inklusion und Empowerment setzen, nicht nur eine höhere Mitarbeiterzufriedenheit erreichen, sondern auch ihre Gesamtleistung steigern und ein gesundes Arbeitsumfeld schaffen können (Cillo et al., 2022, S. 2485–2491).

6.1.2 Automatisierung und Effizienzsteigerung in der Verwaltung des Gesundheitswesens

Im Papier „Industry 5.0 for Healthcare 5.0: Opportunities, Challenges and Future Research Possibilities“ werden die Potenziale von Industrie 5.0 für das Gesundheitswesen umfassend untersucht. Die Autoren beleuchten dabei die verschiedenen Entwicklungsstufen des Gesundheitssystems, die von Healthcare 1.0 bis Healthcare 5.0 reichen, und analysieren die damit verbundenen Chancen und Herausforderungen.

Entwicklungsstufen im Gesundheitswesen:

Healthcare 1.0: In dieser ursprünglichen Phase des Gesundheitssystems erhielten Patienten persönliche Betreuung durch Ärzte und medizinisches Fachpersonal. Die medizinische Versorgung war stark auf den direkten Kontakt zwischen Patient und Fachkraft angewiesen.

Healthcare 2.0: Die Einführung elektronischer Gesundheitsakten (EHRs) markierte einen bedeutenden Fortschritt, indem Patientendaten digital gespeichert und verwaltet wurden. Diese Entwicklung ermöglichte eine effizientere Dokumentation und einen verbesserten Zugriff auf Patienteninformationen.

Healthcare 3.0: Mit der Implementierung öffentlicher Gesundheitskampagnen wurde der Fokus auf Gesundheitsprävention und aktive Gesundheitsförderung gelegt. Diese Kampagnen zielten darauf ab, das Bewusstsein für gesundheitsrelevante Themen zu erhöhen und proaktive Maßnahmen zur Verbesserung der öffentlichen Gesundheit zu fördern.

Healthcare 4.0: Der Einsatz moderner Technologien wie Künstliche Intelligenz (KI) und Internet der Dinge (IoT) führte zu einem weitgehend modernisierten Gesundheitssystem. Das Ziel dieser Phase war die Personalisierung der Versorgung, um den individuellen Bedürfnissen jedes Patienten gerecht zu werden.

Healthcare 5.0: In dieser fortgeschrittenen Phase werden soziale und ökologische Aspekte in das Gesundheitssystem integriert. Das Wohlbefinden des Patienten wird umfassend berücksichtigt, indem eine Vielzahl von Faktoren in die Gesundheitsversorgung einfließt.

Wesentliche Ziele und Potenziale von Industrie 5.0 im Gesundheitswesen:

Automatisierung von Routineaufgaben: Ein zentrales Ziel ist die Automatisierung von routinemäßigen Aufgaben, wie der Eingabe von Patientendaten, die meist standardisierte Felder umfassen. Roboter, die durch moderne künstliche Intelligenz unterstützt werden, können diese Aufgaben übernehmen und somit Verwaltungsmitarbeiter entlasten, sodass sie sich komplexeren Aufgaben widmen können.

Analyse von Patientendaten: Die umfassende Analyse großer Datensätze ermöglicht es, Trends zu erkennen und administrative Entscheidungsprozesse zu optimieren. Die Auswertung von Patientendaten kann wertvolle Einblicke liefern, die zur Verbesserung der medizinischen Versorgung und der Effizienz des Gesundheitssystems beitragen.

Fernüberwachung von Patienten: Die Fernüberwachung ermöglicht es, Patienten, die auf regelmäßige Hilfe angewiesen sind, aus der Ferne zu betreuen. Dies setzt jedoch eine fortschrittliche Gesundheitsinfrastruktur voraus, die für eine erfolgreiche Implementierung kontinuierlich weiterentwickelt werden muss.

Herausforderungen und notwendige Vorkehrungen:

Trotz der zahlreichen Vorteile, die Industrie 5.0 für das Gesundheitswesen mit sich bringt, müssen verschiedene Vorkehrungen getroffen werden, um eine erfolgreiche Umsetzung zu gewährleisten:

Hohe Investitionskosten: Die erforderlichen Investitionen in neue Technologien und Systeme dürfen nicht unterschätzt werden. Unternehmen und Institutionen im Gesundheitswesen müssen bereit sein, erhebliche finanzielle Mittel bereitzustellen, um die Implementierung von Industrie 5.0-Technologien zu ermöglichen.

Schulung des Personals: Die Schulung des Personals für den Umgang mit neuen Entwicklungen und Technologien ist ebenfalls von entscheidender Bedeutung. Eine kontinuierliche Weiterbildung und Anpassung der Kenntnisse sind notwendig, um den effektiven Einsatz neuer Systeme sicherzustellen.

Datenschutz und ethische Überlegungen: Die Frage des Datenschutzes stellt eine bedeutende Herausforderung dar. Die Umsetzung neuer Technologien im Gesundheitswesen erfordert eine ständige Überprüfung und Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen, um den Schutz der Patientendaten sicherzustellen und ethischen Standards gerecht zu werden.

Zusammenfassend zeigt das Papier, dass die Integration von Industrie 5.0-Technologien in das Gesundheitswesen erhebliche Fortschritte bei der Patientenversorgung und Verwaltung mit sich bringen kann. Gleichzeitig müssen jedoch erhebliche Herausforderungen bewältigt werden, um eine erfolgreiche und ethisch vertretbare Umsetzung zu gewährleisten (L. Gomathi, 2023, S. 204–209).

6.1.3 Fazit

Zusammenfassend zeigt sich, dass Industrie 5.0 weitreichende Auswirkungen auf administrative Produktionsprozesse hat. Der Paradigmenwechsel hin zu einer stärker menschenzentrierten und stakeholderorientierten Unternehmenskultur wird durch die Integration von Diversität, Inklusion und Empowerment maßgeblich unterstützt. Die Untersuchung der relevanten Studien und Entwicklungen verdeutlicht, dass Unternehmen, die diese Konzepte effektiv umsetzen, nicht nur ihre interne Arbeitsatmosphäre verbessern, sondern auch ihre Gesamtleistung steigern können. Gleichzeitig profitieren sie von einer

erhöhten Resilienz gegenüber Krisensituationen und einem stärkeren Wettbewerbsvorteil auf dem Markt. Die Anpassung der Unternehmensstruktur im Sinne von Industrie 5.0 erfordert jedoch erhebliche Investitionen und eine kontinuierliche Weiterbildung der Mitarbeiter. Die Herausforderungen in der praktischen Umsetzung, insbesondere im Gesundheitswesen, verdeutlichen die Notwendigkeit einer sorgfältigen Planung und eines umfassenden Ansatzes zur Integration neuer Technologien. Letztlich zeigt sich, dass eine erfolgreiche Implementierung von Industrie 5.0-Prinzipien eine nachhaltige und zukunftsorientierte Entwicklung für Unternehmen darstellt.

6.2 Einfluss von Industrie 5.0 auf technische Produktionsprozesse

Das Kapitel „Einfluss von Industrie 5.0 auf technische Produktionsprozesse“ befasst sich mit den tiefgreifenden Veränderungen, die durch den technologischen Fortschritt und die Mensch-Maschine-Kollaboration im Rahmen von Industrie 5.0 hervorgerufen werden. Die Entwicklungen in der Mensch-Maschine-Interaktion, einschließlich des Einsatzes von kollaborativen Robotern (Cobots) und Exoskeletten, spielen eine zentrale Rolle bei der Effizienzsteigerung und Nachhaltigkeit der Produktionsprozesse. Die Integration fortschrittlicher Technologien, wie Künstliche Intelligenz (KI) und moderne Exoskelette, ermöglicht eine präzisere und ergonomischere Arbeitsweise, während gleichzeitig neue Herausforderungen im Bereich der Sicherheit und IT-Schutz bewältigt werden müssen. Zudem wird untersucht, wie empathische Technologien die Mensch-Maschine-Interaktionen verbessern und langfristige Vorteile für die Arbeitswelt und den Gesundheitssektor bieten können.

6.2.1 Technologische Modernisierungen - Mensch-Maschine-Kollaboration und Einsatz von Exoskeletten

Im Paper „Technological Modernizations in the Industry 5.0 Era“ wird die wesentliche Bedeutung der technologischen Prozessanpassungen für die Umsetzung der Konzepte von Industrie 5.0 detailliert erläutert. Ziel ist es, eine effiziente Zusammenarbeit zwischen Mensch

und Maschine zu erreichen. Dabei spielen verschiedene technologische Entwicklungen eine zentrale Rolle.

Effizienzsteigerung durch Mensch-Maschine-Kollaboration:

- **Einsatz von Cobots:** Die Integration von kollaborativen Robotern (Cobots) zielt darauf ab, sich wiederholende Aufgaben zu automatisieren. Cobots unterstützen die Arbeitskräfte, indem sie Aufgaben übernehmen, die monoton oder körperlich belastend sind, und ermöglichen es den Mitarbeitenden, sich auf anspruchsvollere Aufgaben zu konzentrieren.
- **Künstliche Intelligenz (KI):** Der Einsatz von KI-Technologien ermöglicht die Echtzeitanalyse von Produktionsdaten, was zu einer erheblichen Effizienzsteigerung in den Produktionsprozessen führt. KI-Systeme können Fehler im Produktionsprozess frühzeitig erkennen und somit zur Reduktion von Ausfällen beitragen. Wenn es dennoch zu Störungen kommt, lernen KI-Systeme aus den Fehlern und verbessern kontinuierlich ihre Problemlösungsstrategien. Dadurch werden nicht nur Ausfälle seltener, sondern auch die Behebung von Fehlern wird zeitlich weniger aufwendig.

Nachhaltigkeit im Industrie 5.0 Kontext:

Ein weiteres zentrales Anliegen von Industrie 5.0 ist die Förderung der Nachhaltigkeit. Die Produktionsprozesse sollen umweltfreundlicher gestaltet werden, indem der Energieverbrauch gesenkt und die Nutzung von Materialien optimiert wird. Der Fokus liegt darauf, Ressourcen effizient zu nutzen und Abfall zu minimieren.

Herausforderungen und Sicherheitsaspekte:

Die Vernetzung der Produktionsanlagen stellt eine signifikante Herausforderung dar, insbesondere im Bereich der IT-Sicherheit. Maschinen und Netzwerke müssen vor potenziellen Cyberangriffen geschützt werden, um die Integrität und Sicherheit der Produktionsprozesse zu gewährleisten. Die Sicherstellung eines robusten Schutzes gegen solche Bedrohungen ist unerlässlich, um die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Systeme zu garantieren.

Exoskelette und ihre Auswirkungen auf die Arbeitswelt:

Exoskelette gewinnen zunehmend an Bedeutung in der industriellen Praxis. Diese Technologien unterstützen Arbeiter bei ihren Bewegungen und verbessern deren Arbeitserlebnis erheblich. Exoskelette können verschiedene Körperteile wie Hände, Rücken, Schultern sowie Ober- und Unterkörper entlasten. Sie reduzieren den Kraftaufwand beim Ziehen, Bewegen oder Tragen von Werkzeugen und Materialien und tragen zur Prävention von körperlichen Erkrankungen bei.

- **Marktentwicklung:** Die Investitionen in fortschrittliche Exoskelette zeigen einen signifikanten Anstieg. Bis Ende des Jahrzehnts wird ein Umsatz von 3,4 Milliarden USD prognostiziert. Laut einem Marktbericht von ABI Research sollen bis 2030 etwa 274 Millionen Exoskelette produziert werden.

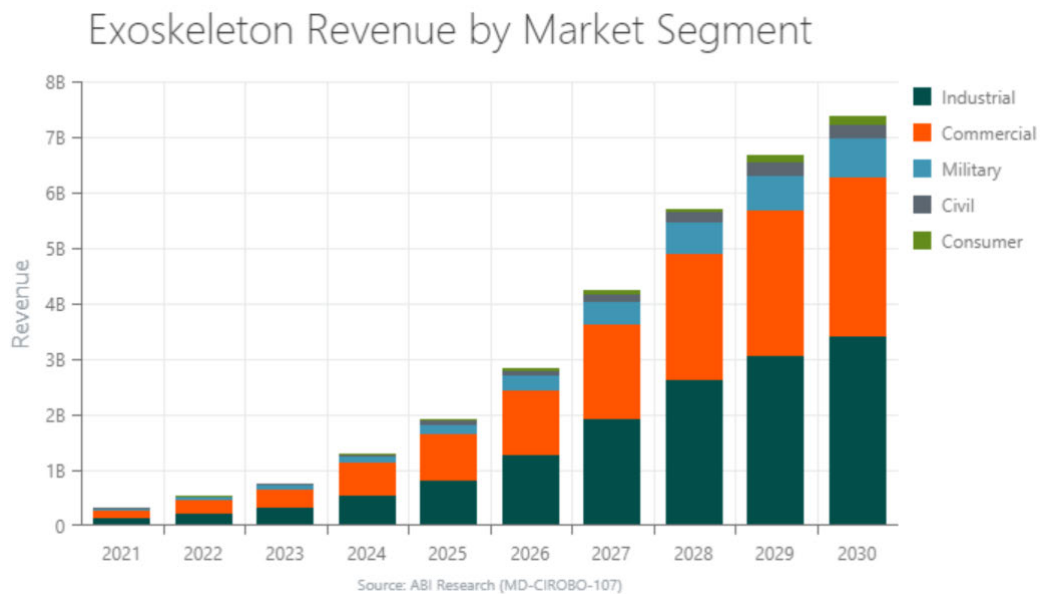


Figure 8: Umsatzverteilung von Exoskeletten nach Marktsegment [8]

„Das Diagramm veranschaulicht die Umsatzverteilung von Exoskeletten nach Marktsegment, basierend auf den Daten von ABI Research (Alojaiman, B., 2023, S. 1–9).“

Zusammenfassend verdeutlicht das Papier, dass die technologischen Modernisierungen im Rahmen von Industrie 5.0 nicht nur zu einer verbesserten Effizienz und Nachhaltigkeit führen, sondern auch neue Herausforderungen in den Bereichen Sicherheit und Ergonomie mit sich

bringen. Die kontinuierliche Weiterentwicklung und Anpassung der Technologien sind entscheidend für die erfolgreiche Implementierung und Nutzung der Konzepte von Industrie 5.0.

6.2.2 Der Einfluss empathischer Technologien auf langfristige Mensch-Maschine-Interaktionen

Das Feld der intelligenten Maschinen basiert grundsätzlich auf linguistischen und mathematisch-logischen Fähigkeiten. Neueste Entwicklungen zeigen jedoch, dass Forscher daran arbeiten, Maschinen emotionale Intelligenz zu vermitteln. Dies entspricht den Zielen von Industrie 5.0, da Maschinen durch das Verständnis menschlicher Emotionen in der Lage sein sollten, rücksichtsvoll mit uns zusammenzuarbeiten.

Das Paper „Toward Machines With Emotional Intelligence“ leitet in dieses Thema ein, indem es zunächst darauf hinweist, dass es für viele Leser zunächst merkwürdig erscheinen mag, dass Maschinen in der Lage sein könnten, Emotionen zu „erfahren“. Maschinen besitzen keine echten Emotionen. Ein Beispiel verdeutlicht dies: Als IBMs Supercomputer „Deep Blue“ den Schachweltmeister Garry Kasparov besiegte, erlebte die Maschine weder Stress noch Freude über den Sieg. Obwohl es absurd erscheinen mag, wird die Entwicklung von Maschinen mit emotionaler Intelligenz als durchaus erstrebenswert angesehen. Ein solches Ziel könnte viele Missverständnisse in der Mensch-Maschine-Interaktion beheben.

Ein weiteres Problem besteht darin, dass Theorien, die Emotionen eindeutig beschreiben, oft unklar sind. Daher verfolgt die Forschung den Ansatz, affektive Zustände in der Interaktion zwischen Mensch und Maschine zu beobachten. Basierend auf diesen Beobachtungen können Modelle zur Vorhersage von Emotionen entwickelt werden. Im Bildungsbereich wären affektive Zustände wie Interesse und Langeweile von besonderer Bedeutung. Hierbei analysieren Maschinen Körperhaltung, Gesichtsausdrücke und physiologische Signale, um emotionale Zustände zu interpretieren. Die Genauigkeit dieser Analysen liegt derzeit bei etwa 80%. Es muss jedoch beachtet werden, dass Gesichtsausdrücke nicht immer ausreichende Indikatoren für Emotionen sind, da Menschen unterschiedlich stark in ihrer Mimik und Gestik sind.

Ein weiteres Konzept ist der Einsatz relationaler Agenten. Diese computerbasierten Charaktere bauen langfristige soziale und emotionale Beziehungen zu Menschen auf. Ein Anwendungsbeispiel ist die Gesundheitsvorsorge. In einer Studie wurde ein Agent namens „Laura“ eingesetzt, um Patienten zu motivieren, mehr zu gehen. Zwei Versionen des Agenten kamen zum Einsatz:

- **Agent 1:** Freundlich, aber nicht emotional
- **Agent 2:** Freundlich und emotional, als relationaler Agent

Die Ergebnisse zeigten, dass Patienten, die mit dem relationalen Agenten (Agent 2) interagierten, einfacher emotionale Bindungen aufbauen konnten. Dies führte zu besseren Ergebnissen in der Fitness der Patienten, da sie durchschnittlich mehr gingen als diejenigen, die mit dem nicht emotionalen Agenten (Agent 1) interagierten (Picard, Rosalind W., 2008, S. 1–19).

6.2.3 Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Industrie 5.0 erhebliche Fortschritte und Vorteile für technische Produktionsprozesse mit sich bringt. Die erfolgreiche Integration von Mensch-Maschine-Kollaboration und die Anwendung neuer Technologien wie Exoskelette und KI führen zu einer signifikanten Effizienzsteigerung und einer verbesserten Ergonomie in der Arbeitswelt. Diese technologischen Modernisierungen tragen zur Nachhaltigkeit bei, indem sie den Ressourcenverbrauch optimieren und Abfall minimieren. Gleichzeitig sind jedoch auch neue Herausforderungen, insbesondere im Bereich der IT-Sicherheit und der ergonomischen Gestaltung, zu bewältigen. Die Entwicklungen in der empathischen Technologie zeigen vielversprechende Ansätze, um die Mensch-Maschine-Interaktion zu verbessern und langfristige positive Effekte auf die Arbeitsweise und die Patientenbetreuung zu erzielen. Die kontinuierliche Weiterentwicklung und Anpassung dieser Technologien sind entscheidend, um die Potenziale von Industrie 5.0 voll auszuschöpfen und eine sichere sowie nachhaltige Zukunft für die industrielle Produktion zu gewährleisten.

6.3 Kapitelfazit

Zusammenfassend zeigt sich, dass Industrie 5.0 weitreichende und transformative Auswirkungen auf alle Aspekte der Produktionsprozesse hat. Im administrativen Bereich führt die Implementierung von Diversität, Inklusion und Empowerment zu einer signifikanten Verbesserung der Unternehmensleistung und Mitarbeiterzufriedenheit. Die Veränderungen in der Unternehmenskultur, die durch einen menschenzentrierten Ansatz gefördert werden, stärken nicht nur die interne Resilienz, sondern verbessern auch die langfristige Wettbewerbsfähigkeit.

Auf der technischen Seite bringt Industrie 5.0 bedeutende Fortschritte durch die Integration von Mensch-Maschine-Kollaboration und modernen Technologien wie Cobots, Künstlicher Intelligenz und Exoskeletten. Diese Technologien steigern die Effizienz, verbessern die Ergonomie und tragen zur Nachhaltigkeit bei, indem sie den Ressourcenverbrauch optimieren und Abfall minimieren. Jedoch sind neue Herausforderungen in Bereichen wie IT-Sicherheit und ergonomische Gestaltung zu bewältigen. Die fortlaufende Entwicklung und Anpassung dieser Technologien ist entscheidend, um die vollen Potenziale von Industrie 5.0 zu realisieren und eine sichere, nachhaltige und zukunftsfähige Produktionsumgebung zu gewährleisten. Die Ergebnisse dieses Kapitels verdeutlichen, dass Industrie 5.0 nicht nur eine technologische Revolution darstellt, sondern auch eine umfassende Neuausrichtung der Werte und Prozesse in der industriellen Produktion mit sich bringt.

7 Zusammenfassung und Fazit

7.1 Zusammenfassung

Die vorliegende Bachelorarbeit untersucht die nahtlose Integration administrativer und technischer Informationsprozesse in der Produktion im Kontext der industriellen Revolutionen 4.0 und 5.0. Sie beleuchtet die Auswirkungen moderner Technologien auf die Effizienz und Flexibilität in der Produktion und stellt dar, wie Unternehmen diese Chancen nutzen können, um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu steigern.

In Kapitel 3 wurde die zentrale Rolle der nahtlosen Integration von administrativen und technischen Prozessen herausgearbeitet. Ansätze wie der Industrial Business Process Twin (IBPT) und das Seamless Design-to-Manufacture (SDTM) bieten signifikante Vorteile, darunter die Verbesserung der Vernetzung zwischen IT und OT sowie die Automatisierung von Entwicklungsprozessen. Die Implementierung dieser Methoden ermöglicht eine effiziente Produktion, die durch weniger Fehler und verkürzte Entwicklungszeiten gekennzeichnet ist. Diese Ansätze zeigen auf, dass eine integrative Sichtweise entscheidend für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen ist.

Die Auswahl des Experteninterviews mit Prof. Dr. rer. nat. Alfred Zimmermann verdeutlicht die Notwendigkeit, fundierte Perspektiven in die Analyse einzubeziehen. Seine Expertise in digitaler Transformation und modernen Unternehmensarchitekturen bietet wertvolle Einblicke in die Herausforderungen und Chancen, die sich durch die Integration neuer Technologien ergeben.

Kapitel 5 befasst sich mit den weitreichenden Auswirkungen von Industrie 4.0 auf administrative und technische Produktionsprozesse. Robotic Process Automation (RPA) wird

als Schlüsseltechnologie zur Transformation administrativer Aufgaben identifiziert. Die Beispiele aus der Schulverwaltung zeigen, wie durch Automatisierung die Effizienz gesteigert und Kosten gesenkt werden können. Gleichzeitig wird die Bedeutung einer gezielten Mitarbeiterschulung und die Berücksichtigung von Datenschutz hervorgehoben.

Im technischen Bereich hat die digitale Transformation durch Technologien wie das Industrial Internet of Things (IIoT) und Cyber-Physical Systems (CPS) die Produktionsprozesse revolutioniert. Investitionen in diese Technologien sind unerlässlich, um die Wettbewerbsfähigkeit zu sichern und langfristige Effizienzgewinne zu realisieren.

Kapitel 6 beleuchtet die menschenzentrierten Ansätze von Industrie 5.0 und deren Einfluss auf administrative und technische Produktionsprozesse. Die Integration von Diversität, Inklusion und Empowerment fördert nicht nur die Mitarbeiterzufriedenheit, sondern verbessert auch die Resilienz und Gesamtleistung der Unternehmen. Technologisch gesehen führen neue Entwicklungen wie Mensch-Maschine-Kollaboration und empathische Technologien zu signifikanten Effizienzsteigerungen und einer verbesserten Ergonomie.

Dennoch werden auch Herausforderungen wie IT-Sicherheit und ergonomische Gestaltung angesprochen, die bei der Umsetzung dieser Technologien beachtet werden müssen.

7.2 Fazit

Insgesamt zeigt diese Arbeit, dass die digitale Transformation durch Industrie 4.0 und 5.0 grundlegende Veränderungen in der Produktionslandschaft mit sich bringt. Die nahtlose Integration administrativer und technischer Prozesse ist entscheidend für die Effizienzsteigerung und die Innovationsfähigkeit von Unternehmen. Die untersuchten Technologien bieten vielversprechende Ansätze, um die Herausforderungen einer zunehmend komplexen und vernetzten Produktionsumgebung zu meistern.

Die Implementierung dieser Technologien erfordert jedoch nicht nur finanzielle Investitionen, sondern auch eine strategische Planung und Schulung der Mitarbeiter, um die vollen Potenziale auszuschöpfen. Unternehmen, die bereit sind, sich auf diesen Wandel einzulassen und in die kontinuierliche Weiterbildung ihrer Mitarbeiter zu investieren, werden in der Lage sein, nicht nur ihre Prozesse zu optimieren, sondern auch eine nachhaltige und zukunftssichere

Zusammenfassung und Fazit

Entwicklung zu gewährleisten. Die Arbeit liefert somit wertvolle Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen für die Praxis, um die Wettbewerbsfähigkeit in der digitalisierten Industrie zu steigern.

8 Literaturverzeichnis

Alojaiman, B. (2023). Technological Modernizations in the Industry 5.0 Era: A Descriptive Analysis and Future Research Directions. *Processes*, 11(5), 1318. <https://doi.org/10.3390/pr11051318>

Atwell, C. (2017, 12. September). Yes, Industry 5.0 is Already on the Horizon. *Machine Design*. <https://www.machinedesign.com/automation-iiot/article/21835933/yes-industry-50-is-already-on-the-horizon>

Cillo, V., Gregori, G. L., Daniele, L. M., Caputo, F. & Bitbol-Saba, N. (2021). Rethinking companies' culture through knowledge management lens during Industry 5.0 transition. *Journal Of Knowledge Management*, 26(10), 2485–2498. <https://doi.org/10.1108/jkm-09-2021-0718>

Esben H. Østergaard. (2022, 31. Januar). *Factory Automation: Welcome to Industry 5.0 - ISA*. isa.org. <https://www.isa.org/intech-home/2018/march-april/features/welcome-to-industry-5-0>

Featherstone, J. A. (1990). The Origins and Development of the Academic Library Systems Office in Ohio, 1960-1990. In Kent State University, *Kent State University School of Library Science*. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED367366.pdf>

- Foskett, D. J., Haider, S., Francis, F. C. & Estabrook, L. S. (2024, 7. September). *Library | Definition, History, Types & Facts*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/topic/library/The-effects-of-the-French-Revolution>
- Gomathi, L., Mishra, A. K. & Tyagi, A. K. (2023). Industry 5.0 for Healthcare 5.0: Opportunities, Challenges and Future Research Possibilities. *2023 7th International Conference On Trends in Electronics And Informatics (ICOEI)*, 204–213. <https://doi.org/10.1109/icoei56765.2023.10125660>
- Hassan, M. A., Zardari, S., Farooq, M. U., Alansari, M. M. & Nagro, S. A. (2024). Systematic Analysis of Risks in Industry 5.0 Architecture. *Applied Sciences*, 14(4), 1466. <https://doi.org/10.3390/app14041466>
- Houy, C., Hamberg, M. & Fettke, P. (2019). *Robotic process automation in public administrations*. <https://dl.gi.de/items/eaf373e1-36c9-4be1-ad8f-59de99deb30a>
- Hussain, A. (2019). Industrial revolution 4.0: implication to libraries and librarians. *Library Hi Tech News*, 37(1), 1–5. <https://doi.org/10.1108/lhtn-05-2019-0033>
- Langmann, R. (2021). *Vernetzte Systeme für die Automatisierung 4.0 : Bussysteme – Industrial Ethernet – Mobile Kommunikation – Cyber-Physical Systems / Reinhard*

Langmann. Carl Hanser Verlag. <https://katalog.haw-hamburg.de/vufind/Record/1759265799>

Leng, J., Sha, W., Wang, B., Zheng, P., Zhuang, C., Liu, Q., Wuest, T., Mourtzis, D. & Wang, L. (2022). Industry 5.0: Prospect and retrospect. *Journal Of Manufacturing Systems*, 65, 279–295. https://www.researchgate.net/publication/364124926_Industry_50_Prospect_and_retrospect

Martini, M. (2017). Transformation der Verwaltung durch Digitalisierung. *Die Öffentliche Verwaltung*, 63(11), 443-454. https://www.uni-speyer.de/fileadmin/Lehrstuehle/Martini/2017_TransformationderVerwaltung_Typos_kriptDOEV.pdf

Murray, G., Johnstone, M. N. & Valli, C. (o. D.). *The convergence of IT and OT in critical infrastructure*. Research Online. <https://ro.ecu.edu.au/ism/217/>

Nedelko, Z. (2021). What Drives the Usage of Management Tools Supporting Industry 4.0 in Organizations? *Sensors*, 21(10), 3512. <https://doi.org/10.3390/s21103512>

Paschek, D., Mocan, A., & Draghici, A. (2019, May). Industry 5.0—The expected impact of next industrial revolution. In *Thriving on future education, industry, business, and Society, Proceedings of the MakeLearn and TIIM International Conference, Piran, Slovenia* (pp. 15-17). <https://toknowpress.net/ISBN/978-961-6914-25-3/papers/ML19-017.pdf>

Penprase, B. E. (2018). The Fourth Industrial Revolution and Higher Education. In *Springer eBooks* (S. 207–229). https://doi.org/10.1007/978-981-13-0194-0_9

Picard, R. W. (2008, 1. November). *Toward machines with emotional intelligence*. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/137903>

Publications Office of the European Union. (2021). *Industry 5.0 : towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. Publications Office Of The EU. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/468a892a-5097-11eb-b59f-01aa75ed71a1/>

Rada, M. (2020, 26. Mai). INDUSTRY 5.0 definition - Michael Rada - Medium. *Medium*. <https://michael-rada.medium.com/industry-5-0-definition-6a2f9922dc48>

- Robotic Process Automation in School Administration: Exploring the Integration of RPA Solutions to Streamline Administrative Processes and Reduce Workload.
(2024). *NIU Journal Of Humanities*, 9(2). <https://doi.org/10.58709/niuju.v9i2.1905>
- Roger Shelzer. (2017, 17. Oktober). *What Is Industry 5.0 — and How Will It Affect Manufacturers? - Global Electronic Services*. Global Electronic Services. <https://blog.gesrepair.com/industry-5-0-will-affect-manufacturers/>
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P. & Harnisch, M.
(2015). *Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries*. Boston Consulting Group.
https://inovasyon.org/images/Haberler/bcgperspectives_Industry40_2015.pdf
- Shahzad, A., Lee, M., Xiong, N., Jeong, G., Lee, Y., Choi, J., Mahesar, A. & Ahmad, I.
(2016). A Secure, Intelligent, and Smart-Sensing Approach for Industrial System Automation and Transmission over Unsecured Wireless Networks. *Sensors*, 16(3), 322. <https://doi.org/10.3390/s16030322>
- Stocksmeier, D., Wimmer, M. A., Führer, M. & Essmeyer, K. (2019). *Once-Only in Deutschland und Europa: Eine Roadmap grenzüberschreitender Vernetzung im Bereich Steuern*. <https://dl.gi.de/items/23e4ea7c-c347-4971-9a7c-a00b7f876e6e>

- Tyagi, A. K., Dananjayan, S., Agarwal, D. & Ahmed, H. F. T. (2023). Blockchain—Internet of Things Applications: Opportunities and Challenges for Industry 4.0 and Society 5.0. *Sensors*, 23(2), 947. <https://doi.org/10.3390/s23020947>
- Vogel-Heuser, B. & Bengler, K. (2023). Von Industrie 4.0 zu Industrie 5.0 – Idee, Konzept und Wahrnehmung. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 60(6), 1124–1142. <https://doi.org/10.1365/s40702-023-01002-x>
- Vogel-Heuser, B. & Hess, D. (2016). Guest Editorial Industry 4.0—Prerequisites and Visions. *IEEE Transactions On Automation Science And Engineering*, 13(2), 411–413. <https://doi.org/10.1109/tase.2016.2523639>
- Waclawek, H., Schäfer, G., Binder, C., Hirsch, E. & Huber, S. (2023). Digital Twins of Business Processes as Enablers for IT / OT Integration. *Digital Twins Of Business Processes As Enablers For IT / OT Integration*. <https://doi.org/10.1109/indin51400.2023.10217905>
- Wang, J., Abid, H., Lee, S., Shu, L. & Xia, F. (2011, 31. Dezember). *A Secured Health Care Application Architecture for Cyber-Physical Systems*. arXiv.org. <https://arxiv.org/abs/1201.0213>

Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B. & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal Of Manufacturing Systems*, 61, 530–535. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>

Zeidner, L. & Hazony, Y. (1992). Seamless design-to-manufacture (SDTM). *Journal Of Manufacturing Systems*, 11(4), 269–284. [https://doi.org/10.1016/0278-6125\(92\)90027-d](https://doi.org/10.1016/0278-6125(92)90027-d)

8.1 Abbildungen

[1]: Figure 1: Entwicklung der industriellen Produktion im historischen Kontext

Langmann, R. (2021). *Vernetzte Systeme für die Automatisierung 4.0 : Bussysteme – Industrial Ethernet – Mobile Kommunikation – Cyber-Physical Systems / Reinhard Langmann*. Carl Hanser Verlag. <https://katalog.haw-hamburg.de/vufind/Record/1759265799>

Seite 217

[2]: Figure 2: Chronologische Darstellung von Industrie 5.0 innerhalb der industriellen Entwicklung

Vogel-Heuser, B. & Bengler, K. (2023). Von Industrie 4.0 zu Industrie 5.0 – Idee, Konzept und Wahrnehmung. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 60(6), 1124–1142. <https://doi.org/10.1365/s40702-023-01002-x>

Seite 1126

[3]: Figure 3: Historische Entwicklung der Industrie x.o

Leng, J., Sha, W., Wang, B., Zheng, P., Zhuang, C., Liu, Q., Wuest, T., Mourtzis, D. & Wang, L. (2022). Industry 5.0: Prospect and retrospect. *Journal Of Manufacturing Systems*, 65, 279–295. https://www.researchgate.net/publication/364124926_Industry_50_Prospect_and_retrospect

[4]: Figure 4: Funktionsweise des Industrial Business Process Twin (IBPT)

Waclawek, H., Schäfer, G., Binder, C., Hirsch, E. & Huber, S. (2023). Digital Twins of Business Processes as Enablers for IT / OT Integration. *Digital Twins Of Business Processes As Enablers For IT / OT Integration*. <https://doi.org/10.1109/indin51400.2023.10217905>

Seite 3

[5]: Figure 5: Test des IBPT am Spiel Mühle

Waclawek, H., Schäfer, G., Binder, C., Hirsch, E. & Huber, S. (2023). Digital Twins of Business Processes as Enablers for IT / OT Integration. *Digital Twins Of Business Processes As Enablers For IT / OT Integration*. <https://doi.org/10.1109/indin51400.2023.10217905>

Seite 3

[6]: Figure 6: Vertikale und Horizontale Kommunikation in Cyber-Physischen Systemen

Langmann, R. (2021). *Vernetzte Systeme für die Automatisierung 4.0 : Bussysteme – Industrial Ethernet – Mobile Kommunikation – Cyber-Physical Systems / Reinhard*

Langmann. Carl Hanser Verlag. <https://katalog.haw-hamburg.de/vufind/Record/1759265799>

Seite 220

[7]: Figure 7: Modulare Ansicht der CPeSC3-Architektur

Wang, J., Abid, H., Lee, S., Shu, L. & Xia, F. (2011, 31. Dezember). *A Secured Health Care Application Architecture for Cyber-Physical Systems*.

arXiv.org. <https://arxiv.org/abs/1201.0213>

Seite 4

[8]: Figure 8: Umsatzverteilung von Exoskeletten nach Marktsegment

Alojaiman, B. (2023). Technological Modernizations in the Industry 5.0 Era: A Descriptive Analysis and Future Research Directions. *Processes*, 11(5),

1318. <https://doi.org/10.3390/pr11051318>

Seite 9

8.2 Tabellen

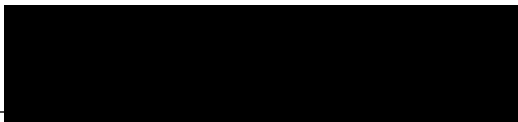
[9]: Tabelle 1: Vorgefallene Cyberangriffe auf OT-Systeme

Murray, G., Johnstone, M. N. & Valli, C. (o. D.). *The convergence of IT and OT in critical infrastructure*. Research Online. <https://ro.ecu.edu.au/ism/217/>

Seite 151

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

_____	_____	_____ 
Ort	Datum	Unterschrift im Original