



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Gökhan Takir

Künstliche Intelligenz in der Produktion und die Rolle des Menschen

*Fakultät Technik und Informatik
Department Maschinenbau und Produktion*

*Faculty of Engineering and Computer Science
Department of Mechanical Engineering and
Production Management*

Gökhan Takir

Künstliche Intelligenz in der Produktion

und die Rolle des Menschen

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

im Studiengang Maschinenbau und Produktion
am Department Maschinenbau und Produktion
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Erstprüfer: Prof. Dr. Christian Müller

Zweitprüfer: Dipl. Ing. Jörg Sahling

Abgabedatum: 25.04.2024

Zusammenfassung

Name des Studierenden

Gökhan Takir

Thema der Bachelorthesis

Künstliche Intelligenz in der Produktion und die Rolle des Menschen

Stichworte

Künstliche Intelligenz, Machine Learning, Deep Learning, Mustererkennung, Produktion, Anwendungsfelder, Autonomiestufen, Smarte Fabrik, Robotik, Ethik, Datensicherheit

Kurzzusammenfassung

Unternehmen passen sich den Umständen der Digitalisierung an und versuchen das Potenzial der Industrie 4.0 und der Digitalisierung auszuschöpfen. Diverse Unternehmen haben KI in deren Abteilungen integriert oder versuchen KI zu integrieren. Jedoch ist die Umsetzung schwierig und mit vielen Herausforderungen verbunden. KI wird in der Produktion zunehmend eingesetzt. Hierbei stellt sich die Frage, inwieweit die KI in die Prozesse integriert ist, welche Auswirkungen es hat, in welcher Form es eingesetzt wird und welche ethischen Aspekte beachtet werden müssen. In der vorliegenden Arbeit werden zudem auch Anwendungsbeispiele in Zusammenhang mit der KI analysiert.

Name of Student

Gökhan Takir

Title of the paper

Artificial intelligence in production and the role of humans

Keywords

Artificial intelligence, machine learning, deep learning, pattern recognition, production, use-cases, autonomy levels, smart factory, robotics, ethics, data security

Abstract

Companies are adapting to the circumstances of digitalization and trying to exploit the potential of Industry 4.0 and digitalization. Various companies have integrated AI into their departments or are trying to integrate AI. However, implementation is difficult and associated with many challenges. AI is increasingly being used in production. This raises the question of the extent to which AI is integrated into processes, what effects it has, in what form it is used and what ethical aspects need to be considered. This paper also analyzes application examples in connection with AI.

Aufgabenstellung



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Department Maschinenbau und Produktion

Aufgabenstellung

für die Bachelorthesis

von: Herrn Gökhan Takir

Matrikel-Nummer.: [REDACTED]

Thema: Künstliche Intelligenz in der Produktion und die Rolle des Menschen

Die rasanten Fortschritte auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz (KI) haben die technologische Landschaft von Grund auf verändert und neue Horizonte für das Ingenieurwesen eröffnet. Von den ersten Konzepten in den 1950er Jahren bis zu den hochentwickelten Algorithmen von heute hat KI eine bemerkenswerte Entwicklung durchlaufen. Sie ermöglicht eine Vielzahl von Anwendungen in den unterschiedlichsten Bereichen des Ingenieurwesens.

Die Wurzeln der KI liegen in dem Bestreben, maschinelles Denken und Lernen zu ermöglichen und damit neue Möglichkeiten für die Gestaltung technologischer Systeme zu eröffnen. Diese Entwicklung hat insbesondere das Ingenieurwesen als Schlüsselbereich der Industrie beeinflusst, da sie Möglichkeiten zur Optimierung von Prozessen aufzeigt.

Die vorliegende Bachelorarbeit strebt eine umfassende Analyse der verschiedenen Dimensionen Künstlicher Intelligenz (KI) an. Zunächst werden die Grundlagen von KI einschließlich der unterschiedlichen Arten von Algorithmen erläutert. Anschließend erfolgt die Untersuchung der Anwendungsfelder von KI in verschiedenen Bereichen, gefolgt von einer Analyse einiger Unternehmen, die KI nutzen.

Ein weiterer Fokus liegt auf der Analyse der potenziellen Auswirkungen von KI auf Arbeitsplätze. Dabei wird erforscht, inwieweit KI menschliche Arbeitskräfte ersetzt. Abschließend wird die Rolle des Menschen in Zusammenhang mit KI beleuchtet, wobei insbesondere die ethischen Aspekte umfassend untersucht werden.

Schwerpunkte der Bachelorarbeit:

- Grundlagen über Künstliche Intelligenz (KI) sowie KI-Algorithmen erläutern
- Anwendungsfelder von KI untersuchen (Fokus: KI in der Produktion)
- Beispielhafte Use-Cases in Unternehmen beschreiben und diskutieren
- potenzielle Auswirkungen von KI auf Arbeitsplätze analysieren
- darunter Rolle des Menschen bei KI, insbesondere ethische Aspekte, diskutieren

11.01.2024

Datum

[REDACTED]
Erstprüfer

Inhaltsverzeichnis

AUFGABENSTELLUNG	II
INHALTSVERZEICHNIS	III
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	V
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	VI
1 EINLEITUNG	1
1.1 GESCHICHTE	1
1.2 TURING TEST.....	2
1.3 ZIELSETZUNG DER ARBEIT	2
2 GRUNDLAGEN ÜBER KÜNSTLICHE INTELLIGENZ SOWIE KI-ALGORITHMEN	3
2.1 DEFINITION DER KÜNSTLICHEN INTELLIGENZ	4
2.2 WIE LERNT KI	5
2.3 EINSATZFELDER VON KI	6
2.4 AUTONOMIESTUFEN.....	7
2.5 SCHÖPFERISCHE KÜNSTLICHE INTELLIGENZ.....	8
2.6 SYMBOLISCHE UND SUBSYMBOLISCHE KI.....	9
2.7 KI-ARTEN: STARKE UND SCHWACHE KI	9
2.8 HYBRIDE KI	10
2.9 KI- LEISTUNGSBESTANDTEILE	10
2.9.1 <i>Neuronale Netze</i>	11
2.9.2 <i>Maschinelles Lernen (Machine Learning)</i>	12
2.9.3 <i>Deep-Learning</i>	16
3 ANWENDUNGSFELDER DER KI.....	17
3.1 KI IN DER PRODUKTION.....	17
3.1.1 <i>Smart Factory</i>	18
3.1.2 <i>Predictive Maintenance</i>	19
3.1.3 <i>Robotik</i>	23
3.1.4 <i>Qualitätsmanagement</i>	25
3.1.5 <i>Signalanalyse</i>	29
3.1.6 <i>Operationsmanagement</i>	29
3.2 DIENSTLEISTUNGSSEKTOR.....	30
3.3 GESUNDHEITSWESEN	31

3.4	MOBILITÄTSEKTOR/TRANSPORTSEKTOR.....	32
3.5	MILITÄRSEKTOR.....	34
4	USE CASES.....	35
4.1	KARL MAYER TEXTILMASCHINENBAU.....	35
4.1.1	<i>Fazit.....</i>	36
4.2	TRUMPF WERKZEUGMASCHINEN GMBH + Co. KG	37
4.2.1	<i>Fazit.....</i>	39
4.3	MAHLE INTERNATIONAL GMBH.....	40
4.3.1	<i>Fazit.....</i>	42
5	ETHIK IN DER KÜNSTLICHEN INTELLIGENZ.....	43
5.1	NOTWENDIGE VORAUSSETZUNGEN	43
5.2	DATENSICHERHEIT.....	43
5.3	AUSWIRKUNGEN DER KI AUF ARBEITSPLÄTZE.....	44
5.4	ANALYSE DER ANWENDUNGEN.....	46
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	50
7	LITERATURVERZEICHNIS	52
8	ERKLÄRUNG ZUR SELBSTSTÄNDIGEN BEARBEITUNG EINER ABSCHLUSSARBEIT	55

Abkürzungsverzeichnis

AGI	Artificial General Intelligence
AI	Artificial Intelligence
ANN	Artificial Neuronal Networks
ASI	Artificial Super Intelligence
CPS	Cyber-physische-Systeme
DL	Deep Learning
DSGVO	Datenschutz Grundverordnung
DTT	Data-to-Text
HRI	Human Robot Interaction
IoT	Internet of Things
KI	Künstliche Intelligenz
KNN	Künstliche Neuronale Netze
ML	Machine Learning
MRK	Mensch Roboter Kollaboration
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean Time to Recovery
NLP	Natural Language Processing
OEE	Overall Equipment Effectiveness
RPA	Robot Process Automation
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
STS	Speech-to-Speech
STT	Speech-to-Text
TTS	Text-to-Speech
TTT	Text-to-Text

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die wichtigsten Einsatzfelder der Künstlichen Intelligenz [6, S. 30]	7
Abbildung 2: KI-beeinflussende Autonomie-Stufen in der Produktion [14, S. 59].....	8
Abbildung 3: Hybride KI - Übertragung auf die Maschine[14, S. 56].....	10
Abbildung 4: Leistungsbestandteile der Künstlichen Intelligenz [6, S. 10].....	11
Abbildung 5: Unterschiedliche Schichten bei neuronalen Netzwerken [6, S. 11]	12
Abbildung 6: ML-Der Mensch bleibt noch Teil des Systems [14, S. 135]	13
Abbildung 7: Drei Methoden des maschinellen Lernens [14, S. 139]	14
Abbildung 8: Überwachtes Lernen trainiert anhand von bekannten Daten[18]	15
Abbildung 9: Unüberwachtes Lernen erkennt eigenständig Muster in den Daten [19].....	15
Abbildung 10: Vergleich Maschine Learning vs. Deep Learning [14, S. 155].....	16
Abbildung 11: Wichtige Veränderungen in der Produktion[6, S. 158].....	18
Abbildung 12: Predictive Maintenance Modell [6, S. 178]	21
Abbildung 13: KI-Einsatz zur Erreichung von Predictive Maintenance[26, S. 219]	22
Abbildung 14: MRK mit einem KUKA-Roboter [14, S. 310].....	24
Abbildung 15: Humanoider Roboter [14, S. 315]	24
Abbildung 16: Roboterarm detektiert und greift verschiedene Objekte auf[29, S. 28].....	25
Abbildung 17: Erkannte Karosserien auf einem Panoramabild [21, S. 82]	26
Abbildung 18: Automatisierter visueller Qualitätscheck der Schraubenmuttern[29, S. 19]	28
Abbildung 19: Kennzeichnung des Fehlers an einer Glasschmelzwanne [21, S. 85].....	29
Abbildung 20: Chatbot zum Lösen eines Problems [26, S. 133]	31
Abbildung 21: Roboter Marble[26, S. 215].....	33
Abbildung 22: Drohnen Auslieferung durch DHL [26, S. 216]	33
Abbildung 23: Screenshot aus dem Frühwarnsystem bei Trumpf[30, S. 26].....	39
Abbildung 24: Fertigung von Ventilführungen mit und ohne KI[30, S. 42]	41
Abbildung 25: Vermutete Folgen für den Arbeitsmarkt durch den Einsatz von KI [33].....	45
Abbildung 26: Einschätzung von Chancen und Risiken in Arbeitsbedingungen[33]	45

1 Einleitung

Durch die Digitalisierung und damit auch dem Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) haben sich viele neue Möglichkeiten für Produktentstehungsprozesse ergeben. Unternehmen werden durch die Verfügbarkeit von Big Data, die Nutzung hoher Rechenleistungen sowie den Einsatz von Methoden der Künstlichen Intelligenz bei der Konstruktion und Produktion unterstützt. Dadurch können Fertigungsprozesse besser überwacht, geregelt und optimiert werden. In der Fertigung bedeutet KI, schwierige Vorgänge zu automatisieren und verdeckte Muster in Arbeitsabläufen oder Produktionsprozesse zu erkennen. In der Produktion hingegen bezieht sich KI auf die Fähigkeit einer Maschine, wie ein Mensch zu denken, unabhängig auf Ereignisse, sei es extern oder auch intern, reagieren zu können und zukünftige Ereignisse zu antizipieren. Durch diese Fähigkeiten einer Maschine werden eine energie- und ressourcenschonende Produktion ermöglicht und zudem auch die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens gewährleistet [1].

Viele Unternehmen haben oft Schwierigkeiten KI in ihr Tagesgeschäft zu implementieren, obwohl sie sich der Bedeutung von KI und dessen potenzielle Auswirkung auf das Tagesgeschäft bewusst sind. Die Herausforderung in der Umsetzung von KI-Lösungen liegt darin, dass ein Mangel an qualifiziertem Personal herrscht, die Kosten schwer kalkulierbar sind, Tools und Technologien zum maschinellen Lernen fehlen sowie offene Fragen zu Vertrauen und Governance vorhanden sind [1].

Daten spielen eine enorme wichtige Rolle in der Anwendung von KI. Sie sind das Herzstück der KI und zugleich stellen sie eine große Herausforderung dar. Das Unternehmen muss sicherstellen, dass seine Daten in Echtzeit zugänglich sind. Darüber hinaus ist auch der Datenaustausch von großer Bedeutung. Um das Potenzial von KI komplett auszuschöpfen sind nicht nur unternehmensinterne Daten wichtig, sondern auch externe Daten, die verarbeitet werden [1].

1.1 Geschichte

Im Jahr 1936 hat Alan Turing, der ein britischer Mathematiker ist, bewiesen, dass eine Rechenmaschine in der Lage ist, kognitive Prozesse auszuführen. Jedoch müssen diese sich in Einzelschritte zerlegen und durch einen Algorithmus beschreiben lassen [2].

Der Begriff Künstliche Intelligenz existierte zu Beginn des 19. Jahrhunderts noch nicht. Erst im Jahr 1956 wurde der Begriff erstmals von Prof. John McCarthy in einer Konferenz am Dartmouth College im US-Staat New-Hampshire erwähnt und das erste KI-Programm geschrieben. Im Jahr 1972 wurden Expertensysteme in der Medizin eingesetzt. Unter einem Expertensystem wird ein Computerprogramm verstanden, das mit Hilfe Künstlicher Intelligenz aus einer Wissensbasis Handlungsempfehlungen und Problemlösungen ableitet. Expertensysteme fungieren somit als Experten in einem bestimmten Fachbereich [3]. In der

Medizin helfen sie bei der Therapie und Diagnose von Krankheiten. Im Jahr 1997 wurde der amtierende Schachweltmeister von einer KI-Schachmaschine besiegt. Schließlich erreichte Künstliche Intelligenz im Jahr 2011 durch verschiedene Innovationen den Alltag [2].

1.2 Turing Test

Der Turing-Test wurde 1950 von Alan Turing vorgeschlagen und nach ihm benannt. Zu seiner Zeit wurde es als „Imitation Game“ betitelt. Das Ziel besteht darin, die Intelligenz von Maschinen zu testen. Dazu werden zwei Personen und eine Maschine bzw. ein Computer räumlich voneinander getrennt. Sie kommunizieren über Tastatur und Bildschirm miteinander. Bei dem Test stellt eine Person den anderen beiden Gesprächspartnern eine Frage, die von denen beantwortet wird. Sollte der Mensch am Ende der Befragung nicht unterscheiden können, ob die Frage von einer Maschine oder von einem Menschen beantwortet wurde, besteht der Computer den Turing Test und wird als intelligent bezeichnet [4].

1.3 Zielsetzung der Arbeit

Mit der vorliegenden Arbeit wird das Ziel beabsichtigt, Anwendungen der Künstlichen Intelligenz näher zu untersuchen und dessen Auswirkungen auf die Prozesse zu analysieren sowie die ethischen Aspekte in Bezug auf KI zu untersuchen. Hierfür werden erst einmal die Grundlagen genannt und anschließend die einzelnen Anwendungsfelder sowie Anwendungsbeispiele untersucht und diskutiert. Zum Schluss werden ethische Aspekte aufgegriffen und auf die Anwendungsbeispiele übertragen.

2 Grundlagen über Künstliche Intelligenz sowie KI-Algorithmen

Künstliche Intelligenz ist ein Teilgebiet der Informatik und hat als Ziel die Intelligenz des Menschen zu imitieren, sogar zu übertreffen und in technische Systeme zu integrieren [5]. Das Wort leitet sich vom englischen Begriff „Artificial intelligence“ (AI) ab und wurde ins Deutsche übersetzt. KI ist auch einer der zentralen Bausteine der Digitalisierung und entscheidend für die Automatisierung verschiedener Prozesse.

Im Alltag nutzen wir häufig KI, ohne uns dessen bewusst zu sein oder darüber nachzudenken. KI vereinfacht unser Leben, ohne dass wir es bemerken. Beispiele hierfür sind digitale persönliche Assistenten wie Alexa, Google Home oder Siri. Diese digitalen persönlichen Assistenten werden häufig verwendet. Sei es das Abspielen einer bestimmten Musik, das Erstellen von Einkaufslisten, das Suchen von Begriffen aus dem Internet oder die komplette Steuerung des Smart Homes [6, S. 3]. Als „smart“ bezeichnet man Produkte, die sich mit dem Internet verbinden können und unter anderem miteinander vernetzen können. Erst mit der Einführung von ChatGPT wurde vielen wirklich bewusst, welches Ausmaß KI-Anwendungen haben können. ChatGPT wird für viele Zwecke verwendet. Von der einfachen Übersetzung eines Satzes bis hin zum Erstellen eines ganzen Quellcodes. Diese Innovation erleichtert vielen Menschen das Leben, da kein Vorwissen erforderlich ist. Mithilfe von ChatGPT können durch einfache Fragestellungen jegliche Informationen erlangt werden. Dabei greift der Chatbot auf seine Datenbank zu, um die Frage des Nutzers zu beantworten.

KI-Algorithmen werden zur Bilderkennung eingesetzt, wie zum Beispiel bei der Gesichtserkennung zur Aktivierung des Smartphones. Insbesondere in der Robotik findet Künstliche Intelligenz seine Anwendung. Roboter werden nicht mehr nur in der Produktion und Logistik eingesetzt, sondern auch in Bereichen wie Hotels, Krankenhäusern und privaten Haushalten [6, S. 4]. Ein Algorithmus ist eine Vorschrift, die jeden Schritt einzeln angibt, um ein bestimmtes Problem zu lösen. Dabei werden folgende Anforderungen an Algorithmen erwartet. Ein Algorithmus muss eindeutig sein. Er darf in sich keine widersprechenden Elemente enthalten. Darüber hinaus sollte ein Algorithmus nur Vorschriften enthalten, die auch wirklich ausführbar sind. Zusätzlich sollte ein Algorithmus endlich sein. Dies bedeutet, dass er nicht unendlich viele Handlungsvorschriften umfassen darf, sondern eine endliche Anzahl von Schritten haben muss. Des Weiteren sollte ein Algorithmus determiniert sein, was bedeutet, dass er bei gleicher Eingabe stets das gleiche Ergebnis liefern sollte. Zu guter Letzt sollte ein Algorithmus deterministisch sein. Es darf immer nur ein Schritt als nächstes folgen [6, S. 12]. Auch wenn die Künstliche Intelligenz sich mit der Zeit weiterentwickelt und immer weiter verbessert wird, besteht weiterhin die Herausforderung darin, die Intelligenz des menschlichen Gehirns nachzuahmen. Letzteres wird auch als „Artificial General Intelligence“ (AGI) bezeichnet [6, S. 4]. Außerdem gibt es noch die Superintelligenz, die im Englischen als „Artificial super Intelligence“ (ASI) betitelt wird. Als Superintelligenz wird Künstliche Intelligenz,

die die kognitiven Fähigkeiten eines Menschen übertreffen, bezeichnet[7].

2.1 Definition der Künstlichen Intelligenz

Bis heute gibt es keine einheitliche Definition für Künstliche Intelligenz, sondern verschiedene Definitionsansätze. Eine der ersten Definitionen stammt von Prof. John McCarthy aus dem Jahr 1956. Er beschreibt Künstliche Intelligenz als Wissenschaft und Technik zur Herstellung intelligenter Maschinen und Computerprogramme[8, S. 2].

Einen weiteren Definitionsansatz liefert Prof. Dr. Oliver Niggemann. Er beschäftigt sich mit der Frage, ob eine Maschine beziehungsweise Produktionsanlage intelligent sein kann und was unter dem Begriff Künstliche Intelligenz zu verstehen ist. Er behauptet, dass der Begriff Künstliche Intelligenz oft kritisiert wird und nicht besonders gut ist. Vor allem die deutsche Übersetzung ist nicht gut überdacht. Der Begriff „Artificial Intelligence“ wurde in den 1950er und 1960er Jahren geprägt. Wenn man das zweite Wort betrachtet, erkennt man, dass die Begriffe „Intelligenz“ und „intelligence“ aus dem Englischen ähnlich sind, jedoch unterschiedliche Bedeutungen haben. Der Begriff „intelligence“ aus dem Englischen umfasst auch die Bedeutung wie Informationsgewinnung. Prof. Dr. Oliver Niggemann sagt zudem, dass der Begriff „Artificial intelligence“ nicht gut ist und mit der deutschen Übersetzung schlechter wurde. Trotzdem verwendet man den Begriff. Zudem sagt Prof. Dr. Oliver Niggemann, dass er mit drei verschiedenen Definitionen arbeitet. Die erste Definition ist laut Niggemann auf Alan Turing zurückzuführen. Die Definition besagt, dass ein System als intelligent gilt, sobald Aufgaben, die menschliche Intelligenz erfordern, von einem Computer übernommen werden können. Als Beispiel gibt Prof. Dr. Oliver Niggemann das Navigationssystem als Künstliche Intelligenz an. Es übernimmt die Aufgabe des Menschen die Route zu finden. Ein weiteres Beispiel ist ein Computer, der etwas übersetzt. Da das Übersetzen eine menschliche Aufgabe ist, wird der Computer als KI gesehen. Eine der Aussagen von Turing war, dass ein Computer dann als intelligent angesehen wird, wenn das Verhalten nicht mehr unterscheidbar ist, wenn ein Mensch und ein Computer zusammen in eine Kiste gelegt werden. Sicherlich kann man behaupten, dass alles, was wir Menschen tun, nicht immer mit Intelligenz zu tun hat. Dies ist nämlich ein immenser Nachteil dieser Definition. Prof. Dr. Niggemann erwähnt hier, dass nicht Intelligenz gefragt ist, wenn man sich nach einer Autoversicherung erkundigt und man eine Auswahl vorgegebener Policien bekommt [9, S. 11 f.].

In der zweiten Definition geht es darum, dass man einem System ein Ziel vorgibt und das System die Lösung selbstständig findet. Hier wird auf das autonome Fahren eingegangen. Man gibt dem Fahrzeug ein Ziel vor und es fährt einen eigenständig dorthin. Des Weiteren sagt er, dass es anders als heute ist, denn heutzutage gibt man im Navigationssystem zwar das Ziel ein, jedoch muss man die Strecke bis zum Ziel selbst fahren. Prof. Dr. Niggemann geht hier auf ein weiteres Beispiel ein. Er sagt, dass es mehrere Menschen in einer Fabrik

braucht, um ein Auto individuell für jemanden herzustellen, denn diese Menschen werden dazu gebraucht, das System entsprechend aufzubauen, zu konfigurieren und zu programmieren. Eine KI-Fabrik sollte jedoch in der Lage sein, sich selbst zu konfigurieren und die Maßnahmen anzupassen, sodass das Auto automatisch hergestellt werden kann. Prof. Dr. Niggemann bevorzugt diese Definition, da sie sich auf die Eigenschaften der technischen Lösung konzentriert und den Menschen nicht in den Vordergrund stellt. Zu guter Letzt geht Prof. Dr. Niggemann auf die dritte Definition ein und erklärt, dass KI alles, was mit Datenanalyse und maschinellem Lernen zu tun hat, ist [9, S. 12].

Nach Andreas Morings Auffassung umfasst der Begriff Künstliche Intelligenz zwei grundlegende Aspekte und beschäftigt sich mit den Methoden, die es Computern ermöglichen Aufgaben zu lösen, für die eigentlich menschliche Intelligenz erforderlich ist. Bei dem ersten Aspekt geht es darum, dass unter Künstlicher Intelligenz die Imitation menschlichen Verhaltens und Denkens verstanden wird und dies das schwierigere und visionäre Ziel ist [10, S. 8].

Der zweite Aspekt ist die automatische und autonome Ausführung von Aufgaben innerhalb eines klar definierten und abgegrenzten Aufgabenbereiches. Dieser Aspekt wird in Zukunft für Unternehmen entscheidend sein bzw. ist es bereits und wird das Arbeitsleben, die Abläufe- und Aufgaben in den Unternehmen verändern. In unserem Alltag gibt es zahlreiche Beispiele für autonome Aufgabenausführung, die sehr gut funktionieren. Zu diesen zählen autonome Fahrsysteme, intelligente Softwareassistenten für Unternehmen sowie persönliche Anwendungen in Apps oder direkt auf Mobilgeräten und automatische Sprach- und Bilderkennungstechnologien [10, S. 8].

Big Data spielt hier eine wichtige Rolle, da die Künstliche Intelligenz Daten sammeln und verarbeiten muss, um ihre Aufgaben erfüllen zu können. Moring weist darauf hin, dass die Verarbeitung neuer und unbekannter Daten und das selbstständige Lernen Merkmale beider KI-Ansätze sind. Darüber hinaus ist er der Ansicht, dass die zunehmende Verknüpfung von Big Data und KI der derzeit wichtigste Trend ist, der die Art und Weise, wie Unternehmen in Zukunft aus ihren Daten und Analysefähigkeiten Wert schöpfen, entscheidend beeinflussen wird [10, S. 8].

2.2 Wie lernt KI

Es gibt zwei Modelle, die das Lernen der KI bei alltäglichen Aufgaben beschreiben. Diese sind das Deep Learning und Reinforcement Learning. Um präzise Voraussagen für die Zukunft zu treffen, stützt sich die KI beim Deep Learning auf Daten-Erfahrungswerte. Diese können beispielsweise alte Schachspiele sein, mit denen ein KI-System trainiert wird, sodass man einem KI-System das Schachspielen beibringen kann [11, S. 20].

Beim Reinforcement Learning wird das System durch Nachahmung des menschlichen

Lernprozesses trainiert. Letzteres beschreibt das Erreichen eines Ziels durch Irrtümer und vielen Versuchen[12]. Es ist auch möglich beide Arten zu kombinieren, indem der Computer auf alte Schachpartien zugreift und auch Simulationen mit sich selbst durchführt um die richtige Entscheidung im Schachspiel zu treffen und das Spiel zu erlernen[11, S. 20].

2.3 Einsatzfelder von KI

Künstliche Intelligenz findet Anwendung in verschiedenen Bereichen, wie in Abbildung 1 veranschaulicht. Oft werden mehrere dieser Bereiche gleichzeitig genutzt, wie im Fall des autonomen Fahrens. Das Auto bestätigt das Reiseziel des Fahrers mit natürlich gesprochener Sprache, nachdem es per Sprachbefehl eingegeben wurde. Dabei erfolgt eine Sprachverarbeitung bei Ein- und Ausgabe. Zudem ist es erforderlich, dass autonom oder teilautonom fahrende Fahrzeuge kontinuierlich eine Vielzahl von Bildinformationen verarbeiten. Hierbei kommt es auf eine effektive Bildverarbeitung an. Des Weiteren werden Expertensysteme genutzt, wenn der Fahrgast sich über verschiedene Attraktionen, günstige Tankstellen und Hotels sowie Restaurants informieren lässt. Zu guter Letzt bildet mit den ganzen Technologien das gesamte Fahrzeug einen Roboter[6, S. 30].

Als erstes Einsatzfeld wird in Abbildung 1 die Verarbeitung natürlicher Sprache, welche die von Menschen gesprochene Sprache ist, dargestellt. Es gibt Computerprogramme, die es Maschinen ermöglichen menschliche Sprache in Wort und Schrift zu verstehen. Natural Language Processing (NLP) bzw. die Sprachverarbeitung beschäftigt sich mit diesen Computerprogrammen. Es gibt verschiedene Anwendungsformen des NLP. Diese sind Speech-to-Text (STT), Speech-to-Speech (STS), Text-to-Speech (TTS), Text-to-Text (TTT) und Data-to-Text (DTT). Bei der STT-Anwendung werden gesprochene Wörter in einen digitalen Text konvertiert. Ein Beispiel hierfür ist Siri, bei Notizen ins Smartphone diktiert werden. Bei STS wird eine Spracheingabe verarbeitet und interpretiert und anschließend als gesprochene Sprache wiedergegeben. Dies findet beispielsweise Anwendung bei Google Translate. Bei TTS werden digitale Dokumente in eine gesprochene Version des Textes umgewandelt und ausgegeben. Diese Funktion ist besonders wichtig für Sehbehinderte, da sie sich somit Texte anhören können. Grundlage für DTT-Lösungen sind strukturierte Daten. Es kann sich dabei um Attribute handeln, die z.B. bereits in Form von Tabellen vorliegen. Dabei kann es sich um Produkteigenschaften, Geschäftsergebnisse eines Unternehmens oder Ergebnisse von Sportwettkämpfen handeln. Der Anwender behält während der Textgenerierung die Kontrolle über den Text-Output. Die Textausgabe ist mehrsprachig, was bedeutet, dass sie in verschiedenen Sprachen erfolgen kann. TTT-Anwendungen sind beispielsweise Übersetzungen von Texten in andere Sprachen, die ebenfalls als Text ausgegeben werden. TTT wird auch bei ChatGPT eingesetzt, wo Nutzer formulierte Fragen

stellen und Textantworten erhalten. Der Nutzer hat dabei keinen Einfluss auf den erstellten Text [6, S. 31 ff.].

Als zweites Einsatzfeld wird in Abbildung 1 die Bildverarbeitung bzw. Natural Image Processing oder auch Computer Vision dargestellt. Unter Bildverarbeitung versteht man die Verarbeitung von Informationen eines Bildes. Ein Datensatz, der die Eigenschaften des verarbeiteten Bildes repräsentiert oder auch ein Bild kann das Ergebnis einer Bildverarbeitung sein. Bei Ersterem wird von maschinellem Sehen bzw. Bilderkennung und Image Recognition gesprochen. Dabei bezieht sich die Bilderkennung auf Standbilder und Videos.

Computer Vision wird beispielsweise bei der Gesichtserkennung auf Smartphones eingesetzt. Expertensysteme kommen unter anderem bei der Echtzeitübersetzung von TTT und STS zum Einsatz. Einige Beispiele hierfür sind Google Translate, ChatGPT und Skype.

Das letzte dargestellte Einsatzfeld der KI sind Roboter. Apparaturen, die die Arbeit der Menschen abnehmen werden als Roboter bezeichnet [6, S. 42 ff.].



Abbildung 1: Die wichtigsten Einsatzfelder der Künstlichen Intelligenz [6, S. 30]

2.4 Autonomiestufen

Es gibt grundlegend sechs KI-beeinflussende Autonomiestufen, die in Abbildung 2 dargestellt werden. Zudem ist es wichtig, sich vor dem Einsatz von künstlicher Intelligenz Gedanken darüber zu machen, welcher Grad an Autonomie erreicht werden soll. Die Autonomiestufen fangen bei 0 an und enden bei der Stufe 5. In Stufe 0 ist keinerlei Autonomie vorhanden. Der Mensch hat stets die volle Kontrolle über den Gesamtprozess. In Stufe 1 leistet das KI-System Unterstützungsfunction und dient als Assistenzsystem. Der Mensch trifft jedoch weiterhin alle

Entscheidungen und trägt die Verantwortung für alle Abläufe. In der Autonomiestufe 2 werden einfache Aufgaben automatisiert, sodass komplexere Aufgaben in der Hand des Bedieners verbleiben. Der Bediener ist weiterhin für den Gesamtprozess verantwortlich und unterstützt das System mit Erfahrungswissen. Zusätzlich gibt er auch Ziele vor und überwacht das System, welches für eine bestimmte Zeit in einem definierten Bereich die Kontrolle übernimmt. Anders als in Stufe 2 werden in der dritten Stufe Systemgrenzen durch den Bediener definiert, in denen das KI-gesteuerte System den automatisierten Betrieb führen darf. Die gesetzten Systemgrenzen werden durch das System selbstständig überwacht. Hierdurch können beispielsweise Fehler und Engpässe in Echtzeit erkannt werden. Das System warnt bei Problemen und gibt Lösungsvorschläge, die von den Menschen bestätigt werden müssen. Zur vierten Stufe gehören autonome und adaptive Systeme, die innerhalb einer Systemgrenze arbeiten. Der Mensch agiert nur in Notsituationen und überlässt dem System die Kontrolle über eine gewünschte Systemsteuerung. Der Unterschied zur dritten Stufe ist, dass das System autonom agiert und keine Teilautonomie herrscht. In Stufe 5 verlaufen die Vorgänge in allen Bereichen vollständig autonom, sodass kein Mensch vor Ort sein muss [13, S. 13 f.].

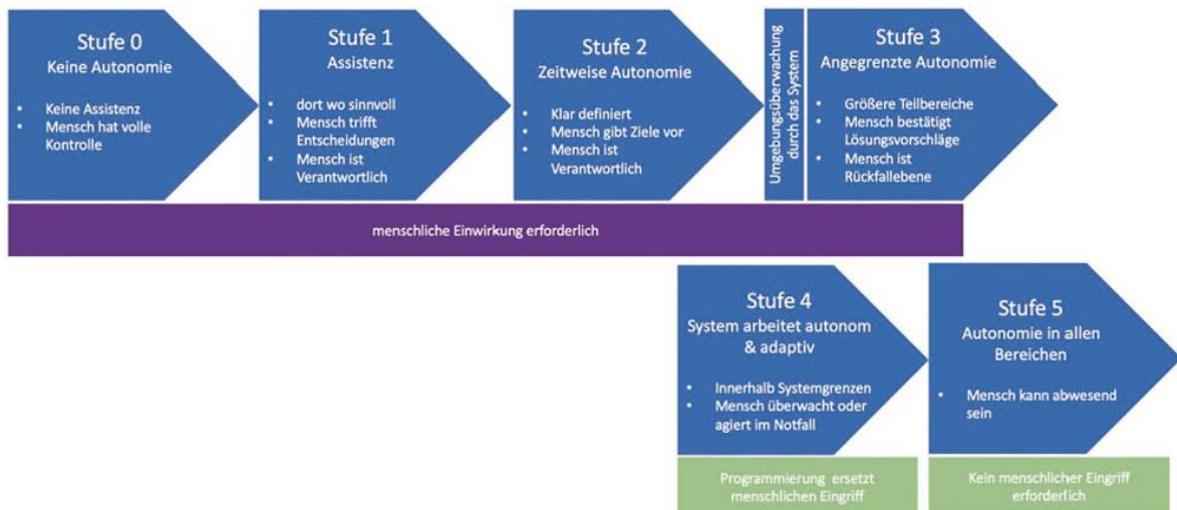


Abbildung 2: KI-beeinflussende Autonomie-Stufen in der Produktion [14, S. 59]

2.5 Schöpferische Künstliche Intelligenz

Die schöpferische Intelligenz, im Englischen „Generative AI“ genannt, ist ein Teil der Künstlichen Intelligenz und beschäftigt sich mit der Erstellung von neuen Daten, Bildern und Texten. Dies ist auch der wesentliche Unterschied zu den anderen Anwendungen der Künstlichen Intelligenz, die Daten analysieren und auswerten. Um neue Daten mit Hilfe von „Generative AI“ zu generieren, müssen die Algorithmen trainiert werden. Dies geschieht, indem große Datenmengen analysiert werden, um Muster in den Daten zu entdecken. Hierfür nutzt die schöpferische Intelligenz verschiedene Methoden des maschinellen Lernens.

Aufgrund der Eigenschaft jegliche neuen Inhalte zu erzeugen, hat die Generative AI ein enormes Potenzial in der Industrie. Allerdings gibt es auch Bedenken hinsichtlich des Missbrauchs der schöpferischen Intelligenz, da sie für die Erzeugung von gefälschten Inhalten oder Fake-Videos verwendet werden kann [6, S. 23].

Die Generative AI wird beispielsweise für „die Erstellung von Kunstwerken, das Generieren von Texten, die Erzeugung von realistisch aussehenden Bildern oder die Schaffung von virtuellen Welten“ [6, S. 23] verwendet.

2.6 Symbolische und Subsymbolische KI

KI-Ansätze werden in subsymbolische KI und symbolische KI unterschieden.

Bei der symbolischen KI werden vorgegebene Aufgaben mit Hilfe von logischen Schlussfolgerungen erfüllt. Hierfür werden aus Fakten, Ereignissen und Zusammenhängen abstrakte Modelle gebildet. Der Nachteil dieses Ansatzes ist, dass die Datenbasis vollständig sein muss, was in der Praxis zeitintensiv und fehleranfällig ist. Eine symbolische KI kann sehr schwer mit Datenunsicherheiten umgehen [15].

Die subsymbolische KI lernt aus Erfahrungen und Beispielen. Sie verwendet neuronale Netzwerke, die Regelmäßigkeiten bzw. Muster in großen Datenmengen erkennen können [14, S. 57].

2.7 KI-Arten: Starke und schwache KI

KI wird im Deutschen in starke KI und schwache KI unterteilt.

In unserem Alltag begegnen wir ständig schwacher KI. Beispiele hierfür sind Alexa und Siri. Die Algorithmen der schwachen KI erfüllt bestimmte Aufgaben, indem es Daten aufnimmt beziehungsweise verarbeitet und diese für die Erfüllung der Aufgabe nutzt. Schwache KI kann, wenn sie einmal programmiert wurde, ihren Weg nicht verlassen. Sie sind nicht dazu ausgelegt von selbst eine Aufgabe zu finden und zu lösen. Durch den Einsatz von schwacher KI werden Aufgaben schneller gelöst. Darüber hinaus wird die schwache KI zum Beispiel bei der Behandlung und Diagnose von Krankheiten eingesetzt. Um eine Krankheit zu diagnostizieren und zu behandeln, muss die schwache KI zunächst Muster in Datenmengen erkennen. Schwache KI ist eine Symbiose von Mensch und Maschine. Die Maschine unterstützt den Menschen, ist aber auch auf die Unterstützung des Menschen angewiesen [14, S. 53].

Bei der starken KI geht es darum, dass Aufgabenstellungen selbstständig von der KI erkannt und definiert werden können. Darüber hinaus muss eine starke KI in der Lage sein, sich die zur Lösung der Aufgabe notwendigen Informationen selbst zu beschaffen. Eine starke KI weist eine Intelligenz auf menschlichem Niveau auf. Sie sollte genauso denken, handeln und verstehen können wie ein Mensch. Starke KI verlassen sich nicht mehr auf die Programmierung der Menschen, um bestimmte Aufgaben zu lösen, denn sie verfügen über

die menschlichen kognitiven Fähigkeiten. Eine starke KI ist wesentlich komplexer als eine schwache KI. Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass es in naher Zukunft noch keine starke KI geben wird[16].

2.8 Hybride KI

Hybride KI verbindet das fachspezifische Wissen des Menschen mit den Fähigkeiten der KI, wie der Verarbeitung großer Datenmengen, der Mustererkennung, Einordnung und Klassifizierung von Daten, um bessere Ergebnisse zu erzielen. Das hybride KI-System vermeidet situativ erkennbare Fehler, indem es die menschliche Expertise einbezieht. Der Schlüssepunkt der hybriden KI ist die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine. Ein Vorteil der hybriden KI besteht in der hohen Transparenz und Erklärbarkeit der Ergebnisse [14, S. 55].

In Abbildung 3 ist ein hybrider KI-Arbeitsplatz dargestellt, bei dem der Bediener sein Fachwissen mit den Fähigkeiten der KI verbindet.



Abbildung 3: Hybride KI - Übertragung auf die Maschine[14, S. 56]

2.9 KI- Leistungsbestandteile

Die KI besteht aus mehreren Leistungsbestandteilen, die in Abbildung 4 dargestellt sind. Angefangen mit den neuronalen Netzen, die auch Künstliche Neuronale Netze (KNN) genannt werden. Im Englischen Artificial Neuronal Networks (ANN). Zu den Leistungsbestandteilen gehören ebenfalls das Machine Learning, die einfach gesagt, die künstliche Generierung von Wissen aus Erfahrung beschreibt und das Deep Learning.



Abbildung 4: Leistungsbestandteile der Künstlichen Intelligenz [6, S. 10]

2.9.1 Neuronale Netze

Neuronale Netze sind ein wichtiges Element der KI. Ursprünglich stammt dieser Begriff aus den Neurowissenschaften, wo ein neuronales Netzwerk die Verbindung zwischen Neuronen beschreibt, die bestimmte Funktionen als Teil des Nervensystems ausführen. Solche neuronalen Netze werden von den Computerwissenschaften versucht nachzubilden. Eine Besonderheit von ihnen ist, dass die Informationsverarbeitung in den Netzen nicht über lineare Funktionen erfolgt. Darüber hinaus findet durch die Verschaltung der Neuronen und durch spezielle Verarbeitungsfunktionen eine parallele Verarbeitung von Informationen statt. Damit können auch komplexe, nichtlineare Abhängigkeiten der Ausgangsfunktion abgebildet werden. Diese Abhängigkeiten erlernen KNN selbstständig. Bei einem neuronalen Netz handelt es sich um ein System aus Hard- und Software, das sich an der Struktur des menschlichen Gehirns orientiert. Wie in Abbildung 5 dargestellt, besteht ein neuronales Netz aus mehreren parallel arbeitenden und in mehreren Schichten angeordneten Prozessoren. Der Input Layer bzw. die Eingabe-Schicht, welche die erste Schicht ist, enthält die Rohdaten. Man kann diese Schicht mit den Sehnerven in der menschlichen Sehverarbeitung vergleichen. Die darauffolgenden Schichten, in dem Falle die Schichten Hidden Layer 1 und Hidden Layer 2, enthalten nur den Output der vorherigen Schicht. In gleicher Weise funktioniert es auch bei dem menschlichen System. Wenn Neuronen weiter vom Sehnerv entfernt sind, empfangen sie eher Signale von ihnen nahe liegenden Neuronen. In KNN hat man versucht, diesen natürlichen Prozess nachzubilden. In der Abbildung 5 sind zur Verdeutlichung nur zwei Hidden Layer eingesetzt, jedoch können sehr viele Hidden Layer für die Verarbeitung der Daten eingesetzt werden. Beim Übergang zu einer anderen Schicht lernt das KI-System immer dazu. Die Ausgabe der Ergebnisse des KI-Systems erzeugt die letzte Ausgabe-Schicht bzw. der Output Layer. KNN ahmen die Funktionsweise des menschlichen Gehirns nach. Um die Input Informationen zu verarbeiten sind die verbundenen Einheiten, hier die künstlichen Neuronen, in Schichten organisiert. Die Einheiten sind in der Lage, wie im menschlichen Gehirn, Signale an andere Einheiten weiterzuleiten. Die künstlichen Neuronen sind im Gegensatz zum

menschlichen Gehirn, in dem die Neuronen sehr komplex und unvorhersehbar verschaltet sind, linear angeordnet. Der Prozess der Umwandlung von Inputs in Outputs basiert auf der Programmierung der einzelnen Neuronen. Jeder Verarbeitungsknoten hat einen eigenen Wissensbereich, der nicht nur die ursprünglichen Programmierregeln umfasst. Auch das im Zuge des maschinellen Lernens ergänzend oder korrigierend erarbeitete Wissen und die Regeln gehören dazu [6, S. 10 ff.].

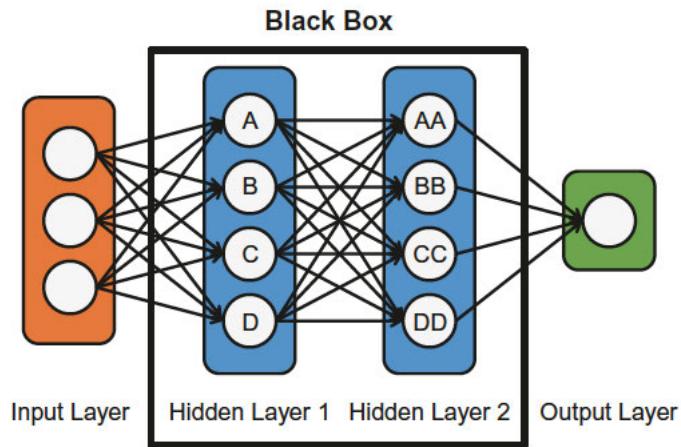


Abbildung 5: Unterschiedliche Schichten bei neuronalen Netzwerken [6, S. 11]

2.9.2 Maschinelles Lernen (Machine Learning)

Machine Learning (ML) bzw. maschinelles Lernen ist ein weiterer Bestandteil der KI und grenzt sich darüber hinaus vom tief gehenden Lernen, im Englischen Deep Learning (DL) ab.

Microsoft definiert ML als ein Teilgebiet der KI. Beim ML erkennen Algorithmen Muster und Gesetzmäßigkeiten in Datensätzen und entwickeln daraus Lösungen. Vereinfacht heißt dies, dass Wissen aus Erfahrungen generiert wird. Außerdem gibt Microsoft an, dass der Mensch beim ML in die Datenanalyse und den Entscheidungsprozess eingreift. Zum einen muss ein Algorithmus, damit das System eine präzise Vorhersage treffen soll, vorgegeben werden und zum anderen muss das Machine-Learning-Modell mit wichtigen Daten trainiert werden [17].

In Abbildung 6 wird gezeigt, dass der Mensch beim ML Teil des Systems bleibt. Wie man erkennt, greift der Mensch beim Verarbeitungs- und Entscheidungsprozess ein.

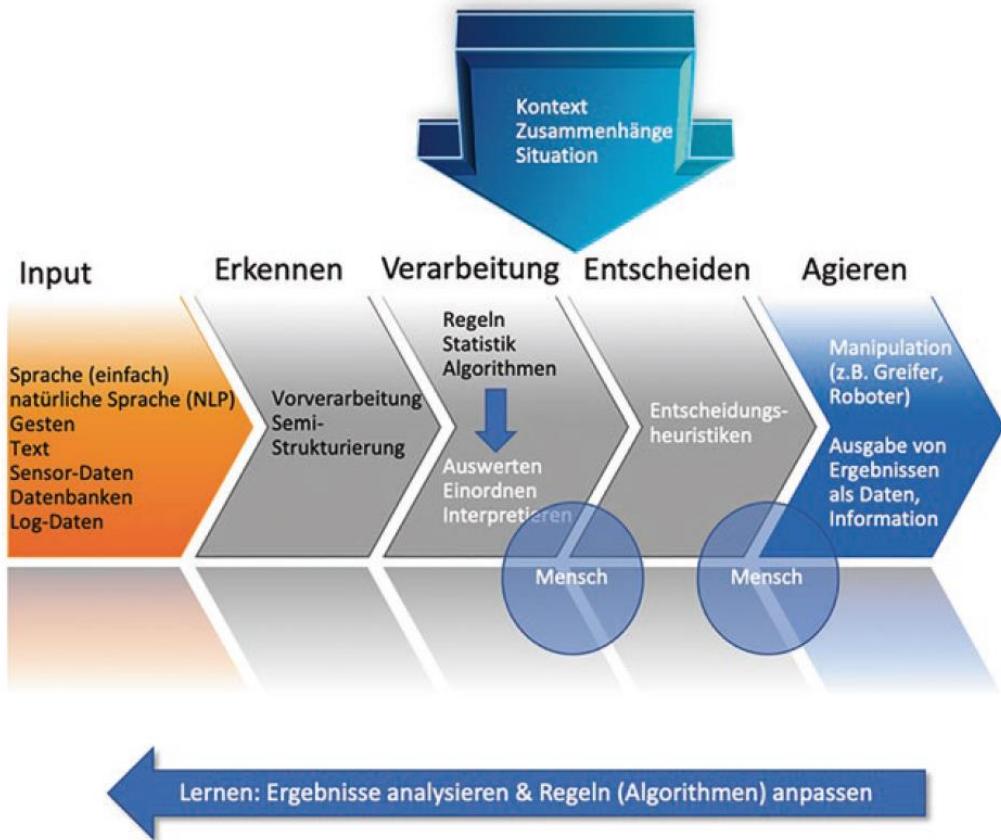


Abbildung 6: ML-Der Mensch bleibt noch Teil des Systems [14, S. 135]

Das tiefer gehende Lernen ist die nächste Stufe, nämlich ein vom Menschen autonomes Lernsystem. Das Trainieren der Systeme basiert auf Mustererkennung und kann unterschiedlich erfolgen. Beispielsweise kann ein mechanisches Lernen stattfinden, wie das Gehen eines zweibeinigen Roboters. Des Weiteren kann das System durch eine Unterweisung lernen. Hier würde der Mensch die Richtung vorgeben. Weitere Lernmethoden sind das Lernen durch Operationalisieren, sodass man die Umwelt messbar macht und das Lernen aus Analogien. Letzteres beschreibt das Lernen durch ähnliche Situationen und durch die Übertragung neuer. Zu guter Letzt gibt es das Lernen durch Experimentieren. Hierbei lernt das System, indem es etwas versucht und hieraus Schlussfolgerungen zieht. Dadurch verbessert sich System und kommt letztendlich zum richtigen Ergebnis [14, S. 135].

Abbildung 7 zeigt drei bedeutende Methoden beim maschinellen Lernen, die unterschieden werden. Das überwachte Lernen (Supervised Learning), das unüberwachte Lernen (Unsupervised Learning) und das bestärkende Lernen (Reinforced Learning). Die Wahl der geeigneten Lernmethode hängt von den Risiken und Gefahren ab, die mit dem späteren Einsatz der KI verbunden sind, sowie von den Anforderungen, die an die KI gestellt werden, um neues Wissen für den Menschen zu schaffen [14, S. 138].

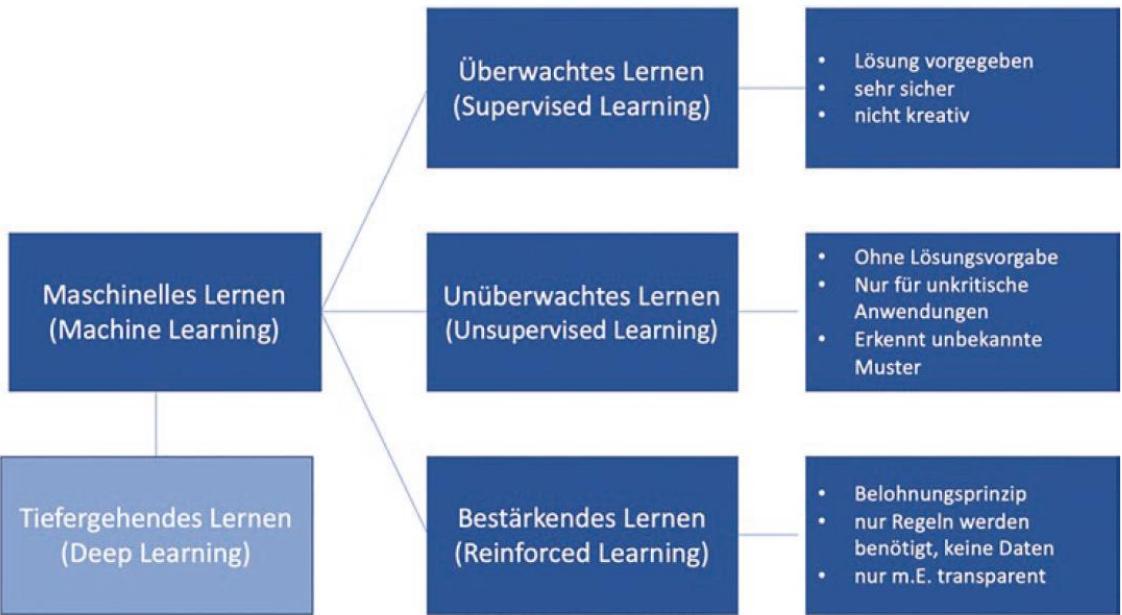


Abbildung 7: Drei Methoden des maschinellen Lernens [14, S. 139]

Beim überwachten Lernen sind die richtigen Antworten bereits bekannt. Das System wird darauf trainiert, angemessen auf bestimmte Reize zu reagieren. Algorithmen, die die richtigen Antworten möglichst präzise aus dem vorliegenden Datensatz ableiten, müssen hierfür vom KI-System entwickelt werden. Dazu wird der Lernalgorithmus mit einer Vielzahl von Eingaben und den entsprechenden Ausgaben trainiert. Hier ist bereits bekannt, welches Ergebnis ein Algorithmus liefern soll. Um einen Trainingsdatensatz für dieses überwachte Lernen zu erstellen, müssen Menschen jedem Element der Eingabedaten verschiedene Merkmale zuweisen und es dadurch charakterisieren. Außerdem müssen die Ausgabevariablen definiert werden. Das Training soll zur Folge haben, dass der Algorithmus eine Verbindung zwischen den Eingabe- und Ausgabedaten findet. Sobald der Algorithmus ausreichend genaue Resultate liefert, ist das Training abgeschlossen. Anschließend wird der Algorithmus auf Daten, die nicht zum Trainingsdatensatz gehören angewendet [6, S. 15].

Eine Aufgabe eines solchen KI-Systems kann es sein, Gesichter von gesuchten Personen auf Fotos oder Videos zu erkennen. Entsprechende Trainingsdaten müssen hierfür erstellt werden, indem die Eingabedaten, welche die Fotos der gesuchten Personen sind, beschriftet bzw. belabelt werden und die Antwort für jede einzelne Eingabe dem System mitgeteilt wird [6, S. 15].

Abbildung 8 zeigt es ein Beispiel, bei dem sowohl die Zielvariable bzw. die Ausgabe als auch die Eingabe vorgegeben wird. In dem Fall ist die Eingabe ein Hund, dass 40 Kg wiegt und die Ausgabe wird in eine Klassifizierung und eine Regression unterteilt. Hierfür können ML-Algorithmen verwendet werden. In diesem Beispiel ist die Klassifizierung ein Hund und die Regression, dass der Hund 4 Kg wiegt.

Für sicherheitsrelevante Lernaufgaben ist das überwachte Lernen die beste Wahl, da es die sicherste Form des Lernens darstellt. Allerdings ist es für kreative Aufgaben weniger geeignet, da es nicht unbedingt neue Erkenntnisse liefert. Für Optimierungen hingegen ist das überwachte Lernen gut geeignet[14, S. 139].

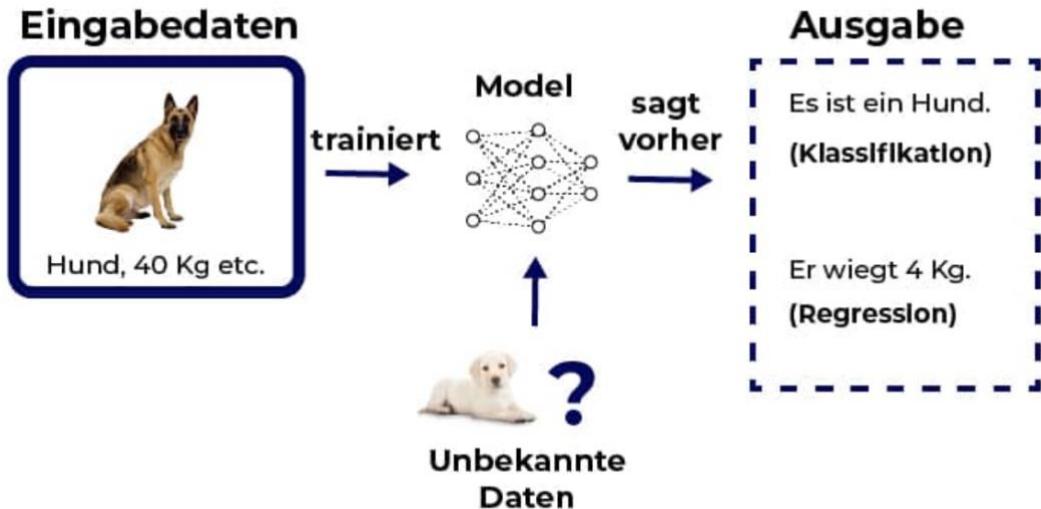


Abbildung 8: Überwachtes Lernen trainiert anhand von bekannten Daten[18]

Verfahren, bei dem der Algorithmus lernt, selbstständig und ohne Überwachung Muster und Zusammenhänge in den Daten zu entdecken, bezeichnet man als unüberwachtes Lernen. Beim unüberwachten Lernen sind die Eingangsdaten nicht beschriftet bzw. nicht gelabelt und die Ausgabedaten sind nicht vorgegeben [19]. Abbildung 9 zeigt ein Beispiel, bei dem als Eingabedaten verschiedene Tiere gegeben sind. Das System erkennt in diesen Daten Muster und Zusammenhänge, sodass es diese Daten als Ausgabe richtig in eine Gruppe zuordnen kann. Der Hund, die Fische und die Katzen bilden jeweils in der Ausgabe eine eigene Gruppe.

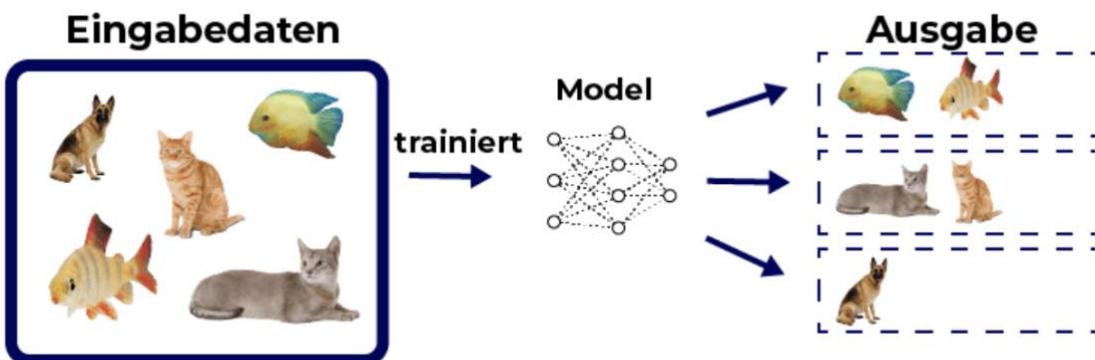


Abbildung 9: Unüberwachtes Lernen erkennt eigenständig Muster in den Daten [19]

Für sicherheitsrelevante Problematiken ist unüberwachtes Lernen wenig geeignet, da eine

Kontrolle des Ergebnisses nicht stattfindet. Das unüberwachte Lernen ist kreativ, da vollkommen unbekannte, versteckte Muster und Gemeinsamkeiten in den Daten erkannt werden können [14, S. 140 f.].

Bestärkendes Lernen unterscheidet sich somit von den anderen Lernmethoden, dass keine Lerndaten und keine erwarteten Ergebnisse benötigt werden. Es werden lediglich Regeln benötigt und ein Belohnungssignal, das das System bei richtiger Entscheidung belohnt. Das System lernt nach dem Versuch-Fehler Prinzip [14, S. 141].

2.9.3 Deep-Learning

Tiefer gehendes Lernen, im Englischen Deep Learning (DL), fokussiert sich auf künstliche neuronale Netze sowie große Datenmengen und ist ein Teilgebiet des maschinellen Lernens [20]. ML und DL nutzen Algorithmen um Daten zu analysieren und aus diesen zu lernen. Der Unterschied zu ML liegt darin, dass beim DL kein Programmierer bzw. Experte eingreifen muss, um Anpassungen vorzunehmen, sondern der Algorithmus es selbstständig macht. Deep-Learning-Algorithmen haben mehrere Schichten neuronaler Netze, die Informationen auf mehreren Ebenen verarbeiten. Hierbei bezieht sich das „Deep“ in DL auf die große Anzahl der Schichten des neuronalen Netzes [14, S. 154]. Abbildung 10 zeigt die wesentlichen Unterschiede zwischen DL und ML.

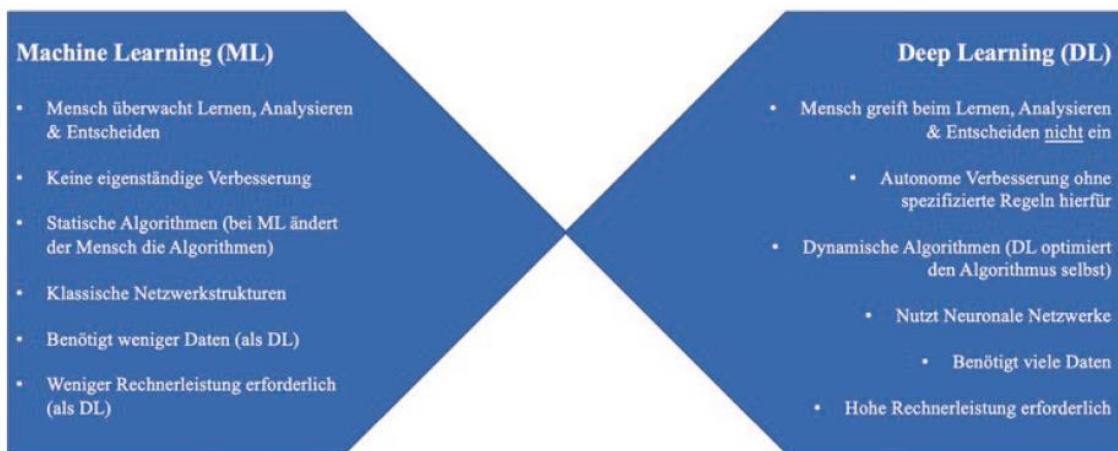


Abbildung 10: Vergleich Maschine Learning vs. Deep Learning [14, S. 155]

3 Anwendungsfelder der KI

Nachdem bereits ein umfassendes Verständnis für die Grundlagen der KI vermittelt wurde, geht es im Folgenden darum, die Anwendungsfelder der KI genauer darzustellen. Die Anwendungsfelder der KI sind vielfältig und werden weiterhin zunehmen, da viele Unternehmen durch die Integration von KI im Zuge der Digitalisierung einen Wettbewerbsvorteil erlangen wollen. Jedoch unterscheiden sich große Unternehmen von Klein- und mittelständischen Unternehmen dadurch, dass sie aufgrund ihrer Liquidität die Möglichkeit haben, KI stärker in das Unternehmen zu integrieren und die Produktion sowie andere Bereiche „smart“ zu gestalten.

Unter anderem bei der Optimierung von Produktionsprozessen, Organisation und Logistik, bei der Steigerung von Qualität und Nachhaltigkeit, bei der Reduzierung von Abfall und Energie kann KI durch tiefere Datenanalyse und ML sowie Mustererkennung große Fortschritte erzielen.

3.1 KI in der Produktion

Die industrielle Produktion und Fertigung haben stark von KI-Lösungen profitiert und sind mit 24% einer der maßgebenden Branchen, die zum Bruttoinlandsprodukt beitragen. Im Produktionsumfeld finden KI-Systeme immer mehr Verwendung, da diverse Vorteile entstehen. Zu diesen gehören eine erhöhte Flexibilität und ein hoher Automatisierungsgrad. Während in der Vergangenheit viele komplexe Montageprozesse und Qualitätskontrollen manuell durchgeführt wurden, ist es heute möglich, einen Großteil dieser Aufgaben mit Hilfe von Softwaresystemen, Robotern oder Bildverarbeitung zu automatisieren. KI eröffnet zudem völlig neue Anwendungsfelder. Beispielsweise werden Verfahren des Predictive Maintenance durch KI erst ermöglicht [21, S. 72].

Mit dem Fortschritt der Digitalisierung werden auch die Daten, die analysiert und verarbeitet werden müssen größer. Für die Analyse und Verarbeitung dieser stetig wachsenden Daten sind Analysemethoden nötig, die auf Künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen basieren [22]. Im folgenden Abschnitt wird die Anwendung von KI in der Produktion beschrieben. Zuvor wird in Abbildung 11 ein Überblick über die wichtigsten Entwicklungen in der Produktion gegeben. Es ist erkennbar, dass die KI in vielen Bereichen eine zentrale Rolle bei der Bewältigung der beschriebenen Herausforderungen spielt [6, S. 157].

Trends	Herausforderungen	Enablers
Kleine Losgrößen – höhere Angebotsvielfalt – Trend zur Individualisierung von Angeboten	Zunehmende Komplexität in der Fertigung bei eingeschränkter Vorhersehbarkeit der Nachfrage	Vernetzung und Automation der Wertschöpfungskette über Unternehmensgrenzen hinweg – IIoT
Kürzere Produktlebenszyklen, schnellere Produkteinführungen, hohe Flop-Raten	Disruptive Entwicklungen in der Produktion – Integration von Robotern – hohe SW-/HW-Kosten	Software zur Steuerung der Produktion über Robotik – Expertise im Robotereinsatz – KI
Kosten- und Effizienzvorteile bei der Automatisierung – Einsatz von Collaborative Robots	Ausbalancieren des Einsatzes von Menschen und Robotern für einen kooperativen Einsatz	Professionelles Human-Resource-Management – Entwicklung von Collaborative Robots – KI
Steigende Anforderung an das Know-how der Mitarbeiter zur Bewältigung von Industrie 4.0	Knappheit an hochqualifizierten Fachkräften (bspw. Data-Scientists, KI-Spezialisten)	Investitionen in die Qualifizierung der eigenen Mitarbeiter; gezielte Akquisition von Spezialisten

Abbildung 11: Wichtige Veränderungen in der Produktion [6, S. 158]

3.1.1 Smart Factory

In der Produktion steht die sogenannte Smart Factory im Mittelpunkt der KI-Anwendung. Unter Smart Factory, im Deutschen intelligente Fabrik, wird im Wesentlichen die vernetzte Informatisierung von Produktionstechnologien verstanden [6, S. 157]. Sie beschreibt eine Produktion, die sich selbst organisiert und flexibel auf neue Kundenbedürfnisse reagiert [23]. Für eine Smart Factory ist der Einsatz von Big Data, Internet of Things (IoT), Cyber-physische Systeme (CPS) und Künstlicher Intelligenz nicht wegzudenken [24]. Mit Big Data sind große Datenmengen gemeint. Das IoT beschreibt den Umstand, dass unterschiedlichste Objekte, die mit Sensoren und anderer Technologie ausgestattet sind, über das Internet miteinander kommunizieren können [25]. Über eine Software verbinden CPS Informationen und mechanische Komponenten und tauscht die Daten in Echtzeit über ein Netzwerk, meist das Internet, aus. Bei der Vernetzung der Komponenten wird zwischen einer internen Vernetzung und einer externen Vernetzung unterschieden, wobei die interne Vernetzung die internen Komponenten des Produktionsprozesses an einem Standort verknüpft und die externe Vernetzung die Kommunikation mit anderen smarten Fabriken umfasst [26, S. 111].

Eine Smart Factory sollte in der Lage sein sich eigenständig an Veränderungen des Angebotes anzupassen. Außerdem sollte sie die vorhandenen Produktionskapazitäten optimal auslasten können und bei Bedarf auch Kapazitäten von externen Zulieferern einbinden. Zusätzlich dazu sollte sie in der Lage sein die Veränderungen in der globalen Nachfrage vorherzusehen und diese in Anforderungen für Ressourcenbeschaffung und Produktion umzusetzen. Bei der Smart Factory geht es nicht nur um die Effizienzsteigerung und Kostenreduktion, sondern auch um die Schaffung von neuen Produkten und Dienstleistungen sowie um die Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle mithilfe von IoT und KI [6, S. 157 f.].

Die Firma „General Electric“ hat für die Fertigung von Batterien eine Smart Factory aufgebaut.

Für die Erfassung von Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck und Maschinendaten werden mehr als 10.000 Sensoren verwendet und zugleich werden auf Unit-Ebene alle Materialströme erfasst. Sollten Anpassungen, die durch KI-Einsatz identifiziert werden, erforderlich sein, können diese in Echtzeit erfolgen [26, S. 112].

Eine weitere smarte Fabrik wurde von Siemens mit dem Elektronikwerk „Amberg“ aufgebaut. Zwölf Millionen speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) in über 1000 Varianten zur Steuerung von Maschinen und Anlagen werden hier jährlich produziert. Die Produkte steuern ihren Fertigungsprozess selbst, indem sie den Maschinen über einen Produktcode mitteilen, welche Anforderungen sie haben und welche Produktionsschritte als nächstes erforderlich sind [26, S. 112].

Das Maschinenbauunternehmen „Trumpf“ hat in Chicago eine Smart Factory errichtet, um Interessenten die Vorteile einer vollständig vernetzten Produktion zu demonstrieren. Dabei wurden 15 Maschinen eingesetzt. Zur Vernetzung der verschiedenen Maschinen hat das Unternehmen eine Plattform namens „Axoom“ entwickelt, in die auch Maschinen und Apps von Drittanbietern integriert werden können [27, S. 5 f.]. Mit einer solchen vernetzten und intelligenten Fabrik eröffnen sich die Möglichkeiten für eine in hohem Maße individualisierte Produktion. Es wird möglich sein, Kleinserien aufzulegen und Einzelstücke zu fertigen. Dies kann als „Mass-Customization“ bezeichnet werden. Es handelt sich dabei um eine Massenproduktion von Einzelstücken. Durch die Intelligenz der Fertigungsanlage ist die Kombination von kundenspezifischen Lösungen mit den Vorteilen einer prozessoptimierten Serienfertigung möglich. Wenn solche Produktionsanlagen mit einer Kunden-Schnittstelle verbunden sind, können Kunden ihre Präferenzen bis kurz vor dem Anlauf der Fertigung oder sogar während des laufenden Produktionsprozesses ändern [26, S. 113].

3.1.2 Predictive Maintenance

Die vorausschauende Wartung, im Englischen „Predictive Maintenance“, stellt ein weiteres wichtiges Einsatzfeld der KI dar. Dabei geht es um eine proaktive Wartung, damit Ausfallrisiken eliminiert werden, noch bevor diese eintreffen. Die Wartung soll nicht erst erfolgen, sobald eine Maschine oder Anlage ausfällt [6, S. 176].

Die Ziele von Predictive Maintenance sind unter anderem die Steigerung der Overall Equipment Effectiveness durch die Reduktion von Reparatur- und Ausfallzeiten sowie die Erhöhung der Betriebsbereitschaft von Anlagen. Der Begriff „Overall Equipment Effectiveness“ (OEE) bezieht sich auf die Effektivität der gesamten Anlage. Eine höhere Effektivität der gesamten Anlage wird durch einen flüssigeren und störungsfreien Prozess erreicht.

Bei der Reduktion der Reparaturzeit spricht man auch von der sogenannten „Mean Time to Recovery“ (MTTR). Außerdem soll mithilfe von Predictive Maintenance die Zeitspanne zwischen dem Ausfall von Maschinen, im Englischen „Mean Time Between Failures“ (MTBF), verringert werden [6, S. 176].

Um eine vorausschauende Wartung zu ermöglichen, erfassen Sensoren im laufenden Prozess Mess- und Produktionsdaten von Bauteilen, Maschinen und ganzen Anlagen. KI-Algorithmen leiten aus diesen Informationen Wartungs- und Austauschbedarfe ab und können darüber hinaus bevorstehende Ausfälle vorhersagen. Somit kann der Austausch von Verschleißteilen oder die Reparatur zu einem Zeitpunkt geplant werden, an dem die Aggregate noch ordnungsgemäß laufen. Für die Bewältigung der vorausschauenden Wartung sind folgende Arbeitsschritte nötig. In einem ersten Schritt werden Daten von verschiedenen Leistungskomponenten einer Maschine oder Anlage erfasst, digitalisiert und zusammengeführt. Dies geschieht durch den Einsatz von IoT-Sensoren und das Auslesen von Wartungsprotokollen. Darüber hinaus können externe Quellen, wie z. B. Referenzdateien über die Leistung und Störungen ähnlicher Anlagen an anderen Standorten, einbezogen werden. Es können auch Daten des jeweiligen Umfeldes wie Umgebungstemperatur, Luftdruck und Luftfeuchte des Betriebsbereiches von Maschinen oder Anlagen berücksichtigt werden, wenn diese für den Einsatz der Aggregate von Bedeutung sind. Anschließend werden die erfassten Daten analysiert und ausgewertet. Hierbei ist das Ziel Muster durch KI-Algorithmen zu erkennen, die auf zukünftige Maschine-Ausfälle oder einen erforderlichen Austausch von Teilen hinweisen. Anhand der erkannten Muster werden dann Eintrittswahrscheinlichkeiten für Störungen, Wartungsbedarf etc. ermittelt. Im Produktionsbetrieb senden Sensoren automatisch Signale an die zuständigen Service-Stationen, wenn Anomalien, wie z.B. Überhitzungen, ein unrunder Lauf oder andere Normabweichungen festgestellt werden. Als letzter Schritt werden mittels der ermittelten Eintrittswahrscheinlichkeiten konkrete Handlungsempfehlungen abgeleitet. Bei Produktionsanlagen können Verschleißteile rechtzeitig ausgetauscht und notwendige Wartungsarbeiten in Ruhephasen durchgeführt werden [6, S. 176 f.]. Abbildung 12 zeigt ein Modell der vorausschauenden Wartung, das verschiedene interne und externe Datenquellen verbindet.

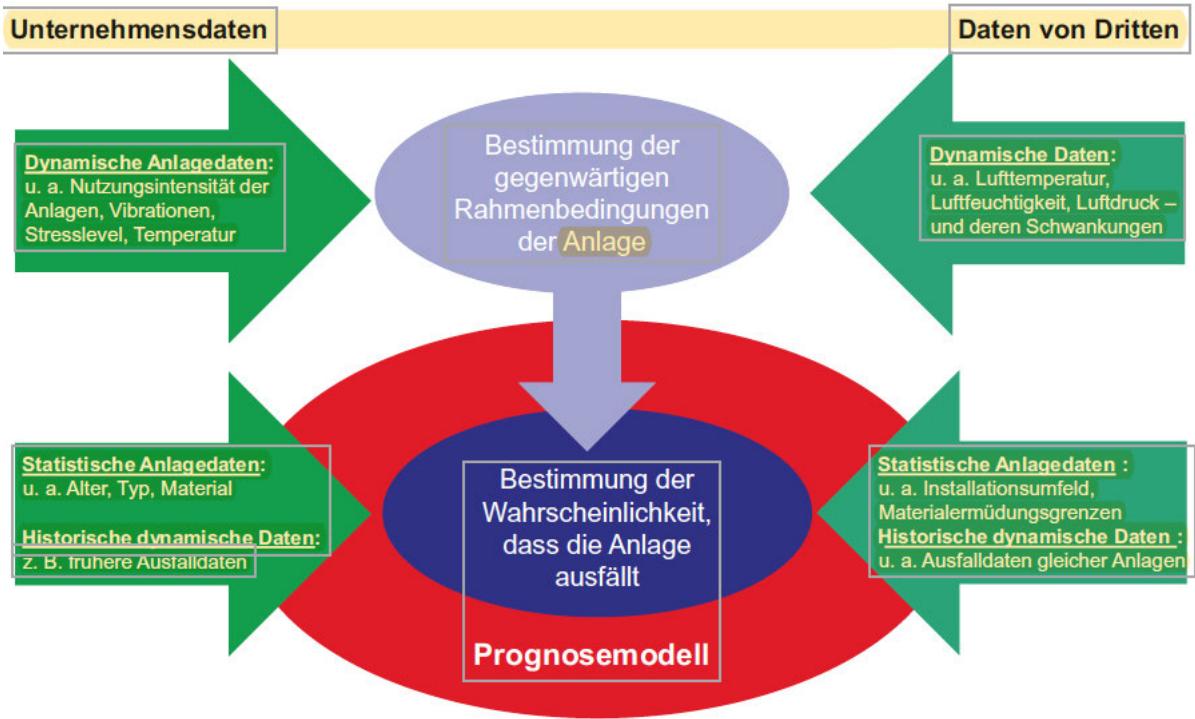


Abbildung 12: Predictive Maintenance Modell [6, S. 178]

In Abbildung 13 wird der Einsatz von Predictive Maintenance beispielhaft dargestellt. In der Produktion können beispielsweise Sensoren verschiedene Störungen wie Unrundheit oder Überhitzung erkennen und automatisch an die zuständigen Servicestationen weiterleiten. Außerdem kann mit Hilfe von Predictive Maintenance kann das Servicepersonal bereits bei der Landung von Flugzeugen, dem Einlaufen von Schiffen in den Hafen oder dem Besuch von Autos in der Werkstatt die notwendigen Maßnahmen einleiten und die benötigten Ersatzteile rechtzeitig besorgen[26, S. 218].

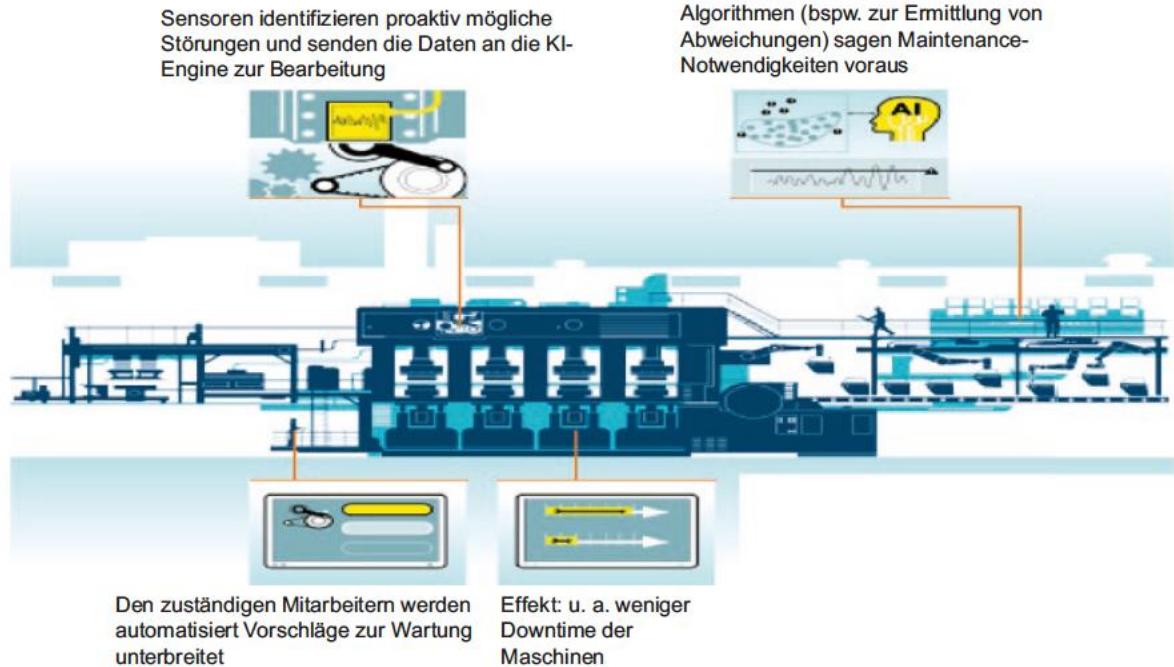


Abbildung 13: KI-Einsatz zur Erreichung von Predictive Maintenance [26, S. 219]

Der TÜV NORD hat Predictive Maintenance erfolgreich zur Überwachung von Container- und Straßenbrücken sowie von Pipelines eingesetzt. Hierzu wurden sensorbasierte Dehnungsmessstreifen an kritischen Stellen angebracht, die die Materialdehnung und auch die Oberflächentemperatur messen können. Die gesammelten Daten werden in ein Online-Überwachungssystem eingespeist und auf Anomalien, die z.B. Anzeichen von Rissen sein können, untersucht. So wird sichergestellt, dass Maßnahmen ergriffen werden können, bevor Schäden auftreten, die die Nutzung beeinträchtigen [6, S. 179].

Eine weitere erfolgreiche Anwendung von Predictive Maintenance findet bei dem Halbleiter Hersteller „Globalfoundries“ statt. Bei diesem Unternehmen wurde die 24 Stunden laufende Produktion der Chips für die vorgeschriebene Wartungsarbeit unterbrochen. Außerdem wurden Bauteile unabhängig von ihrem Verschleiß ausgetauscht, da die Wartungsarbeiten dies vorschrieben. Mithilfe von Predictive Maintenance hat man versucht, die Unterbrechungen der Produktion zu reduzieren, die durch Störungen und Wartungsarbeiten verursacht werden. In diesem Beispiel ist der Einsatz von Predictive Maintenance von besonderer Bedeutung, da die Produktion von Chips aus mehr als 1000 Fertigungsschritten besteht und der gesamte Prozess zum Stillstand kommt, sobald ein Teil der Fertigungsanlage ausfällt. Sogenannte Wafer, die für die Herstellung von Chips verwendet werden, müssen zuvor von Chemikalienresten in einem Becken mit Reinstwasser gesäubert werden. Ventile regeln den Zu- und Ablauf zu diesen Becken. In der Vergangenheit konnten Defekte der Ventile trotz qualifiziertem Personal nicht vorhergesagt werden. Zur Eliminierung dieser Fehlerquelle wurde ein System auf der Basis von Daten und Sensoren entwickelt, das die

Vorhersage von Ventilausfällen ermöglicht. Damit können nun umfassende Audio- und Schwingungsdaten in Echtzeit aufgezeichnet werden. Die Auswertung der Daten übernimmt ein KI-System, indem die Sensordaten mithilfe von ML-Algorithmen vorverarbeitet werden und in die Cloud übertragen werden. Dadurch ist es möglich, Reparaturarbeiten konkret zu planen, sodass ungeplante Produktionsstopps durch geplante Wartungsarbeiten ersetzt werden[6, S. 180].

3.1.3 Robotik

Eine der zentralen Anwendungen der Künstlichen Intelligenz, insbesondere für KI-basierte autonome Systeme, ist die Robotik. Nicht nur Industrieroboter oder humanoide Roboter, sondern auch Drohnen und sich autonom bewegende Schöpfungen gelten als Roboter. Das ML und vor allem die Bildverarbeitung werden von Robotern genutzt [14, S. 297].

Die Einführung von Industrierobotern ist mit einem hohen Schulungsaufwand und enormen Kosten verbunden und ist somit nur bei wiederkehrenden Prozessen und hohen Stückzahlen wirtschaftlich. KI-Anwendungen, die mehrdimensionale Mustererkennung mit Handlungsplanungsalgorithmen kombinieren, sind in der Lage, menschliche Bewegungsabläufe mit hoher Genauigkeit zu imitieren. Solche Industrieroboter sind in der Lage, Werkstücke in beliebiger Lage zu erfassen und zu greifen. Der Greifraum (z. B. eine Schüttgutkiste) wird mit einem Kamerasystem überwacht. So kann die Lage und Orientierung der Bauteile bestimmt werden [28, S. 22].

In der Robotik wird zwischen verschiedenen Roboterarten unterschieden. Es gibt sogenannte kollaborierende Roboter, die mit dem Menschen zusammenarbeiten und nicht mit einer Schutzwand von diesem getrennt sind. Beispielsweise unterstützen kollaborierende Roboter den Menschen dort, wo er physisch überfordert ist, und der Mensch den Roboter dort, wo Automatisierung technisch oder wirtschaftlich nicht sinnvoll oder menschliche Kreativität gefordert ist. Die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK), im Englischen Human-Robot-Interaction (HRI), entlastet die Mitarbeiter, ermöglicht vielfältige Automatisierungsschritte und erhöht die Produktivität. In Abbildung 14 ist eine MRK zu sehen, bei der der Mitarbeiter mit einem Roboter zusammenarbeitet. Somit schont der Mitarbeiter sich und ermüdet physisch auf Dauer nicht [14, S. 310].

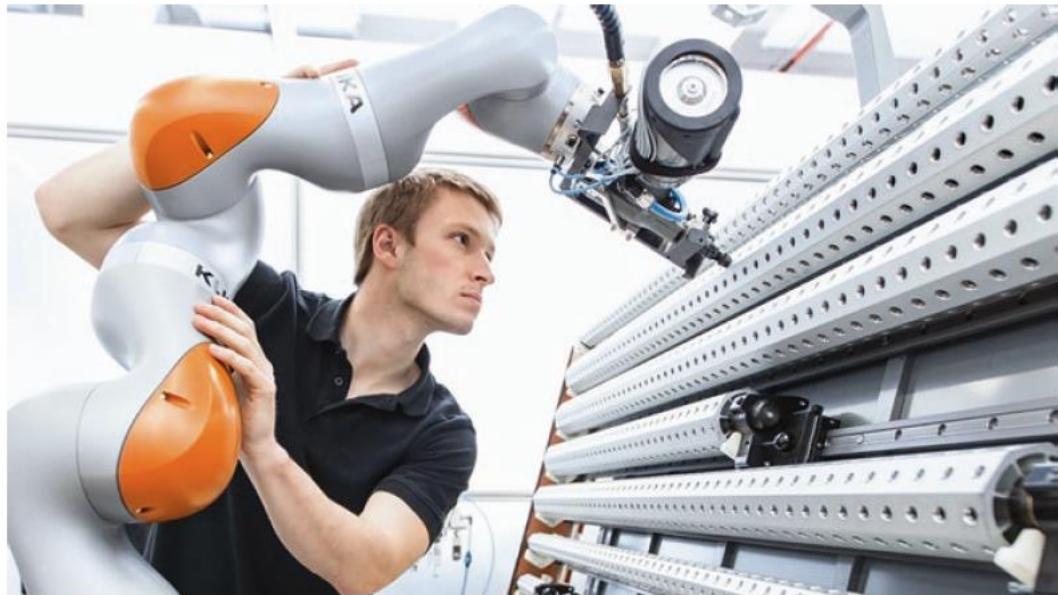


Abbildung 14: MRK mit einem KUKA-Roboter [14, S. 310]

Außerdem gibt es noch humanoide Roboter, die vom optischen eine menschenähnliche Gestalt annehmen, wie in Abbildung 15 dargestellt. Ein solcher Roboter wurde beispielsweise als Lehrkraft in einer Schule verwendet. Hier hat der Roboter einen Vortrag vor Kindern im Alter von 10-13 Jahren gehalten [14, S. 315]. Humanoide Roboter können vielfältig eingesetzt werden.

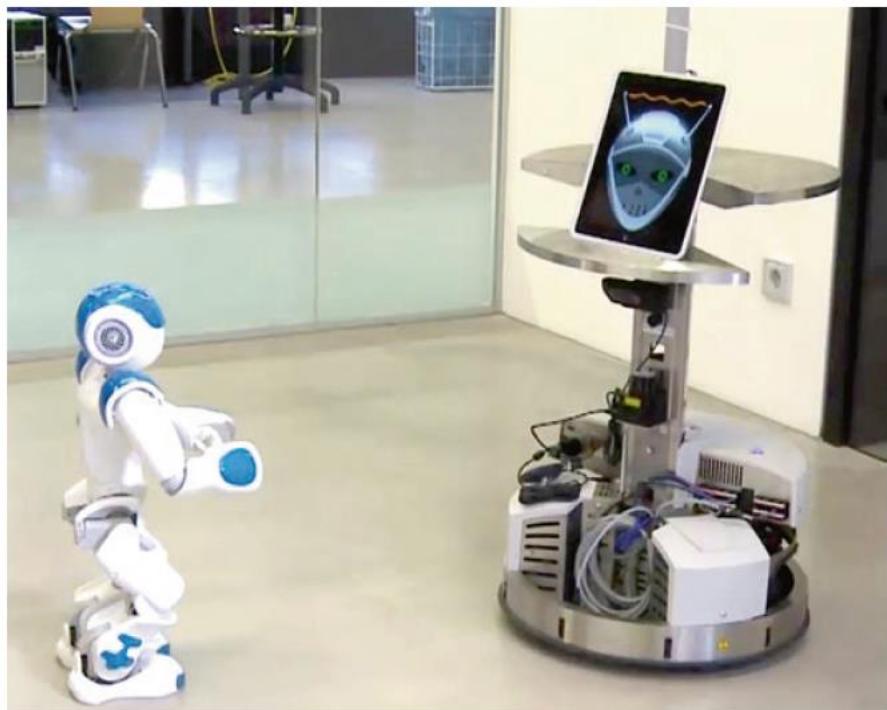


Abbildung 15: Humanoider Roboter [14, S. 315]

Ein Anwendungsfall von „The MathWorks“ GmbH stellt Abbildung 16 dar. Bei herkömmlicher Anwendung müssen Pick-&-Place-Roboter von einem Bediener trainiert werden, um Objekte zu erkennen und aufzunehmen. Neue Produkte oder Objekte, die nicht in den Trainingsdaten enthalten sind, erfordern zeitaufwändiges Einlernen in das System. KI-Methoden sollen es dem Roboter ermöglichen, bisher unbekannte Objekte eigenständig zu erkennen und aufzunehmen. Das Unternehmen hat im Tool Matlab den Roboterarm, der zusätzlich mit einer Kamera ausgerüstet ist, mittels Bilderkennung und Deep Learning auf eine Anzahl unterschiedlicher Objekte trainiert. Somit ist es möglich, dass er diese selbstständig erkennen und aufnehmen kann[29, S. 28].



Abbildung 16: Roboterarm detektiert und greift verschiedene Objekte auf[29, S. 28]

3.1.4 Qualitätsmanagement

KI-Anwendungen werden auch im Qualitätsmanagement und in der Qualitätskontrolle eingesetzt. Hierzu gehört vor allem die Bildverarbeitung, die automatisiert Bauteilqualitäten kontrolliert und vorhersagt. Die Kontrolle erfolgt über 2D- und 3D- Kameras, wobei diese die Bauteile bzw. Produkte erfassen und auf Kratzer oder ihren geometrischen Eigenschaften überprüfen. Anhand geeigneter Eingabedaten erkennt die KI-Anwendung abweichende Muster, sucht nach Ursachen für Qualitätsschwankungen und prognostiziert drohende Qualitätsprobleme [28, S. 81]. Die automatische Objekterkennung ist von grundlegender Bedeutung und findet daher Anwendung in den Bereichen Qualitätssicherung, Robotik und

Anomalie Erkennung. In der Regel wird die Objekterkennung mit bereits trainierten Netzen durchgeführt. Um diese Modelle an konkrete Aufgabenstellungen anpassen zu können, ist die Bereitstellung von annotierten Bildern erforderlich. Jedes Bild wird in der Praxis mit einer zusätzlichen Textdatei versehen, die die Klassen der wichtigen Objekte und deren Ausdehnung im Bild angibt. Über sogenannte „Bounding Boxes“, welche rechteckige Rahmen sind (siehe Abbildung 17), wird die Ausdehnung angegeben. Softwaretools, mit denen Bilder in einer grafischen Oberfläche annotiert werden können, sind hierbei sehr nützlich, denn das korrekte Labeln der Trainingsbilder von Hand ist sehr zeitaufwendig. Ein automatisches Labeln mit einem vtrainierten Netz bietet sich an, falls die zu erkennenden Objekte groß genug sind und zudem auch vom Hintergrund unterscheidbar sind [21, S. 81].



Abbildung 17: Erkannte Karosserien auf einem Panoramabild [21, S. 82]

Ein wesentlicher Bestandteil der Qualitätsüberwachung in Fertigungsprozessen ist die Sichtprüfung. Sie ist ein zerstörungsfreies Prüfverfahren zur Erkennung und Bewertung von optisch sichtbaren Unregelmäßigkeiten wie Beschädigungen, Rissen oder Kratzern. Mithilfe von KI kann man die Sichtprüfung, die heute noch überwiegend visuell von Menschen durchgeführt wird, automatisieren. Dadurch erhält man reproduzierbare, objektive und gut dokumentierbare Prüfergebnisse. Die automatische Sichtprüfung kann je nach Zugänglichkeit des Fertigungsprozesses direkt im Prozess oder am Ende des Prozesses durchgeführt werden [21, S. 83].

Ein Spezialfall der Sichtprüfung ist die Anomalieerkennung. KI-Methoden eignen sich sehr gut, um Anomalien bzw. Fehlteile oder Produktionsfehler zu erkennen. Bei der Anomalieerkennung werden die geprüften Objekte entweder in die Klasse „in Ordnung“ oder „defekt/fehlerhaft“ eingestuft. Dabei muss sichergestellt werden, dass eine ausreichende Anzahl von Trainingsdaten mit fehlerhaften Teilen zur Verfügung steht. Dies lässt sich durch eine gezielte

Anreicherung der Daten erreichen. Ein alternativer Ansatz ist die Betrachtung eines Einklassenproblems, bei dem ein spezialisiertes Normalmodell nur die Klasse "in Ordnung" repräsentiert. Dies ist in Anwendungsfällen sehr vorteilhaft, in denen viele Trainingsdaten für die Klasse „in Ordnung“, aber nicht für die Klasse „fehlerhaft“ vorliegen. Die genaue Fehlerlokalisierung und Fehlerbewertung ist im Gegensatz zur automatischen Sichtprüfung irrelevant, da fehlerhafte Teile direkt aussortiert oder einem Experten vorgelegt werden. Es empfiehlt sich, ein mehrstufiges Modell für Bilddaten aufzubauen, das jeden Arbeitsschritt separat behandelt, wenn zusätzlich die Fehlerart klassifiziert werden soll. Zum Beispiel kann das erste neuronale Netz nur auf die Erkennung von Fehlern trainiert werden. Mit Hilfe der Objekterkennung ist es dann möglich, den Fehler zu lokalisieren und ihn zu klassifizieren [21, S. 84 f.].

Ein Anwendungsfall der Objekterkennung sind Reinigungsroboter. Die Herausforderung eines Reinigungsroboters besteht neben dem Reinigungsvorgang und der Navigation darin, auf dem Boden liegende Objekte als Schmutz und Abfall zu identifizieren. Mit Hilfe von KI kann dies gewährleistet werden, indem das System mit künstlich erzeugten Bildern trainiert wird. Nach dem Training ist der Roboter in der Lage, Schmutz, Staub oder Papierabfall von Gegenständen wie einem Schlüssel oder einem Stift zu unterscheiden [21, S. 82].

Die Firma „The MathWorks“ GmbH stellt einen weiteren Anwendungsfall vor. Nämlich die Teileerkennung und Qualitätssicherung mittels Bilderkennung und DL am Beispiel von Schraubenmuttern. Die visuelle Qualitätssicherung von Massenteilen wie Schraubenmuttern ist mit konventionellen Mitteln kaum durchführbar, daher soll die KI helfen, die Teile auf Qualitätsmerkmale zu überprüfen. Zur Realisierung wurden die Muttern mit einer Digitalkamera aufgenommen, in MATLAB eingelesen und mit Hilfe von Computer Vision erkannt. Zur Unterscheidung zwischen beschädigten und unbeschädigten Muttern wurde dann ein DL-Algorithmus mit den beschädigten Muttern trainiert. Aufgrund des Einsatzes von Methoden der künstlichen Intelligenz kann die Sichtprüfung durch eine automatisierte Prüfung, wie in Abbildung 18, ersetzt werden. Somit ist eine flexible Anpassung der visuellen Qualitätssicherung an unterschiedliche Produkte und die Prüfung einer großen Anzahl von Teilen in kurzer Zeit möglich [29, S. 19].

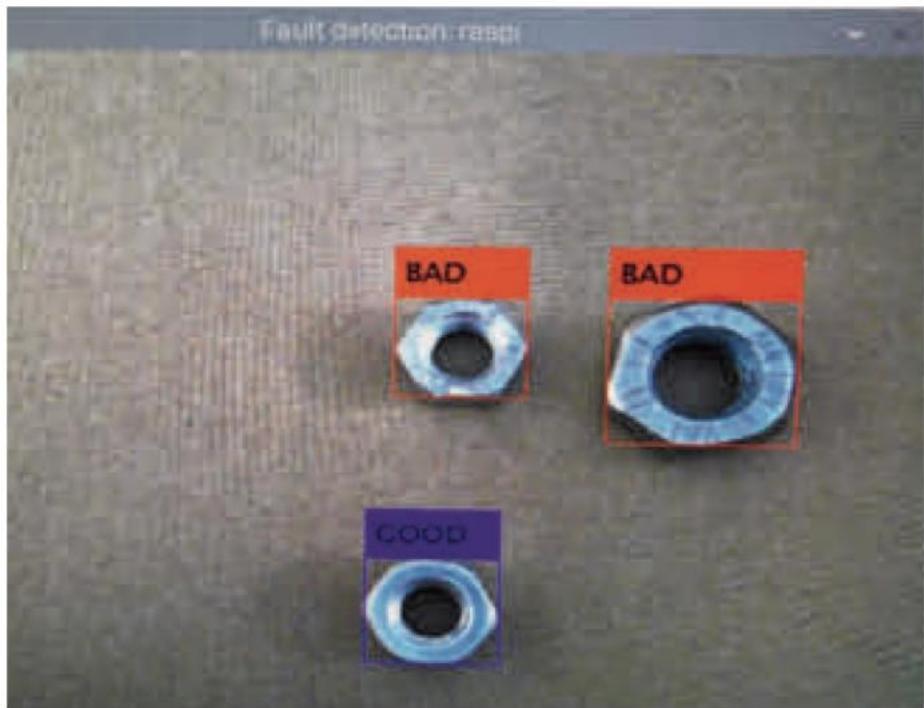


Abbildung 18: Automatisierter visueller Qualitätscheck der Schraubenmuttern[29, S. 19]

Ein weiterer Anwendungsfall ist die Qualitätsprüfung an einer Glasschmelzwanne. Diese Industrielle Glasschmelzwannen weisen Totzeiten von bis zu 50 Stunden auf. Tritt am Ende des Schmelzprozesses ein Produktionsfehler auf, kann dieser nicht mehr durch eine Feineinstellung der Schmelzparameter korrigiert werden. Zusätzliche Kosten und Qualitätseinbußen sind die Folge. Eine Methode, die es ermöglicht, Glasfehler während des Schmelzvorgangs zu erkennen und zu korrigieren, ist daher von großem wirtschaftlichem Nutzen. In Anbetracht der möglichen Varianten- und Fehlervielfalt lohnt sich auch in diesem Fall der Einsatz von lernenden Systemen. Zu diesem Zweck konnte ein selbstlernendes Fehlererkennungssystem entwickelt werden, das in der Lage ist, fehlerhafte Glasstränge als Abweichungen vom intakten Strang automatisch zu erkennen. Abbildung 19 zeigt, wie die erkannten Fehler abgebildet werden und sich von der restlichen Glasstruktur unterscheiden. Durch die Anzeige des Ortes und der Klasse des Fehlers durch das System kann in einem weiteren Schritt direkt die Einleitung von Korrekturmaßnahmen oder der vorzeitige Abbruch des Prozesses zur Einsparung von Zeit und Kosten veranlasst werden [21, S. 85].

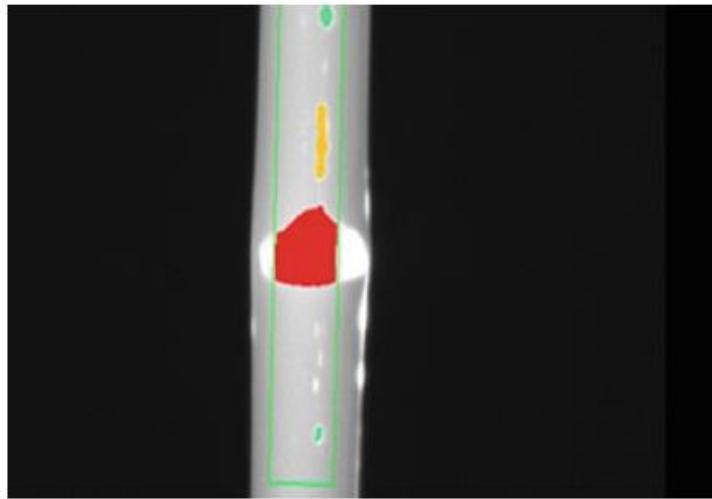


Abbildung 19: Kennzeichnung des Fehlers an einer Glasschmelzwanne [21, S. 85]

3.1.5 Signalanalyse

Im Gegensatz zur Bildverarbeitung befasst sich die Signalanalyse mit allen anderen Sensoren, die während einer Produktion Daten liefern. Dies können z.B. Schwingungen, Temperaturen, Drücke, Kräfte oder Ströme sein[21, S. 74]. Bei der klassischen Signalanalyse ist es häufig nicht möglich, über Laplace- oder auch Fourier-Transformationen Zusammenhänge zu erkennen, da die Datenmengen zu groß sind. In diesem Fall können Verfahren des maschinellen Lernens hilfreich sein, um Anomalien zu erkennen oder Prozesse zu optimieren. Der folgende Anwendungsfall beschäftigt sich mit der Prozessoptimierung einer Produktionsanlage in der Fertigung von Industrie-PCs durch die Ermittlung einer optimalen Rüstreihenfolge. Da in diesem Anwendungsfall häufig mehrere Produkte auf einer Anlage gefertigt werden, ist eine entsprechende Umrüstung des verfügbaren Materials notwendig. Um sicherzustellen, dass die Anlage nur selten umgerüstet werden muss, wird ein neuronales Netz darauf trainiert, automatisch eine optimale Reihenfolge der zu bearbeitenden Aufträge zu generieren. Die Reihenfolge der eingehenden Aufträge wird durch ein Reinforcement Learning Verfahren auf Basis dieses neuronalen Netzes optimiert[21, S. 86 ff.].

3.1.6 Operationsmanagement

Die Steuerung der Produktionsprozesse ist eine Grundvoraussetzung für eine hohe Qualität, Termintreue und eine optimale Kapazitätsauslastung, wobei ihr Ziel es ist, vorhersehbare Ergebnisse zu liefern. Die Transparenz der Prozesse und des Auftragsfortschritts ist besonders entscheidend, um eine exakte Terminierung zu gewährleisten und Störungen im Wertstrom frühzeitig zu erkennen. KI-Anwendungen können hier durch frühzeitiges Erkennen von möglichen Störungen oder Engpässen und das Einleiten von Maßnahmen zur

Optimierung der Durchlaufzeiten die Produktion effizient planen und steuern. Um eine beschleunigte Datenverarbeitung in dynamischen Regelkreisen bei gleichzeitig hoher Verfügbarkeit zu ermöglichen, setzen Unternehmen zunehmend auf Algorithmen der Künstlichen Intelligenz. Dabei können sowohl direkt ermittelte Prozessdaten als auch Informationen aus vorangegangenen Maschinenläufen oder vorgesetzten Fertigungsprozessen einbezogen werden. Vor allem in komplex verketteten Produktionslinien können mit Hilfe von KI für die Produktion relevante Zusammenhänge aufgedeckt werden, die für den menschlichen Beobachter nicht unmittelbar ersichtlich sind. Derartige Erkenntnisse sind von entscheidender Bedeutung, um z. B. die Ursachen für sich verändernde Engpässe in der Produktion zu identifizieren [28, S. 22].

KI findet auch in der Logistik Anwendung. Hier helfen die KI den Menschen dabei, dispositive Maßnahmen zu planen und zu optimieren. Dazu gehören die Lagerplanung, die auf Basis von Trendprognosen Materialbestände vorholt, Warnmeldungen bei kritischen Beständen sowie die Kommissionierung und der Transport der Waren. Ein mögliches Szenario könnte folgendes sein: Wenn fahrerlose Transportsysteme Hindernisse umfahren müssen, planen sie ihre Routen und passen sie selbstständig an. Mit seinen umfangreichen Planungs- und Optimierungsalgorithmen übernimmt ein zentrales Rechtersystem die übergeordnete Steuerung der Transportaufträge. Im Kommissionierungsbereich werden Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen durch die maschinelle Verarbeitung natürlicher Sprache auf der Grundlage von Sprachinteraktion durch den Arbeitsprozess geführt. Die Mitarbeiter erhalten über Kopfhörer die vom System in natürliche Sprache umgewandelten Kommissionierdaten und bestätigen die Ausführung der erhaltenen Arbeitsschritte ebenfalls per Spracheingabe [28, S. 21].

3.2 Dienstleistungssektor

Die Anwendungen von KI sind vielfältig. Unter anderem wird sie auch im Dienstleistungssektor eingesetzt. So bietet beispielsweise der Kundenservice ein spannendes Anwendungsfeld für KI. Die Anwendungsfelder reichen von der Spracherkennung und -analyse für die einfache Kommunikation mit Chatbots bis hin zu digitalen persönlichen Assistenten. Bei der Spracherkennung sind zwei Anwendungsbereiche zu unterscheiden. Zum einen die NLP und zum anderen die Sprechererkennung. Die Sprechererkennung beschäftigt sich mit der Frage, wer spricht. Sie kommt z.B. bei sprachgesteuerten Prozessen und Transaktionen in Form einer Sprecherverifikation bzw. Sprecherauthentifizierung zum Einsatz. Der Einsatz der Sprechererkennung erfolgt in zwei Phasen. Die erste Phase ist die Registrierung, bei der sogenannte Stimmabdrücke erstellt werden. Hier wird die Stimme des Benutzers aufgezeichnet. In der zweiten Verifikationsphase wird der erstellte Stimmabdruck mit dem neuen Stimmabdruck verglichen. Darüber hinaus können mit Hilfe von KI den

Servicemitarbeitern wichtige Kundendaten zur Verfügung gestellt werden, um dem Kunden maßgeschneiderte Angebote zu offerieren und so die Kundenzufriedenheit zu erhöhen [26, S. 126 f.].

Abbildung 20 zeigt einen Chatbot mit dem Namen „Emma“. Es handelt sich um einen Chatbot aus dem Bereich Mode. Dieser kann jederzeit genutzt werden, um Fragen zu klären oder Probleme zu lösen. Für den Nutzer ist die KI in diesem Fall sehr hilfreich, da er nicht lange in der Warteschleife warten muss, um den Kundenservice zu kontaktieren.

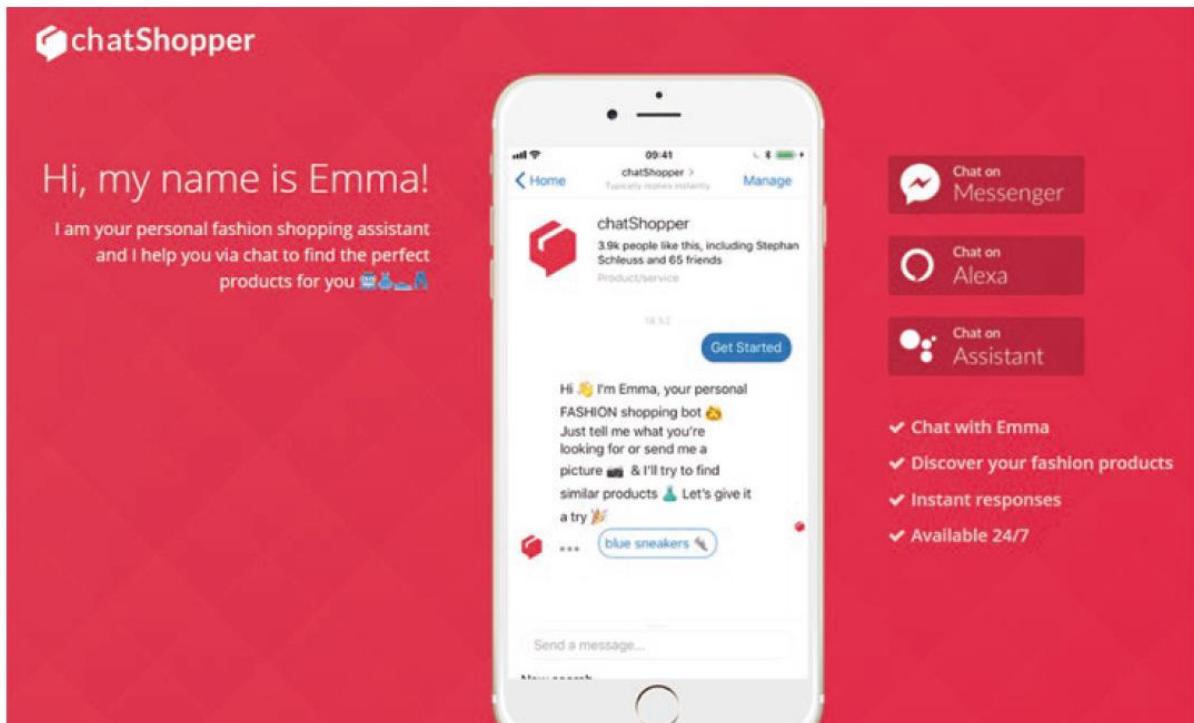


Abbildung 20: Chatbot zum Lösen eines Problems [26, S. 133]

3.3 Gesundheitswesen

Es wird erwartet, dass der Einsatz von Künstlicher Intelligenz im Gesundheitswesen zu einer Verbesserung der erreichbaren Lebensqualität führt. Große Akteure in dem Bereich sind beispielweise „Google“, „IBM“, „Isabel Healthcare“, „NEC“, „Nuance“ und „Microsoft“. Die Anwendung von KI bietet zahlreiche Vorteile. Dazu gehört eine KI-gestützte Befragung des Patienten, um Informationen zu ergänzen oder Hypothesen zu überprüfen. Darüber hinaus können Therapieempfehlungen abgeleitet und die gesamte Krankengeschichte ausgewertet werden. Außerdem ist es möglich, in Echtzeit auf neue Erkenntnisse zuzugreifen, die von Wissenschaftlern oder Kollegen in der Praxis erarbeitet wurden. Das KI-System „Corti“, das vom dänischen Unternehmen „FastCompany“ entwickelt wurde unterstützt in Kopenhagen die Call-Center Agents bei der täglichen Routine. „Corti“ hört, wenn ein Krankenwagen gerufen

wird, die Gespräche mit und analysiert sie mit Hilfe von NLP im Kontext. Das System sendet dann in Echtzeit Benachrichtigungen an den Agenten. Dabei analysiert „Corti“ auch die Hintergrundgeräusche und nicht nur die Art und Weise, wie eine Person etwas sagt. Das Ergebnis: Die Trefferquote bei der Erkennung von Herzinfarkten stieg von 73 % bei menschlicher Einschätzung auf 93 % mit Hilfe von „Corti“ [26, S. 186 ff.].

3.4 Mobilitätsektor/Transportsektor

Die unterschiedlichsten Anwendungen im Mobilitäts- und Transportsektor stellen ein großes Einsatzfeld der KI dar. Hier sind die Herausforderungen besonders groß. Denn mit der zunehmenden Globalisierung der Produktions- und Warenströme wachsen auch die logistischen Aufgaben. Mit dem Wachstum bzw. der Entstehung des E-Commerce und der zunehmenden Urbanisierung wächst auch der Transport- und Mobilitätssektor [26, S. 210].

In mehreren Stufen erfolgt die Entwicklung zum autonomen Fahrzeug. Bei der Stufe 0 kommt nur eine Warnfunktion zum Einsatz, wenn das Fahrzeug die Spur beispielsweise verlässt. Stufe 1 beschreibt ein assistiertes Fahren, bei dem ein Parklenk-Assistent und ein Spurhalte-Assistent den Fahrer unterstützt. Bei der 2. Stufe handelt es sich um ein teilautomatisiertes Fahren. In einigen Fällen können Assistenten eingesetzt werden, um autonom zu agieren. Ein Beispiel dafür ist das assistierte Einparken. Stufe 3 markiert den Übergang zum hochautomatisierten Fahren. Auf dieser Stufe ist sowohl das autonome Fahren auf Autobahnen als auch das autonome Fahren im Stau möglich. Stufe 4 bezeichnet schließlich das vollautomatisierte Fahren. Autonomes Fahren im Stadtverkehr und fahrerloses Parken ohne menschlichen Eingriff sind in dieser Stufe möglich [26, S. 213]. Es gibt derzeit mehrere autonom agierende Roboter, die auch von hohem Nutzen sind. Eines dieser Roboter ist Marble, wie in Abbildung 21 gezeigt. Hierbei handelt es sich um einen Roboter, der autonom Essen liefert.



Abbildung 21: Roboter Marble[26, S. 215]

Außerdem gibt es noch Drohnen, die ebenfalls autonom ohne menschliches Eingreifen bestimmte Aufgaben erfüllen können. Derzeit gibt es zahlreiche Unternehmen, die Dronensysteme für die Zustellung von Paketen an unbekannte Orte entwickeln. Hierzu zählen beispielsweise Google und Amazon, aber auch chinesische E-Commerce-Anbieter wie „JD“. Dem Unternehmen „DHL“ ist es im Jahr 2016 sogar gelungen, die Zustellung per Paketdrohne an eine Paketstation zu realisieren. Abbildung 22 zeigt eine solche Drohne. Kunden hatten sogar die Möglichkeit, Pakete per Drohne zu empfangen und zu versenden [26, S. 215].



Abbildung 22: Drohnen Auslieferung durch DHL [26, S. 216]

3.5 Militärsektor

KI-Intelligenz findet breite Anwendung in der Waffentechnik. Es gibt Flugdrohnen, die Daten und Bilder in Echtzeit automatisch auswerten können. Die Drohne ist in der Lage, selbst Entscheidungen zu treffen und gegebenenfalls als Kampfroboter zu agieren. Es gibt auch unbemannte U-Boote, die andere U-Boote unter Wasser aufspüren und sogar zu Kampfrobotern werden können. KI kann auch in Form von Kampfrobotern eingesetzt werden. Diese fest installierten Systeme dienen der Abwehr von Angriffen. Sie werden zum Schutz von militärischen Gebäuden und zivilen Einrichtungen eingesetzt. Schließlich gibt es noch teilautonome Assistenten, die bei der Minenräumung und der Entschärfung von Bomben zum Einsatz kommen. Sie können aber auch Nachschub in Kampfgebiete bringen, Höhlen erkunden oder Verletzte evakuieren. Auch Exoskelette werden eingesetzt. Ein Beispiel für ein Exoskelett ist der Roboter „Centauro“. Dieser kann mit seinen menschenähnlichen Händen verschiedene Werkzeuge bedienen. Der Roboter wird dabei von einem Menschen aus sicherer Entfernung gesteuert [26, S. 257 f.].

4 Use Cases

In diesem Kapitel werden verschiedene Use-Cases von Künstlicher Intelligenz in verschiedenen Bereichen vorgestellt. Dabei werden 3 Unternehmen, „Karl Mayer“, „Mahle“, und „Trumpf“ sowie deren innovative Ansätze zur Nutzung von KI zur Verbesserung ihrer Betriebsabläufe näher betrachtet. Im Fazit werden die wichtigsten Erkenntnisse und Ergebnisse aus den untersuchten Anwendungsbeispielen zusammengefasst. Es wird eine Bewertung der Effektivität und des Nutzens der KI-Lösungen für die jeweiligen Unternehmen vorgenommen.

4.1 Karl Mayer Textilmaschinenbau

Das Unternehmen „Karl Mayer“ ist Marktführer im Bereich Textilmaschinenbau und beschäftigt sich seit mehreren Jahren mit den Themen rund um Digitalisierung und KI. Im folgenden Fallbeispiel geht es um die Optimierung innerbetrieblicher Prozesse in der Materialwirtschaft. Sich kurzfristig ändernde Kundenbedürfnisse erfordern schnelle Markteinführungen und Produktanpassungen. Diese Änderungen bewirken, dass die Planung der Materialversorgung und -bereitstellung sehr komplex und aufwändig wird. Das richtige Material soll immer in der richtigen Menge zur richtigen Zeit am richtigen Ort zur Verfügung stehen. Die Ersatzteillager und Produktionsstandorte von „Karl Mayer“ müssen stetig mit Material versorgt werden. Für die Planung nach dem Bestellpunktverfahren kontrollieren die Disponenten die Bestände in den Lagern und passen die Meldebestände, Sicherheitsabstände und Bestellmengen der einzelnen Werke an. Das Ziel ist es, zu überprüfen, welche Materialien künftig auf Lager sind, welche Lagerstrategie angewendet wird und ob die richtigen Materialien in der richtigen Menge am richtigen Ort verfügbar sind [30, S. 11].

Eine Herausforderung für das Logistikmanagement sind die immer kurzfristigeren Kundenanfragen, die eine ständige Anpassung der Ersatzteillager erfordern. Eine automatisierte und intelligente Lösung muss für diesen manuellen Prozess entwickelt werden, damit man Materialengpässe und Lieferverzögerungen vermeidet. Eine verbesserte Entscheidungsgrundlage für Disponenten zu schaffen ist das Ziel dieses Projektes. Dies ermöglicht ein dynamisches Reagieren auf Nachfrageschwankungen, führt zu schnelleren Reaktions- und Bearbeitungszeiten, verkürzt Durchlaufzeiten, erhöht die Kundenzufriedenheit, reduziert Lagerbestände und vermeidet Engpässe und überfüllte Ersatzteillager. Mithilfe eines zweistufigen Assistenzsystems, das die Disponenten unterstützt, soll dieses Ziel erreicht werden. Das Assistenzsystem soll zunächst die Ersatzteillager kontinuierlich überwachen und auf Basis der Materialbewegungen Vorschläge zur Bestandsanpassung erstellen. Das heißt, dass für jeden Artikel zu prüfen ist, ob dieser auf Lager gehalten werden soll oder ob dieser

überhaupt noch im Lager erforderlich ist. Anschließend werden die Melde- und Sicherheitsbestände entsprechend festgelegt. Diese Empfehlungen werden vom Assistenzsystem an den jeweiligen Disponenten übermittelt und von diesen geprüft und umgesetzt. Nach erfolgreichem Aufbau und Verifizierung der ersten Stufe kann die zweite Stufe implementiert werden. Hier geht es um eine stärkere Interaktion zwischen Mensch und KI. In der zweiten Stufe geht es darum, dass das System automatisch Artikelanpassungen vornimmt, Melde- und Sicherheitsbestände definiert und Bestellvorgänge auslöst und durchführt [30, S. 12 f.].

„Karl Mayer“ hat für die Umsetzung dieses Projektes mit dem Softwareunternehmen „Celonis SE“ zusammengearbeitet. Leider befindet sich „Karl Mayer“ aktuell noch in der ersten Ausbaustufe des Assistenzsystems [30, S. 14].

4.1.1 Fazit

„Karl Mayer“ ist es gelungen, den Prozess durch Automatisierung wesentlich zu optimieren. Die Zusammenarbeit mit der Firma Celonis SE, die ein erfahrener Anbieter von KI-basierten Lösungen ist, dürfte einen erheblichen Einfluss auf die Implementierung von KI im Unternehmen gehabt haben. Um eine solche Automatisierung zu gewährleisten, ist es notwendig, dass das Unternehmen über ein gutes Verständnis der Prozesse und Systeme verfügt.

Die Mitarbeiter zu schulen und klare Richtlinien zu schaffen, hätte möglicherweise zu einem schnelleren Ergebnis geführt. Wichtig bei solchen Optimierungsprozessen ist auch die frühzeitige Information der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter über das Vorhaben und die Erhöhung der Akzeptanz durch verschiedene Methoden, wie z.B. Meetings. Dies führt zu einer höheren Motivation der Mitarbeiter und damit zu einem besseren Arbeitsklima, das sich auch auf die Prozesse auswirkt.

Darüber hinaus könnten Technologien wie NLP bei der Umsetzung eingesetzt werden, um die Kommunikation zwischen den verschiedenen Abteilungen und Systemen zu verbessern. Die automatisierte Verarbeitung von Textinformationen aus E-Mails, Berichten und anderen Dokumenten ermöglicht es, relevante Informationen schneller zu erfassen und für Entscheidungen zu nutzen.

Eine weitere Option ist der Einsatz von Robot Process Automation (RPA), mit dem sich wiederholende und zeitaufwändige Aufgaben wie die Pflege und Aktualisierung von Daten in Lager- und Bestandsverwaltungssystemen automatisiert werden können. Die Mitarbeiter können dadurch entlastet werden und sich auf mehr strategische Aufgaben konzentrieren. RPA automatisiert mit Hilfe von Softwarerobotern repetitive, bisher von Menschen durchgeführte, datenintensive Aufgaben.

Bei „Karl Mayer“ geht es darum, ein zweistufiges Assistenzsystem zu entwickeln, das automatisierte Vorschläge generiert und automatisierte Anpassungen vornimmt. Die erste

Stufe des zweistufigen Assistenzsystems ist die Autonomiestufe 2, da einfache Aufgaben wie die Überwachung der Materialbewegungen und die Generierung von Vorschlägen zur Bestandsanpassung automatisiert werden. Bei der zweiten Stufe des Assistenzsystems handelt es sich um eine Mischung aus der dritten und vierten Autonomiestufe, da das System in einem definierten Bereich eigenständig Aufgaben übernimmt und Bestellvorgänge auslöst. Das System kooperiert jedoch auch in der zweiten Stufe des Assistenzsystems noch mit dem Menschen, so dass es nicht vollständig autonom agiert. Eine genaue Einordnung ist leider nicht möglich und erfordert noch mehr Informationen über das Unternehmen und wie KI in die Prozesse einfließt.

Bei dem Assistenzsystem von „Karl Mayer“ handelt es sich um eine schwache KI, da das System zwar spezifische Aufgaben im Bereich der Materialwirtschaft unterstützt, jedoch nicht die kognitive Vielseitigkeit und allgemeine Intelligenz eines Menschen besitzt. Hinsichtlich der schöpferischen Intelligenz ist das vorliegende Beispiel nicht schöpferisch, da das Assistenzsystem eher darauf ausgelegt ist, betriebliche Abläufe zu optimieren und Entscheidungsgrundlagen für Disponenten bereitzustellen, als etwas Neues zu schaffen und kreativ zu sein.

4.2 Trumpf Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG

Das Unternehmen „Trumpf“ wurde 1923 gegründet und ist Markt- und Technologieführer bei Werkzeugmaschinen und Lasern für die industrielle Fertigung. „Trumpf“ verfügt über ca. 70 Tochter- und Produktionsstandorte und ist bestrebt, die Produktionstechnik weiterzuentwickeln und digital zu vernetzen. Der Hauptsitz der Trumpf Gruppe ist in Ditzingen. Das Unternehmen beschäftigt 14.300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter weltweit. In dem folgenden Beispiel geht es um die Anwendung eines Frühwarnsystems mit Hilfe von KI im Bereich der Zustandsüberwachung [30, S. 22].

Bei der klassischen Maschinenzustandsüberwachung können einfache Wartungsmaßnahmen über die Zeit ermittelt werden. Beispielsweise kann der Zeitpunkt des Nachfüllens von Schmierölen gut vorhergesagt werden, wenn der Verbrauch über die Zeit bekannt ist. Dieser klassische Ansatz ist jedoch nicht optimal, wenn es sich um sporadisch auftretende Störungen oder Bedienungsfehler handelt. Häufig auftretende Maschinenstillstände sind in der Regel die Folge von nicht vorhersehbaren Fehlern, die in kurzer Zeit behoben werden müssen. Solche Fehler sind nicht planbar, aufwändig zu identifizieren und erfordern hohe Qualifikationen, um behoben werden zu können. Zudem müssen sie unter hohem Zeitdruck behoben werden.

Der Einsatz eines KI-gestützten Frühwarnsystems im Condition Monitoring ermöglicht es, mit Hilfe von Algorithmen frühzeitig auf Anomalien hinzuweisen, damit Fehler behoben werden können, bevor sie Auswirkungen haben. Ziel der Lösung ist es, durch die Früherkennung von Fehlern Zeit bei der Fehler- und Störungsbearbeitung einzusparen. Die Folge ist eine

Erhöhung der Produkt- und Arbeitsqualität sowie eine Steigerung der Arbeitsproduktivität durch die gezielte Vorbereitung von technischen Einsätzen. Darüber hinaus tragen die gewonnenen Daten zur Produktentwicklung bei und ermöglichen ein tieferes Verständnis der Produktnutzung durch den Kunden. Dadurch können zukünftige Produkte besser auf die Kundenbedürfnisse ausgerichtet werden [30, S. 23].

Um zu zeigen, wie das Frühwarnsystem funktioniert, wird der Anwendungsfall einer Lasermaschine dargestellt. Der Schneidkopf einer Lasermaschine befindet sich im Schneidbetrieb in geringem Abstand zum Blech, wobei es unter Umständen zu Kollisionen kommen kann. Dies geschieht dadurch, dass die Düse des Schneidkopfes für eine kurze Zeit das Blech berührt und es zu einer Störung kommt. Wenn diese Störungen ohne Folgen bleiben, wird versucht, den Schneidprozess mit einem automatischen Start fortzusetzen. Mehrere Wiederanlaufversuche sind ein Zeichen für einen instabilen Schneidprozess, der eine Verlängerung der Produktionszeit und eine Verlangsamung der Teileproduktion zur Folge hat. Die Maschine hält an, wenn die Automatik fehlschlägt. Ohne dass der Kunde es merkt, erhöht sich dadurch der Preis der gefertigten Teile. Die Algorithmen des Frühwarnsystems sind anhand der übermittelten Kollisionsdaten in der Lage, Produktionsverluste zu erkennen und melden diese über ein Ampelsystem an den technischen Service. Noch ist Expertenwissen nötig, um die Ursachen einer Störung zu erkennen, doch mit jeder neu entdeckten Ursache erweitert sich das Wissen und die Algorithmen verbessern sich. Führt beispielsweise eine fehlerhafte Bauteilkonstruktion aufgrund eines Programmierfehlers wiederholt zu Startproblemen, schlägt das System als Lösung eine Prüfmaßnahme für den Kundendienst vor. Unabhängig vom weltweiten Standort kann dieser den Programmierfehler identifizieren oder sogar beheben. Auf diese Weise kann die Effizienz der Produktion deutlich gesteigert werden, was einen Mehrwert für den Kunden zur Folge hat. Da das Frühwarnsystem tausende von Maschinen gleichzeitig überwacht, stellt es eine kostengünstige Lösung dar. Die Maschinen wurden zunächst an eine eigens entwickelte, flexible Plattform angeschlossen, in die später das Frühwarnsystem integriert wurde [30, S. 24].

Die Lösung wurde in einem agilen Ansatz in Zusammenarbeit mit dem Kunden, externen Entwicklungspartnern und dem technischen Support entwickelt. Von Anfang an wurde die Benutzerfreundlichkeit berücksichtigt und an einem Prototyp gearbeitet, der vom technischen Support unterstützt wurde. Anfangs gab es nur wenige Benutzer. Im Laufe der Zeit wurden jedoch immer mehr Benutzer freigeschaltet und deren Anforderungen mit Hilfe eines agilen Ansatzes umgesetzt. Das System wurde nicht erst fertiggestellt und dann für die Nutzung freigegeben, sondern direkt den Nutzern zur Verfügung gestellt und kontinuierlich weiterentwickelt. Aufgrund der neuen Aufgaben für die Mitarbeiter wurde schnell während der Entwicklungsphase klar, dass neue Rollen und Kompetenzen geschaffen werden müssen. Die Aufgabe der Datenaufbereitung und Modellbildung wurde von Data Scientists übernommen, während Domänenexperten die Anwendungsfälle beschrieben haben. Mit der Qualifizierung

seiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter hat Trumpf schon früh begonnen [30, S. 25]. Abbildung 23 zeigt ein Screenshot aus dem Frühwarnsystem von Trumpf, bei dem alle Auffälligkeiten als Übersicht dargestellt sind. In der mittleren Spalte „Result/Text“, die rot markiert ist, werden die Art der Auffälligkeiten beschrieben.

Übersicht über alle Sachverhalte und alle Equipments die auffällig sind						
EquipmentNo	DevCode	Name der Analyse	ResultText	Timestamp	IdentifyingRate	Bildergebnisse
		MaterialHandling_SheetPosition	Rule tripped 8 times in the last 7 days.	2020-10-02 08:49:23	0.5	Details
		MaterialHandling_SheetPosition	Rule tripped 6 times in the last 7 days.	2020-10-02 08:49:16	0.5	Details
		Lubrication_2D_AvailabilityIssue	Rule tripped 3 times in the last 7 days.	2020-10-02 07:31:44	1	Details
		TruFlow_TimeoutResistorStart	Gas change took longer than 6 min on two consecutive days. Extrapolation of linear mo...	2020-10-02 07:19:28	0.5	Details
		TruFlow_TimeoutResistorStart	Gas change took longer than 6 min on two consecutive days. Extrapolation of linear mo...	2020-10-02 07:16:01	0.5	Details
		TruFlow_TimeoutResistorStart	Gas change took longer than 6 min on two consecutive days. Extrapolation of linear mo...	2020-10-02 07:18:32	0.5	Details
		TruFlow_TimeoutResistorStart	Gas change took longer than 6 min on two consecutive days. Extrapolation of linear mo...	2020-10-02 07:16:07	0.5	Details
		Maintenance_2D_ConveyorLubOil	Rule tripped 9 times in the last 7 days.	2020-10-02 07:16:01	1	Details
		TruFlow_TimeoutResistorStart	Gas change took longer than 6 min on two consecutive days. Extrapolation of linear mo...	2020-10-02 07:17:42	0.5	Details
		HMI_Restart	On 4 of 7 days on/off == 5 times / On 0 >= 10 times	2020-10-02 07:02:59	0.5	Details
		Process_LTCHanges	300% higher amount of LTT changes than mean of last two weeks	2020-10-02 06:36:39	1	Details
		ElectricalCabinet_OvercurrentLongitudinal	Rule tripped 13 times in the last 7 days.	2020-10-02 05:03:26	1	Details
		TruFlow_OperationPressureLaserGasTooHigh	Rule tripped 7 times in the last 7 days.	2020-10-02 04:31:59	0.33	Details
		General_LowGasPressure	Limit of 200 messages per day was exceeded.	2020-10-02 03:30:59	0.5	Details
		General_LowGasPressure	Limit of 200 messages per day was exceeded.	2020-10-02 03:30:57	0.5	Details
		TruFlow_RF_GeneratorHVContactor	Rule tripped 8 times in the last 7 days	2020-10-02 02:19:23	0.5	Details

Abbildung 23: Screenshot aus dem Frühwarnsystem bei Trumpf [30, S. 26]

4.2.1 Fazit

Die Firma Trumpf hat gezeigt, dass ein KI-gestütztes Frühwarnsystem die Effizienz und Produktqualität verbessern kann. Durch die frühzeitige Erkennung von Anomalien können potenzielle Probleme behoben werden, bevor sie sich auf die Produktion auswirken, was zu einer Verringerung der Ausfallzeiten von Maschinen und zu einer Steigerung der Produktivität führt. Diese Anwendung ermöglicht die kostengünstige Überwachung tausender Maschinen gleichzeitig. Bei der Entwicklung des Systems arbeitete das Unternehmen eng mit Kunden zusammen, so dass die Benutzerfreundlichkeit von Anfang an berücksichtigt und kontinuierlich verbessert wurde.

Leider erfordert die effektive Nutzung des Systems immer noch Expertenwissen. Aus diesem Grund ist es notwendig, die Algorithmen weiterzuentwickeln, um eine noch genauere und präzisere Erkennung und Behebung von Fehlern zu ermöglichen.

Bei diesem Anwendungsbeispiel handelt es sich um eine schwache KI, da sie auf eine spezifische Aufgabe, nämlich die Zustandsüberwachung von Maschinen, beschränkt ist.

Außerdem handelt es sich hier nicht um eine schöpferische KI. Das Ziel der Anwendung besteht darin, bestehende Probleme zu erkennen und zu lösen, und nicht darin, neue Inhalte zu schaffen.

Hinsichtlich des Autonomiegrades ist das Beispiel der Stufe 3 zuzuordnen, da das Frühwarnsystem noch mit dem Menschen zusammenarbeitet. Um das Anwendungsbeispiel der 4. Autonomiestufe zuzuordnen, fehlt die vollständige Autonomie bzw. der Eingriff des

Menschen nur in Notsituationen.

Schlussendlich zeigt dieses Beispiel von „Trumpf“, dass KI-basierte Frühwarnsysteme nicht nur die Produktionseffizienz verbessern, sondern auch dazu beitragen, das Verständnis der Produktnutzung durch den Kunden zu vertiefen und zukünftige Produkte besser auf die Kundenbedürfnisse auszurichten.

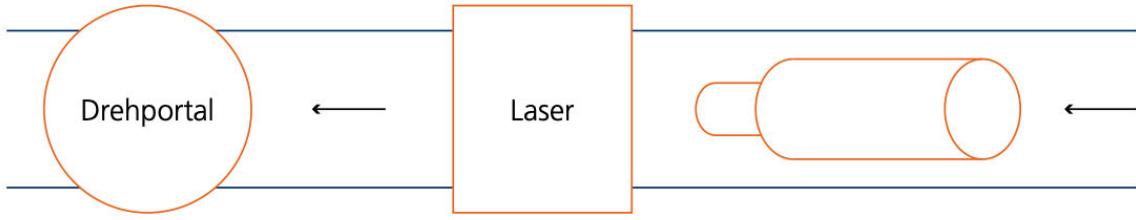
4.3 Mahle International GmbH

Das Unternehmen Mahle GmbH wurde 1920 gegründet und ist einer der größten Automobilzulieferer weltweit. Mit der Entwicklung von Leichtmetallkolben und der Erfindung des Ringträgerkolbens gelang „Mahle“ der Durchbruch. Heute stellt die Firma "Mahle" Komponenten und Systeme für den Verbrennungsmotor her. Die Komponenten von „Mahle“ werden nicht nur in Fahrzeugen, sondern auch in der Schifffahrt, im Schienenverkehr oder in Landmaschinen eingesetzt. In Stuttgart befindet sich der Hauptsitz des Unternehmens. „Mahle“ beschäftigt 72.184 Mitarbeiter an 160 Produktionsstandorten. Aufgrund des aktuellen Wandels in der Automobilindustrie ist Mahle mit der Herausforderung konfrontiert, sein Produktpotfolio anzupassen und zu erweitern. Außerdem gewinnt KI bei „Mahle“ zunehmend an Bedeutung. Dies wird z.B. durch KI-Ideenkampagnen gefördert. Aktuell wird KI zur Optimierung interner Prozesse im direkten und indirekten Bereich eingesetzt [30, S. 40 f.].

Im folgenden Anwendungsbeispiel geht es um die Nutzung von KI in der Fertigung.

Der Standort Zell im Wiesental ist unter anderem Produktionsstandort für die Herstellung von Ventilführungen. Diese werden als Schüttgut in der Produktion angeliefert und müssen für die Weiterverarbeitung in der Produktionslinie exakt axial ausgerichtet werden. Diese Ausrichtung ist für bestimmte Fertigungsschritte erforderlich. Eine Überprüfung der korrekten Ausrichtung erfolgt derzeit über optische Sensoren oberhalb des Förderbandes. Ein mechanisch drehbares Portal lässt sich im Bedarfsfall zur Korrektur der Ausrichtung um 180° drehen (siehe Abbildung 24). Die Ausrichtungserkennung ist für den jeweiligen Prozess unerlässlich. Hierbei werden unterschiedliche Ventilführungen auf einer Maschine bearbeitet. Diese Erkennung muss vom Maschinenbediener bei einem Produktwechsel entsprechend zuverlässig manuell eingestellt werden. Dies erfordert Fachwissen, Erfahrung und ist zeitaufwendig [30, S. 41].

Aktueller Prozess



Angedachter Prozess, der von Machine Learning unterstützt wird

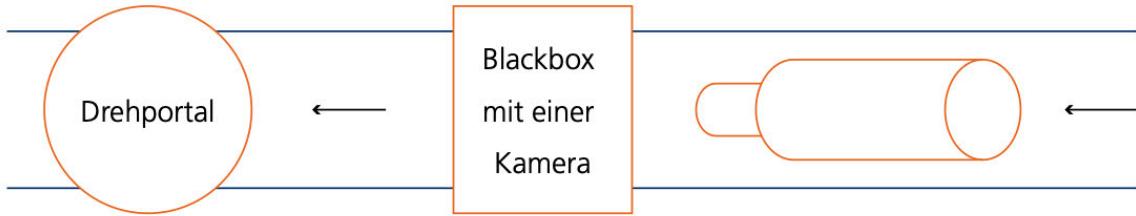


Abbildung 24: Fertigung von Ventilführungen mit und ohne KI [30, S. 42]

Auf mehreren Fertigungslinien mit unterschiedlichen Varianten läuft die Fertigung von Ventilführungen derzeit stabil und zuverlässig ab. Das Umrüsten und Einrichten einer Fertigungslinie auf neue Varianten stellt eine Herausforderung dar. Hierbei ist es notwendig, externe Dienstleister zu beauftragen, um den Laser auf die neue Variante einzustellen, da der Variantenwechsel an einer Linie sehr zeitaufwendig ist. Ganze Fertigungslinien für eine Variante anzuschaffen, scheidet mangels Auslastung und Kosten aus [30, S. 41].

Bei der Herstellung von Ventilführungen mit Hilfe von KI wurde das Ziel verfolgt, den Prozess weiter zu optimieren, um die Verfügbarkeit der Anlage zu erhöhen, indem die Kosten für die Hardware gesenkt und die Umrüstzeiten eingespart werden. Der Tausch der optischen Sensortechnik war für die Umsetzung des KI-Projektes relevant. Hierbei wurde der Laser durch eine Kamera ersetzt. Zudem wurde eine separate Beleuchtung installiert, um ausreichend Licht während der Aufnahme sicherzustellen. Ein Bilderkennungsprogramm, das auf DL-Algorithmen basiert, ist auf einem Edge-Gerät installiert. Dieses ist wiederum mit der Kamera verbunden. Die Kamera kann die korrekte Position der Ventilführungen mit einer Genauigkeit von mindestens 99 % bestimmen. Diese Informationen werden an einen Arduino-Mikrocontroller übertragen, der sie in ein für die speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) lesbares Format umwandelt und an diese weiterleitet [30, S. 42].

An einer weiteren Produktionslinie wird derzeit die Umsetzung der künstlichen Intelligenz als Pilotprojekt getestet. Im Anschluss daran soll das System auf einer Produktionslinie in den Serienbetrieb überführt und auf alle anderen Produktionslinien ausgebrettet werden. Der Fernzugriff auf Echtzeitdaten, die Erhöhung der Flexibilität und die Reduzierung der

Komplexität werden durch die eingesetzte Hard- und Softwarelösung ermöglicht. Nachdem die KI einmal auf eine Ventilvariante trainiert wurde, kann sie auf mehreren Produktionslinien eingesetzt werden, um Umrüstzeiten zu verkürzen, Variantenwechsel zu beschleunigen und die Verfügbarkeit der Produktionslinien zu erhöhen. Zukünftig soll das Personal auf einer zusätzlichen Linie Bilder einer neuen Variante erzeugen. Diese Bilder sollen im Hintergrund verwendet werden, um die künstliche Intelligenz für die neue Variante zu trainieren. In einer Cloud soll dann die für die neue Variante trainierte KI für jede Linie weltweit verfügbar sein. Bei „Mahle“ entstand die Idee einer KI-basierten Bilderkennung in der Fertigung während eines firmeninternen Workshops, an dem Experten aus verschiedenen Bereichen teilgenommen haben [30, S. 43].

4.3.1 Fazit

Durch die Integration von KI in die Fertigung ist es der Firma „Mahle“ gelungen, die Ausrichtung von Ventilführungen zu automatisieren und zu verbessern. Dies führt zu einer höheren Anlagenverfügbarkeit, geringeren Materialkosten und kürzeren Umrüstzeiten. Durch den Austausch der optischen Sensortechnik gegen eine Kamera und die Implementierung eines Bilderkennungsprogramms auf Basis von Deep-Learning-Algorithmen wird zudem eine präzisere und effizientere Überwachung der Ventilführung erreicht.

Damit die Produktionsziele erreicht werden und die Implementierung der KI reibungslos verläuft, muss die Skalierung des Systems auf alle Produktionslinien sorgfältig geplant und koordiniert werden.

Das System agiert weitgehend autonom, ist aber dennoch auf menschliche Überwachung und Eingriffe angewiesen. Das Beispiel kann der Autonomiestufe 3 zugeordnet werden. Für eine Einstufung in Stufe 4 ist es erforderlich, dass das System vollständig autonom ist und ein Eingreifen des Menschen nur im Notfall erforderlich ist. Bei dem Beispiel von „Mahle“ trägt der Mensch die Gesamtverantwortung für den gesamten Prozess und muss an der Umsetzung mitwirken.

Darüber hinaus handelt es sich nicht um eine schöpferische Intelligenz, da die KI nicht aktiv neue Inhalte generiert, sondern bestehende Prozesse verbessert und optimiert.

Insgesamt zeigt das Beispiel "Mahle" die erfolgreiche Integration von KI in die Fertigung. Durch eine kontinuierliche Verbesserung und Weiterentwicklung des Systems kann Mahle seine Wettbewerbsfähigkeit in einem sich verändernden Marktumfeld weiter stärken und den Herausforderungen der Automobilindustrie erfolgreich begegnen.

5 Ethik in der Künstlichen Intelligenz

Die Ethik beschäftigt sich mit dem menschlichen Handeln, insbesondere mit der Wissenschaft des moralischen Handelns. Der Unterschied zwischen Ethik und Recht besteht darin, dass im Recht gesetzliche Regelungen die Rechtskonformität sicherstellen, während Ethik an Moral und Verantwortungsbewusstsein appelliert. Mit zunehmender Alltagsrelevanz von KI gewinnen ethische Anforderungen an Bedeutung. Für die Entwicklung von KI werden häufig große Mengen personenbezogener Daten benötigt. Es ist wichtig, dass KI-Systeme im Einklang mit den ethischen Anforderungen der Gesellschaft entwickelt und eingesetzt werden. Unternehmen stehen bei der Umsetzung ethischer Anforderungen an KI-Technologien vor großen Herausforderungen [31, S. 170 f.].

Im Folgenden wird diskutiert, inwiefern sich der Einsatz von KI auf Arbeitsplätze auswirkt, welche Voraussetzungen dafür notwendig sind, wie es um den Datenschutz steht und welche Rolle Ethik und der Mensch in der KI generell spielen. Zusätzlich wird darauf eingegangen, welche Rolle die Ethik in den vorher erwähnten Kapiteln spielt.

5.1 Notwendige Voraussetzungen

Um KI im Unternehmen zu etablieren, müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt werden. Diese werden im nachfolgenden Text erläutert.

Viele Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer haben bei der Einführung von KI in ihrem Unternehmen die Frage im Hinterkopf, ob die KI Entscheidungen in ihrem Sinne treffen wird. Damit Ereignisse, Entscheidungen und insbesondere Fehlentscheidungen nachvollzogen und korrigiert werden können, ist es wichtig, dass die Handlungen der KI erklärbar sind. Für Unternehmen ist es besonders wichtig, dass die KI weder Einzelpersonen noch Personengruppen schadet und stattdessen einen Nutzen für die Organisation bringen. Der sichere Umgang mit den Daten der KI ist für Unternehmen sehr wichtig, da sie mit den Daten verantwortungsvoll umgehen müssen. Die Verantwortlichen sollten die Daten bereits bei der Einführung hinterfragen und regelmäßig evaluieren, um dies sicherzustellen. Auch die Einbeziehung und Sensibilisierung der Mitarbeiter, die von dem KI-System betroffen sind, ist wichtig [31, S. 171].

5.2 Datensicherheit

Datenschutz ist ein immens wichtiger Aspekt, wenn es um den Einsatz von KI geht. Die KI bringt sowohl Vorteile als auch Risiken mit sich. Unautorisierte Angriffe und Zugriffe stellen eine Gefahr für KI-Systeme und Datensicherheit dar. Für Unternehmen sind Daten deshalb ein sensibles Thema. Aufgrund des Risikos eines Angriffes auf KI-Systeme, sind Kunden abneigend personenbezogene Daten für das Trainieren und die Anwendung von KI

herauszugeben, zu teilen oder auf dem Server eines externen Anbieters zu speichern [31, S. 169].

In der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) ist der Schutz personenbezogener Daten geregelt. Diese Verordnung regelt den Datenschutz in der EU, indem die Verantwortlichkeiten festgelegt und Maßnahmen getroffen werden, um den Schutz und die Sicherheit personenbezogener Daten zu verbessern. Neben allgemeinen Bestimmungen und Grundsätzen werden klar definierte Rechte der betroffenen Personen sowie Transparenzgrundsätze wie Informationspflichten und Auskunftsrechte geregelt. Des Weiteren werden Rechtsbehelfe und Haftungsfragen geregelt. Nicht nur personenbezogene Daten müssen durch konkrete Maßnahmen geschützt werden, sondern auch nicht personenbezogene Daten, die gespeichert werden. Diese Maßnahmen sind gegen unbefugte Zugriffe und Angriffe sowie zum Schutz vor Datenverlust zu treffen [31, S. 170].

In Produktions- und Geschäftsprozessen führen Datenverluste beispielsweise zu erheblichen Störungen im Betriebsablauf. Aber auch unberechtigte Zugriffe und Angriffe können ein Sicherheitsrisiko darstellen, da Daten manipuliert werden können. Mit der fortschreitenden Digitalisierung wird das Thema Datensicherheit immer wichtiger, da Unternehmen intern und extern immer stärker vernetzt sind. Damit steigt auch die Gefahr von Cyberangriffen. Diese gilt es zu antizipieren, zu bewerten und konkrete Maßnahmen dagegen zu entwickeln. Zur Gewährleistung des Schutzes der Nutzerinnen und Nutzer sollte der Schutz des Systems vor Manipulation immer gewährleistet sein. Vorrang vor der Ablaufsteuerung sollten daher immer die Sicherheitsaspekte haben [31, S. 170].

5.3 Auswirkungen der KI auf Arbeitsplätze

Die Frage, ob KI menschliche Arbeitskraft ersetzt und damit zu Arbeitsplatzverlusten führt, wird kontrovers diskutiert. Im Folgenden wird diese Frage näher beleuchtet.

Grundsätzlich können Aufgaben, die bisher von Menschen ausgeführt wurden, durch KI ersetzt werden. Bei Arbeitsplätzen mit hohen intellektuellen Anforderungen wird geschätzt, dass die Digitalisierung eine Substitution von etwa 15% ermöglicht. Bei Routinetätigkeiten liegt die Schätzung bei 50%. Durch Automatisierung kann der Arbeitsaufwand reduziert und dem Fachkräftemangel entgegengewirkt werden. Durch die Verringerung des Arbeitsaufwandes werden auch die Kosten gesenkt. Da es viel einfacher ist, Routinetätigkeiten zu automatisieren, verbleiben für den Menschen Aufgaben, die Mehrdeutigkeit und Unsicherheit erfordern [32, S. 11].

In einer Umfrage von der „forsa Politik & Sozialforschung GmbH“ mit 602 erwerbstätigen Teilnehmenden erwarteten nur 6 % der Befragten, dass es zu einem Verlust des eigenen Arbeitsplatzes durch den Einsatz von KI kommen wird. 20 % der Befragten glaubten, dass es zu Massenarbeitslosigkeit kommen wird und 18 % gaben an, dass sie glauben, dass Bekannte

aus ihrem Umfeld ihren Arbeitsplatz verlieren könnten (siehe Abbildung 25) [33].

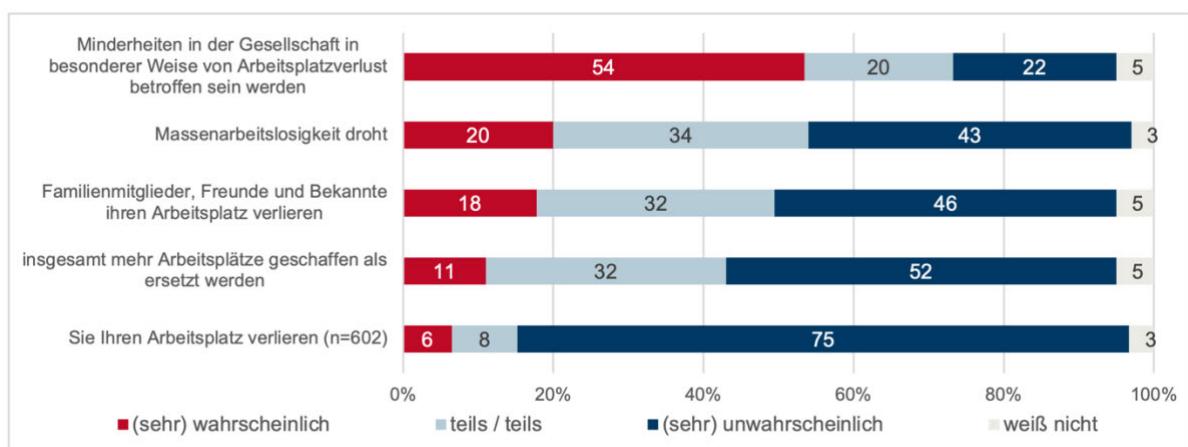


Abbildung 25: Vermutete Folgen für den Arbeitsmarkt durch den Einsatz von KI [33]

In einer weiteren Umfrage bei dem es um die Einschätzung von Chancen und Risiken in den Arbeitsbedingungen durch den Einsatz von KI für Erwerbstätige geht, wurden nur Personen befragt, die ein Veränderungspotenzial in dem jeweiligen Bereich sehen (siehe Abbildung 26). Die Anzahl der Teilnehmer variiert von 94 bis 251. Die KI hat laut 56 % der Befragten einen positiven Einfluss auf Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz. Auch hinsichtlich der Arbeitsbelastung und der Kompetenzanforderungen wird eine Chance gesehen. Deutlich wird jedoch, dass die Befragten in den sozialen Komponenten ein hohes Risiko sehen [33].

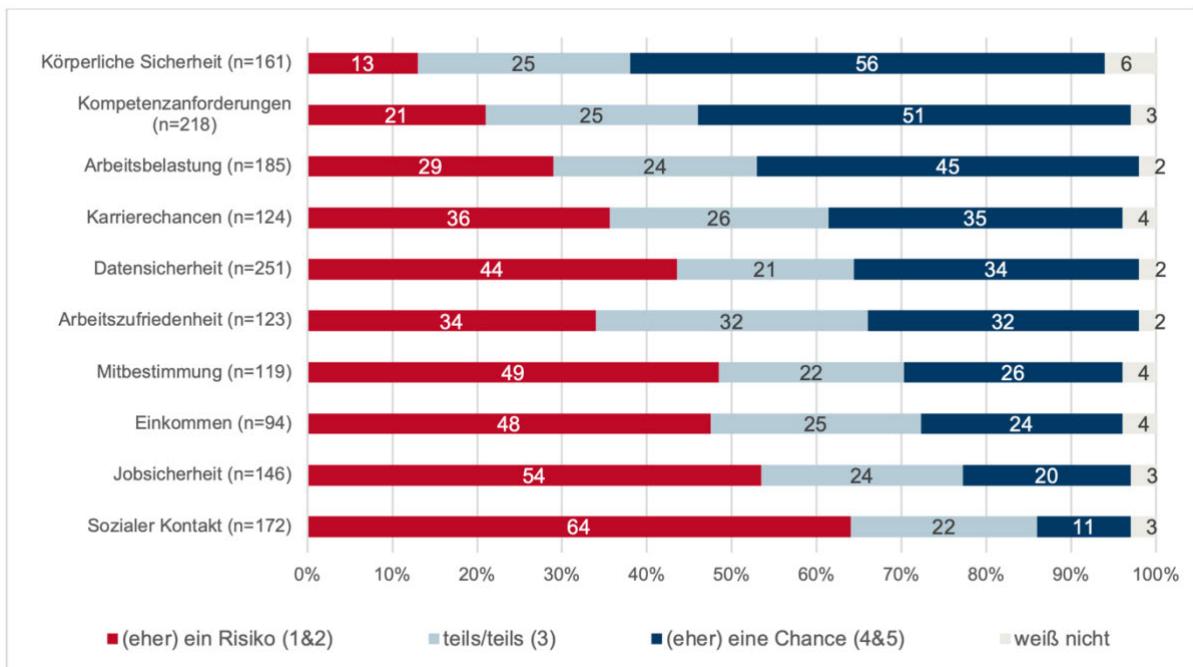


Abbildung 26: Einschätzung von Chancen und Risiken in Arbeitsbedingungen[33]

5.4 Analyse der Anwendungen

Die zuvor behandelten Anwendungsbeispiele werfen zahlreiche ethische Fragen auf. In der folgenden Analyse der Anwendungsbeispiele werden diese Fragen vertieft und diskutiert.

Die Integration von KI in Smart Factories wirft zahlreiche ethische Fragen auf. Diese müssen sorgfältig geprüft werden. Ein wichtiger Aspekt ist beispielsweise der Datenschutz und die Privatsphäre. Wie bereits erwähnt, werden für den Einsatz bzw. die Umsetzung von Smart Factories große Mengen sensibler Daten erhoben bzw. analysiert. Der Schutz dieser Daten ist sowohl für das Unternehmen selbst als auch für die Mitarbeiter wichtig, da sonst unerwünschte Informationen in die Hände Dritter gelangen und diese Daten missbraucht werden können. Die Privatsphäre der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter muss respektiert werden.

Ein weiterer Aspekt ist die Transparenz und Verantwortlichkeit.

In der intelligenten Fabrik sind alle Prozesse und Bereiche miteinander vernetzt. Die Entscheidungen, die von KI-Systemen in der Produktion getroffen werden, müssen transparent sein. Es muss klar sein, wie diese Systeme arbeiten und welche Daten sie für ihre Entscheidungen verwenden. Es stellt sich auch die Frage, wer die Verantwortung trägt, wenn während der Abläufe Fehler auftreten. Diese Frage ist sehr schwer zu beantworten, da die optimale Umsetzung einer intelligenten Fabrik die Zusammenarbeit der Mitarbeiter und der einzelnen Abteilungen erfordert. Letztendlich könnte man sagen, dass der Projektleiter die Verantwortung für auftretende Fehler übernimmt, da er die Umsetzung und den reibungslosen Ablauf sicherstellen muss. Dass diese so ablaufen, wie man es sich wünscht, kann bei KI jedoch nie garantiert werden. Ein möglicher Cyberangriff auf das KI-System könnte zu Datenverlusten führen, die Prozesse stoppen und Produktionsausfälle verursachen. Das Risiko eines solchen Angriffs besteht immer. Daher ist es wichtig, die Mitarbeiter im Vorfeld darauf vorzubereiten und zu schulen. Die Schulung der Mitarbeiter führt dazu, dass diese sicher mit der KI arbeiten können. Darüber hinaus muss die IT-Abteilung die Sicherheit der KI gegen einen Cyberangriff durch verschiedene Methoden sicherstellen.

Darüber hinaus kann die Integration von KI in die intelligente Fabrik Auswirkungen auf Arbeitsplätze und Arbeitsbedingungen haben. Arbeitsplätze sollten so gestaltet werden, dass sie die Gesundheit und das Wohlbefinden der Arbeitnehmer fördern. Außerdem muss sichergestellt werden, dass die Arbeitnehmerrechte respektiert werden.

Ein weiteres wichtiges Thema, das verschiedene Aspekte aufgreift, ist die Ethik in der Robotik. Ein Aspekt ist die Sicherheit von Robotern und Menschen. Es muss sichergestellt werden, dass Roboter in der Zusammenarbeit mit Menschen keine Gefahr für den Menschen darstellen. Hier stellt sich wieder die Frage der Haftung. Wer haftet, wenn der Roboter dem Menschen Schaden zufügt? Theoretisch weiß der Mensch von Anfang an, welche Risiken der Einsatz von Robotern mit sich bringt. Allerdings wird es für einen Mitarbeiter, der zu 100 Prozent gegen den Einsatz von KI ist, schwierig, das Unternehmen zu wechseln und sich einen

anderen Job zu suchen, sobald das Unternehmen alles digitalisieren will. Der Mitarbeiter wird also zwangsweise kooperieren müssen, was sich wahrscheinlich auch auf seine Motivation auswirken wird. Um die Sicherheit bestmöglich zu gewährleisten, müssen die Roboter geprüft und die Mitarbeiter geschult werden. Bei autonomen Robotern, die in der Lage sind, komplexe Entscheidungen zu treffen, ohne dass der Mensch direkt eingreifen muss, ist es besonders wichtig, diese zu prüfen. Letztendlich ist der Mitarbeiter, solange er im Betrieb bleibt und mit den Robotern arbeitet, auch für seine eigene Sicherheit verantwortlich. Eine klare Regelung, wer im Falle eines Unfalls oder Schadens verantwortlich ist, ist wichtig. Dies kann z.B. der Hersteller des Roboters, der Betreiber oder der Entwickler der Software sein.

Außerdem kann die Einführung von Robotern in Arbeitsumgebungen Auswirkungen auf die Arbeitsplätze haben. Hier gilt es, die Rechte der Arbeitnehmer zu respektieren und sicherzustellen, dass die Integration von Robotern in alle Arbeitsprozesse auf faire Weise erfolgt. Gleichzeitig muss darauf geachtet werden, dass die Einführung von Robotern nicht zum Verlust von Arbeitsplätzen führt, sondern neue Möglichkeiten schafft und die Arbeitsbedingungen verbessert.

Insgesamt ist es wichtig, dass die Entwicklung und Nutzung der Robotertechnologie auf ethischen Grundsätzen und Werten beruht, um sicherzustellen, dass sie zum Wohl der Gesellschaft beiträgt und keine unerwünschten Folgen hat.

Im Bereich des Qualitätsmanagements kommen auch ethische Aspekte zum Tragen. Dazu gehören Transparenz und Erklärbarkeit. Das bedeutet, dass Entscheidungsprozesse erklärbar und KI-Systeme transparent sein müssen. Die Verantwortlichen sollten nachvollziehen können, wie KI-Algorithmen zu bestimmten Qualitätsentscheidungen kommen, damit diese fair und gerecht sind.

Auch ist sicherzustellen, dass der Einsatz von KI im Qualitätsmanagement die Sicherheit und Qualität von Produkten und Dienstleistungen verbessert und nicht gefährdet. KI-Systeme dürfen keine Gefahr für Verbraucher oder Umwelt darstellen. Auch die Gesundheit der Beschäftigten spielt eine wichtige Rolle. Die Ergonomie des Arbeitsplatzes ist möglicherweise nicht optimal, so dass die Gesundheit der Beschäftigten auf Dauer gefährdet ist. Auch die visuelle Inspektion eines Bauteils könnte die Gesundheit gefährden, etwa durch den Verlust der Sehkraft. Daher ist der Einsatz von KI in diesem Fall sinnvoll und respektiert die Rechte der Beschäftigten.

Auch im Bereich des Qualitätsmanagements spielt der Datenschutz eine große Rolle, da KI-Systeme im Qualitätsmanagement für fundierte Entscheidungen auf vertrauliche Daten zugreifen müssen. Daher muss sichergestellt werden, dass die Daten angemessen geschützt sind und die Privatsphäre der Betroffenen respektiert wird.

Um zu verhindern, dass die KI unautorisierte Aufgaben und Befehle ausführt, muss immer sichergestellt sein, dass die Entscheidungen der KI jederzeit überprüft und gegebenenfalls eingegriffen werden kann. Natürlich ist das Ziel ein autonomes und sich ständig selbst

verbesserndes KI-System, aber dies ist auch mit Risiken verbunden. Hier stellt sich die Frage, wie viel Autonomie einer KI zugestanden werden soll und welche Verantwortung einer KI übertragen werden kann. Je besser das KI-System vor Cyberangriffen geschützt ist, desto eher kann der KI viel Verantwortung übertragen werden.

Letztlich spielt die Ethik bei der Anwendung von KI im Qualitätsmanagement eine immense Rolle, um sicherzustellen, dass der Einsatz von KI-Technologien im Einklang mit ethischen Grundsätzen erfolgt.

Auch im Bereich der Mobilität gibt es eine Reihe von ethischen Fragen. Wer ist zum Beispiel schuld und trägt die Verantwortung, wenn ein autonom fahrendes Auto einen Unfall verursacht? Pauschal lässt sich behaupten, dass der Schuldige in diesem Fall der Hersteller sein muss, da er dem Nutzer bzw. Kunden garantieren muss, dass das Fahrzeug den Nutzer nicht gefährdet. Eine weitere Frage ist, ob einem KI-System so viel Macht gegeben werden darf und gegeben werden sollte, dass es möglicherweise lebensbedrohliche Situationen auslösen kann. Diese beiden Fragen lassen sich nicht konkret beantworten. Es lassen sich aber verschiedene Aspekte nennen, die jeweils dafür oder dagegen sprechen. Um beispielsweise einen solchen Unfall zu verhindern, könnte es sinnvoll sein, dem Menschen die Möglichkeit zu geben, in Notsituationen einzutreten. In diesem Fall muss die KI gestoppt werden können. Ein autonomes Fahrzeug sollte in der Lage sein, sich in Notsituationen steuern zu lassen.

Im Militärsектор stellen sich vielerlei ethische Fragen. Besondere Vorsicht ist beispielsweise bei der Verwendung von Exoskeletten geboten, da diese für den Benutzer sehr gefährlich sein können. Exoskelette werden am Körper getragen oder benutzt. Eine Fehlfunktion kann daher lebensbedrohlich sein. Hier stellt sich die Frage, ob man einen Menschen einem solchen Risiko bzw. einer solchen Gefahr aussetzen sollte. Darüber hinaus wird KI in diesem Sektor immer populärer, da sie sehr große Vorteile bietet. Der Einsatz vollautomatisierter Waffensysteme wirft eine wichtige ethische Frage auf. Sollten solche vollautomatischen Waffensysteme mit einer starken Entscheidungsgewalt ausgestattet sein? Eine Drohne, die mit Waffen ausgestattet ist, kann beispielsweise Bilder mit einer Datenbank abgleichen. Sie kann erkennen, ob es sich bei dem aufgenommenen Bild um einen Terroristen handelt oder nicht. Entsprechend analysiert die Drohne die Umgebung und kann feststellen, ob sich Zivilisten in der Nähe befinden. Da die Drohne die volle Entscheidungsgewalt hat, würde sie möglicherweise den Terroristen angreifen, auch wenn dabei Zivilisten zu Schaden kommen. Da der Mensch im Gegensatz zur Maschine moralische bzw. ethische Aspekte bei der Entscheidung mit einbezieht, sollte einer Maschine nie die volle Kontrolle überlassen werden. Der Mensch sollte immer in der Lage sein, die Aktionen zu überprüfen und zu bestätigen. Die Maschine führt nur den Befehl aus, der ihr gegeben wurde. Sie kann den programmierten Befehl nicht verlassen und bezieht daher moralische oder ethische Aspekte nicht mit ein.

Abschließend kann gesagt werden, dass eine Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine am sinnvollsten ist. Die KI sollte den Menschen nur dabei unterstützen, die Tätigkeit einfacher auszuführen. Man sollte einer KI aber nicht die volle Kontrolle über einen gesamten Prozess geben. Eine Überwachung und Kontrolle der einzelnen von der KI ausgeführten Schritte sollte immer möglich sein.

Zunehmend werden Produkte angeboten, die KI nutzen, um dem Nutzer das Leben zu erleichtern. Eines dieser Produkte ist „Alexa“. Alexa verwendet NLP, um mit dem Benutzer zu kommunizieren. Es stellt sich die Frage, ob Alexa und ähnliche Produkte Gespräche aufzeichnen. Oder ob auch Gespräche mit anderen Personen aufgezeichnet werden. Theoretisch dürfte dies nicht der Fall sein, da die Privatsphäre der betroffenen Personen verletzt wird. Es gibt eine Reihe weiterer smarter Produkte, die mit dem Internet verbunden sind und ein Risiko darstellen können. Dazu gehören intelligente Kameras, die alles aufzeichnen können. All diese Produkte können die Privatsphäre verletzen und sind daher moralisch nicht vertretbar.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass KI heute in verschiedenen Bereichen eine entscheidende Rolle spielt. In der Produktion ist KI unterstützend und wird auch unterstützend eingesetzt. Unternehmen setzen KI vor allem für repetitive Aufgaben ein und entlasten damit die Mitarbeiter. Diese können sich anderen Aufgaben widmen, die beispielsweise von einer KI nicht gut ausgeführt werden können. Durch den Einsatz von KI in der Produktion können auch Prozesse optimiert werden. Beispielsweise können in der vorausschauenden Wartung mit Hilfe von KI Produktionsausfälle minimiert werden. Im Qualitätsmanagement unterstützt sie den Mitarbeiter bei der Sichtprüfung von Bauteilen und sorgt so für ein besseres Ergebnis. Darüber hinaus zeigen die Fallbeispiele deutlich, wie die Integration von KI-Lösungen in industrielle Prozesse dazu beiträgt, die Effizienz zu steigern, Kosten zu senken und die Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen. Trotz der Erfolge gibt es aber auch Herausforderungen, insbesondere bei der Implementierung solcher Systeme und der Schulung der Mitarbeiter. Es wird deutlich, dass der erfolgreiche Einsatz von KI ein ganzheitliches Verständnis und eine strategische Integration in die Unternehmensprozesse erfordert.

Für Unternehmen, die KI zur Optimierung ihrer Prozesse einsetzen wollen, bieten die vorgestellten Anwendungsbeispiele wertvolle Einblicke. Hervorgehoben wird, dass der gezielte Einsatz von KI nicht nur kurzfristige Effekte erzielt, sondern die Unternehmensleistung langfristig nachhaltig verbessern kann.

Das Ziel, eine starke KI zu entwickeln, wird zwar von den Menschen angestrebt, kann aber erhebliche Auswirkungen haben. Eine starke KI ist eine Intelligenz auf menschlichem Niveau. Wenn die Technologie so weit entwickelt ist, dass dies möglich ist, werden wahrscheinlich Menschen ihre Arbeit verlieren. Eine KI wird jedoch niemals in der Lage sein, moralische Aspekte zu berücksichtigen, was bedeutet, dass bestimmte Arten von Arbeit weiterhin von Menschen ausgeführt werden müssen.

Die Befürchtung, dass die heutige KI zu Arbeitsplatzverlusten führen könnte, ist nicht gerechtfertigt. Die Umfrage im vorherigen Kapitel hat gezeigt, dass die meisten Menschen nicht glauben, dass KI zum Verlust von Arbeitsplätzen führen wird. Darüber hinaus haben die Fallstudien gezeigt, dass derzeit nur schwache KI eingesetzt wird, die die Mitarbeiter bei ihrer Arbeit unterstützt. Darüber hinaus ist es, wie bereits erwähnt, ethisch nicht vertretbar, menschliche Arbeitskraft durch Maschinen zu ersetzen. Menschen haben einen Verstand.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass in Zukunft verschiedene Berufsgruppen versuchen werden, die Vorteile von KI zu nutzen und zu automatisieren.

Alles in allem wird die Entwicklung einer starken KI, wenn überhaupt, noch sehr lange dauern. Die meisten heutigen KI-Anwendungen sind nur teilautonom oder erlauben bei vollständiger Autonomie den Zugriff eines Menschen in Notsituationen. Einige Ausnahmen gibt es dennoch. KI wird uns Menschen nicht abschaffen.

Auch die schöpferische Intelligenz wird, wie man an den Anwendungsbeispielen sehen kann, nicht viel Anwendung finden. Sobald die KI in der Lage ist, sich selbst Informationen zu beschaffen und somit zur starken KI gehört, sollte die kreative künstliche Intelligenz mehr Anwendung finden. Gegenwärtig gibt es keinen Grund, sich über KI Sorgen zu machen. Sowohl in der Produktion als auch in anderen Bereichen ist KI eine Bereicherung.

Der Einsatz von KI im militärischen Bereich wird immer moralisch verwerflich sein, da sie hier für verwerfliche Handlungen eingesetzt werden kann.

KI sollte von den Unternehmen nicht vernachlässigt werden und zunehmend an Bedeutung gewinnen.

7 Literaturverzeichnis

- [1] „KI-Lösungen in der Produktion“, *Z. Für Wirtsch. Fabr.*, Bd. 117, Nr. 12, S. 791–791, Dez. 2022, doi: 10.1515/zwf-2022-2019.
- [2] „Geschichte der Künstlichen Intelligenz“, Bosch Global. Zugegriffen: 8. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bosch.com/de/stories/geschichte-der-kuenstlichen-intelligenz>
- [3] N. Litzel und S. Luber, „Was ist ein Expertensystem?“, BigData-Insider. Zugegriffen: 8. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-ein-expertensystem-a-819539/>
- [4] „Was ist der Turing-Test? Definition und Funktion erklärt“, IONOS Digital Guide. Zugegriffen: 8. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ionos.de/digitalguide/online-marketing/web-analyse/turing-test/>
- [5] J. Chornaya, „Künstliche Intelligenz (KI): Definition, Arten und Anwendung“. Zugegriffen: 8. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://blog.hubspot.de/marketing/kuenstliche-intelligenz>
- [6] R. T. Kreutzer, *Künstliche Intelligenz verstehen: Grundlagen – Use-Cases – unternehmenseigene KI-Journey*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2023. doi: 10.1007/978-3-658-42598-2.
- [7] „What Is Super Artificial Intelligence (AI)? Definition, Threats, and Trends“, Spiceworks. Zugegriffen: 9. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.spiceworks.com/tech/artificial-intelligence/articles/super-artificial-intelligence/>
- [8] J. McCarthy, „WHAT IS ARTIFICIAL INTELLIGENCE?“, Zugegriffen: 8. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai.pdf>
- [9] O. Niggemann und M. Elmers, *Künstliche Intelligenz in Produktion und Maschinenbau*. Berlin, Deutschland: VDE Verlag, 2021.
- [10] A. Moring, *Künstliche Intelligenz und Intuition: Robuste und nachhaltige Entscheidungen in digitalen Arbeitswelten*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2023. doi: 10.1007/978-3-658-42018-5.
- [11] U. Lichtenthaler, Hrsg., *Künstliche Intelligenz erfolgreich umsetzen: Praxisbeispiele für integrierte Intelligenz*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2021. doi: 10.1007/978-3-658-34670-6.
- [12] „Was ist Reinforcement Learning? – Reinforcement Learning erklärt – AWS“, Amazon Web Services, Inc. Zugegriffen: 6. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://aws.amazon.com/de/what-is/reinforcement-learning/>
- [13] „Technologieszenario – „Künstliche Intelligenz in der Industrie 4.0““, *Bundesminist. Für Wirtsch. Energ. BMWi*, S. 32, März 2019.
- [14] A. Mockenhaupt, *Digitalisierung und Künstliche Intelligenz in der Produktion: Grundlagen und Anwendung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2021. doi: 10.1007/978-3-658-42018-5.

10.1007/978-3-658-32773-6.

- [15] „KI: Statusreport ‚Maschinelles Lernen‘ | VDI“. Zugegriffen: 27. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.vdi.de/news/detail/und-am-anfang-war-der-algorithmus>
- [16] „IuG - Künstliche Intelligenzen - Schwache und starke KI“. Zugegriffen: 8. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: http://www.informatik.uni-oldenburg.de/~iug08/ki/Grundlagen_Starke_KI_vs._Schwache_KI.html#:~:text=Bei%20k%C3%BCnstlichen%20Intelligenzen%20gilt%20es,Menschen%20gleicht%20oder%20diese%20%C3%BCbertrifft.
- [17] J. Kronies, „Microsoft erklärt: Was ist Machine Learning? Definition & Funktionen von ML | News Center Microsoft“, News Center Microsoft Deutschland. Zugegriffen: 9. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://news.microsoft.com/de-de/microsoft-erklaert-was-ist-machine-learning-definition-funktionen-von-ml/>
- [18] „Was ist Supervised Learning (Überwachtes Lernen)?“, datasolut GmbH. Zugegriffen: 10. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://datasolut.com/wiki/supervised-learning/>
- [19] „Was ist Unsupervised Learning (Unüberwachtes Lernen)?“, datasolut GmbH. Zugegriffen: 11. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://datasolut.com/wiki/unsupervised-learning/>
- [20] L. Wuttke, „Deep Learning: Definition, Beispiele & Frameworks“, datasolut GmbH. Zugegriffen: 12. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://datasolut.com/was-ist-deep-learning/>
- [21] T. Bauernhansl, Hrsg., *Handbuch Industrie 4.0: Band 1: Produktion*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2023. doi: 10.1007/978-3-662-58532-0.
- [22] „Künstliche Intelligenz in der Smart Factory: Anforderungen an die PC-Hardware“. Zugegriffen: 14. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://business-services.heise.de/specials/moderne-it-infrastruktur/home/beitrag/kuenstliche-intelligenz-in-der-smart-factory-anforderungen-an-die-pc-hardware-3821>
- [23] „Smart Factory“, REFA.de. Zugegriffen: 14. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://refa.de/service/refa-lexikon/smart-factory>
- [24] bigFM, „Smart Factory: Die Fabrik der Zukunft“, ATSW. Zugegriffen: 14. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bigfm.de/nachrichten/ki-news/smart-factory-die-fabrik-der-zukunft>
- [25] D. T. AG, „Das Internet der Dinge (IoT): Definition und Beispiele“. Zugegriffen: 14. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.telekom.com/de/konzern/details/das-internet-der-dinge-603508>
- [26] R. T. Kreutzer und M. Sirrenberg, *Künstliche Intelligenz verstehen: Grundlagen – Use-Cases – unternehmenseigene KI-Journey*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2019. doi: 10.1007/978-3-658-25561-9.
- [27] V. A. Mahler, „Der Spiegel, 13.10.18 Die Reifeprüfung“, Zugegriffen: 13. April 2024.

- [Online]. Verfügbar unter: https://www.ip.mpg.de/fileadmin/ipmpg/content/presse/Medienspiegel_Der_Spiegel_131018_Die_Reifepruefung.pdf
- [28] B. Pokorni, M. Braun, und C. Knecht, „MENSCHZENTRIERTE KI-ANWENDUNGEN IN DER PRODUKTION“, Zugegriffen: 15. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ki-fortschrittszentrum.de/content/dam/iao/ki-fortschrittszentrum/documents/studien/Menschzentrierte-KI-Anwendungen-in-der-Produktion.pdf>
- [29] VDMA, „Leitfaden Künstliche Intelligenz - Potenziale und Umsetzungen im Mittelstand“. Zugegriffen: 3. April 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.vdma.org/documents/34570/1052572/Leitfaden+Künstliche+Intelligenz-Potenziale+und+Umsetzungen+im+Mittelstand.pdf/ce38a591-68cb-9775-101e-d7cad064b149?t=1615364023575>
- [30] W. Ganz, „Arbeiten mit künstlicher Intelligenz | Fallbeispiele aus Produktion, Sacharbeit und Dienstleistungen“, Zugegriffen: 13. April 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/e1da9d02-54a2-443c-bff1-46872cccd043e/content>
- [31] S. Stowasser, Hrsg., *Künstliche Intelligenz (KI) und Arbeit: Leitfaden zur soziotechnischen Gestaltung von KI-Systemen*. in ifaa-Edition. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2023. doi: 10.1007/978-3-662-67912-8.
- [32] D. M. Braun, „EINFLUSS DER KÜNSTLICHEN INTELLIGENZ AUF ARBEITSTÄTIGKEITEN UND BERUFSBILDER“, Zugegriffen: 18. April 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/fe05f100-ae82-451f-b908-8e5e57551768/content>
- [33] pero dosenovic, „Künstliche Intelligenz in der Arbeitswelt“, *Künstliche Intelligenz in der Arbeitswelt*. Zugegriffen: 19. April 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.cais-research.de/wp-content/uploads/Factsheet-3-Arbeitswelt.pdf>

8 Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

Gemäß der Allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung ist zusammen mit der Abschlussarbeit eine schriftliche Erklärung abzugeben, in der der Studierende bestätigt, dass die Abschlussarbeit „– bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit [(§ 18 Abs. 1 APSO-TI-BM bzw. § 21 Abs. 1 APSO-INGI)] – ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich zu machen.“

Quelle: § 16 Abs. 5 APSO-TI-BM bzw. § 15 Abs. 6 APSO-INGI

Dieses Blatt, mit der folgenden Erklärung, ist nach Fertigstellung der Abschlussarbeit durch den Studierenden auszufüllen und jeweils mit Originalunterschrift als letztes Blatt in das Prüfungsexemplar der Abschlussarbeit einzubinden.

Eine unrichtig abgegebene Erklärung kann -auch nachträglich- zur Ungültigkeit des Studienabschlusses führen.

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung der Arbeit

Hiermit versichere ich,

Takir

Name: _____

Gökhan

Vorname: _____

dass ich die vorliegende Bachelorarbeit bzw. bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit – mit dem Thema:
Künstliche Intelligenz in der Produktion und die Rolle des Menschen

ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

- die folgende Aussage ist bei Gruppenarbeiten auszufüllen und entfällt bei Einzelarbeiten -

Die Kennzeichnung der von mir erstellten und verantworteten Teile der -bitte auswählen- ist erfolgt durch:

Hamburg

24.04.2024

Ort

Datum

Unterschrift im Original